



**PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**



**Análise da variabilidade dos parâmetros temporais da marcha de idosos com doença de  
Parkinson durante simulação de travessia de rua**

**Aluna:** Juliana Corrêia Davi

**Uberlândia**

**2018**

**Juliana Corrêia Davi**

**Análise da variabilidade dos parâmetros temporais da marcha de idosos com doença de Parkinson durante simulação de travessia de rua**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro e da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Camilla Zamfolini Hallal

**Uberlândia**

**2018**



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa da Pós-Graduação de  
Fisioterapia

Rua Benjamim Constant, 1286 - Bairro Aparecida, Uberlândia-MG, CEP 38400-678  
Telefone: (34) 3218-2928 - [www.faeфи.ufu.br/ppgfisio](http://www.faeфи.ufu.br/ppgfisio) -  
[secretaria.ppgfisio@faefi.ufu.br](mailto:secretaria.ppgfisio@faefi.ufu.br)



### ATA

Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-graduação Fisioterapia da Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia (Programa na modalidade associativa entre a Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM e a Universidade Federal de Uberlândia – UFU, nível Mestrado Acadêmico).

Defesa de: **Dissertação de Mestrado Acadêmico – PPGFisio**

Data: 18 de julho de 2018

Hora início: 07 horas

Hora encerramento: 08 horas e 50 minutos

Discente: **Juliana Corrêia Davi**

Matrícula: 11622FST006

Título do Trabalho: **Análise da variabilidade dos parâmetros temporais da marcha de idosos com doença de Parkinson durante simulação de travessia de rua**

Área de concentração: Programa de Pós Graduação em Fisioterapia

Linha de pesquisa: 2. Processos de Avaliação e Intervenção Fisioterapêutica dos Sistemas Cardiorrespiratórios e Neurológico

Projeto de Pesquisa de vinculação: Fisioterapia em grupo para pacientes com Doença de Parkinson: Efeitos sobre a mobilidade funcional

Aos 18 dias do mês de julho do ano de dois mil e dezoito, no Anfiteatro CENESP do Campus Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia, reuniu-se a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, assim composta: Professores Doutores: Angelo Piva Biagini – UFU; Mary Hellen Morcelli – UNESP e Camilla Zamfolini Hallal – PPGFisio/UFU, orientadora da candidata. Ressalta-se que a Profa. Dra. Mary Hellen Morcelli – UNESP participou da defesa por meio de vídeo conferência (ou skype ou outro meio eletrônico) desde a cidade de Marília- SP e os demais membros da banca e o aluno participaram *in loco*.

Iniciando os trabalhos às 07 horas e 00 minutos, a presidente da mesa, Profa. Dra. Camilla Zamfolini Hallal, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu a Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa. A seguir, a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessiva, aos(às)

examinadores(as), que passaram a argüir a candidata. Ultimada a argüição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu os conceitos finais. Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou a candidata **Aprovada**.

Esta defesa de Dissertação de Mestrado Acadêmico é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU. Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos às 08 horas e 50 minutos. Foi lavrada a presente ata que, após lida e considerada conforme, foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Camilla Zamfolini Hallal, Presidente de Comissão**, em 31/07/2018, às 15:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Angelo Piva Biagini, Membro de Comissão**, em 01/08/2018, às 16:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mary Hellen Morcelli, Usuário Externo**, em 02/08/2018, às 10:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0612000** e o código CRC **BFF5100C**.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

D249a      Davi, Juliana Corrêia, 1992-  
2018      Analysis of the variability of temporal parameters of the gait of the  
elderly with Parkinson's disease during street crossing simulation  
[recurso eletrônico] / Juliana Corrêia Davi. - 2018.

Orientadora: Camilla Zamfolini Hallal.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.1332>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Fisioterapia. 2. Parkinson, Doença de. 3. Cinemática. 4. Distúrbios  
do movimento. I. Hallal, Camilla Zamfolini. II. Universidade Federal de  
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia. III. Título.

CDU: 615.8

---

## DEDICATÓRIA

*“Dedico este trabalho primeiramente à Deus, por ser  
essencial em minha vida, autor do meu destino e por iluminar  
o meu caminho. E à minha família, por sua capacidade  
de acreditar em mim, me incentivar e estar ao meu lado  
nos momentos mais difíceis.”*

## **AGRADECIMENTOS**

Como de costume, mas não pelo costume, agradeço primeiramente à Deus, por iluminar meus passos, auxiliar nas minhas escolhas e me amparar nos momentos mais difíceis. Só Tu Pai pode ter tanta piedade, fidelidade e amor para com sua filha, pois sei que sempre que precisar e mesmo que não mereça, Você me carregará em teu colo e não poupará esforços para cuidar de mim.

Aos meus pais por terem me dado o dom da vida e por terem sempre me amado incondicionalmente, por confiarem em mim e, por terem me dado asas para voar tão cedo, só por isso consegui chegar onde estou. São quase uma década morando fora de casa, mas, agradeço por sempre me receberem com um abraço apertado e um lindo sorriso na face. À minha mãe por me oferecer esse amor que até dói, por sempre, e eu digo sempre mesmo, estar ao meu lado, me compreender, me ajudar e me encorajar a chegar cada dia mais longe. Ao meu pai, meu grande exemplo de perseverança, que com o suor de cada dia me ajudou a conseguir realizar meus sonhos.

Ao meu irmão que estive ao meu lado num dos momentos mais difíceis que passei, sendo um pouco pai, mãe e sempre amigo. Obrigado pela paciência e por te me ajudado tanto quando cheguei nessa imensidão de Uberlândia. Agradeço também à minha cunhada por estar sempre pronta a me ajudar sem polpar esforços quando preciso e, por ter me feito conhecer um amor tão puro e sincero com a chegada das minha lindas e tão amadas sobrinhas Luísa e Lavinya.

Ao meu namorado que estive comigo desde o início da minha vida acadêmica, por me acompanhar, me ouvir e me encorajar a cada momento de angústia, a cada decepção, a cada turbulência que ocorria, seu abraço sempre me acalma e ali me sinto segura de todo e qualquer mal que possa querer me alcançar. E à toda sua família que me recebeu tão bem e me apoiou sempre que precisei.

Aos familiares, que me incentivaram e torceram por mim. Cada um a sua maneira são essenciais. Agradeço aos amigos que também pertencem à minha família, vocês através de conselhos, abraços e risadas contribuíram para que o percurso fosse mais leve.

A minha orientadora Camilla Zamfolini Hallal, que me acompanha desde a graduação, agradeço pela confiança em mim, por toda paciência e compreensão durante este período.

Aos que ajudaram no desenvolvimento desse trabalho Kennedy, Bárbara, Mirian e todos do grupo de pesquisa, meu obrigada pela disposição. E em especial agradeço à Lucyana e ao Lucas por terem sido meus coorientadores.

Aos professores que me deram valiosos conselhos e contribuições consideráveis para melhoria do trabalho.

Aos voluntários pela disponibilidade em participarem dessa pesquisa. Sem vocês a conclusão deste trabalho não seria possível.

Aos colegas de graduação primordiais durante a minha formação, especialmente a Daniella, Aline, Natasha e Patrícia sem vocês não teria graça.

Á todos que já dividiram o mesmo teto que eu, e olha que foram muitos. Com cada um de vocês aprendi coisas novas e aprendi a respeitar e a tentar entender o que é diferente, afinal pessoas com criações diferentes precisam se policiar para que consigam viver bem e em harmonia e a gente sempre conseguiu ou pelo menos tenta com muita perseverança. Agradeço em especial às minhas três crias que moram comigo atualmente, Bárbara, Carlota e Rafinha obrigada pela amizade, pelos momentos de descontração e de muitos risos, vocês sempre estarão num lugarzinho especial nesse coração.

Enfim, agradeço a cada um que, de alguma forma contribuiu para a conclusão dessa fase tão importante de minha vida, e me fizeram crescer profissionalmente e pessoalmente.



## EPÍGRAFE

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é  
senão uma gota de água no mar. Mas o mar  
não seria o mesmo se lhe faltasse uma gota.”*

*(Madre Teresa de Calcutá)*

## SUMÁRIO

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Doença de Parkinson.....	13
Marcha na Doença de Parkinson, Dupla Tarefa e Variabilidade.....	14
Quedas.....	16
Acidentes de Trânsito.....	17
REFERÊNCIAS.....	18

### ARTIGO ORIGINAL

INTRODUCTION.....	26
METHODS.....	27
Participants.....	27
Instruments and procedures for data collection.....	28
Data Analysis.....	29
Statistical Analysis.....	29
RESULTS.....	29
DISCUSSION.....	30
Study's Limitations.....	31
CONCLUSION.....	31
CONFLICTS OF INTEREST DECLARATION.....	31
ACKNOWLEDGMENTS.....	32
REFERENCES.....	33
ANEX 1.....	37

## **APRESENTAÇÃO**

A presente dissertação de Mestrado foi desenvolvida na Universidade Federal de Uberlândia com financiamento do CNPq e FAPEMIG, sob a orientação da Profa. Dra. Camilla Zamfolini Hallal. A apresentação dá-se inicialmente pela Fundamentação Teórica com o objetivo de elucidar o conteúdo referencial utilizado em todas as etapas da realização desta pesquisa. Na sequência, segue a apresentação do artigo científico, produto das coletas e processamento de dados realizados durante a execução do Mestrado.

O artigo foi submetido na língua inglesa, de acordo com as exigências da Revista Brasileira de Fisioterapia, entretanto, para efeito da apresentação, neste momento como parte integrante desta defesa de mestrado, o mesmo está apresentado em português.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### *Doença de Parkinson*

A Doença de Parkinson (DP) foi descrita oficialmente pela primeira vez em 1817, pelo médico inglês James Parkinson, com a denominação de “Paralisia Agitante” (BERRIOS, 2016). Quarenta anos mais tarde, o neurologista francês Jean Martin Charcot, sugeriu a denominação da enfermidade como Doença de Parkinson em homenagem a James Parkinson. Além disso, Charcot agregou diversas informações para a caracterização da doença, dentre elas, destacam-se os sinais cardinais de rigidez, bradicinesia, tremor e alterações posturais, facilitando seu diagnóstico e também propôs pioneiramente seu tratamento (TEIVE, 1998).

Calcula-se que mundialmente a DP atinge cerca de 1% da população acima de 65 anos, sendo então, cerca de seis milhões de pessoas acometidas (CHARDOSIM et al., 2018). Segundo a Organização Mundial de Saúde atualmente há mais de 200 mil casos da doença no Brasil, com o aumento da expectativa de vida da população estima-se um aumento também na quantidade de pessoas com a doença (CHARDOSIM et al., 2018), no Brasil é estimado que até 2030 haverão cerca de 340 mil casos (DORSEY et al.; 2007).

A DP é uma afecção neurológica de caráter degenerativo, progressivo, crônico, e polissintomático (MONTEIRO et al., 2017). Resulta da destruição de neurônios motores da substância negra (TEDLA; GULAR; RANI, 2017), os quais, são encarregados de sintetizar o neurotransmissor dopamina que, coordena a transmissão dos comandos conscientes provenientes do córtex cerebral para todos os músculos do corpo humano (BARROS et al., 2007).

Apesar dos inúmeros avanços na área da saúde, ainda não se sabe exatamente quais são as causas que levam a essa progressiva destruição dos neurônios, sendo assim, uma grande parte dos casos de Parkinsonismo são diagnosticados como idiopáticos. Porém, acredita-se que o desencadeamento da doença seja multifatorial, e tenha atuação de fatores genéticos e fatores ambientais (MARÍN et al., 2018; HURTADO et al., 2016).

A partir das características observadas nos portadores de DP Hoehn e Yahr (1967) a classificaram em cinco estágios, sendo que, no estágio 0 ainda não há sinais da doença e no

estágio 5 os indivíduos encontram-se confinados à cama ou cadeira de rodas, sendo esse o mais severo.

Embora a DP seja uma enfermidade com sintomas predominantemente motores (FELIPPE et al., 2014) uma quantidade considerável dos pacientes recém-diagnosticados já apresentam alguma deficiência cognitiva (EYGELSHOVEN et al., 2017), seja na linguagem, memória, função executiva, atenção, aspectos visoespaciais (MUSLIMOVIC et al., 2005) além de, distúrbios do sono, depressão e fadiga (FERNANDES et al., 2015).

Em relação aos sintomas motores da DP, destacam-se a rigidez, a bradicinesia, o tremor, a instabilidade postural e as alterações na marcha. A rigidez é conceituada como um aumento contínuo do tônus muscular, causando maior resistência ao movimento passivo e não é velocidade-dependente (DOHERTY et al., 2011). A bradicinesia ou acinesia é considerada uma das manifestações mais incapacitantes (TEDLA; GULAR; RANI, 2017), pois, a lentidão e o tempo dispendido de movimento causam um aumento da dependência nas atividades cotidianas. O tremor da DP é observado em situações de repouso, que reduz ou cessa com o início de algum movimento, podendo reaparecer quando o indivíduo conservar uma ação ou postura mais duradoura (HELMICH et al., 2012). A instabilidade postural constitui numa das principais causas para risco de quedas (MORAIS et al., 2017), pois afeta o controle do equilíbrio (FERRAZ et al., 2017); além das modificações na marcha, que se torna em bloco e com aspectos de festinação (JELLISH et al., 2015).

### ***Marcha na DP, Dupla Tarefa e Variabilidade***

Nas últimas décadas têm sido realizados vários estudos relacionados com a marcha humana e suas alterações, o que é primordial para entender, desenvolver e efetuar novos conjuntos de investigação do sistema locomotor e assim sugerir ações terapêuticas mais eficazes (ANTÚNEZ et al., 2013).

A deambulação é uma das atividades de vida diária mais comuns indicando independência e concepção de uma boa qualidade de vida (PERRY, 2005). E, apesar da sua realização parecer uma tarefa simples, caminhar é uma tarefa complexa e com infindas interações entre as funções sensoriais e motoras mesmo para os indivíduos saudáveis (DONALD, 2011), tornando-se ainda mais complicada para os indivíduos com DP.

A marcha eficaz é aquela onde se tem uma efetuação apropriada com o menor gasto energético possível, evitando assim, a fadiga e as quedas (PERRY, 2005), sendo que, estas últimas possuem significantes índices de ocorrência entre os indivíduos idosos e com DP.

Dentre os parâmetros cinemáticos da marcha, podem-se mencionar as variáveis temporais, as quais apresentam notável relevância clínica, como por exemplo, tempo de passo, tempo de passada, tempo de balanço, tempo de apoio simples e tempo de duplo apoio (DONALD, 2011; FALLOPA; ALBERTONI, 2008).

A marcha parkinsoniana possui alterações consequentes dos próprios sintomas motores e estas são intensificadas durante condições de dupla tarefa. Sabe-se que nestas condições, geralmente há uma diminuição no comprimento do passo e na velocidade da marcha, além de um aumento na variabilidade entre as passadas (SOUSA et al., 2014), bem como no tempo de passo (AL-YAHYA et al., 2011).

A execução de duplas tarefas é uma atividade cotidiana, sendo pré requisito para uma vida independente (MARINHO; CHAVES; TABARAL, 2014), nos indivíduos sadios, as regiões corticais motoras iniciam os movimentos, ao passo que, os núcleos da base os efetuam, regulam e aprimoram, permitindo que o córtex motor fique disponível para outras atividades que requerem atenção (MORRIS et al., 2005). Como a automaticidade produzida pelos núcleos basais é acometida na DP, um controle consciente contínuo torna-se fundamental para realização da marcha (ROCHESTER et al., 2008; BEKKERS et al., 2018). Assim sendo, quando há a execução de tarefas concorrentes, as regiões frontais ficam responsáveis à atividade secundária e a deambulação é majoritariamente controlada pelos núcleos basais defeituosos, o que causa a interferência negativa da dupla tarefa sobre a marcha (BRAUER et al., 2011).

O movimento humano tem como uma das suas características principais a variabilidade (ROEMMICH et al., 2012), sendo esta uma medida referente à mobilidade (STERGIOU; DECKER, 2011). A variabilidade pode ser definida como as alterações comuns que acontecem na execução de uma tarefa com múltiplas repetições (ROEMMICH et al., 2012), valores ótimos na variabilidade geralmente indicam um comportamento altamente estável porém, quando relatada em altos valores a variabilidade demonstra ter íntima relação com a instabilidade (ROEMMICH et al., 2012) e consequentemente pode causar quedas tanto em idosos como em indivíduos com DP (STERGIOU; DECKER, 2011).

A variabilidade durante a marcha é de fundamental importância, pois, proporciona condições de adequação à tarefa de acordo com as demandas ambientais. Entretanto, para que a marcha se mantenha estável, a variabilidade deve permanecer baixa. Altos valores na variabilidade condizem com uma falta de padronização do movimento, o qual se torna mais instável e geralmente está relacionado a acometimentos e/ ou lesões como ocorre nos indivíduos com DP (HAUPENTHAL; PEREIRA; MICHAELSEN, 2010).

### *Quedas*

Indivíduos com DP possuem uma maior instabilidade postural, a qual contribui para o aumento do risco de quedas nessa população (WARLOP et al., 2016); consoante a isso, as queixas motoras principais destes estão relacionadas exatamente com as alterações da marcha e as quedas (RUBINSTEIN; GILADI; HAUSDORFF, 2002), sendo esta última relatada em cerca de 60% dos indivíduos com a doença pelo menos uma vez ao ano (CAETANO et al., 2018).

A maioria das quedas geralmente ocorre durante alguma forma de locomoção (RODRIGUES; FRAGA; BARROS, 2014), e, a partir desta informação, vários estudos tentam estabelecer alguma relação entre o risco de quedas e os parâmetros espaço- temporais da marcha. Sabe-se que altos valores na variabilidade da marcha aumentam o risco de quedas tanto em idosos como em indivíduos com DP, (ROEMMICH et al., 2012) assim como a realização de outras tarefas concomitante à deambulação (THALER-KALL et al., 2015; GAßNER et al., 2017).

Além de consequências físicas, as quedas podem gerar problemas sociais e psicológicos, pois, muitos dos indivíduos que já sofreram quedas restringem suas atividades por medo de repetição do episódio, o que favorece o declínio funcional, colaborando para o isolamento social e consequentemente caso de depressão (MOREIRA; SAMPAIO; KIRKWOOD, 2015).

Com o envelhecimento a ocorrência de quedas torna-se mais frequente, sendo ainda mais relevante nos indivíduos com algum tipo de distúrbio, como os com DP. Calcula-se que anualmente, 25 a 40% das quedas ocorrem na população acima de 65 anos, sendo que, mais da metade desses caem rotineiramente, podendo levar a morbidade (KIRKWOOD; ARAÚJO;

DIAS, 2006), e consequentemente à perda de independência e institucionalização (JELLISH et al., 2015) e, até mesmo a mortalidade. Esses valores ficam ainda mais alarmantes quando consideramos que, o risco de quedas nos indivíduos com DP aumenta nove vezes, quando comparados com idosos saudáveis (CONRADSSON et al., 2012).

### ***Acidentes de trânsito***

Atualmente os acidentes de trânsito são considerados modernas epidemias, as quais geram danos à saúde, podendo levar ou não ao óbito, e dispêndios aos cofres públicos, relacionados a custos hospitalares e de despesas previdenciárias (Programa de Redução da Morbimortalidade por Acidentes de Trânsito: Mobilizando a Sociedade e Promovendo a Saúde, 2002).

Os idosos representam um grupo de alto risco por sua alta vulnerabilidade, advinda do processo natural de senescência. Já os indivíduos com DP, num processo de senilidade, apresentam déficits ainda mais agravados em suas capacidades funcionais, habilidades, e atenção para realizar a travessia de rua, sendo mais vulneráveis ainda (RODRIGUEZ et al., 2013). Estes riscos são ainda mais evidentes nos indivíduos em estágios iniciais da DP já que, estão amplamente inseridos nas atividades sociais, e isso inclui a travessia de rua (PINTO et al., 2016). Além disso, devido a sua fragilidade, ambos são mais susceptíveis à morte por incidentes e lesões (CARDONA et al., 2017).

Mundialmente cerca de 1,24 milhões de pessoas morrem todo ano vítimas de acidentes de trânsito, sendo que, os pedestres, um dos grupos mais afetados no trânsito, representam 22% desses óbitos. Assim, a mortalidade por acidentes de trânsito está entre as principais causas de mortes no mundo, sendo a nona colocada. Não o bastante, cerca de 20 a 50 milhões de pessoa padecem com lesões não fatais advindas destes acidentes (WHO, 2016). Juntamente a isso, o Brasil ocupa a 4ª posição dentre os países com maior taxa de mortalidade devido à acidentes de trânsito (SOUSA et al., 2017 ). A partir desses dados é notada a relevância social e epidemiológica do problema e a grande necessidade de intervir imediatamente (Programa de Redução da Morbimortalidade por Acidentes de Trânsito: Mobilizando a Sociedade e Promovendo a Saúde, 2002).



## REFERÊNCIAS

1. Berrios GE. Introdução à "Paralisia agitante", de James Parkinson (1817). *Rev Latinoam Psicopat Fund.* 2016;19(1):114-121.  
<https://doi.org/10.1590/1415-4714.2016v19n1p114.9>
2. Teive HAG. O papel de Charcot na doença de Parkinson. *Arq Neuropsiquiatr.* 1998;56(1):141-145.  
<https://doi.org/10.1590/S0004-282X1998000100026>
3. Chardosim NMO, Oliveira CR, Lima MP, Farina M, Gonzatti V, Costa DB et al. Personality factors and cognitive functioning in elderly with Parkinson's disease. *Dement neuropsychol.* 2018;12(1):45-53.  
<https://doi.org/10.1590/1980-57642018dn12-010007>
4. Dorsey ER, Constantinescu R, Thompson JP, Biglan KM, Holloway RG, Kieburtz K, et al. Projected number of people with Parkinson disease in the most populous nations, 2005 through 2030. *Neurology.* 2007;68(5):384-386.  
<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000247740.47667.03>
5. Monteiro EP, Wild LB, Martinez FG, Pagnussat AS, Peyré-Tartaruga LA. Aspectos biomecânicos da locomoção de pessoas com doença de Parkinson: revisão narrativa. *Rev Bras Ciênc Esporte.* 2017;39(4):450-457.  
<https://doi.org/10.1016/j.rbce.2016.07.003>
6. Tedla JSN, Gular K, Rani J. Effectiveness of motor task interference during gait in subjects with parkinson's disease: a randomized controlled trail. *Int J Physiother.* 2017;4(2):101-105.  
<https://doi.org/10.15621/ijphy/2017/v4i2/141948>
7. Barros ALS, Costa EG, Costa MLG, Medeiros JS. Doença de Parkinson: Uma visão Multidisciplinar. 2. ed. Pulso Editorial; 2007.
8. Marín D, Carmona H, Ibarra M, Gámez M. Enfermedad de Parkinson: fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. *Rev Univ Ind Santande Salud.* 2018;50(1):79-92.
9. Hurtado F, Cardenas MAN, Cardenas F, León LA. La Enfermedad de Parkinson: Etiología, Tratamientos y Factores Preventivos. *Universitas Psychologica.* 2016;15(5):1-26.  
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy15-5.epet>
10. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology.* 1967;17(5):427-442.  
<https://doi.org/10.1212/WNL.17.5.427>
11. Felipe LA, Oliveira RT, Garcia M, Silva- Hamu TCD, Santos SMS, Christofolletti G. Funções executivas, atividades da vida diária e habilidade motora de idosos com doenças neurodegenerativas. *J Bras Psiquiatr.* 2014;63(1):39-47. <https://doi.org/10.1590/0047-2085000000006>

12. Eygelshoven S, Hout AVD, Tucha L, Fuermaier ABM, Bangma DF, Thome J, et al. Are non-demented patients with Parkinson's disease able to decide about their own treatment? *Parkinsonism Relat Disord*. 2017;38:48-53.  
<https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2017.02.021>
13. Muslimovic D, Post B, Speelman JD, Schmand B. Cognitive profile of patients with newly diagnosed Parkinson disease. *Neurology*. 2005;65:1239-1245.  
<https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000180516.69442.95>
14. Fernandes Â, Rocha N, Santos R, Tavares JMRS. Effects of dual-task training on balance and executive functions in Parkinson's disease: A pilot Study. *Somatosens Mot Res*. 2015;32(2):122-127.  
<https://doi.org/10.3109/08990220.2014.1002605>
15. Doherty KM, Warrenburg BPV, Peralta MC, Silveira-Moriyama L, Azulay J, Gershanik, OS, et al. Postural deformities in Parkinson s Disease. *Lancet Neurol*. 2011;10:538-549.  
[https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(11\)70067-9](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(11)70067-9)
16. Helmich RC, Hallett M, Deuschl G, Toni I, Bloem BR. Cerebral causes and consequences of parkinsonian resting tremor: a tale of two circuits? *Brain*. 2012;135:3206-3226.  
<https://doi.org/10.1093/brain/aws023>
17. Morais LC, Pereira MP, Lahr J, Pelicioni PHS, Rinaldi NM, Gobbi LTB. Predictors of the functional reach test in people with parkinson's disease. *J Phys Educ*. 2017;28:E2846.  
<http://dx.doi.org/10.4025/jphyseduc.v28i1.2846>
18. Ferraz DD, Trippo K, Dominguez A, Santos A, Filho JO. Nintendo Wii training on postural balance and mobility rehabilitation of adults with Parkinson's disease: a systematic review. *Fisioter Mov*. 2017;30:383-393.  
<https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.s01.ar07>
19. Jellish J, Abbas JJ, Ingalls TM, Mahant P, Samanta J, Ospina MC, et al. A System for Real-Time Feedback to Improve Gait and Posture in Parkinson's Disease. *J Biomed Health Inform*. 2015;19(6):1809-1819.  
<https://doi.org/10.1109/JBHI.2015.2472560>
20. Antúnez CG, Torres BC, López MDS, Cabello MA. Análisis de la pronación global de miembros inferiores completos en deportistas de edad escolar. *Rev Andal Med Deporte*. 2013;6(4):135-138. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(13\)70048-0](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(13)70048-0)
21. Perry J. Análise de marcha. v.1, Barueri: Manole; 2005.
22. Donald AN. Cinesiologia do aparelho musculoesquelético. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier;

2011.

23. Faloppa F, Albertoni WM. Ortopedia e Traumatologia. Barueri: Manole; 2008.

24. Sousa AVC, Santiago LMM, Silva REO, Oliveira DA, Galvão ERVP, Lindquist ARR. Influence of treadmill training in dual-task gait in people with Parkinson's Disease: a case report. *Fisioter Pesq*. 2014;21(3):291-296.  
<http://dx.doi.org/10.590/1809-2950/60221032014>

25. Al-Yahya E, Dawes H, Smith L, Dennis A, Howells K, Cockburn J. Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. 2011;35(3):715-728. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.08.008>

26. Marinho MS, Chaves PM, Tabaral TO. Dupla-tarefa na doença de Parkinson: uma revisão sistemática de ensaios clínicos aleatorizados. *Rev Bras Geriatr Gerontol*. 2014;17(1):191-199.  
<https://doi.org/10.1590/S1809-98232014000100018>

27. Morris M, Iansek R, McGinley J, Matyas T, Huxham F. Three-dimensional gait biomechanics in Parkinson's disease: evidence for a centrally mediated amplitude regulation disorder. *Mov Disord*. 2005;20(1):40-50.  
<https://doi.org/10.1002/mds.20278>

28. Rochester L, Nieuwboer A, Baker K, Hetherington V, Willems AM, Kwakkel G, et al. Walking speed during single and dual tasks in Parkinson's disease: which characteristics are important? *Mov Disord*. 2008;23(16):2312-2318.  
<https://doi.org/10.1002/mds.22219>

29. Bekkers EMJ, Dockx K, Devan S, Van Rossom S, Verschueren SMP, Bloem BR, et al. The Impact of Dual-Tasking on Postural Stability in People With Parkinson's Disease With and Without Freezing of Gait. *Neurorehabil Neural Repair*. 2018;32(2):166-174.  
<https://doi.org/10.1177/1545968318761121>

30. Brauer SG, Woollacott MH, Lamont R, Clewett S, O'Sullivan J, Silburn P, et al. Single and dual task gait training in people with Parkinson's Disease: A protocol for a randomised controlled trial. *Neurology*. 2011;11:90.

31. Roemmich RT, Nocera JR, Vallabhajosula S, Amano S, Naugle KM, Stegemöller EL, et al. Spatiotemporal variability during gait initiation in Parkinson's disease. *Gait Posture*. 2012;36(3):340-343.  
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.01.018>

32. Stergiou N, Decker LM. Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Hum Mov Sci*. 2011;30:869-888.  
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.06.002>

33. Haupenthal A, Pereira ND, Michaelsen SM. One movement, two perspectives: a paradigm change in the motor control. *R bras Ci e Mov.* 2010;18(2):107-115.
34. Warlop T, Detrembleur C, Bollens B, Stoquart G, Crevecoeur F, Jeanjean A, et al. Temporal organization of stride duration variability as a marker of gait instability in Parkinson's disease. *J Rehabil Med.* 2016;48:865-871.  
<https://doi.org/10.2340/16501977-2158>
35. Rubinstein TC, Giladi N, Hausdorff JM. The Power of Cueing to Circumvent Dopamine Deficits: A Review of Physical Therapy Treatment of Gait Disturbances in Parkinson's Disease. *Movement Disorders.* 2002;17(6):1148-1160.  
<https://doi.org/10.1002/mds.10259>
36. Caetano MJD, Lord SR, Allen NE, Brodie MA, Song J, Paul SS, et al. Stepping reaction time and gait adaptability are significantly impaired in people with Parkinson's disease: Implications for fall risk. *Parkinsonism Relat Disord.* 2018;47:32-38.  
<https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2017.11.340>
37. Rodrigues IG, Fraga GP, Barros MBA. Falls in the elderly: risk factors in population- based study. *Rev Bras Epidemiol.* 2014;17(3):705-718.  
<https://doi.org/10.1590/1809-4503201400030011>
38. Thaler-Kall K, Peters A, Thorand B, Grill E, Autenrieth CS, Horsch A, 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 Geriatr.* 2015;15:32.  
<https://doi.org/10.1186/s12877-015-0032-1>
39. Gaßner H, Marxreiter F, Steib S, Kohl Z, Schlachetzki JCM, Adler W, et al. Gait and Cognition in Parkinson's Disease: Cognitive Impairment Is Inadequately Reflected by Gait Performance during Dual Task. *Front Neurol.* 2017;8:550.  
<https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00550>
40. Moreira BS, Sampaio RF, Kirkwood RN. Spatiotemporal gait parameters and recurrent falls in community-dwelling elderly women: a prospective study. *Braz J Phys Ther.* 2015;19(1):61-69.  
<https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0067>
41. Kirkwood RN, Araújo PA, Dias CS. Biomecânica da marcha em idosos caidores e não caidores: uma revisão da literatura. *R Bras Ci e Mov.* 2006;14(4):103-110.
42. Conradsson D, Löfgren N, Ståhle A, Hagströmer M, Franzén E. A novel conceptual framework for balance training in Parkinson's disease-study protocol for a randomised controlled trial. *BMC Neurol.* 2012;12:111.  
<https://doi.org/10.1186/1471-2377-12-111>
43. Programa de Redução da Morbimortalidade por Acidentes de Trânsito: Mobilizando a Sociedade e Promovendo a Saúde. *Rev Saúde Pública.* 2002;36(1):114-117. Informes Técnicos Institucionais. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000100018>

44. Rodriguez KL, Roemmich RT, Cam B, Fregly BJ, Hass CJ. Persons with Parkinson's disease exhibit decreased neuromuscular complexity during gait. *Clin Neurophysiol.* 2013;124(7):1390-1397. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2013.02.006>
45. Pinto LW, Ribeiro AP, Bahia CA, Freitas MG. Atendimento de urgência e emergência a pedestres lesionados no trânsito brasileiro. *Ciênc Saúde Coletiva.* 2016;21(12):3673-3682. <https://doi.org/10.1590/1413-812320152112.17722016>
46. Cardona AMS, Arango DC, Fernández DYB, Martínez AA. Mortality in traffic accidents with older adults in Colombia. *Rev Saúde Pública.* 2017;51:2. <https://doi.org/10.1590/s1518-8787.2017051006405>
47. WHO, World Health Organization. World health statistics 2016: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. E-ISBN 978 92 4 069569 6.
48. Sousa KM, Oliveira WIF, Alves EA, Gama ZAS. Fatores associados ao acesso à reabilitação física para vítimas de acidentes de trânsito. *Rev Saude Publica.* 2017;51:54.

**Analysis of the variability of temporal parameters of the gait of the elderly with  
Parkinson's disease during street crossing simulation**

**Análise da variabilidade dos parâmetros temporais da marcha de idosos com doença de  
Parkinson durante simulação de travessia de rua**

JULIANA C. DAVI<sup>1\*</sup>, LUCAS R. SOUSA<sup>2</sup>, BÁRBARA C. R. MARTINS<sup>1</sup>, CAMILLA Z. HALLAL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade Federal do Triângulo Mineiro e Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, [julianacorreiadavi@hotmail.com.br](mailto:julianacorreiadavi@hotmail.com.br) / [barbara.martins15@hotmail.com](mailto:barbara.martins15@hotmail.com)

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, [lucas.resende.sousa@hotmail.com](mailto:lucas.resende.sousa@hotmail.com)

<sup>3</sup> Faculdade de Educação Física e Fisioterapia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, [camillazhallal@yahoo.com.br](mailto:camillazhallal@yahoo.com.br)

\*Autor Correspondente: Camilla Z. Hallal

Rua Benjamin Constant, 1286, Bairro Nossa Senhora Aparecida, CEP 38400-678,  
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

(34) 3212-1317 / (34) 998420044

[camillazhallal@yahoo.com.br](mailto:camillazhallal@yahoo.com.br)

## ABSTRACT

**Background:** Individuals with Parkinson's disease (PD) have motor symptoms that generally impair gait considerably increasing the risk of falls. During dual tasks, such as at the street crossing, this risk can be even greater. The variability of gait time parameters is considered an important predictor of risk of falls. **Objective:** To analyze the variability of temporal kinematic variables of gait during simulation of street crossing in patients with PD. **Methods:** We studied 19 elderly patients with idiopathic PD at an early stage. The evaluation of gait took place on a walkway in three different conditions: gait with preferred speed (Condition 1), gait with simulation of street crossing (Condition 2) and gait with simulation of street crossing in reduced time (Condition 3). For the data collection, the *foot switch* contact sensor system (Noraxon®) was used. **Results:** There was no significant difference in the variability between gait conditions for any variable analyzed. **Conclusion:** Individuals with PD, when subjected to challenging circumstances, such as the street crossing, do not demonstrate significant changes in the variability of the time of step, time of support and time of balance in relation to the march with speed of preference.

**Keywords:** parkinsonian gait; dual task; kinematic variability.

## RESUMO

**Contextualização:** Indivíduos com Doença de Parkinson (DP) apresentam sintomas motores que geralmente prejudicam a marcha aumentando consideravelmente o risco de quedas. Durante as duplas tarefas, como na travessia de rua, esse risco pode ser ainda maior. A variabilidade dos parâmetros temporais da marcha é considerada uma importante variável preditiva de riscos de quedas. **Objetivo:** Analisar a variabilidade de variáveis cinemáticas temporais da marcha durante simulação de travessia de rua em pacientes com DP. **Métodos:** Participaram deste estudo 19 idosos com DP idiopática em estágio inicial. A avaliação da marcha ocorreu sobre uma passarela em três condições distintas: marcha em velocidade de preferência (Condição 1), marcha com simulação de travessia de rua (Condição 2) e marcha com simulação de travessia de rua em tempo reduzido (Condição 3). Para a coleta de dados foi utilizado o sistema de sensores de contato *foot switch* (Noraxon®). **Resultados:** Não houve diferença significativa na variabilidade entre as condições de marcha para nenhuma variável analisada. **Conclusão:** Indivíduos com DP, quando submetidos à circunstâncias desafiadoras, como a travessia de rua, não demonstram mudanças significativas na variabilidade do tempo de passo, tempo de apoio e tempo de balanço em relação à marcha com velocidade de preferência.

**Palavras- Chave:** marcha parkinsoniana; dupla tarefa; variabilidade cinemática.

## **PONTOS-CHAVES**

Os sintomas motores da Doença de Parkinson (DP) são altamente incapacitantes.

Os sujeitos com DP caem duas vezes mais que os idosos saudáveis.

Na travessia de rua, exemplo de dupla tarefa, as quedas são ainda mais comuns.

Identificar alterações na marcha facilita estratégias de prevenção às quedas.



## 1. INTRODUCTION

Parkinson's disease (PD) is a chronic, degenerative and progressive neurological disorder<sup>1,2</sup>. It is currently considered the second most prevalent neurodegenerative disease<sup>3</sup> and most cases are diagnosed between the 50-70 age group<sup>4</sup>. It is estimated that there are more than four million people with PD worldwide, which should double by 2030<sup>5</sup>, given the population's life expectancy increase<sup>6</sup>.

Although 24% of patients newly diagnosed with PD present some cognitive deficits<sup>7</sup>, motor symptoms are still predominant and highly incapacitating<sup>6</sup>. Among the motor characteristics of PD, bradykinesia and postural instability are two of the main causes for risk of falls<sup>3,8</sup>, as they affect balance control<sup>9</sup> as well as they directly interfere in gait.

Gait is a complex motor activity<sup>10</sup>, which can be easily affected by injuries, degenerative disorders, exhaustion and risk situations, as in double tasks<sup>11</sup>.

Parkinsonian gait is evidenced by short steps and reduced speed<sup>12</sup>; the individual acquires a curved posture<sup>8</sup>, there are limitations in the trunk rotation and in the upper limbs' movement<sup>13</sup>, presenting a gait in block. In addition, the ability to perform gait with regular rhythm is decreased, resulting in increasing rhythm variability between steps<sup>14</sup>. Motor disorders impair the performance of daily life activities (ADLs), limiting functional independence<sup>15</sup> and quality of life of individuals with PD<sup>16</sup>.

The etiology of falls in individuals with PD has multifactorial origins<sup>17</sup>, and it is estimated that more than half of the falls occur during gait<sup>18,19</sup> being generally the results of attempts to perform two or more tasks simultaneously<sup>20</sup>. Subjects with PD fall twice as much as healthy elderly individuals<sup>21</sup>, and about 60% of this population reports falls at least once a year<sup>15</sup>.

Pedestrian traffic in the urban roads is among the countless daily situations that involve the accomplishment of double tasks. Individuals in PD's early stages are among the traffic users most vulnerable<sup>22</sup> to accidents which are more likely to occur during crossings. Pedestrian accidents typically promote serious injuries since, in most cases, vehicles are involved in the scenario<sup>23</sup>.

In Brazil, 30% of deaths of the elderly who are over 60 years old – age group that has the largest amount of individuals with PD - occur due to external causes, especially trampling and falls<sup>24</sup>. This is considered a public health problem and it generates high costs to the public coffers.

The existence of variability is fundamentally important, since it is responsible for providing adaptation situations between the task and the environment<sup>25</sup>. The variability of time gait parameters is related to mechanisms that adjust the movement's execution and create reference models<sup>26</sup>.

The variability of temporal gait parameters has been studied as an important predictive risk variable<sup>27</sup>, and through analysis it is possible to identify changes in the gait pattern, which facilitates strategies to prevent falls and accidents<sup>28</sup>. Preventive strategies are considered fundamental, since they can reduce public expenditures and allow greater safety, independence and quality of life for pedestrians<sup>29,30</sup>.

Due to the foregoing, the objective of this study was to analyze the variability of temporal kinematic variables during street crossing simulation in patients with PD.

We hypothesized that the elderly with PD present higher variability of temporal kinematic variables during gait in the conditions of crossing simulation than during normal gait, due to the task-related demands.

## **2. METHODS**

### *2.1 Participants*

The study's participants were nineteen elderly patients with idiopathic early-stage Parkinson's disease, rated I to II on the Hoehn & Yahr<sup>31</sup> scale, who can still walk independently. They were submitted to physiotherapeutic treatment at least 3 times a week, and for at least 6 months before the study. The sample size was initially determined based on the data collected in a pilot study, using the G \* Power program (power = 0.95, effect size = 1.21,  $\alpha$  error = 0.05), and the sample suggested 14 individuals; however, a convenience sample was used, including all individuals participating in our project, with no exclusion, as they are close to each other. The sample characterization is shown in Table 1 (Annex 1).

The eligibility criteria were: absence of pain, fractures, or severe injury to muscles, tendons and / or ligaments in the 6 previous months to the study, as well as absence cardiovascular, respiratory or cognitive alterations in the patients' histories. The Mini Mental State Examination (*Mini Exame do Estado Mental – MEEM*) was used to evaluate cognitive function, excluding the elderly who presented a score  $<24$ . The volunteers could not be pharmacologically adapted.

The present study was approved by the local ethics committee (CAAE 43869315.2.0000.5152). All participants were previously advised about the research procedures and they signed the Free and Informed Consent Form after reading it and agreeing to it, so they could participate in the collections.

## *2.2 Instruments and procedures for data collection*

The foot switch contact sensor system (Noraxon®) was used to collect data. It was fixed bilaterally in the calcaneus and at the base of the hallux of the participants. A video projector was used to simulate vehicle traffic.

The evaluation took place on a 10-meter-long and 2-meter-wide walkway. The first and last meters of length were disregarded in the data analysis to avoid possible influences of gait's acceleration and deceleration processes<sup>32</sup>. The street crossing simulation was carried out according to the Brazilian National Traffic Department's recommendations for traffic lights' timing.

Before the gait evaluation procedures, volunteers were instructed on how to conduct the street crossing simulation and familiarized three times with each of the conditions<sup>33</sup>, in order to ensure that there would be 10 consecutive gait cycles for further evaluation.

The gait evaluation occurred under 3 different conditions: gait with the speed of preference (Condition 1), gait during street crossing simulation (Condition 2) and street crossing simulation with a reduced time (Condition 3). Each volunteer walked on the walkway for 3 consecutive times in each of the 3 gait conditions, which were randomized.

During Condition 1, the volunteers were instructed to walk on the walkway at the speed that they routinely walked, and they had no time limit for performing the task. To perform Condition 2, volunteers should pay attention to a projector that simulates videos and sounds of vehicular traffic. According to the video and the images, the volunteers decided the best time to cross the walkway, respecting the pedestrian traffic light time that was 17 seconds. And in Condition 3, the volunteers received the same instructions and had the same stimuli as in Condition 2, but the pedestrian traffic light time was reduced to 8.5 seconds, simulating a

daily condition in which the pedestrian starts to cross the street with little time remaining at the pedestrian traffic light.

### *2.3 Data Analysis*

Step time variability, support time variability and balance time variability were analyzed. Ten consecutive gait cycles were considered in each of the conditions. The start and the end of each gait cycle were determined by Foot Switch (Noraxon®).

The mean of the standard deviations of the 10 gait cycles analyzed for each participant in each gait condition was used to calculate the variability of the analyzed variables<sup>34,35,36</sup>.

### *2.4 Statistical Analysis*

PASW statistics 18.0® software (SPSS) was used for statistical analysis. Initially, the Shapiro Wilk test was performed to verify the data normality. Wilcoxon test was used in order to compare the variability of the analyzed parameters between the conditions, adopting the level of significance of  $p < 0.05$ .

## **3. RESULTS**

The results showed that there was no significant difference in the variability between gait conditions for any variable analyzed.

For the kinematic variability comparisons between Conditions 1 and 2, the values of  $p$  for step time, support time and swing time were 0.173; 0.135 and 0.375, respectively. For the comparisons of kinematic variability between Conditions 1 and 3, the values of  $p$  for step time, support time and swing time were 0.573; 0.401 and 0.433, respectively. For the kinematic variability comparisons between Conditions 2 and 3, the values of  $p$  for step time, support time and swing time were 0.587; 0.588 and 0.204, respectively.

The median and quartile values of the kinematic variability of step time, support time and swing time for the different walking conditions are shown in Figures 1, 2 and 3 (Annex

1).

#### 4. DISCUSSION

This study aimed to analyze the variability of temporal kinematic variables during street crossing simulations in patients with PD. This investigation is particularly relevant, since, currently, pedestrian accidents represent modern epidemics, configuring a set of health problems<sup>37</sup>.

Our results showed that there was no significant difference in the variability between gait conditions for any variable analyzed. These results did not agree to our initial hypothesis, since we expected an increase in the variability of the variables analyzed during the street crossing simulation when compared to the gait in the speed of preference, according to the task's adaptive demands.

In order to have a stable gait, it is necessary for the individual to be able to preserve his functional locomotion even if there are external disturbances or internal command failures. Insufficient gait corrections may lead to an increase in its variability, which is defined by variations in the properties of one step in relation to the other<sup>8</sup>.

Generally, there is a formidable level of variability in healthy systems, indicating that the individual has the physiological ability to give several adaptive responses, whatever the disturbance that occurs during gait<sup>28</sup>. However, it is known that, with aging, this capacity tends to decrease, and the individuals create strategies to maintain their stability. Reduction in gait size and gait speed, as well as increase in the double-support phase's time and the support base<sup>17</sup>.

Gait evaluation only by conventional measures does not suitably contribute to an accurate investigation related fall risk in PD. Thus, the study of variability becomes of great relevance, which may help the risk evaluation, since the increase in the variability of one step in relation to the other has a strong correlation for a higher fall risk and a relevant predictor of decline of mobility in healthy elderly people, as well as in individuals with<sup>38</sup>.

Deviations from an optimal level of variability both in the direction of randomness and in maintaining an exorbitant step regularity points to the extinction of the system's adaptive competences, related to motor<sup>8</sup> or neurological deficits, such as those that occur in individuals with PD. In addition, changes in emotional behavior may also influence in gait variability through automatic gait control.

The present study did not evaluate gait speed. However, it is noticeable in conditions II and III a decrease in the average gait time, which suggests adjustments in this variable. In order to carry out the calculation the crossing the street time, an average speed of  $1.2 \text{ m} / \text{s}$ <sup>39</sup> is considered, but with increasing life expectancy and increasingly active elderly people, it is necessary to review these values. A study done in 2017 concluded that if an average speed of  $0.9 \text{ m} / \text{s}$  was adopted, more than 30% of elderly people would cross the street safely and without the need to make changes in their daily pace of speed<sup>40</sup>. As demonstrated in this study, individuals with PD have less ability to adapt to the task, thus they require an even longer time to cross the road safely.

#### *4.1 Study's Limitations*

When analyzing the results of this study, some limitations should be considered. The participants of the study were in stages I and II of the Hoehn Yahr scale - the early stages of Parkinson's manifestation. These individuals were deliberately chosen because they still performed independent gait, which was fundamental for the accomplishment of the protocol proposed. With functional independence still preserved, individuals at these stages are largely included in social activities like crossing the street, which makes them more prone to accident risk.

## **5. CONCLUSION**

Individuals with PD, when subjected to challenging circumstances, such as crossing the street, do not demonstrate significant changes in the variability of step time, support time and swing time in relation to the gait in the speed of preference. From these results, we noticed that DP patients are unable to adjust gait patterns according to the task demand, increasing the chances of falls and accidents during the crossing, a situation that is often common among the population.

Additional biomechanical studies are necessary to better understand the differences between the variability of step time, support time and swing time in the different conditions analyzed and the factors that contribute to each of them.

## **CONFLICTS OF INTEREST DECLARATION**

None of the authors had any conflicts of interest, financial or personal relationships with other people or organizations that could influence the results of this study.

**ACKNOWLEDGMENTS**

FAPEMIG (Process APQ 00327-14) and CNPQ (Process nº 459592/2014).

## REFERENCES

1. Belchior LD, Tomaz BS, Abdon APV, Frota NAF, Mont'Alverne DGB, Gaspar DM. Treadmill in Parkinson's: influence on gait, balance, BDNF and Reduced Glutathione. *Fisioter Mov.* 2017;30:93-100.  
<https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.s01.ao09>
2. Braz NFT, Dutra LR, Medeiros PES, Scianni AA, Faria CDCM. Eficácia do Nintendo Wii em desfechos funcionais e de saúde de indivíduos com doença de Parkinson: uma revisão sistemática. *Fisioter Pesqui.* 2018;25(1):100-106.  
<https://doi.org/10.1590/1809-2950/17131825012018>
3. Morais LC, Pereira MP, Lahr J, Pelicioni PHS, Rinaldi NM, Gobbi LTB. Predictors of the functional reach test in people with parkinson's disease. *J Phys Educ.* 2017;28:E2846.  
<http://dx.doi.org/10.4025/jphyseduc.v28i1.2846>
4. Severiano MIR, Zeigelboim BS, Teive HAG, Santos GJB, Fonseca VR. Effect of virtual reality in Parkinson's disease: a prospective observational study. *Arq Neuropsiquiatr.* 2018;76(2):78-84.  
<https://doi.org/10.1590/0004-282x20170195>
5. Gondim ITGO, Lins CCSA, Coriolano MGWS. Exercícios terapêuticos domiciliares na doença de Parkinson: uma revisão integrativa. *Rev Bras Geriatr Gerontol.* 2016;19(2):349-364.  
<https://doi.org/10.1590/1809-98232016019.150040>
6. Felipe LA, Oliveira RT, Garcia M, Silva- Hamu TCD, Santos SMS, Christofoletti G. Funções executivas, atividades da vida diária e habilidade motora de idosos com doenças neurodegenerativas. *J Bras Psiquiatr.* 2014;63(1):39-47.  
<https://doi.org/10.1590/0047-20850000000006>
7. Eygelshoven S, Hout AVD, Tucha L, Fuermaier ABM, Bangma DF, Thome J, et al. Are non-demented patients with Parkinson's disease able to decide about their own treatment? *Parkinsonism Relat Disord.* 2017;38:48-53.  
<https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2017.02.021>
8. Warlop T, Detrembleur C, Bollens B, Stoquart G, Crevecoeur F, Jeanjean A, et al. Temporal organization of stride duration variability as a marker of gait instability in Parkinson's disease. *J Rehabil Med.* 2016;48:865-871.  
<https://doi.org/10.2340/16501977-2158>
9. Ferraz DD, Trippo K, Dominguez A, Santos A, Filho JO. Nintendo Wii training on postural balance and mobility rehabilitation of adults with Parkinson's disease: a systematic review. *Fisioter Mov.* 2017;30:383-393.  
<https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.s01.ar07>
10. Martens KAE, Hall JM, Georgiades MJ, Gilat M, Walton CC, Matar E, et al. The functional network signature of heterogeneity in freezing of gait. *Brain.* 2018;141(4):1145-1160.  
<https://doi.org/10.1093/brain/awy019>



11. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Controle motor: teoria e aplicações práticas. 2 ed. Barueri: Manole; 2003. p.179-208.
12. Jellish J, Abbas JJ, Ingalls TM, Mahant P, Samanta J, Ospina MC, et al. A System for Real-Time Feedback to Improve Gait and Posture in Parkinson's Disease. *J Biomed Health Inform.* 2015;19(6):1809-1819.  
<https://doi.org/10.1109/JBHI.2015.2472560>
13. Amaral-Felipe KM, Yamada PA, Cursino MP, Rodrigues BF, Hallal CZ, Faganello-Navega FR. Life Comparison of kinematic variables of gait on a treadmill and on soil of individuals with Parkinson's disease. *Motricidade.* 2017;13(2):18-26.  
<https://doi.org/10.6063/motricidade.7895>
14. Rennie L, Dietrichs E, Moe-Nilssen R, Opheim A, Franzén E. The validity of the Gait Variability Index for individuals with mild to moderate Parkinson's disease. *Gait Posture.* 2017;54:311-317.  
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.03.023>
15. Caetano MJD, Lord SR, Allen NE, Brodie MA, Song J, Paul SS, et al. Stepping reaction time and gait adaptability are significantly impaired in people with Parkinson's disease: Implications for fall risk. *Parkinsonism Relat Disord.* 2018;47:32-38.  
<https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2017.11.340>
16. Hadoush H, Al-Jarrah M, Khalil H, Al-Sharman A, Al-Ghazawi S. Bilateral anodal transcranial direct current stimulation effect on balance and fearing of fall in patient with Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation.* 2018;42(1):63-68.  
<https://doi.org/10.3233/NRE-172212>
17. Kirkwood RN, Araújo PA, Dias CS. Biomecânica da marcha em idosos caídores e não caídores: uma revisão da literatura. *R Bras Ci e Mov.* 2006;14(4):103-110.
18. Hallal CZ, Marques NR, Castro A, Spinoso DH, Rossi DM, Navega MT, et al. Variabilidade de parâmetros eletromiográficos e cinemáticos em diferentes condições de marcha em idosos. *Motriz: Rev Educ Fís.* 2013;19(1):141-150.  
<https://doi.org/10.1590/S1980-65742013000100014>
19. Thaler-Kall K, Peters A, Thorand B, Grill E, Autenrieth CS, Horsch A, 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 Geriatr.* 2015;15:8 pages.  
<https://doi.org/10.1186/s12877-015-0032-1>
20. Srulijes K, Brockmann K, Ogbamical S, Hobert MA, Hauser AK, Schulte C, et al. Dual-Task Performance in GBA Parkinson's Disease. *Parkinson's Disease.* 2017;9:1-6.  
<https://doi.org/10.1155/2017/8582740>
21. Paul SS, Dibble LE, Peterson DS. Motor learning in people with Parkinson's disease: Implications for fall prevention across the disease spectrum. *Gait Posture.* 2018;61:311-319.  
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.01.026>

22. Pinto LW, Ribeiro AP, Bahia CA, Freitas MG. Atendimento de urgência e emergência a pedestres lesionados no trânsito brasileiro. *Ciênc Saúde Coletiva*. 2016;21(12):3673-3682.  
<https://doi.org/10.1590/1413-812320152112.17722016>
23. Hatfield J, Murphy S. The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalised and unsignalised intersections. *Accid Anal Prev*. 2007;39:197-205.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.07.001>
24. Santos AMR, Rodrigues RAP, Diniz MA. Trauma no idoso por acidente de trânsito: revisão integrativa. *Rev Esc Enferm USP*. 2015;49(1):162-172.  
<https://doi.org/10.1590/S0080-623420150000100021>
25. Simieli L, Gobbi LTB, Orcioli-Silva D, Beretta VS, Santos PCR, Baptista AM, et al. The variability of the steps preceding obstacle avoidance (approach phase) is dependent on the height of the obstacle in people with Parkinson's disease. *PLoSOne*. 2017;12(9):e0184134.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184134>
26. Haupenthal A, Pereira ND, Michaelsen SM. Um movimento, dois olhares: a mudança de paradigma na análise do controle motor e seu efeito na abordagem da marcha humana. *R Bras Ci e Mov*. 2010;18(2):107-115.
27. Abreu SSE, Caldas CP. Velocidade de marcha, equilíbrio e idade: um estudo correlacional entre idosas praticantes e idosas não praticantes de um programa de exercícios terapêuticos. *Rev Bras Fisiot*. 2008;12(4):324-330.  
<https://doi.org/10.1590/S1413-35552008000400012>
28. Stergiou N, Decker LM. Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: Is there a connection? *Hum Mov Sci*. 2011;30:869-888.  
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.06.002>
29. Skelton DA, Beyer N. Exercise and injury prevention in older people. *Scand J Med Sci Sports*. 2003;13(1):77-85.  
<https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00300.x>
30. Rose DJ, Hernandez D. The role of exercise in fall prevention for older adults. *Clin Geriatr Med*. 2010;26(4):607-631.  
<https://doi.org/10.1016/j.cger.2010.07.003>
31. Hoehn MM, Yahr MD. Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology*. 2012;17(5):427-442.  
<https://doi.org/10.1212/WNL.17.5.427>
32. Almeida OP. Mini Exame do Estado Mental e o diagnóstico de demência no Brasil. *Arq Neuropsiquiatr*. 1998;56:605-612.  
<https://doi.org/10.1590/S0004-282X1998000400014>
33. Beurskens R, Steinberg F, Antoniewicz F, Wolff W, Granacher U. Neural correlates of dual-task walking: effects of cognitive versus motor interference in young adults. *Neural*

Plasticity. 2016; 9 pages.

<http://dx.doi.org/10.1155/2016/8032180>

34. Vieira ER, Lim H-H, Brunt D, Hallal CZ, Kinsey L, Errington L, et al. Temporo-spatial gait parameters during street crossing conditions: A comparison between younger and older adults. *Gait Posture*. 2015;41(2):510-515.

<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.12.001>

35. Dingwell JB, Martin LC. Kinematic variability and local dynamic stability of upper body motions when walking at different speeds. *J Biomech*. 2006;39:444-452.

<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.12.014>

36. Kang HG, Dingwell JB. Dynamics and stability of muscle activations during walking in healthy young and older adults. *J Biomech*. 2009;42:2231-2237.

<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.06.038>

37. Kang HG, Dingwell JB. Separating the effects of age and walking speed on gait variability. *Gait Posture*. 2008;27(4):572-577.

<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.07.009>

38. Stöggl T, Haudum A, Birklbauer J, Murrer M, Müller E. Short and long term adaptation of variability during walking using unstable (Mbt) shoes. *Clinical Biomechanics*. 2010;25:816-822.

<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.05.012>

39. Dantas MMP. A CRIANÇA E O ADOLESCENTE VÍTIMAS DE ACIDENTES DE TRÂNSITO: uma análise da fisioterapia no período de internação hospitalar [Dissertação]. Fortaleza (CE): Universidade Estadual do Ceará, 2007.

40. Frenkel-Toledo S, Giladi N, Peretz C, Herman T, Gruendlinger L, Hausdorff JM. Effect of gait speed on gait rhythmicity in Parkinson's disease: variability of stride time and swing time respond differently. *J Neuroeng Rehabil*. 2005;2:23.

<https://doi.org/10.1186/1743-0003-2-23>

41. Ejzenberg S. Tempo de vermelho intermitente/piscante em semáforos de pedestres, segundo o CTB – Código de Trânsito Brasileiro - e a boa prática de segurança na engenharia de tráfego, 2011, p. 15.

42. Duim E, Lebrão ML, Antunes JLF. Walking speed of older people and pedestrian crossing time. *J Transp Health*. 2017;5:70-76.

<https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.02.001>

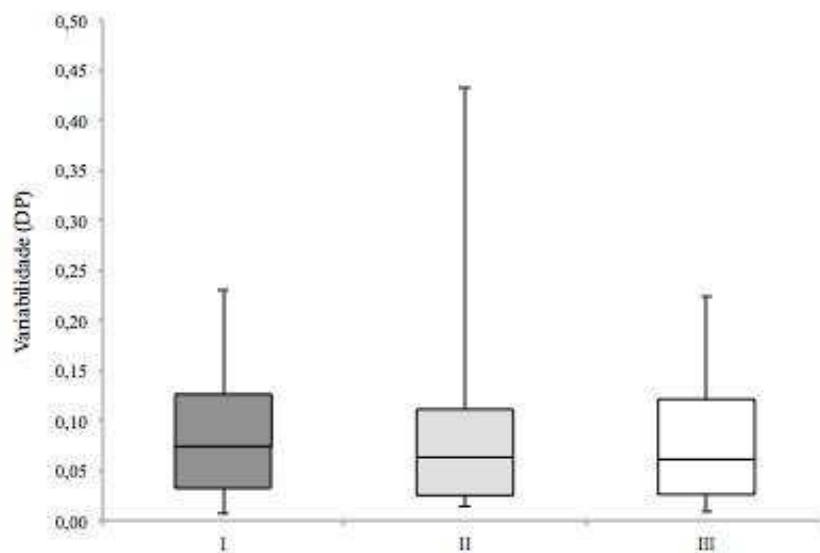
## ANNEX 1

**Table 1.** Characterization of the sample

Characteristics	GIDP (n=19)
Age (years)	67,63 ( $\pm$ 6,72)
Men/Women (n)	9/10
H&Y I / H&Y II (n)	9/10
MEEM	26,63 ( $\pm$ 1,21)
Weight (Kg)	74,7 ( $\pm$ 14,91)
Height (cm)	161,16 ( $\pm$ 10,13)

GIDP = group of elderly people with Parkinson's disease;  
H&Y = scale of Hoehn Yahr; MEEM = Mini Mental State Examination.

**Figure 1.** Medians and quartiles of step time variability for different gait conditions.



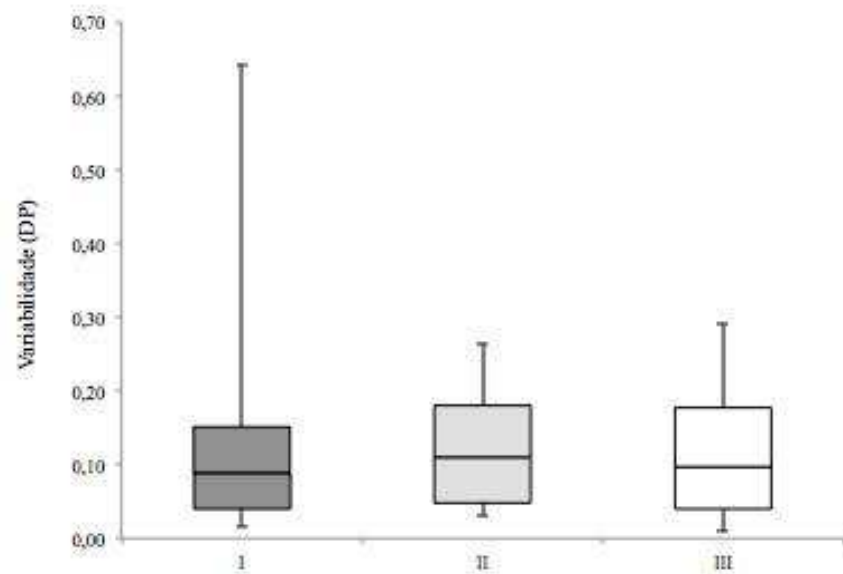
I : Condition 1; II: Condition 2; III: Condition 3.

I-II:  $p=0,173$

I-III:  $p=0,573$

II-III:  $p=0,587$

**Figure 2.** Medians and quartiles of the variability of the time of support, for the different gait conditions.



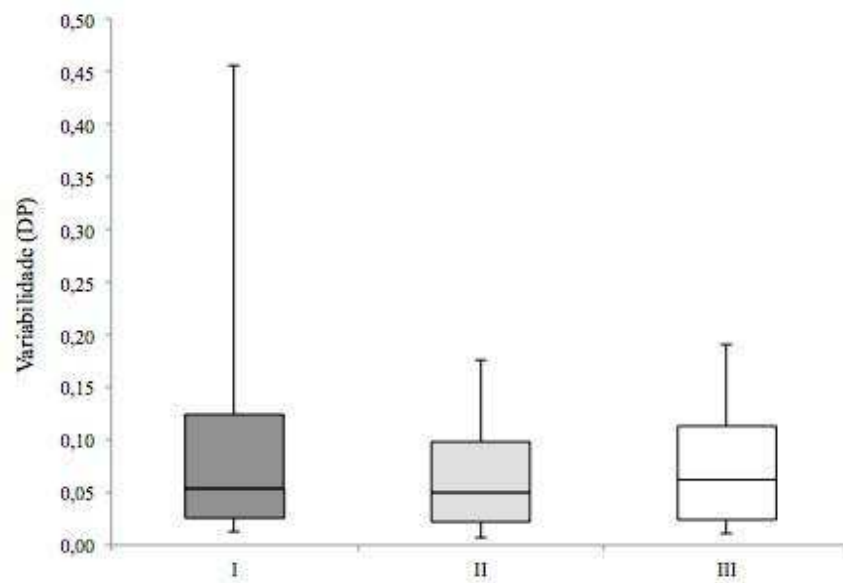
I : Condition 1; II: Condition 2; III: Condition 3.

I-II:  $p = 0,135$

I-III:  $p = 0,401$

II-III:  $p = 0,588$

**Figure 3.** Medians and quartiles of the variability of the swing time, for the different gait conditions.



I : Condition 1; II: Condition 2; III: Condition 3.

I-II:  $p = 0,375$

I-III:  $p = 0,433$

II-III:  $p = 0,204$