

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE RIO CLARO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**Adaptação voluntária do andar em idosos com doença de
Parkinson sob dica visual dinâmica.**

Carolina Rodrigues Alves Silveira

NOVEMBRO/2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE RIO CLARO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**Adaptação voluntária do andar em idosos com doença de
Parkinson sob dica visual dinâmica.**

Carolina Rodrigues Alves Silveira
Orientadora: Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biotecnologia da Universidade Estadual
Paulista – Campus de Rio Claro, como
requisito para a obtenção do título de
Mestre em Ciências da Motricidade,
área de concentração em Biodinâmica
da Motricidade Humana.

NOVEMBRO/2007

Dedico este trabalho aos participantes e ex-participantes do Projeto de Atividade Física para idosos com doença de Parkinson.

AGRADECIMENTOS

Desejo, neste momento agradecer especialmente a:

- Meus pais, Paulo e Marta, pela oportunidade de fazer minhas próprias escolhas e pelo encorajamento diante das dificuldades.
- Meus irmãos, Pedro e Cecília, pelo carinho e compreensão.
- Lilian Teresa Bucken Gobbi pela chance, na seleção de estagiários do LEPLO em 2002, de conhecer a pesquisa. Por me ensinar a ter autonomia e a me responsabilizar por minhas decisões. Pela tolerância e aconselhamento nos erros e pela valorização dos acertos. Por zelar por mim profissionalmente e pessoalmente.
- CAPES pelo suporte financeiro.
- FUNDUNESP pelo apoio à aquisição de equipamentos.
- Idosos que gentilmente participaram deste estudo.
- Marcos Rodrigo T. P. Menuchi pelo incentivo a fazer o mestrado.
- Jean José Silva por transformar o “obstáculo móvel” em “dica visual dinâmica”. Obrigada pela surpresa!
- Maria Joana Duarte Caetano pelo apoio físico e moral durante a construção deste trabalho, especialmente durante a coleta de dados. Pela parceria nas disciplinas, na compreensão das rotinas e no contato com os idosos. Obrigada pela sua amizade sincera.
- Mónica del Rosario Sánchez Arias por me ajudar a resolver tantos problemas durante a coleta de dados e por me ensinar a permanecer calma diante deles. E claro, pelos cafés colombianos!
- Rodrigo Vitório pelo transporte dos participantes.
- Carolina Sant’Ana Simões pela ajuda nos estudos piloto.
- Membros do LEPLO pelo prazer de trabalhar em equipe.
- A Sérgio Augusto Cunha e aos membros do LABIO: Fabio Barbieri, Renato Lima e Paulo Santiago, pela ajuda metodológica e pelo empréstimo das câmeras durante o estudo piloto.
- Eliane Mauerberg-deCastro pela experiência no estágio de docência e, especialmente, pelo empréstimo das câmeras para o experimento final.

- Professores Sebastião Gobbi e a Florindo Stella pelos ensinamentos sobre envelhecimento e doença de Parkinson.
- Rosana Mattioli e a José Angelo Barela pelas contribuições feitas a este trabalho no exame geral de qualificação.
- Daniele Tokunaga Genaro e Renata de Souza Silva pela companhia, tolerância e amizade nesses anos em que moramos juntas.
- Frederico Pieruccini Faria por compartilhar comigo todos os momentos desse processo. Pelas sugestões, discussões e desafios que me fizeram aprender mais sobre a doença de Parkinson. Pela parceria no trabalho, mas especialmente, na vida.

RESUMO

ADAPTAÇÃO VOLUNTÁRIA DO ANDAR EM IDOSOS COM DOENÇA DE PARKINSON SOB DICA VISUAL DINÂMICA.

A capacidade de ajustar a velocidade de progressão é um importante mecanismo que adapta a atividade locomotora para mudanças nas demandas do ambiente. Essa capacidade está comprometida na doença de Parkinson e dicas visuais dinâmicas são efetivas na melhora da locomoção. Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi analisar a influência da dica visual dinâmica, em diferentes condições de velocidade, no padrão do andar de indivíduos com doença de Parkinson. Para tanto, 15 idosos com doença de Parkinson foram convidados a percorrer uma passarela de 8 m e manter uma distância personalizada (estatura do participante) de uma faixa móvel em três diferentes velocidades: lenta (VL), preferida (VP) e rápida (VR). Duas câmeras digitais fizeram o registro do deslocamento dos marcadores reflexivos dos participantes e da faixa a 60 Hz. As variáveis mensuradas foram: comprimento da passada (CP), largura do passo (LP), cadência (CAD), duração da passada (DP), duração da fase de duplo suporte (DDS), duração da fase de suporte simples (DSS) e duração da fase de balanço (DB), ângulos do tornozelo, joelho e quadril no contato do calcanhar (ATC, AJC, AQC respectivamente), ângulos do tornozelo, joelho e quadril na retirada do pé (ATR, AJR, AQR respectivamente) e as amplitudes de movimento durante a passada nas articulações do tornozelo (AMPLTOR), joelho (AMPLJOE) e quadril (AMPLQUA). Foram empregadas análises de multivariância (MANOVA) e análises de regressão múltipla (stepwise) para o tratamento estatístico e o nível de significância mantido em $p \leq 0,05$. Os participantes modularam 71,55% das tentativas. A MANOVA revelou não haver diferença no padrão de andar entre as condições ML e VP. Entre as condições sob dica visual, a MANOVA revelou diferença entre os padrões para as variáveis espaciais e temporais. O teste de Tukey apontou diferença entre os parâmetros nas tentativas moduladas, com exceção de LP. Foram identificados aumento no CP, CAD, DSS e DB e diminuição da DP e DDS à medida que houve incremento na velocidade. Nas tentativas não moduladas, além de LP, a DSS não foi diferente entre as condições VP e VR. A MANOVA revelou diferença no padrão angular nas tentativas moduladas. O teste de Tukey apontou diferenças no AQC, ATR, AMPLJOE e AMPLQUA entre as condições, sugerindo que as adaptações angulares parecem ser relevantes para a modulação da velocidade. As análises de regressão múltipla revelaram que a CAD, associada ao CP, foi o parâmetro de maior contribuição à velocidade do andar nas condições sob dica visual. Indivíduos com doença de Parkinson são capazes de modular a velocidade do andar sob dica visual dinâmica de velocidade, adaptam os parâmetros espaciais e temporais de acordo com as demandas da tarefa e realizam adaptações específicas nos parâmetros angulares. Entretanto, apesar de agir como elemento facilitador, a dica proposta reforça ajustes na velocidade em função da cadência.

Palavras chave: doença de Parkinson, dica visual dinâmica, locomoção.

ABSTRACT

WALKING VOLUNTARY ADAPTATION UNDER DYNAMIC VISUAL CUE OF OLDER ADULTS WITH PARKINSON'S DISEASE.

The capacity to adjust the progression velocity is an important mechanism that adapts the locomotor activity to changes in environment demands. This capacity is compromised in Parkinson's disease patients and dynamic visual cues are effective to promote improvements in the locomotor behavior. In this context, the purpose of this study was to analyze the influence of the dynamic visual cue under different velocity conditions in the walking pattern of Parkinson's disease patients. In order to do that, 15 older adults with Parkinson's disease were invited to walk on a 8 m pathway keeping a personalized distance (their stature) of a mobile stripe under three different velocity conditions: slow (SV), preferred (PV), and fast (FV). Two digital video camcorders registered the trajectories of the reflective markers and the stripe at 60 Hz. The following dependent variables were calculated: stride length (SL), step width (SW), cadence (CAD), stride duration (SD), duration of double support (DDS), duration of the single support (DSS), swing phase duration (SPD); ankle, knee, and hip angles at heel contact (AHC, KHC, HHC, respectively); ankle, knee, and hip angles at toe off (ATO, KTO, HTO, respectively); and the motion amplitudes of ankle (AMA), knee (KMA), and hip (HMA) during the stride. The locomotor pattern were analyzed by means of multiple analysis of variance (MANOVA) and multiple regression analyses (stepwise) as a statistical procedure and the significance level was maintained in $p \leq 0.05$. Participants modulated 71,55% of trials. The MANOVA revealed no walking pattern difference between FW and PV conditions. Among the visual cue conditions, the MANOVA revealed differences among the patterns for spatial and temporal variables. Tukey's test showed differences on the modulated trials for all parameters excepted for SW. As the velocity increased it was observed an increased in SL, CAD, DSS, and SPD as well as the decreased of SD and DDS. On the non modulated trials, SW and DSS were not different between PV and FV. The MANOVA revealed differences in the angular pattern on the modulated trials. The Tukey's tests showed differences among the conditions for HHC, ATO, KMA, and HMA, suggesting that the angular adaptations seem to be relevant for velocity modulation. Multiple regression analyses revealed that CAD, in association with SL, was the parameter with major contribution for walking velocity under visual cue conditions. Individuals with Parkinson's disease are able to modulate the walking velocity under dynamic visual cue of velocity, to adapt the spatial and temporal parameters according to the task demands, and to perform specific adaptations on angular parameters. However, even though the cue can act as a facilitate element, the cue used in this study reinforce the adjustments on the velocity as a function of the cadence.

Key words: Parkinson's disease, dynamic visual cue, locomotion.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
1- INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 A doença de Parkinson	4
2.2 Locomoção de indivíduos com doença de Parkinson.....	6
2.3 As dicas visuais e a locomoção na doença de Parkinson	8
2.4 Escolha do protocolo	15
3 – OBJETIVO.....	17
3.1 Objetivos específicos.....	17
4 – MÉTODO.....	18
4.1 Participantes:.....	18
4.2 Vestimenta:	19
4.3 Medidas Antropométricas.....	19
4.4 Procedimentos Experimentais:	19
4.5 Tarefa:	22
4.6 Análise dos dados:	24
4.7 Variáveis:.....	24
4.8 Análise Estatística:	29
5 – RESULTADOS	31
5.1 Modulação da velocidade do andar sob dica visual dinâmica:	31
5.2 Influência da dica visual dinâmica sobre o padrão locomotor dos participantes:	32

5.3 Comportamento locomotor sob dica visual dinâmica em diferentes velocidades:	35
5.4 Variáveis preditoras da velocidade do andar:.....	42
6 – DISCUSSÃO	45
6.1 A influência da dica visual dinâmica sobre o padrão locomotor em velocidade preferida.	46
6.2 A capacidade de idosos com doença de Parkinson em modular a velocidade do andar sob diferentes condições de velocidade da dica.	48
6.3 O comportamento das variáveis espaciais, temporais e angulares em cada condição, com e sem modulação de velocidade.	52
6.4 Variáveis preditoras da velocidade do andar sob dica visual dinâmica.	59
6.5 Propostas para novos estudos	60
6.6 Limitações do estudo.....	61
7- CONCLUSÃO	62
8 – REFERÊNCIAS.....	64
ANEXO 1	71
ANEXO 2.....	72
APÊNDICE 1	74
APÊNDICE 2.....	75
APÊNDICE 3.....	76

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Representação do espaço experimental.....	22
Figura 2. Representação gráfica das variáveis: comprimento da passada (CP) e largura do passo (LP).....	25
Figura 3. Representação gráfica das variáveis: duração da passada (DP), duração do duplo suporte (DDS), duração do suporte simples (DSS) e duração do balanço (DB).....	27
Figura 4. Representação gráfica das variáveis angulares do tornozelo (ATC), joelho (AJC) e quadril (AQC) no momento do toque do calcanhar direito; e no momento de retirada do pé direito do solo (ATR, AJR e AQR, respectivamente). 28	28
Figura 5. Porcentagem de tentativas não moduladas em cada condição de velocidade da dica visual dinâmica: velocidade lenta (VL), velocidade preferida (VP) e velocidade rápida (VR).....	32
Figura 6. Médias e desvios padrão referentes às variáveis CP, CAD e DP, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p < 0,01$).	36
Figura 7. Representação gráfica das porcentagens com relação ao ciclo referentes à variável DDS, DSS, DB, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p < 0,01$).	37
Figura 8. Médias e desvios padrão referentes ao AQC, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p < 0,01$).	39
Figura 9. Médias e desvios padrão referentes ao ATR, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p < 0,01$).	39
Figura 16. Relacionamento entre o CP e a velocidade do andar na condição ML.	42
Figura 17. Relacionamento entre a CAD e a velocidade do andar na condição VP.	43
Figura 18. Relacionamento entre a CAD e a velocidade do andar na condição VL.	44
Figura 19. Relacionamento entre a CAD e a velocidade do andar na condição VR.	44

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Características dos participantes.....	21
Tabela 2. Valores de média e desvio padrão das variáveis espaciais e temporais nas condições de marcha livre (ML) e marcha com dica em velocidade preferida (VP).....	34
Tabela 3. Valores de média e desvio padrão das variáveis angulares nas condições de marcha livre (ML) e marcha com dica em velocidade preferida (VP).	34
Tabela 4. Valores de média e desvio padrão das variáveis espaciais e temporais (tentativas não moduladas) nas condições de velocidade: lenta (VL), preferida (VP) e rápida (VR); a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p < 0,01$).....	38
Tabela 5. Valores de média e desvio padrão das variáveis espaciais e temporais (tentativas moduladas) nas condições de marcha com dica em velocidade lenta (VL), preferida (VP) e rápida (VR).....	74
Tabela 6. Valores de média e desvio padrão das variáveis angulares (tentativas moduladas) nas condições de marcha com dica em velocidade lenta (VL), preferida (VP) e rápida (VR).....	75
Tabela 7. Valores de média e desvio padrão das variáveis angulares (tentativas não moduladas) nas condições de marcha com dica em velocidade lenta (VL), preferida (VP) e rápida (VR).....	76

LISTA DE ABREVIATURAS

- AMPLTOR:** amplitude de movimento articular do tornozelo;
- AMPLJOE:** amplitude de movimento articular do joelho;
- AMPLQUA:** amplitude de movimento articular do quadril;
- APM:** área pré-motora;
- AMS:** área motora suplementar;
- AJC:** ângulo do joelho no contato do calcanhar;
- AJR:** ângulo do joelho na retirada do pé;
- AQC:** ângulo do quadril no contato do calcanhar;
- AQR:** ângulo do quadril na retirada do pé;
- ATC:** ângulo do tornozelo no contato do calcanhar;
- ATR:** ângulo do tornozelo na retirada do pé;
- AVD:** atividades da vida diária;
- CAD:** cadência;
- CP:** comprimento da passada;
- DB:** duração da fase de balanço;
- DD:** duração da doença;
- DDS:** duração da fase de duplo suporte;
- DEF:** departamento de Educação Física;
- DLT:** direct linear transformation;
- DP:** duração da passada;
- DSS:** duração da fase de suporte simples;
- GCP:** gerador central de padrão;
- GPI:** globo pálido interno;
- HAD:** escala hospitalar de ansiedade e depressão;
- HAD-d:** escala hospitalar de ansiedade e depressão - indicadores de depressão;
- H&Y:** escala de Hoehn & Yahr;
- IB:** instituto de biociências;
- LEPLO:** laboratório de estudos da postura e da locomoção;
- LP:** largura do passo;
- MANOVA:** análise de multivariância;

MEEM: mini-exame do estado mental;

ML: marcha livre;

NB: núcleos da base;

SNC: substância negra parte compacta;

SNr: substância negra parte reticulada;

TDR: teste do desenho do relógio;

UPDRS: unifying Parkinson's disease rating scale;

VL: velocidade lenta;

VP: velocidade preferida;

VR: velocidade rápida.

1- INTRODUÇÃO

Como consequência do desequilíbrio gerado pela diminuição nos níveis de dopamina no cérebro, indivíduos com doença de Parkinson, progressivamente, perdem flexibilidade e adaptabilidade em suas respostas locomotoras, passando a apresentar um padrão estereotipado (lento, com passos curtos e arrastados) em diferentes contextos (MORRIS et. al, 2001). A rigidez apresentada pelo sistema locomotor compromete a capacidade desses indivíduos de modular os parâmetros locomotores conforme as exigências da tarefa, resultando na dificuldade de realização de atividades da vida diária (AVD).

Terapias farmacológicas, sendo a levodopa (precursor da dopamina) o principal medicamento prescrito, têm eficiência comprovada sobre parâmetros espaciais e temporais do andar de indivíduos com doença de Parkinson em marcha livre (BLIN et al., 1991) e em terrenos complexos (PIERUCCINI-FARIA et al., 2006).

A busca por alternativas que complementem a intervenção farmacológica, com intuito de favorecer a reabilitação e manutenção da locomoção independente desses indivíduos, destaca-se o uso de “dicas” no ambiente, ou dicas externas, que facilitem a modulação dos parâmetros espaciais e temporais do andar.

Uma das justificativas para a eficácia de dicas externas é que, em indivíduos neurologicamente saudáveis, acredita-se que o *output* fornecido pelos núcleos da base (NB), em associação à área motora suplementar (AMS), promova a organização temporal de seqüências do movimento selecionado e a integração

desses submovimentos na continuidade da ação. Entretanto, na doença de Parkinson, este mecanismo, denominado dica interna, está comprometido pela forte inibição sofrida pelo núcleo de resposta dos NB (globo pálido interno + substância negra parte reticulada). Sendo assim, existe a hipótese de que as melhoras fornecidas pelas dicas externas estariam relacionadas a uma alternativa de controle do movimento que é processada fora do circuito dos NB/AMS (CUNNINGTON et al., 1996; SIDAWAY et al., 2006).

Uma dica externa pode atuar como foco de atenção e/ou fornecer um reforço sensorial para a manutenção de um comportamento relacionado às demandas da tarefa. Os principais paradigmas de dicas externas são compostos por dicas de instrução verbal (BEHRMAN et al., 1998), dicas rítmicas (ZIJLSTRA et al., 1995; ZIJLSTRA et al., 1998) e dicas visuais (MORRIS et al., 1994; MORRIS et al., 1996a; MORRIS et al., 1996b; AZULAY et al., 1999; LEWIS et al., 2000; VAN WEGEN et al., 2006), sendo as últimas comprovadamente mais eficientes no incremento do comprimento da passada, favorecendo o aumento da velocidade do andar de indivíduos com doença de Parkinson.

O paradigma de dicas visuais é composto principalmente por protocolos em que faixas, em cores contrastantes, são afixadas no solo perpendicularmente à trajetória do indivíduo, em que o comprimento do passo é o parâmetro manipulado. Sendo assim, neste paradigma, uma perda no relacionamento entre cadência e comprimento do passo na implementação da velocidade do andar permite uma adaptação para o alcance de velocidades maiores através de um ajuste na amplitude do movimento (ZIJLSTRA et al., 1995).

Sem a influência de dicas visuais, indivíduos com doença de Parkinson realizam ajustes de velocidade através da cadência, mantendo o padrão com passos curtos. Sob dica de amplitude, esses indivíduos realizam as correções necessárias para o aumento do comprimento do passo e atingem velocidades semelhantes às de seus pares neurologicamente sadios (MORRIS et al., 1994). Entretanto, em ambiente real, muitas vezes é necessário regular a velocidade do andar de acordo com objetos em movimento, como em uma calçada com muitas pessoas em movimento.

Durante o andar, a capacidade de ajustar a velocidade de progressão é um importante mecanismo que adapta a atividade locomotora para mudanças nas demandas do ambiente de forma a adequar os parâmetros e aumentar a segurança (OTTER et al., 2004). Desta forma, entender como indivíduos com doença de Parkinson, que tem essa capacidade comprometida, ajustam a velocidade do andar sob influência de uma dica visual de velocidade¹ é um tema relevante.

Neste contexto, algumas questões emergem com relação ao paradigma de dicas visuais na modulação da velocidade do andar: Uma dica visual de velocidade facilitaria modulações no padrão locomotor de indivíduos com doença de Parkinson? Quais seriam as adaptações nos parâmetros espaciais, temporais e angulares do andar adotadas por indivíduos com doença de Parkinson sob dica visual de velocidade? Qual seria o comportamento desses parâmetros quando indivíduos com doença de Parkinson não fossem capazes de modular a velocidade do andar?

Responder a estes questionamentos apresenta-se como o desafio do presente estudo.

¹ Dica visual de velocidade é entendida neste estudo como uma informação no ambiente que se movimenta à frente e no mesmo sentido do movimento do indivíduo em diferentes velocidades. Operacionalmente, foi construída uma faixa móvel, em cor contrastante com o solo e com 12 cm de altura, posicionada transversal à trajetória do indivíduo, cujas velocidades de deslocamento foram personalizadas a velocidade do andar dos participantes.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

A presente revisão de literatura aborda inicialmente aspectos gerais da doença de Parkinson, especificamente o comprometimento do padrão locomotor, e evidencia o paradigma de dicas visuais como estratégia complementar às terapias farmacológicas com o objetivo de beneficiar os déficits motores decorrentes da doença. Um tópico destacando a problematização do estudo encerra a revisão.

2.1 A doença de Parkinson

O indivíduo com doença de Parkinson tem a capacidade de produção do neurotransmissor dopamina reduzida, como resultado da degeneração difusa dos neurônios dopaminérgicos da substância negra parte compacta dos NB. A regulação da atividade motora (excitatória/inibitória) e sua estabilidade são resultados da ação, particularmente, da dopamina nos circuitos que envolvem a substância negra parte compacta, os demais NB, a região cortical pré-frontal e o cerebelo (CÔTÉ & CRUTCHER, 1991).

Os NB têm como papel facilitar seletivamente alguns movimentos e suprimir outros, envolver-se na iniciação e manutenção de movimentos gerados internamente, selecionando componentes apropriados para o movimento (ação de

músculos agonistas e antagonistas) (CÔTÉ & CRUTCHER, 1991; JUEPTNER & WEILLER, 1998). Ainda, os NB podem monitorar seqüências de movimentos automatizados pelo emparelhamento do desempenho na ação com o plano original (MORRIS et al., 2005). Neste contexto, ocorre a promoção de “dicas internas” para facilitar a fluência de seqüências subconscientes de movimentos bem aprendidos ou automatizados e a manutenção da prontidão para o movimento (MORRIS & IANSEK, 1996a). Os NB permitem uma diminuição no engajamento de centros corticais no monitoramento de movimentos automatizados, possibilitando a realização de tarefas simultâneas, como conversar e andar.

Uma dica interna nos NB não ocorre se os movimentos são novos, inesperados ou demandam atenção concentrada (MORRIS & IANSEK, 1996a). Entretanto, existem evidências de seu envolvimento durante a aprendizagem motora, favorecendo um aumento no desempenho em tarefas seqüenciais (JUEPTNER & WEILLER, 1998).

A característica essencial da patofisiologia da doença de Parkinson é a atividade aumentada no núcleo de resposta dos NB, composto pelo globo pálido interno (GPi) e pela substância negra parte reticulada (SNr). Conseqüentemente, ocorre uma inibição excessiva dos sistemas motores tálamo-cortical e tronco cerebral. O desequilíbrio provocado pela falta de dopamina no sistema compromete o funcionamento de outras estruturas em diferentes níveis cerebrais; sendo assim, a síndrome parkinsoniana é o resultado de uma falha de mecanismos compensatórios para estabilizar a rede dos NB (OBESO et al., 2000).

As alterações motoras são as manifestações primárias da doença de Parkinson e caracterizam-se, especialmente, por reduções na amplitude (hipocinesia) e velocidade do movimento (bradicinesia), acentuadas no desempenho de seqüências de movimento bem aprendidos e automatizados; pela dificuldade de iniciar e trocar de movimento (acinesia); além da presença de tremores (repouso), que cessam durante a ação voluntária, e de rigidez, principalmente axial (MORRIS & IANSEK, 1996a; BERARDELLI et al., 2001; MORRIS et al., 2001).

Desordens de humor, como depressão (CUMMINGS, 1992; MENZA & MARK, 1994), e cognitivas, principalmente comprometimento de funções executivas (MAYEUX, 1990; STOCCHI & BRUSA, 2000; STELLA, 2004), podem ocorrer. Nestes casos, a realização das tarefas da vida diária se apresenta prejudicada, especialmente as atividades que exigem a manutenção da atenção concentrada, o planejamento lógico de ações seqüencialmente estruturadas, o estabelecimento de estratégias de execução das ações e a capacidade de autocorreção (STELLA, 2004).

Todas essas alterações implicam no comprometimento do planejamento e da execução de ações motoras em indivíduos com doença de Parkinson, dentre elas a locomoção, que é foco de interesse deste estudo. Neste contexto, características gerais do andar parkinsoniano são abordadas no tópico que segue.

2.2 Locomoção de indivíduos com doença de Parkinson

O processo de envelhecimento em indivíduos neurologicamente sadios acarreta a lentidão do andar, que é evidenciada pela redução do comprimento da passada, diminuição da cadência (passos por minuto) e aumento na proporção do ciclo do andar consumido na fase de duplo suporte (WINTER et al., 1990). Tendo em vista que a incidência da doença de Parkinson é predominante em idosos, esses indivíduos sofrem com os comprometimentos do padrão locomotor que são próprios do processo de envelhecimento além daqueles que estão relacionados com a doença.

O padrão locomotor de indivíduos com doença de Parkinson caracteriza-se por: 1) redução ou ausência do balanço dos braços; 2) diminuição na rotação do tronco; 3) reduzida amplitude de movimento nos quadris, joelhos e tornozelos; 4) pequena elevação do pé durante a passada (*toe clearance*); 5) passos curtos; 6) aumento da proporção do tempo em duplo suporte; 7) lentidão; e 8) cadência semelhante à de idosos neurologicamente saudáveis (MORRIS et al., 2001). A discussão dessas características sugere os principais comprometimentos ao andar de indivíduos com doença de Parkinson com relação à estabilidade e à

progressão segura e eficiente. Estas características favorecem um padrão estereotipado que diminui a possibilidade de adaptação dos parâmetros espaciais e temporais do andar de acordo com as demandas da tarefa.

A lentidão no andar de indivíduos com doença de Parkinson é maior que a apresentada por indivíduos neurologicamente sadios (MORRIS & IANSEK, 1996a; ZIJLSTRA et al., 1998; POHL et al., 2003), inclusive quando esta é iniciada (HALLIDAY et al., 1998) e, por isso, é um parâmetro que merece ser investigado.

Essa lentidão pode ser multifatorial. Uma das possíveis explicações refere-se ao problema no escalonamento apropriado do *output* motor (produzindo, por exemplo, um encurtamento do passo), ocorrido anteriormente a alguma incapacidade ou limitação intrínseca na execução do movimento. Secundariamente, o desequilíbrio gerado pela ausência de dopamina no circuito dos NB pode comprometer o adequado recrutamento de grupos musculares durante a locomoção (inclusive velocidade de recrutamento), podendo prejudicar a produção de força para a propulsão do corpo a cada passo (BERARDELLI et al., 2001; MORRIS et al., 2001).

Situações cotidianas que requerem modulação na velocidade de andar de forma sincronizada com um evento exterior ou com a intenção da ação, como quando o indivíduo se locomove por uma calçada com muitas pessoas, ao passar por uma porta giratória ou ao atravessar a rua, apresentam-se como tarefas complexas para indivíduos com doença de Parkinson. Para compensar esta deficiência e obter um andar seguro e eficiente, estes indivíduos podem fazer uso de fontes atencionais (MORRIS et al., 1996b).

Além da utilização de processos cognitivos (estratégias atencionais) para compensar suas desordens de movimento, indivíduos com doença de Parkinson podem aproveitar estímulos sensoriais para favorecer a modulação na velocidade do andar, reforçando a percepção do movimento. Entretanto, esses indivíduos podem apresentar alguma dificuldade na integração sensorial em situações de conflito sensorial.

Durante a locomoção, um estímulo no ambiente pode ter um efeito duplo e oposto. Uma estimulação sensorial pode interromper o encaminhamento das

ações locomotoras, ocasionando *freezing* ou congelamento, que ocorre com frequência quando indivíduos com doença de Parkinson congelam em resposta a um estímulo visual, por exemplo, ao passar por uma porta. Em contra partida, a execução do movimento pode ser favorecida quando esses indivíduos recebem “dicas” do ambiente, como o desenho, em cores contrastantes, formado em calçadas (OBESO et al., 2000). Desta forma, a escolha da informação sensorial adequada para que ocorra uma facilitação no padrão locomotor, corrigindo o subescalonamento do *output* motor dos NB, pode promover um incremento no comprimento da passada e conseqüente aumento na velocidade do andar.

Na perspectiva do favorecimento da execução de movimentos, o paradigma de dicas visuais se tornou uma ferramenta para a implementação de programas terapêuticos (complementares à intervenção farmacológica), na tentativa de restabelecimento ou manutenção de um andar independente e eficiente (MORRIS et al., 1996b; PIEMONTE, 2003; SIDAWAY et al., 2006).

Neste contexto, estudos científicos foram planejados e realizados para verificar o efeito imediato do uso das dicas visuais, assim como a eficácia desse paradigma na intervenção terapêutica (reabilitação). Os principais temas abordados em diferentes protocolos que fizeram uso do paradigma de dicas visuais são abordados no tópico seguinte.

2.3 As dicas visuais e a locomoção na doença de Parkinson

Na tentativa de apresentar um panorama geral para a compreensão do paradigma de dicas visuais, este tópico não obedece a uma ordenação cronológica de apresentação dos estudos. Sendo assim, inicialmente, apresenta algumas evidências a respeito dos mecanismos neurofisiológicos que podem estar envolvidos no controle motor sob dica visual e, na seqüência, aborda os aspectos relacionados ao padrão locomotor.

Alterações importantes nos circuitos que envolvem a ação da AMS ocorrem na doença de Parkinson, uma vez que a AMS recebe seus maiores *inputs*

subcorticais, via tálamo, do GPi e o desbalanço da produção de dopamina na SNc dos NB provoca uma forte inibição do GPi. Existem evidências de que a AMS está mais envolvida na determinação de movimentos complexos, seqüenciais e bem aprendidos. A AMS está predominantemente envolvida com o *timing* e iniciação de submovimentos e, desta forma, não responsável pela programação específica de movimentos, mas pela organização temporal de seqüências do movimento selecionado, no momento certo para iniciação de ações voluntárias e na integração desses submovimentos na continuidade da ação (CUNNINGTON et al., 1996). Assim, a AMS tem um papel no fornecimento de “dicas internas” no processo de elaboração do movimento juntamente à atividade do GPi, fornecendo informação sustentada pela atividade pré-movimento da AMS, tornando-se a fase preparatória para integração de subseqüências de movimento.

Entretanto, com esses mecanismos de controle insuficientes, o indivíduo com doença de Parkinson tem necessidade de uma “dica externa” para que o movimento seja desencadeado. Sob condição de dica externa, a atividade neuronal associada à informação fornecida pelo ambiente provavelmente utiliza vias alternativas, pelo cerebelo ou através de *inputs* diretos do córtex somatossensorial para a área pré-motora (APM), promovendo o *output* necessário para que o movimento passe de um componente da seqüência para o próximo (CUNNINGTON et al. 1996).

Um estudo comparativo sobre as diferenças do controle de movimento promovido pelos NB e cerebelo reveladas por neuroimagem, sugere que o cerebelo, mas não os NB, faz uso de informação sensorial para otimizar o movimento, atuando como um filtro sensorial, para a detecção e correção de erros no programa motor por *feedback* (JUEPTNER & WEILLER, 1998).

O comprometimento do sinal enviado pelos NB à AMS, que permite a implementação de programas motores automatizados (dica interna), como o seqüenciamento de movimentos durante o andar, tem como consequência a modificação de alguns parâmetros locomotores, dentre eles, a velocidade do andar.

O relacionamento entre parâmetros espaciais e temporais do andar, especialmente comprimento da passada e cadência, sob diferentes condições de velocidade foi e continua sendo o foco de estudos que utilizam o paradigma de dicas visuais (MORRIS et al., 1994; ZIJLSTRA et al., 1995; MORRIS et al., 1996b; PROKOP et al., 1997; ZIJLSTRA et al., 1998; AZULAY et al., 1999; LEWIS et al., 2000; SCHUBERT et al., 2005; SIDAWAY et al., 2006). A justificativa para tais estudos se encontra na melhora promovida pelas dicas ao padrão lentificado de andar apresentado por indivíduos com doença de Parkinson.

O paradigma de dicas visuais consagrou-se como uma alternativa de facilitar a locomoção de indivíduos com doença de Parkinson, melhorando o padrão hipocinético do andar. O estudo realizado por Martin (1967 apud AZULAY et al., 2006) demonstrou esses benefícios utilizando dicas visuais como: linhas transversais com aproximadamente uma polegada (2,54 cm) de largura, separadas por pelo menos 18 polegadas (45,72 cm) de distância e de coloração contrastante com o solo.

A partir deste estudo pioneiro, o paradigma de dicas visuais envolve o uso de diferentes protocolos. Durante a locomoção, é possível diferenciar 'dicas visuais estáticas', constituídas por um único flash de luz estroboscópica denominadas dicas visuais de posição e orientação, de 'dicas visuais dinâmicas', que são perceptíveis em condições de iluminação normal e estão envolvidas na percepção visual de movimentos produzidos pelo próprio sujeito, também chamada de fluxo óptico (AZULAY et al., 2006).

O tipo de dica requerida para o controle da locomoção por indivíduos com doença de Parkinson, dinâmica ou estática, foi avaliado por Azulay et al. (1999), cujo protocolo experimental confrontava uma condição de iluminação normal (com e sem faixas no solo) e uma condição sob luz estroboscópica (com e sem faixas no solo). As condições com faixas no solo tinham o objetivo de determinar se a melhora obtida em condição de iluminação normal com as faixas seria decorrente da percepção de movimento das linhas induzida pelo deslocamento do participante. Os resultados desse estudo sugerem que indivíduos com doença de Parkinson são mais dependentes da informação visual dinâmica, uma vez que a

luz estroboscópica suprimiu os efeitos de aumento na velocidade do andar e no comprimento da passada promovidos pelas faixas no solo, sem alterações na cadência ou duração do duplo suporte.

Em outro estudo, duas fontes distintas de dica visual foram testadas por Lewis et al. (2000) para determinação de diferenças nos parâmetros cinemáticos e cinéticos do andar de indivíduos com doença de Parkinson. A primeira condição de dica (dinâmica) foi determinada por faixas transversais no solo em intervalos correspondentes a um comprimento de passo do participante e a segunda condição (considerada estática) consistiu em duas linhas projetadas por laser (o projetor fixado no peito do participante) no solo. Sob a condição de dicas visuais, os perfis cinemático e cinético do andar do grupo com doença de Parkinson estiveram próximos aos do grupo controle, resultando em melhoras na capacidade de modular e aumentar a ativação muscular, promovendo aumentos da velocidade de deslocamento e do comprimento da passada, sob ambas as condições. Quanto à eficácia de diferentes dicas visuais, houve evidência de que as dicas visuais dinâmicas (faixas) são mais eficientes apenas no incremento do comprimento da passada. Entretanto, em conclusão ao estudo, os autores sugeriram que, independente da dica fornecida (estática ou dinâmica), é importante que o indivíduo seja capaz de utilizar (compreender) o *feedback* fornecido pela dica para regular a amplitude de seu movimento.

De maneira geral, duas hipóteses norteiam e diferem estudos que utilizam paradigmas de dicas visuais: a primeira está relacionada à integração sensorial, em que o principal argumento é o de que dicas visuais possibilitariam repesar a integração sensorial, corrigindo possíveis déficits proprioceptivos; enquanto o segundo está relacionado à atenção, em que processos cognitivos poderiam ser usados pelo indivíduo para compensar suas desordens de movimento.

A hipótese relacionada à integração sensorial foi testada em protocolos que manipularam condições virtuais de fluxo óptico no andar em esteira (PROKOP et al., 1997; SCHUBERT et al., 2005). Nestes estudos, a extensão em que o fluxo óptico modula a velocidade do andar e se essa modulação seria resultado de alterações proporcionais entre o comprimento da passada e a cadência ou se

estaria relacionada a uma modulação específica de um desses parâmetros foi investigada em adultos jovens (PROKOP et al., 1997), idosos neurologicamente saudáveis e idosos com doença de Parkinson (SCHUBERT et al., 2005) em um mesmo procedimento experimental. Os principais resultados indicam que o fluxo óptico modula a velocidade do andar, tendo como principal parâmetro de adaptação o comprimento da passada. Entretanto, idosos com doença de Parkinson apresentaram um forte acoplamento à informação sensorial fornecida pelo fluxo, mesmo quando não perceberam as alterações de velocidade do fluxo. Outra revelação foi a de que enquanto adultos jovens e idosos neurologicamente saudáveis foram capazes de atenuar a influência da visão sobre o padrão locomotor a cada passo, isso não ocorreu para os indivíduos com doença de Parkinson que, pelo contrário, apresentaram um aumento no acoplamento a cada passo.

Déficits proprioceptivos podem estar relacionados ao forte acoplamento de indivíduos com doença de Parkinson à informação visual. Isso porque, aparentemente, esses indivíduos não são capazes de perceber a discrepância entre a intenção motora e o resultado obtido, revelando um comportamento hipométrico. Entretanto, correções podem ocorrer se uma outra informação sensorial, especialmente a visual, é disponibilizada (DEMIRCI et al., 1997).

A hipótese de estratégias atencionais foi contemplada em estudos com foco na adaptação voluntária do padrão locomotor, em indivíduos com doença de Parkinson, destacando-se como uma alternativa de controle consciente dos parâmetros espaciais e temporais no andar em associação às informações fornecidas pelas dicas visuais, como por exemplo, o fluxo óptico. A adaptação voluntária também está relacionada à instrução fornecida pelo experimentador em relação às dicas, por exemplo, passar sobre as faixas (MORRIS et al., 1996b; ZIJLSTRA et al., 1998).

Existem evidências do papel da cognição no aumento da velocidade de deslocamento de idosos saudáveis (BLE et al., 2005) e indivíduos com doença de Parkinson em decorrência das exigências da tarefa (YOGEV et al., 2005). Este relacionamento foi verificado por Bond & Morris (2000) ao estudarem a

capacidade de idosos com doença de Parkinson em realizar tarefas motoras simultâneas, investigando a interferência da demanda atencional no comportamento dos parâmetros do andar. Os resultados dos indivíduos com doença de Parkinson revelaram diminuição da velocidade média de deslocamento e do comprimento da passada, manutenção da cadência e manutenção do tempo despendido na fase de duplo suporte.

Neste contexto, se os NB estão comprometidos, tarefas automáticas começam a apresentar redução na velocidade de execução e na amplitude de movimento. Entretanto, a presença de uma dica externa, e não de um estímulo concorrente, aumentaria presumivelmente o foco da atenção, permitindo que o movimento fosse controlado por estruturas corticais (ZILJSTRA et al., 1998).

Em contrapartida, indivíduos com doença de Parkinson beneficiam-se da dica visual dinâmica oferecida pelas faixas no solo sob diferentes condições de instrução quando a atenção está ou não focada na dica. Os achados de Azulay et al. (1999) e Schubert et al. (2005) sugerem, diferentemente de outros estudos, que indivíduos com doença de Parkinson não utilizam as faixas como alvo (não necessitam de instrução) para o posicionamento do pé, fortalecendo a hipótese de que o fluxo óptico gerado pelo movimento do participante favorece melhora no desempenho, refletida no aumento do comprimento da passada e da velocidade do andar.

Independente do tipo de dica (estática ou dinâmica) ou da fundamentação do protocolo (hipótese de integração sensorial ou estratégia atencional), a especificação dos parâmetros que sofrem influência da dica visual no padrão locomotor de indivíduos com doença de Parkinson possibilitou a identificação de um comprometimento da capacidade de modulação da amplitude do movimento decorrente da doença.

Sob condição normal de andar (sem dica), para o incremento de velocidade, um relacionamento estável entre o comprimento do passo e a frequência dos passos ocorre em indivíduos sadios (adultos jovens e idosos). Entretanto, sob condição de dica visual, esse relacionamento se desfaz,

ocorrendo, então, uma adaptação do padrão locomotor em que o comprimento do passo modula a velocidade (ZIJLSTRA et al., 1995).

A capacidade de indivíduos com doença de Parkinson de variar sua velocidade e a maneira que o comprimento da passada e a cadência são regulados para que ocorra alteração na velocidade foram estudados por Morris et al. (1994). Foi evidenciado, nesse estudo, que a adaptação feita por indivíduos com doença de Parkinson ao aumento de velocidade do andar (sem dicas) ocorreu na cadência. Os autores concluíram que este mecanismo de adaptação reflete a incapacidade de gerar, internamente, amplitude adequada dos passos. Assim, sob condição de dica visual, os indivíduos com doença de Parkinson foram capazes de aumentar o comprimento do passo e manter constante o comportamento da cadência, atendendo à demanda de incremento na velocidade.

A manutenção da frequência dos passos em níveis normais tem sido justificada por diferentes formas de controle que poderiam estar envolvidas nas modulações de amplitude e frequência dos passos (PROKOP et al., 1997). Existem indícios de que a modulação da frequência dos passos possa emergir da atividade do gerador central de padrão (GCP) na medula espinhal (DIETZ, 2003), mesmo com o enfraquecimento do *output* dos NB ao tronco cerebral. Entretanto, a modulação da amplitude dos passos pode estar relacionada a processos supra-espinhais controlados, por exemplo, pelos NB.

Tendo em vista os benefícios oferecidos pelo paradigma de dicas visuais ao padrão locomotor de indivíduos com doença de Parkinson, uma nova proposta é sugerida no presente estudo. Ao invés de uma dica visual dinâmica, com ênfase na modulação do comprimento do passo (principalmente sob instrução específica), uma dica visual de velocidade está sendo proposta, em que o participante esteja livre para fazer as adaptações necessárias ao aumento ou à diminuição da velocidade do andar. A justificativa para a escolha deste protocolo é descrita no tópico que segue.

2.4 Escolha do protocolo

A velocidade do andar é um importante parâmetro locomotor que precisa ser adaptado nas atividades de vida diária e que está comprometido pela doença de Parkinson.

O paradigma de dicas visuais foi escolhido para investigar a dificuldade de modulação da velocidade do andar em indivíduos com doença de Parkinson por permitir que esses indivíduos consigam modular, eficientemente, os parâmetros espaciais e temporais do andar, por haver evidências de que o mecanismo envolvido no controle de movimento através de dicas externas seja um mecanismo que evite a circuitaria dos NB e porque indivíduos com doença de Parkinson podem utilizar a informação visual para repesar a informação sensorial que compense possíveis déficits proprioceptivos decorrentes da doença.

Como um fator inovador, o presente estudo sugere uma dica visual de velocidade e não de amplitude. Uma dica de velocidade permitirá testar uma condição de dica visual dinâmica que não modula o comprimento do passo em situação real (não virtual). Além disso, possibilitará analisar a capacidade de modulação a velocidades mais rápidas e mais lentas que a preferida com liberdade para fazer ajustes nos parâmetros espaciais e temporais do andar.

Um segundo fator inovador será a movimentação da dica dirigida pelo experimentador, para que informações de fluxo óptico possam ser reforçadas durante o cumprimento da tarefa e para que seja evitada a utilização de esteira.

Estudos com a temática de modulação de velocidade a partir de uma velocidade pré-estabelecida têm preferido um protocolo em esteira rolante, normalmente justificado pelo maior controle da manutenção da velocidade estabelecida ao longo do tempo. Otter et al. (2004), em estudo com baixa velocidade, justificaram ainda que, em esteira rolante, a cadência e o comprimento da passada impostos pelo movimento da esteira evitariam posturas mais (ou menos) estáticas, mantendo o indivíduo em movimento constante.

Por outro lado, em situações cotidianas como ao passar por uma porta giratória, por exemplo, a locomoção não é dirigida pelo movimento do solo, mas deve ser auto-iniciada e realizada na velocidade necessária.

Admitido como uma limitação experimental ou como uma forma eficiente de controle, é inegável a interferência do movimento da esteira sobre o comportamento locomotor do indivíduo. Dentro dessa premissa, resultados de variáveis espaciais e temporais do andar obtidos em esteira não devem ser comparados a resultados obtidos no solo. Estas influências foram verificadas por Zijlstra et al. (1998), que encontraram diferenças significativas no comprimento do passo e na cadência em situações de andar na esteira e no chão, independente da velocidade auto-selecionada (normal, lenta e rápida) e do grupo (idosos saudáveis e idosos com doença de Parkinson).

Diante destes argumentos, optou-se por analisar a capacidade do indivíduo com doença de Parkinson em alterar voluntariamente a velocidade do andar em superfície rígida e plana, impondo velocidades mais rápidas e mais lentas, com base na velocidade preferida e com auxílio de dica visual dinâmica.

Testar a eficiência de uma dica visual dinâmica, não dirigida pelo sujeito e que forneça informação de fluxo óptico referente à velocidade de deslocamento do participante e não à modulação do comprimento do passo apresenta-se como o desafio deste trabalho.

3 – OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo geral analisar a influência da dica visual, em diferentes condições de velocidade, no padrão do andar de indivíduos com doença de Parkinson.

3.1 Objetivos específicos

Especificamente, pretendeu-se: 1) Comparar o efeito desta dica visual dinâmica (de velocidade) no padrão de andar em velocidade preferida; 2) Verificar a capacidade de idosos com doença de Parkinson em modular a velocidade média do andar em condições diferentes de velocidade da dica visual (preferida, rápida e lenta); 3) Comparar as variáveis espaciais, temporais e angulares do andar entre as condições de velocidade, separadamente nas tentativas em que houve e nas que não houve modulação da velocidade; 4) Determinar, dentre as variáveis dependentes, as variáveis preditoras da modulação da velocidade no comportamento locomotor adaptativo para cada condição separadamente.

4 – MÉTODO

Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro (Processo nº. 2722/05) (Anexo 1).

4.1 Participantes:

Foram selecionados, para o presente estudo, 15 indivíduos idosos com diagnóstico clínico da doença de Parkinson idiopática (HUGHES et al., 1992), efetuado por um especialista da área, e em tratamento do quadro.

Em razão da natureza do estudo, foram admitidos para a pesquisa os indivíduos com doença de Parkinson pertencentes aos estágios de 1 a 3 na Escala de Hoehn & Yahr (HOEHN & YAHR, 1967; versão adaptada pela equipe do Ambulatório de Distúrbios do Movimento/Doença de Parkinson, da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, sem data). Esta escala é um instrumento de avaliação clínica, que objetiva identificar o estágio da gravidade da doença no indivíduo, a identificação da existência da unilateralidade/bilateralidade da doença e do nível de resposta aos reflexos posturais.

Os estágios modificados dividem-se em: *Estágio 0*: sem sinais da doença; *Estágio 1*: doença unilateral; *Estágio 1,5*: envolvimento axial e unilateral; *Estágio 2*: doença bilateral sem alterações do equilíbrio; *Estágio 2,5*: doença bilateral com recuperação nos testes (ex. teste de estabilidade postural); *Estágio 3*: doença leve e moderada bilateral, alguma instabilidade postural e independência física; *Estágio*

4: incapacidade grave; ainda capaz de andar e levantar sem ajuda; *Estágio 5*: cadeira de rodas, movimentada-se somente quando ajudado.

Como critérios de exclusão para a composição da amostra foram estabelecidos: idade abaixo de 60 anos, quadro demencial e estágio da doença acima do nível 3 de gravidade segundo a escala de Hoehn & Yahr (1967). Indivíduos em estágio mais avançado provavelmente não teriam condições para cumprir o protocolo experimental.

4.2 Vestimenta:

Os participantes vestiram bermuda de *cotton* preta (homens sem camisa, mulheres com regata de *cotton* preta) e estavam descalços. 8 Marcadores passivos (com aproximadamente 2,5 cm de diâmetro e 1 cm de altura) envolvidos com papel refletivo foram fixados com velcro adesivo nos seguintes pontos articulares: quinto metatarso, face lateral do calcâneo, maléolo lateral, côndilo lateral do fêmur, trocânter maior do fêmur e acrômio direito; primeiro metatarso e face medial do calcâneo esquerdo.

4.3 Medidas Antropométricas

Foram mensurados: massa corporal, estatura e comprimento do pé direito, segundo as padronizações técnicas descritas por Alvarez e Pavan (1999).

4.4 Procedimentos Experimentais:

A coleta de dados ocorreu no Laboratório de Estudos da Postura e da Locomoção (LEPLO/DEF/IB). Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, segundo as exigências de normas éticas para pesquisa científica (Anexo 2).

4.4.1 Avaliações clínicas

A avaliação da condição motora e cognitiva dos participantes foi realizada por um neuropsiquiatra experiente, com os participantes em estado *on* do medicamento, por meio das escalas: a) Unifyng Parkinson's Disease Rating Scale

(UPDRS – FAHN & ELTON, 1987; Versão adaptada pela equipe do Ambulatório de Distúrbios do Movimento/Doença de Parkinson, da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, sem data), onde valores maiores indicam maior comprometimento até o máximo de 176 pontos; b) Mini-Exame do Estado Mental - Mini-Mental (FOLSTEIN et al., 1975; BERTOLUCCI et al., 1994; ALMEIDA, 1998), com pontuação máxima de 30 pontos, sendo que menores valores indicam maior comprometimento nas funções cognitivas; c) Teste do Desenho do Relógio (SUNDERLAND et al., 1989; FUZIKAWA et al., 2003), onde a pontuação máxima é 10 e valores menores que 5 pontos podem indicar comprometimento das funções executivas; e d) Escala Hospitalar de Ansiedade e Depressão (Hospital Anxiety and Depression Scale – HAD), apenas nos indicadores de depressão, com pontuação máxima de 21 pontos e valores superiores a 7 podem indicar a presença de sintomas depressivos.

Em um segundo dia, também em estado “on” do medicamento, cada participante foi convidado a executar o protocolo para análise cinemática do padrão do andar.

Os dados referentes às características gerais dos participantes, os escores correspondentes às avaliações clínicas e a medicação utilizada por cada participante são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos participantes.

Código	Gênero	Idade	Estatura	Massa	DD	UPDRS				H&Y	MEEM	TDR	HAD-d	Medicamentos
						subscala-I	subscala-II	subscala-III	H&Y					
AP	F	67	161,4	82,4	4	1	4	11	1	30	9	1	Pra.	
BP	M	78	167,4	67,0	2	4	13	43	2	17	6	6	Lev./Ben., Amant.	
CP	M	76	162,6	60,5	5	1	9	31	1,5	25	9	7	Lev./Carb., Bip., Sel.	
DP	F	68	148,8	56,4	4	2	6	8	1	28	10	4	Pra., Lev./Ben., Sel.	
EP	M	66	173,9	55,7	20	6	13	28	2	20	5	7	Lev./Carb., Amant.	
FP	F	60	161,1	56,2	4	7	14	27	2	28	9	4	Amant., Lev./Carb.	
GP	F	60	151,4	66,7	2	3	6	17	1	22	8	3	Pra., Sel., Lev./Ben.	
HP	F	60	144,0	58,6	2	2	6	17	1	23,5	8	4	Sel., Lev./Carb., Amant.	
IP	M	63	162,2	81,9	18	7	25	44	3	29	8	18	Amant., Bip., Lev./Carb./Ent.	
JP	M	69	172,7	63,4	5	5	10	16	1	28	9	10	Lev./Ben., Bip., Amant.	
KP	F	70	156,9	58,4	7	3	4	16	2	25	9	3	Pra., Bip.	
LP	F	74	147,8	49,8	7	7	12	21	1	17	8	12	Bip., Lev./Ben.	
MP	M	74	164,3	76,6	1	1	9	25	1	28	5	4	Pra.	
NP	M	64	156,9	64,1	4	2	21	36	3	25,5	9	7	Sel., Lev./Ben., Bip.	
OP	F	71	153,2	53,0	7	3	9	18	1,5	27	9	12	Bip., Lev./Carb.	

Legenda: Idade (anos); Estatura (cm); Massa (kg); DD (duração da doença - anos); UPDRS subscala I (psíquica); UPDRS subscala II (funcional); UPDRS subscala III (motora); H&Y (Escala de Hoehn e Yahr); MEEM (Mini Exame do Estado Mental); TDR (Teste do Desenho do Relógio); HAD-d (Hospital Anxiety and Depression Scale - depressão).

Medicamentos: Lev. (Levodopa); Ben. (Benserazida); Amant. (Amantadina); Carb. (Carbidopa); Sel. (Selegilina); Pra. (Pramipexol); Bip. (Biperideno); Ent. (Entacapone).

4.4.2 Coleta de dados

Duas câmeras digitais (PANASONIC, PV-GS300P-S) fizeram o registro tridimensional do andar do participante e da faixa nas condições do experimento. Estas possuem características especiais como foco, *white balance* (utilizado: *indoor*), *shutter* (utilizado: 1/250) e *exposure* (utilizado: 18) manuais. A frequência de coleta foi de 60hz. Posicionados ao lado das câmeras, dois holofotes com lâmpadas de 500W de potência proporcionaram maior reflexão dos marcadores, aperfeiçoando o contraste e facilitando, posteriormente, o tratamento dos dados.

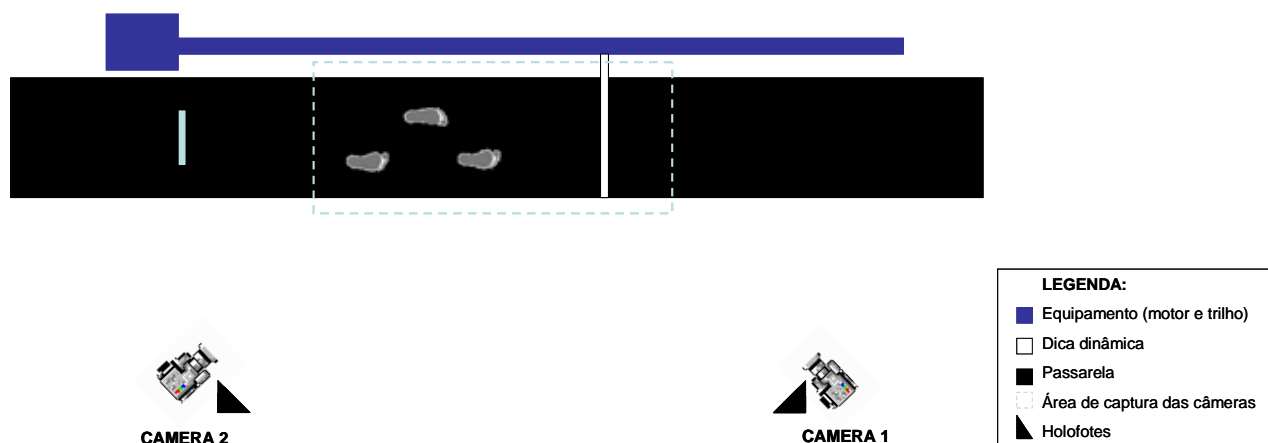


Figura 1. Representação do espaço experimental.

A calibração do espaço tridimensional, registrado pelas câmeras, foi feita através de seis fios de prumo com marcas ou referências equidistantes (3,0m x 1,70m x 1,30m) entre si, formando um cubo.

4.5 Tarefa:

Os participantes foram convidados a percorrer uma passarela emborrachada preta, de 8m de comprimento e 1,4m de largura, em todas as condições experimentais. Foram realizadas 20 tentativas em blocos (marcha livre, velocidade lenta, velocidade preferida e velocidade rápida), com 5 tentativas em cada bloco. Na condição de marcha livre (ML), por meio da mensuração do tempo em que o participante percorreu 6m em cada tentativa, obteve-se a velocidade

preferida (VP) de cada participante e, após o cálculo de VR e VL (25% mais rápida e 25% mais lenta que a velocidade preferida, respectivamente), 15 tentativas em blocos de velocidade (sob dica visual dinâmica) foram realizadas, sendo a ordem de apresentação dos blocos randomizada entre os participantes.

A dica visual dinâmica consistiu em uma faixa de aço (2cm de espessura) fixada em um carrinho que a conduziu por um trilho. A faixa foi posicionada transversal a trajetória do indivíduo, a aproximadamente 12cm do solo. O deslocamento da faixa ocorreu no mesmo sentido do movimento do participante. O mecanismo de tração da faixa (trilhos, carrinho, caixa de controle) foi feito de aço, com trilhos de encaixe que somam 8m de comprimento e possuem 6cm de altura. O carrinho possui 5,5cm de altura e 50cm de comprimento. A caixa de controle comanda um motor (marca WEG, modelo 71, 0,33 cv, trifásico, 1,6 A, 60 Hz, 220 v, 1720 RPM) por meio de um inversor de frequência (marca TOSHIBA, modelo VF-SX, 220 v, 0,75 kw), que registra em seu painel a frequência de rotação do motor. Acoplada ao inversor foi colocada uma chave que direciona o sentido de movimentação do carrinho.

Na determinação do ponto de partida do participante, em relação à faixa, foi estabelecido 1,2m de distância entre a saída do participante e a marca em que a faixa foi acionada, porque existe uma discrepância entre o período de aceleração da faixa e o do participante. Desta forma, o participante iniciou a ação locomotora antes que a faixa fosse acionada.

Entre a marca em que a faixa foi acionada e a posição de partida da faixa, o comprimento da estatura do participante foi determinado como a distância em que ele deveria estar da faixa em todo o percurso (o que permitiu a avaliação da manutenção da velocidade). Esta distância foi estipulada tendo-se como base dois fatores: primeiro, a relação com a escala corporal e, segundo, evitar grande flexão da cabeça.

Após os cálculos das velocidades e a obtenção das respectivas frequências, os participantes receberam a seguinte instrução: “Ande do início ao fim da passarela procurando manter constante a distância pré-estabelecida em relação à faixa”.

Tentativas de prática foram realizadas antes de cada bloco para permitir a adaptação do participante à mudança de velocidade da dica.

Durante as tentativas de prática e as tentativas válidas, os participantes receberam *feedback* sobre a manutenção ou não da distância pré-estabelecida da faixa. Este *feedback* forneceu informação sobre a estimativa da posição do sujeito em relação a faixa (muito próximo ou muito afastado da faixa). Como critério de modulação foi adotado um comprimento de pé, para mais ou para menos, da distância pré-estabelecida durante a passada. Só foram repetidas as tentativas em que houve perda dos marcadores.

4.6 Análise dos dados:

As imagens foram capturadas por uma placa de vídeo (marca PINNACLE, modelo Studio DV, versão 1.05.307) acoplada a um computador (Pentium 4/ CPU 240Ghz/ 1.60Ghz/ 512MB de RAM). O procedimento videogramétrico foi realizado pelo software Digital Vídeo for Windows (Dvideow - Laboratório de Instrumentação em Biomecânica – Unicamp, 1998).

Medidas e calibradas as imagens em cada tentativa, foram obtidas as coordenadas bidimensionais (x,y) dos pontos medidos em cada câmera. A reconstrução tridimensional do movimento foi realizada por meio do método *Direct Linear Transformation* (DLT). Após este processo, matrizes de dados contendo coordenadas x, y e z dos pontos medidos em função do tempo foram obtidas.

Para filtragem (*Butterworth* de 2^a ordem; frequência de corte de 5hz) dos dados e o cálculo das variáveis foi utilizado o software MATLAB 6.5 (The Matworks Inc., 1998).

4.7 Variáveis:

Variáveis espaciais, temporais e angulares do andar foram avaliadas tanto nas tentativas em que ocorreu modulação quanto nas em que isso não ocorreu.

Têm-se então as variáveis espaciais: comprimento da passada (CP), largura do passo (LP); as variáveis temporais: cadência (CAD), duração da passada (DP), duração da fase de duplo suporte (DDS), duração da fase de

suporte simples (DSS) e duração da fase de balanço (DB); e finalmente, as variáveis angulares: ângulos do tornozelo, joelho e quadril no contato do calcanhar (ATC, AJC, AQC respectivamente), ângulos do tornozelo, joelho e quadril na retirada do pé (ATR, AJR, AQR respectivamente) e as amplitudes de movimento articular durante a passada do tornozelo (AMPLTOR), joelho (AMPLJOE) e quadril (AMPLQUA).

Estas variáveis foram calculadas da forma que segue:

- Comprimento da passada (CP): medida pela diferença dos valores da coordenada x (ponto do quinto metatarso), referentes aos quadros do toque do calcanhar (TC) direito e próximo TC direito. A avaliação deste parâmetro está fundamentada nas evidências de que indivíduos com doença de Parkinson apresentam comprometimento na modulação da amplitude do movimento. Além disso, o CP é considerado o parâmetro de adaptação do andar em protocolos de dica visual, atuando sobre a velocidade do andar.
- Largura do passo (LP): valor médio das diferenças dos valores da coordenada z (pontos do primeiro metatarso esquerdo e quinto metatarso direito), referentes a dois passos nos TC direito e TC esquerdo $((LP1+LP2)/2)$. Tendo em vista que indivíduos com doença de Parkinson podem apresentar instabilidade postural, o que pode acarretar em desequilíbrios durante a locomoção, LP foi escolhida como componente referente à estabilidade do andar durante as diferentes condições de velocidade.

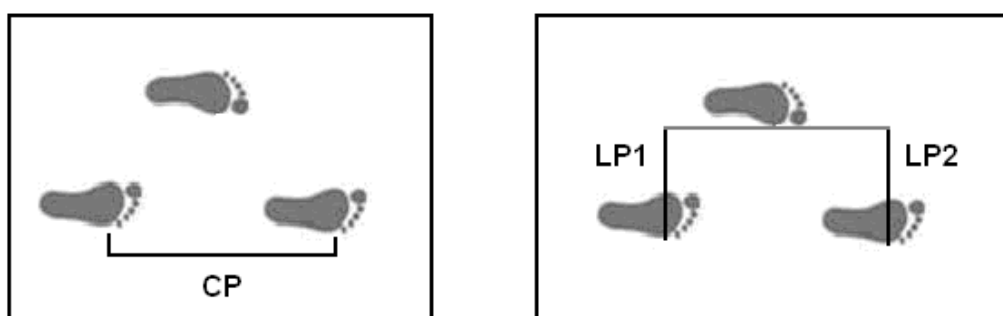


Figura 2. Representação gráfica das variáveis: comprimento da passada (CP) e largura do passo (LP).

- Cadência (CAD): medida pela razão “60/duração do passo”. Analisar o comportamento da cadência é necessário, tendo em vista a associação deste parâmetro à compensação para o déficit de amplitude durante a locomoção de idosos com doença de Parkinson, sendo assumido como um parâmetro preservado quando comparado ao de idosos neurologicamente sadios.
- Duração da passada (DP): medida pela diferença dos quadros entre o momento do primeiro e do segundo TC direito, ambos divididos pela frequência de coleta. A DP determina o tempo em que o movimento é executado e sua avaliação é relevante se considerada a lentidão do andar de parkinsonianos. Além disso, a DP foi referência para o cálculo das porcentagens de cada fase do ciclo.
- Duração da fase de duplo suporte (DDS): medida pela diferença dos quadros entre o momento do primeiro TC direito e a primeira retirada do pé esquerdo, somada à diferença dos quadros no segundo TC direito e segunda retirada do pé esquerdo, ambas divididas pela frequência de coleta. Posteriormente, foi realizado o cálculo da DDS em relação ao ciclo da passada $(dds/dp) \cdot 100$ e o valor apresentado em porcentagem. Quando avaliado em populações com doença de Parkinson o tempo despedido em duplo suporte pode representar o tempo para o planejamento da ação e caracterizar a dificuldade para a troca de seqüências de movimento na ação locomotora. Além disso, a DDS, assim como LP é um parâmetro relacionado ao componente de estabilidade do andar.
- Duração da fase de suporte simples (DSS): medida pela diferença dos quadros entre o momento da retirada do pé esquerdo do chão até o momento do TC esquerdo, dividida pela frequência de coleta. Posteriormente, foi realizado o cálculo da DSS em relação ao ciclo da passada $(dds/dp) \cdot 100$ e o valor apresentado em porcentagem.
- Duração da fase de balanço (DB): medida pela diferença dos quadros entre o momento da retirada do pé direito do chão até o momento do segundo TC direito, dividida pela frequência de coleta. Posteriormente, foi realizado o

cálculo da DB em relação ao ciclo da passada $(dds/dp)*100$) e o valor apresentado em porcentagem.

As fases de balanço e suporte simples evidenciam o momento de maior instabilidade do ciclo em que o corpo fica apoiado em apenas um dos membros. Com a fase de duplo suporte, caracterizam as trocas de movimento e compõem os aspectos rítmicos do ciclo.

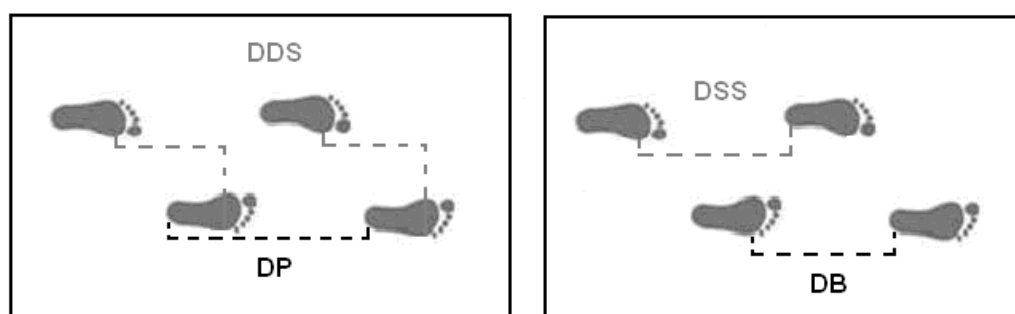


Figura 3. Representação gráfica das variáveis: duração da passada (DP), duração do duplo suporte (DDS), duração do suporte simples (DSS) e duração do balanço (DB).

As variáveis angulares foram calculadas segundo uma função desenvolvida em Matlab que multiplica o arcocosseno do ângulo pelo produto vetorial do segmento (seg1), dividido pela norma desse segmento e o produto vetorial do segundo segmento (seg2) dividido pela norma do mesmo. O resultado dessa operação foi multiplicado por $180/\pi$ para a obtenção dos valores em graus. A seguinte fórmula foi empregada:

$$\text{angulo} = \text{acos}(\text{dot}(\text{seg1}/\text{norm}(\text{seg1}), \text{seg2}/\text{norm}(\text{seg2}))) * 180/\pi;$$

Para o cálculo dos ângulos referentes à articulação do tornozelo foram considerados seg1 a subtração dos vetores referentes ao côndilo lateral do fêmur e maléolo lateral, enquanto seg2 correspondeu à subtração dos vetores referentes ao quinto metatarso e maléolo lateral. Para a articulação do joelho foram considerados seg1 a subtração dos vetores referentes ao trocânter maior do fêmur e côndilo lateral do fêmur, enquanto seg2 correspondeu à subtração dos vetores referentes ao maléolo lateral e côndilo lateral do fêmur. Para a articulação do

quadril foram considerados seg1 a subtração dos vetores referentes ao côndilo lateral do fêmur e trocânter maior do fêmur, enquanto seg2 correspondeu à subtração dos vetores referentes ao acrômio e trocânter maior do fêmur.

- Ângulo do tornozelo no contato do calcanhar (ATC): média dos valores do ângulo do tornozelo nos momentos do primeiro e segundo TC direito.
- Ângulo do joelho no contato do calcanhar (AJC): média dos valores do ângulo do joelho nos momentos do primeiro e segundo TC direito.
- Ângulo do quadril no contato do calcanhar (AQC): média dos valores do ângulo do quadril nos momentos do primeiro e segundo TC direito.
- Ângulo do tornozelo na retirada do pé do solo (ATR): valor do ângulo do tornozelo no instante da retirada do pé direito do solo.
- Ângulo do joelho na retirada do pé do solo (AJR): valor do ângulo do joelho no instante da retirada do pé direito do solo.
- Ângulo do quadril na retirada do pé do solo (AQR): valor do ângulo do quadril no instante da retirada do pé direito do solo.

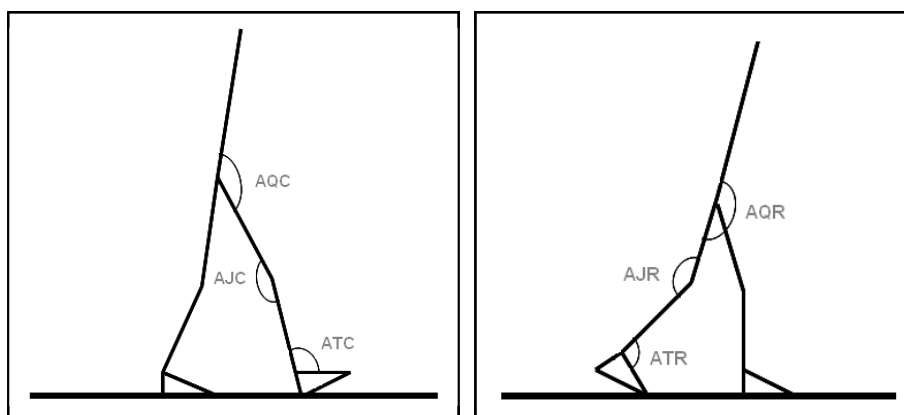


Figura 4. Representação gráfica das variáveis angulares do tornozelo (ATC), joelho (AJC) e quadril (AQC) no momento do toque do calcanhar direito; e no momento de retirada do pé direito do solo (ATR, AJR e AQR, respectivamente).

- Amplitude de movimento do tornozelo na passada (AMPLTOR): subtração entre o valor máximo e mínimo do ângulo do tornozelo na passada.

- Amplitude de movimento do joelho na passada (AMPLJOE): subtração entre o valor máximo e mínimo do ângulo do joelho na passada.
- Amplitude de movimento do quadril na passada (AMPLQUA): subtração entre o valor máximo e mínimo do ângulo do quadril na passada.

Mensurar o comportamento dos ângulos articulares em momentos específicos e ao longo do ciclo faz-se necessário tendo em vista o comprometimento da amplitude do movimento articular e o padrão flexor predominante nas articulações desta população. Na abordagem do solo (contato do calcanhar), esse comportamento pode ser determinante na amplitude do passo, enquanto na retirada do membro do solo, os ângulos podem auxiliar na compreensão de aspectos relacionados à propulsão do movimento.

4.8 Análise Estatística:

Os objetivos deste estudo levam em consideração as tentativas em que não houve modulação de velocidade e, como não seria possível comprovar a modulação durante o experimento, não houve repetição de tentativas. A consequência desta escolha determinou que a análise estatística fosse realizada por tentativas.

Para a verificação da normalidade e homogeneidade de variância dos dados foram empregados respectivamente, o teste Kolmogorov-Smirnov e o teste de Levine.

Uma vez que esses critérios foram atingidos para a avaliação do efeito da dica visual dinâmica sobre o comportamento locomotor dos indivíduos, as variáveis dependentes foram tratadas através de Análise de Multivariância (MANOVA) tendo como fator a condição.

Duas MANOVAs foram empregadas para avaliar o comportamento das variáveis espaciais e temporais do andar nas condições de marcha livre e marcha com dica em velocidade preferida, uma para quando houve modulação e a outra para quando isso não ocorreu. O mesmo ocorreu para as variáveis angulares nessas condições.

Da mesma forma, duas MANOVAs foram empregadas para avaliar o comportamento das variáveis espaciais e temporais do andar nas condições de dica visual dinâmica (lenta, preferida e rápida), uma para quando houve modulação e a outra para quando isso não ocorreu. O mesmo procedimento foi realizado para as variáveis angulares.

Em todos os casos, a condição foi o único fator e, quando a MANOVA apontou diferença, foi empregado o teste de Tukey a fim de identificá-la.

Análises de regressão múltipla (stepwise) foram empregadas para determinar, dentre as variáveis dependentes, as variáveis preditoras do comportamento locomotor adaptativo para cada condição separadamente. Todo o procedimento estatístico foi realizado utilizando o programa SPSS (SPSS for Windows, versão 10.0) e o nível de significância foi mantido em $p \leq 0,05$.

5 – RESULTADOS

Para melhor compreensão dos resultados, esta sessão foi dividida em quatro tópicos. No primeiro, são apresentados os resultados referentes à modulação de velocidade; no segundo, a análise da comparação entre as condições de marcha livre e marcha com dica em velocidade preferida; no terceiro, a análise do padrão locomotor entre as velocidades e, no quarto, a análise do relacionamento entre as variáveis onde são apresentadas as preditoras da velocidade em cada condição.

A estatística paramétrica (MANOVA e regressão múltipla) foi empregada, uma vez que os dados comportaram-se na curva normal e apresentaram homogeneidade de variância. Vale ressaltar que, não foram realizadas comparações diretas entre as tentativas em que houve modulação de velocidade e as tentativas em que isso não ocorreu, sendo consideradas então, separadamente.

5.1 Modulação da velocidade do andar sob dica visual dinâmica:

Foram realizadas ao todo 300 tentativas, sendo 75 tentativas em cada condição (ML, VL, VP e VR). Em todas as condições com dica visual dinâmica houve predomínio de tentativas moduladas. Nas tentativas em que os participantes não foram capazes de modular a velocidade, estes apresentaram o maior índice de erro na condição VR (27 tentativas ou 36%) e o menor índice na condição VL (13 tentativas ou 17,33%). A porcentagem de tentativas não moduladas, referentes ao total em cada condição (75) é apresentada na Figura 5.

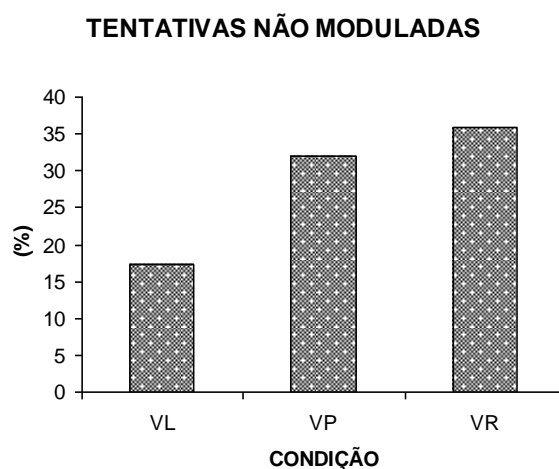


Figura 5. Porcentagem de tentativas não moduladas em cada condição de velocidade da dica visual dinâmica: velocidade lenta (VL), velocidade preferida (VP) e velocidade rápida (VR).

Portanto, indivíduos com doença de Parkinson foram capazes de modular a velocidade do andar a partir de dica visual dinâmica com manipulação sobre a velocidade. Estes resultados, entretanto, sugerem que idosos com doença de Parkinson têm maior dificuldade em modular velocidades mais rápidas que a preferida mesmo sob efeito de dica visual e que, por outro lado, não apresentam o mesmo problema em velocidades inferiores à preferida.

5.2 Influência da dica visual dinâmica sobre o padrão locomotor dos participantes:

A análise comparativa entre o padrão locomotor nas tentativas de marcha livre (ML) e nas tentativas com dica em velocidade preferida (VP) foi dividida em duas MANOVAs. Na primeira, foram analisadas as variáveis espaciais e temporais, enquanto na segunda, foram analisadas as variáveis angulares.

O resultado de cada MANOVA revelou não haver diferença no padrão tanto para as variáveis espaciais e temporais (Wilks' Lambda=0,89; $p=0,06$), quanto para as variáveis angulares (Wilks' Lambda=0,87; $p=0,58$) nas tentativas moduladas. O mesmo ocorreu para as tentativas em que não houve modulação (espaciais e temporais – Wilks' Lambda=0,93; $p=0,49$; angulares – Wilks'

Lambda=0,85; p=0,1). Os valores referentes à comparação entre ML e VP são apresentados nas tabelas 2 e 3.

Os resultados da comparação entre ML e VP revelam que a dica proposta neste estudo não altera os parâmetros mensurados, e conseqüentemente, não altera o padrão locomotor dos indivíduos em velocidade preferida.

Tabela 2. Valores de média e desvio padrão das variáveis espaciais e temporais nas condições de marcha livre (ML) e marcha com dica em velocidade preferida (VP).

Condição		CP	LP	DP	CAD	DDS	DSS	DB
ML	média	115,11	13,08	1,00	122,33	25,64	38,61	37,49
	dp	10,36	3,52	0,06	7,07	2,65	1,41	1,21
VP Moduladas	média	112,10	14,17	1,00	122,90	26,26	38,20	37,22
	dp	10,50	3,57	0,09	11,14	2,25	1,48	1,43
VP Não moduladas	média	112,43	13,49	1,00	123,40	25,30	38,61	37,49
	dp	8,72	3,31	0,08	9,74	2,52	1,87	1,29

Legenda: CP – comprimento da passada (cm); LP – largura do passo (cm); DP – duração da passada (s); CAD – cadência (passos/min); DDS – duração do duplo suporte (% ciclo); DSS – duração do suporte simples (% ciclo); DB – duração do balanço (% ciclo).

Tabela 3. Valores de média e desvio padrão das variáveis angulares nas condições de marcha livre (ML) e marcha com dica em velocidade preferida (VP).

Condição		ATC	AJC	AQC	ATR	AJR	AQR	AMPLTOR	AMPLJOE	AMPLQUA
ML	média	114,02	167,92	154,85	122,11	126,02	169,07	23,71	56,72	23,20
	dp	3,97	5,20	5,98	5,44	6,43	4,24	4,56	3,85	5,51
VP Moduladas	média	114,13	168,59	154,20	120,03	126,22	167,91	22,34	55,76	23,08
	dp	4,46	5,20	5,31	6,09	6,78	4,51	4,39	4,58	5,53
VP Não moduladas	média	113,97	167,53	157,41	121,08	127,21	168,71	23,22	56,21	21,41
	dp	5,39	5,47	6,01	5,07	7,65	3,82	4,22	3,75	5,40

Legenda: ATC/AJC/AQC – ângulos do tornozelo, joelho e quadril (respectivamente) no momento do contato do calcanhar no solo (graus); ATR/AJR/AQR - ângulos do tornozelo, joelho e quadril (respectivamente) no momento da retirada dos dedos do solo (graus); AMPLTOR/AMPLJOE/AMPLQUA – amplitude articular do tornozelo, joelho e quadril (respectivamente) no ciclo (graus).

5.3 Comportamento locomotor sob dica visual dinâmica em diferentes velocidades:

Assim como na comparação anterior, a análise do padrão locomotor entre as condições de velocidade da dica (VL, VP e VR) foi dividida em duas MANOVAs. Na primeira, foram analisadas as variáveis espaciais e temporais, enquanto na segunda, foram analisadas as variáveis angulares. Os valores médios e respectivos desvios-padrão das variáveis espaciais e temporais nas tentativas em que houve modulação encontram-se no Apêndice 1.

O teste Wilks' Lambda (0,166; $p \leq 0,01$) revelou, nas tentativas moduladas, diferença no padrão locomotor entre as condições de velocidade para as variáveis espaciais e temporais, especificamente, CP ($F_{(2,158)}=100,53$; $p \leq 0,01$), DP ($F_{(2,158)}=55,95$; $p \leq 0,01$), CAD ($F_{(2,158)}=72,67$; $p \leq 0,01$), DDS ($F_{(2,158)}=129,51$; $p \leq 0,01$), DSS ($F_{(2,158)}=110,52$; $p \leq 0,01$) e DB ($F_{(2,158)}=95,37$; $p \leq 0,01$). Dentre as variáveis propostas, apenas a largura do passo (LP) não sofreu alteração com a mudança de velocidade.

Testes post-hoc de Tukey foram utilizados para identificar diferenças entre as condições e, entre todas elas, foram encontradas diferenças ($p \leq 0,01$).

A Figura 6 apresenta as médias e desvios-padrão das variáveis CP, CAD e DP. Os resultados evidenciam aumento no CP e na CAD à medida que ocorre o aumento de velocidade, enquanto a DP, de maneira inversa, diminui. Neste contexto, observa-se que na condição VL houve o menor comprimento da passada, menor cadência e maior duração da passada e, na condição VR houve o maior comprimento da passada, maior cadência e menor duração da passada.

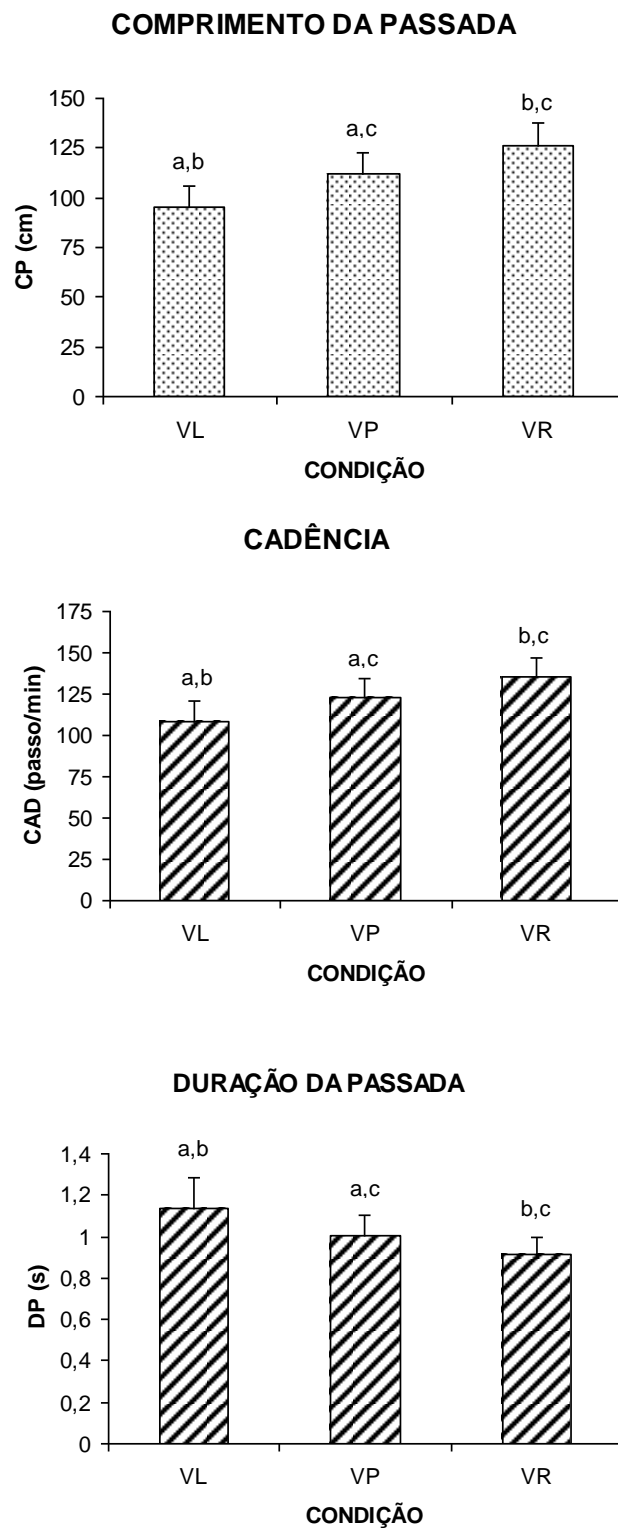


Figura 6. Médias e desvios padrão referentes às variáveis CP, CAD e DP, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

Com relação às fases do ciclo, um comportamento antagônico foi verificado. Enquanto DDS diminuiu à medida que a velocidade aumentou, DSS e DB aumentaram. As fases de duplo suporte, suporte simples e balanço são apresentadas em porcentagem referente ao ciclo. A Figura 7 representa essas fases em cada condição de velocidade.

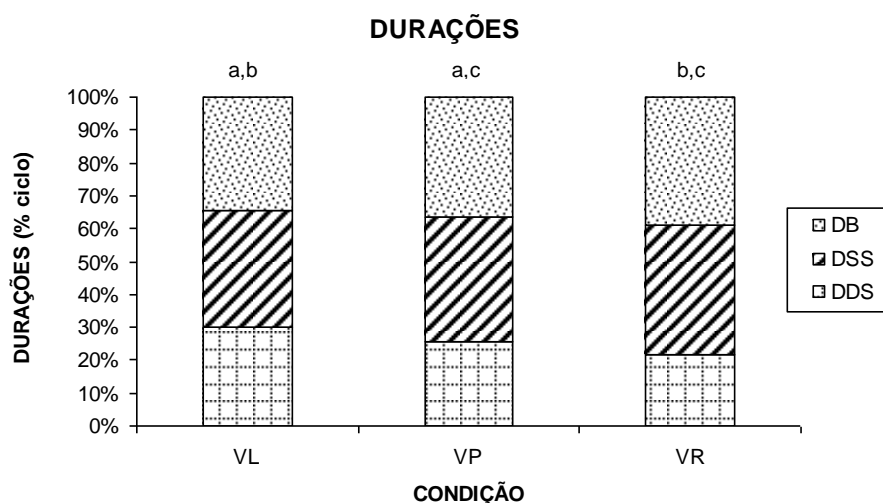


Figura 7. Representação gráfica das porcentagens com relação ao ciclo referentes à variável DDS, DSS, DB, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

Para as tentativas em que não houve modulação, o teste Wilks' Lambda (0,178; $p \leq 0,01$) apresentou diferença no padrão locomotor entre as condições de velocidade, especificamente, CP ($F_{(2,158)}=49,80$; $p \leq 0,01$), DP ($F_{(2,61)}=16,88$; $p \leq 0,01$), CAD ($F_{(2,61)}=13,22$; $p \leq 0,01$), DDS ($F_{(2,61)}=34,90$; $p \leq 0,01$), DSS ($F_{(2,61)}=5,78$; $p \leq 0,01$) e DB ($F_{(2,61)}=27,96$; $p \leq 0,01$). Mais uma vez, LP não foi diferente entre as condições.

Assim como nas tentativas moduladas, por meio do teste de Tukey, foi possível verificar que, com exceção da DSS, essas variáveis são diferentes entre todas as condições de velocidade. O que diferiu DSS das demais foi não haver diferença nessa variável entre a condição VP e as demais condições. Sendo assim, apenas VL e VR são diferentes entre si ($p \leq 0,05$).

Os valores de média e desvio padrão das variáveis espaciais e temporais nas tentativas não moduladas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de média e desvio padrão das variáveis espaciais e temporais (tentativas não moduladas) nas condições de velocidade: lenta (VL), preferida (VP) e rápida (VR); a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

Condição		CP	LP	DP	CAD	DDS	DSS	DB
VL	média	94,12 ^{a,b}	14,73	1,06 ^{a,b}	115,02 ^{a,b}	29,28 ^{a,b}	37,42 ^a	35,95 ^{a,b}
	dp	8,56	3,07	0,03	6,01	3,10	1,48	1,50
VP	média	112,42 ^{a,c}	13,48	0,99 ^{a,c}	123,39 ^{a,c}	25,29 ^{a,c}	38,61	37,49 ^{a,c}
	dp	8,72	3,31	0,08	9,74	2,52	1,87	1,29
VR	média	126,60 ^{b,c}	14,57	0,92 ^{b,c}	130,87 ^{b,c}	22,18 ^{b,c}	39,44 ^c	39,23 ^{b,c}
	dp	10,55	4,16	0,07	9,65	2,08	1,69	1,22

Legenda: CP – comprimento da passada (cm); LP – largura do passo (cm); DP – duração da passada (s); CAD – cadência (passos/min); DDS – duração do duplo suporte (% ciclo); DSS – duração do suporte simples (% ciclo); DB – duração do balanço (% ciclo); onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,05$).

O teste Wilks' Lambda revelou diferença no padrão angular tanto nas tentativas moduladas (0,450; $p \leq 0,01$) quanto nas não moduladas (0,34; $p \leq 0,01$) entre as condições de velocidade.

Os valores médios e respectivos desvios-padrão das variáveis angulares nas tentativas em que houve modulação encontram-se no Apêndice 2. Nas tentativas moduladas foram encontradas diferenças para AQC ($F_{(2,158)}=7,52$; $p \leq 0,01$), ATR ($F_{(2,158)}=8,73$; $p \leq 0,01$), AMPLJOE ($F_{(2,158)}=13,66$; $p \leq 0,01$) e AMPLQUA ($F_{(2,158)}=7,13$; $p \leq 0,01$). Entretanto, essa diferença não ocorreu entre todas as condições.

O teste de Tukey não encontrou diferença entre as condições VP e VR para AQC, enquanto ambas foram diferentes de VL, na qual o ângulo foi maior em comparação às outras condições. Este resultado pode ser visualizado na Figura 8.

ÂNGULO DO QUADRIL NO CONTATO

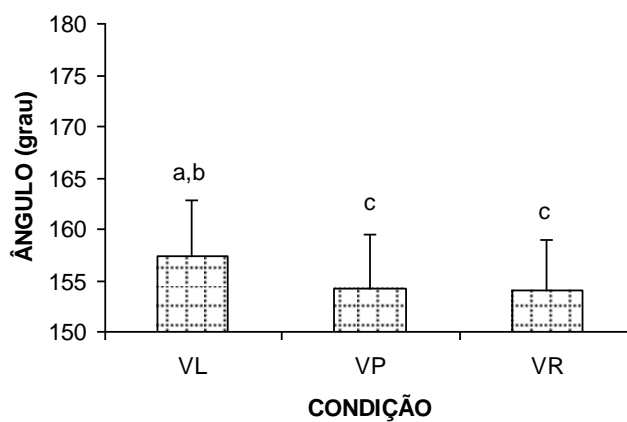


Figura 8. Médias e desvios padrão referentes ao AQC, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

De maneira oposta, não foram encontradas diferenças entre as condições VL e VP para a variável ATR, sendo ambas diferentes da condição VR. A Figura 9 apresenta o comportamento desta variável entre as condições ($p \leq 0,05$).

ÂNGULO DO TORNOZELO NA RETIRADA

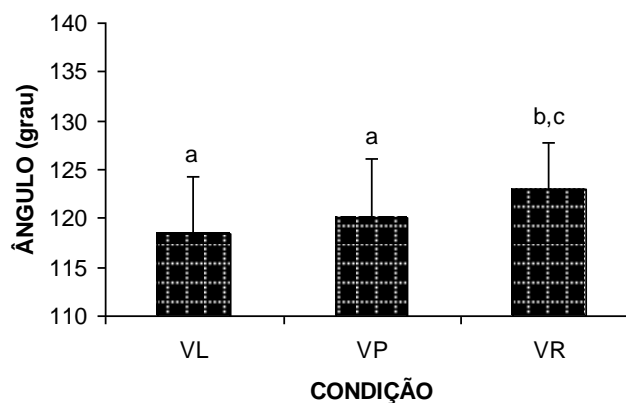


Figura 9. Médias e desvios padrão referentes ao ATR, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

As amplitudes de movimento do joelho e do quadril foram menores na condição VL e diferentes em relação à VP e VR ($p \leq 0,01$), entretanto, não houve diferença entre as condições VP e VR (Figuras 10 e 11).

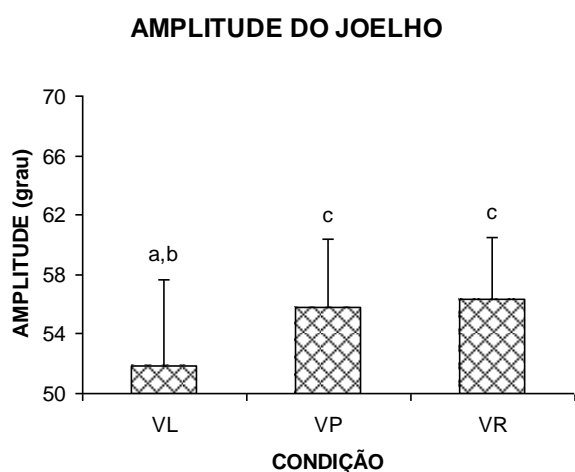


Figura 10. Médias e desvios-padrão referentes à AMPLJOE, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

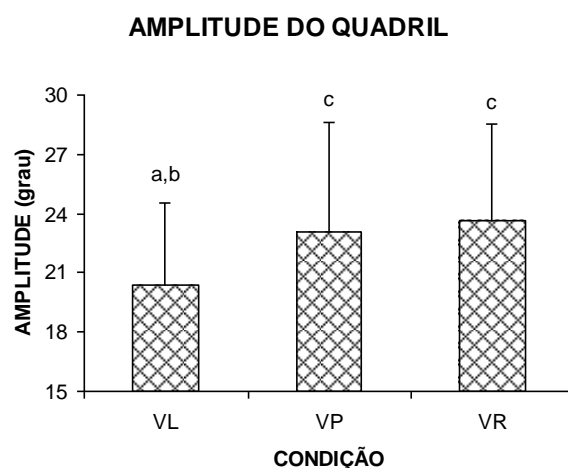


Figura 11. Médias e desvios-padrão referentes à AMPLQUA, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

Nas tentativas não moduladas, diferenças no padrão angular ocorreram entre as variáveis ATR ($F_{(2,61)}=15,98$; $p \leq 0,01$), AJR ($F_{(2,61)}=4,15$; $p \leq 0,05$), AMPLTOR ($F_{(2,61)}=4,55$; $p \leq 0,05$) e AMPLJOE ($F_{(2,61)}=9,36$; $p \leq 0,01$). Os valores médios e respectivos desvios-padrão das variáveis angulares nas tentativas em que não houve modulação encontram-se no Apêndice 3.

Assim como nas tentativas moduladas, as diferenças entre os ângulos não ocorreram em todas as condições. Para os ângulos do tornozelo e joelho na retirada do pé do solo, o teste de Tukey evidenciou diferença entre VL e as demais condições ($p \leq 0,01$) e VL e VR ($p \leq 0,05$), respectivamente.

Em velocidade lenta o ATR foi menor que nas demais condições, enquanto que o AJR foi maior. O menor valor de AJR foi encontrado na condição VR, como demonstrado nas figuras 12 e 13.

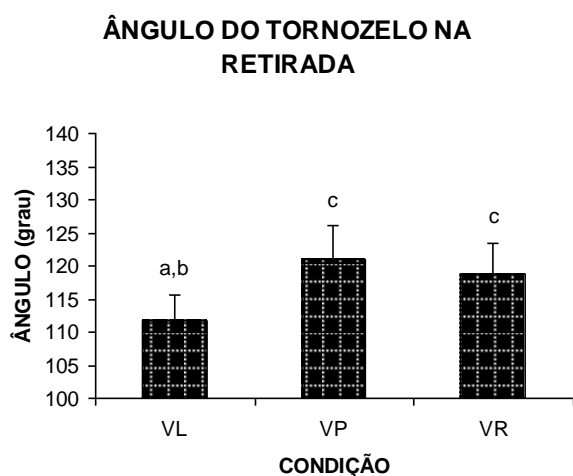


Figura 12. Médias e desvios-padrão referentes à ATR, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

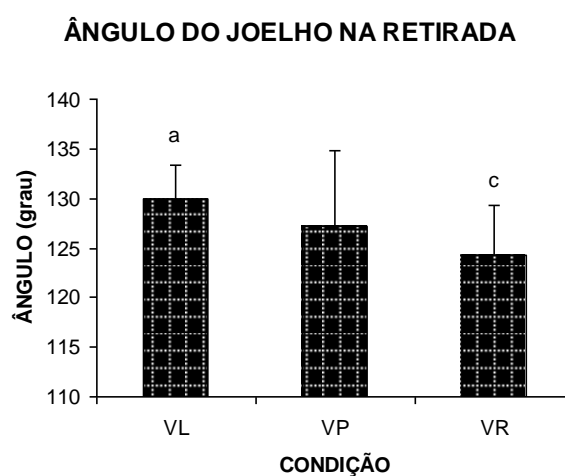


Figura 13. Médias e desvios-padrão referentes à AJR, onde a: diferente de VR e c: diferente de VL ($p \leq 0,05$).

As amplitudes do tornozelo e joelho não foram diferentes em todas as condições. Para AMPLTOR, VR não foi diferente de nenhuma das condições, enquanto VL e VP foram diferentes entre si ($p \leq 0,01$). Para AMPLJOE, VL foi diferente das demais condições ($p \leq 0,01$) que não foram diferentes entre si (Figuras 14 e 15).

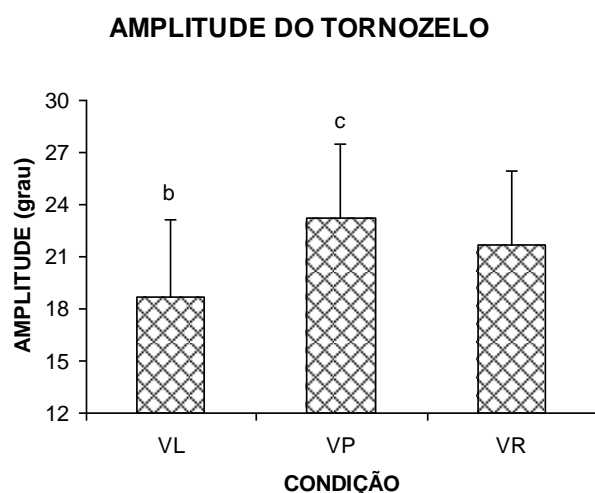


Figura 14. Médias e desvios-padrão referentes à AMPLTOR, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

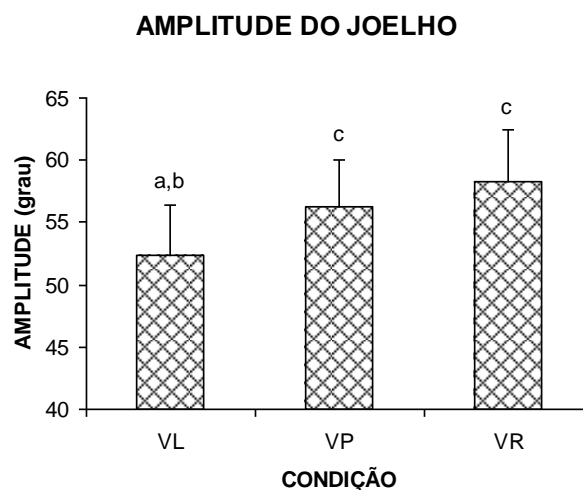


Figura 15. Médias e desvios-padrão referentes à AMPLJOE, onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,05$).

5.4 Variáveis preditoras da velocidade do andar:

A identificação das variáveis que facilitam a modulação da velocidade sob dica visual dinâmica é um importante instrumento para avaliação daquelas que contribuem para o processo de adaptação na locomoção de indivíduo com doença de Parkinson. Todas as variáveis preditoras são apresentadas, entretanto, maior ênfase é destinada àquelas que melhor respondem ao comportamento da velocidade. Neste contexto, apenas as tentativas em que houve modulação foram analisadas.

Na marcha livre, as variáveis que explicaram o comportamento da velocidade foram CP, CAD, ATC, DP e AMPLJOE ($R^2 = 0,99$; $p \leq 0,01$). Nesta condição, CP ($R^2 = 0,83$; $p \leq 0,01$), seguido por CAD ($R^2 = 0,16$; $p \leq 0,01$), é a variável que proporciona a maior contribuição à velocidade do andar. Observa-se nessa condição o aumento no CP proporcional ao aumento na velocidade do andar (Figura 16).

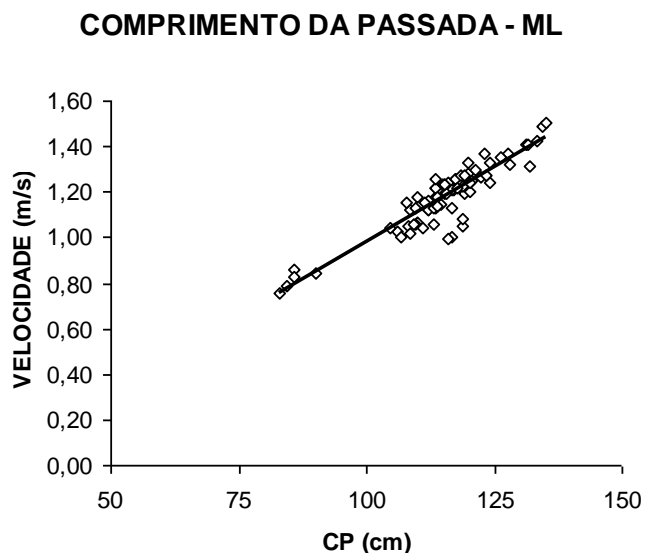


Figura 16. Relacionamento entre o CP e a velocidade do andar na condição ML.

Na condição de dica visual dinâmica em velocidade preferida, a faixa foi ajustada à velocidade que o participante realizou a tarefa de marcha livre, entretanto as variáveis preditoras para nessa condição não foram às mesmas que na condição de marcha livre, sugerindo a influência da dica dinâmica sobre o padrão locomotor dos indivíduos. Foram preditoras da velocidade nessa condição: CAD, CP, DP, DB, AMPLQUA e ATC ($R^2 = 0,99$; $p \leq 0,01$). Nessa condição, a CAD foi o preditor da velocidade ($R^2 = 0,38$; $p \leq 0,01$), seguida pelo CP ($R^2 = 0,61$; $p \leq 0,01$). A Figura 17 ilustra o comportamento dessa variável, em que os participantes que se locomoveram em maiores velocidades apresentaram maior CAD.

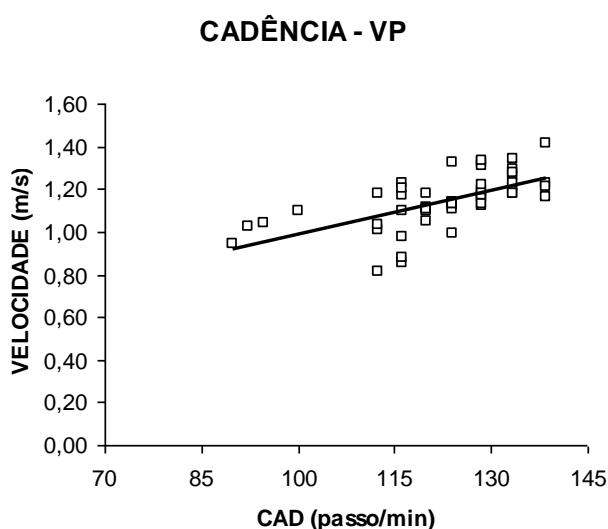


Figura 17. Relacionamento entre a CAD e a velocidade do andar na condição VP.

Na condição VL, foram preditoras da velocidade: CAD, CP, DP e AMPLJOE ($R^2 = 0,99$; $p \leq 0,01$). Da mesma forma, CAD foi a variável que apresentou maior contribuição para a velocidade do andar nessa condição ($R^2 = 0,28$; $p \leq 0,01$), seguida pelo CP ($R^2 = 0,70$; $p \leq 0,01$). Neste caso, quanto menor a velocidade em que os participantes se locomoveram, menor a CAD (Figura 18).

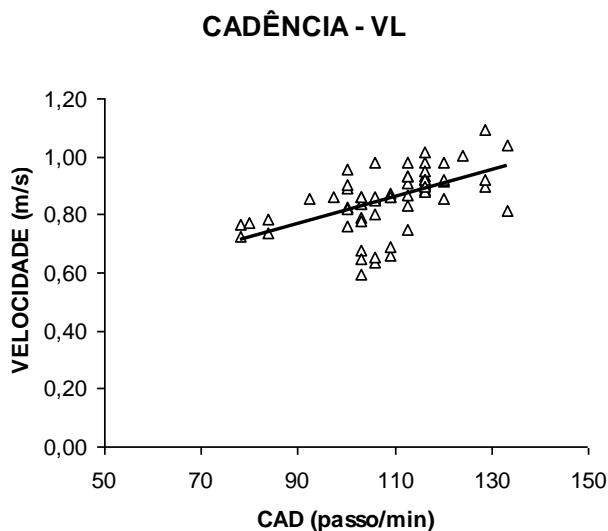


Figura 18. Relacionamento entre a CAD e a velocidade do andar na condição VL.

Finalmente, na condição VR foram preditoras da velocidade: CAD, CP, AJR, AQR e DDS ($R^2 = 0,99$; $p \leq 0,01$). Assim como nas condições anteriores, a variável que mais contribuiu para o processo de adaptação foi a CAD ($R^2 = 0,52$; $p \leq 0,01$), seguida pelo CP ($R^2 = 0,48$; $p \leq 0,01$). Os maiores valores de CAD ocorrem nas maiores velocidade, como ilustrado na Figura 19.

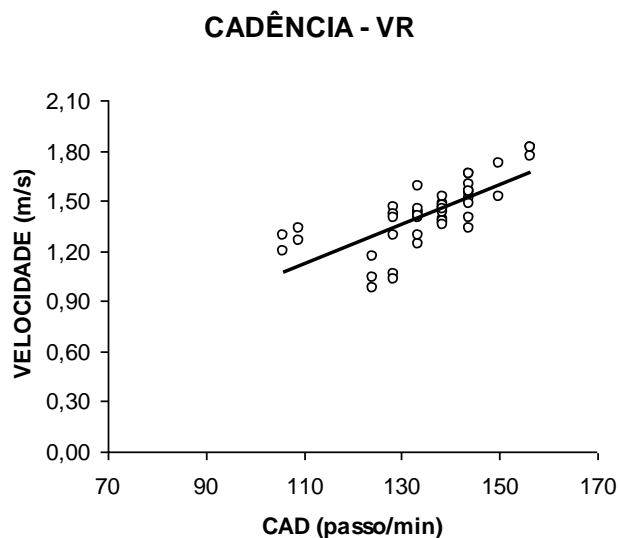


Figura 19. Relacionamento entre a CAD e a velocidade do andar na condição VR.

6 – DISCUSSÃO

O objetivo geral deste estudo foi analisar a influência da dica visual, em diferentes condições de velocidade, no padrão do andar de indivíduos com doença de Parkinson. Portanto, a primeira questão a ser discutida é se houve influência da dica proposta sobre o padrão locomotor desses indivíduos.

A capacidade de modular a velocidade do andar a partir de uma dica visual dinâmica de velocidade é abordada no tópico seguinte que discute o comprometimento da flexibilidade e da adaptabilidade apresentada por esses indivíduos na ausência de dicas e a alteração desse comportamento na presença de dicas visuais dinâmicas. São considerados os aspectos perceptivos importantes para a compreensão do efeito deste estímulo sobre o comportamento locomotor de idosos com doença de Parkinson.

Posteriormente, a discussão sobre as alterações nos parâmetros do andar nas três condições de velocidade propostas procura elucidar as estratégias que indivíduos com doença de Parkinson utilizam para modular a velocidade do andar e são considerados os parâmetros preditores do comportamento locomotor adaptativo em cada velocidade.

Finalmente, a discussão encerra-se com a apresentação de sugestões para investigações posteriores e identificação das limitações do presente estudo.

6.1 A influência da dica visual dinâmica sobre o padrão locomotor em velocidade preferida.

A principal função das dicas é atuar como foco de atenção e/ou fornecer reforço sensorial para a manutenção de um comportamento relacionado às demandas da tarefa, tendo o papel de elemento facilitador para a execução do ato motor.

Dicas visuais dinâmicas podem ser efetivas para a melhora da locomoção em indivíduos com doença de Parkinson por poderem compensar dois diferentes déficits: normalização do déficit na dica interna ou compensação de um déficit na integração proprioceptiva quando as dicas produzem um estímulo visual dinâmico específico que contribui para a manutenção do padrão (AZULAY et al., 2006).

Quando submetidos à dica visual dinâmica de velocidade, os participantes deste estudo não apresentaram diferenças entre o padrão locomotor com e sem dica em velocidade preferida. Este resultado difere do comportamento apresentado por indivíduos com doença de Parkinson no clássico protocolo com faixas fixas no solo e pode ser abordado sob duas perspectivas. Na primeira, a possibilidade de a natureza da dica (velocidade) não exigir adaptação nos parâmetros em velocidade preferida. Na segunda, a possibilidade de não haver influência da dica visual dinâmica proposta neste estudo sobre o padrão locomotor destes indivíduos.

Quando submetidos à dica visual com faixas fixas no solo, indivíduos com doença de Parkinson têm no CP e na velocidade do andar seus principais parâmetros de adaptação e, em menor proporção, a duração do duplo suporte. Essa adaptação independe da instrução (AZULAY et al., 1999), ou seja, mesmo se nenhuma informação for disponibilizada sobre as dicas, como por exemplo: “passe sobre as faixas”, indivíduos com doença de Parkinson apresentam esse comportamento.

Lewis e colaboradores (2000) encontraram resultado semelhante entre o protocolo com faixas fixas e faixas projetadas no solo (laser), em que o CP foi evidenciado como principal parâmetro de adaptação. A retenção desse efeito foi

apresentada em estudos que encontraram diferenças entre condições de marcha livre antes e após a submissão de parkinsonianos à tarefa sob dica visual dinâmica em velocidade preferida (MORRIS et al., 1996b; SIDAWAY et al., 2006).

As alterações no CP, em todos os estudos consultados, foram acompanhadas por um incremento na velocidade do andar e é neste aspecto que a natureza da dica proposta neste estudo difere das demais. A principal manipulação desta dica é sobre a velocidade do andar, sendo importante ressaltar o forte relacionamento entre o comportamento do CP e alterações na velocidade do andar (ZIJLSTRA et al., 1995; ZIJLSTRA et al., 1998; SCHUBERT et al., 2005). É importante também destacar que a velocidade da dica na condição VP foi personalizada de acordo com a velocidade do participante na condição ML e, neste contexto, para garantir o sucesso na tarefa, essa adaptação não seria necessária ou conveniente na condição de velocidade preferida.

Entretanto, o que explicaria a perda de tentativas em velocidade preferida?

As evidências apresentadas sugerem que os participantes sofreram influência da dica proposta por não haver diferença entre os parâmetros, especialmente o CP, nas condições em velocidade preferida, uma vez que o CP é o principal parâmetro de adaptação sob dica visual dinâmica e apresenta um importante relacionamento com velocidade do andar. Entretanto, apesar da semelhança entre as condições ML e VP, os participantes não foram capazes de modular em 32% das tentativas.

Se comparados os protocolos dos estudos citados anteriormente a este, um primeiro aspecto a ser considerado é a ordenação dos blocos de tentativas. Neste trabalho, a ordem de apresentação dos blocos, com exceção da condição ML, foi randomizada, enquanto que, nos demais estudos, a condição com dica ocorreu sempre após a condição de marcha livre. Esta consideração poderia sugerir um efeito de bloco de tentativas entre as condições. Tentativas de prática foram oferecidas para que o participante pudesse se adaptar à próxima velocidade. O principal objetivo deste procedimento foi tentar atenuar e se possível eliminar o efeito entre os blocos de tentativas. Uma análise dos efeitos dos blocos seria

recomendada, mas considerando que a distribuição do número de tentativas por bloco não ser homogênea, esta análise não pode ser realizada.

Nas tentativas de prática, foram observados: se o participante havia compreendido a alteração na dica (verbalização do aumento ou diminuição da velocidade) e se era capaz de realizar pelo menos duas vezes a tarefa corretamente (estimativa realizada pelo experimentador que fornecia o *feedback* em cada tentativa). Ainda, a acinesia presente na doença de Parkinson não pode ser considerada neste caso, visto que este aspecto foi controlado pelo protocolo experimental, pois o deslocamento do participante foi iniciado antes do deslocamento da faixa. Além dos possíveis efeitos dos blocos de tentativas, o deslocamento dos participantes, atrasados em relação à dica visual, pode ser explicado pelas dificuldades que os indivíduos com doença de Parkinson possuem para integrar as informações sensoriais (GRAYBIEL et al., 1994; BROWN et al., 2006; BALEANGER et al., 2007), que é discutida no próximo tópico.

6.2 A capacidade de idosos com doença de Parkinson em modular a velocidade do andar sob diferentes condições de velocidade da dica.

O número de tentativas moduladas indica que os participantes são capazes utilizar a informação de velocidade da dica visual para modular a velocidade do andar. Os indivíduos acompanharam a dica visual dinâmica em 161 das 225 tentativas.

Esse resultado concorda com os encontrados por Zijlstra e colaboradores (1998), em que parkinsonianos abaixo do nível 3 na escala de Hoehn & Yahr foram capazes de adaptar o andar sob diferentes instruções: em diferentes velocidades (auto-selecionadas e fixas; no solo e em esteira), sob dica rítmica (metrônomo) e sob dica visual (faixas fixas no solo). Os autores classificaram adaptação voluntária aquela relacionada à instrução da tarefa e adaptação involuntária as adaptações nos demais parâmetros mensurados, por não estarem conscientemente relacionadas à intenção da ação.

No presente estudo, confirma-se a adaptação voluntária por meio da manutenção da distância pré-estabelecida da faixa em aproximadamente 71,55% do total de tentativas realizadas, enquanto a adaptação involuntária é refletida no comportamento das variáveis espaciais, temporais e angulares que permitiram a adaptação do padrão locomotor às demandas de velocidade impostas pela dica.

É importante considerar que, em condição de marcha livre, idosos com doença de Parkinson são diferentes de seus pares neurologicamente saudáveis, especialmente com relação ao CP e à velocidade do andar, mesmo sob efeito de medicação (MORRIS et al., 1996c; PIERUCCINI-FARIA, 2006). O paradigma das dicas visuais foi introduzido no estudo do andar de indivíduos com doença de Parkinson por questionar a diminuição da capacidade de flexibilidade e de adaptabilidade deste comportamento (MORRIS et al., 2001). Os resultados do presente estudo, concordando com outros estudos, comprovaram que este paradigma é eficiente em permitir que adaptações voluntárias e involuntárias ocorram.

Morris e colaboradores (1996b) encontraram que dicas visuais (faixas fixas no solo) e estratégias atencionais (manutenção de um padrão a partir de um modelo) permitem que indivíduos com doença de Parkinson equiparem seu padrão locomotor (comprimento da passada, cadência, velocidade do andar e duração do duplo suporte) ao de idosos saudáveis por até 2 horas após a intervenção (teste de retenção). Cabe ressaltar que, neste estudo, os parkinsonianos foram submetidos a adaptações a partir de um modelo baseado nos parâmetros do grupo controle.

A diferença entre grupos de parkinsonianos e de idosos saudáveis também foi atenuada sob dica visual dinâmica a partir de um modelo personalizado (distância entre as faixas correspondente ao comprimento do passo do sujeito), principalmente por permitir um incremento no CP. Entretanto, mesmo em um procedimento personalizado, a duração do duplo suporte ainda permaneceu maior para os parkinsonianos, sugerindo uma dificuldade em desempenhar movimentos rápidos apresentada por essa população (ZIJLSTRA et al., 1998).

A dica visual dinâmica proposta neste estudo utilizou um modelo personalizado, mas ao invés do comprimento do passo, o critério foi a velocidade preferida do participante. A dificuldade para o desempenho de movimentos rápidos, mesmo sob dica visual dinâmica, sugerida anteriormente concorda com a avaliação das tentativas em que não houve modulação, que destaca a maior incidência de erros na condição de velocidade rápida (36%). Nessas tentativas, os participantes estiveram muito afastados da dica, extrapolando a distância pré-estabelecida. Ao contrário, quando permitido um tempo maior para os ajustes nos parâmetros, especificamente em velocidade lenta, o índice de erro diminuiu (17,33%). A porcentagem de tentativas não moduladas pode refletir um tempo insuficiente para a integração sensorial.

O tempo para adaptação ao estímulo pode ter influenciado a proporção de tentativas não moduladas em cada condição de velocidade. Em outras palavras, a velocidade de deslocamento da dica permitiu maior ou menor tempo para adaptação do andar ao estímulo. A coordenação reduzida da atividade dos circuitos que envolvem os NB resultaria não apenas em dificuldades na aprendizagem motora ou no controle preditivo, como no planejamento de seqüências de movimento, mas também dificuldade no *timing* de movimentos complexos (GRAYBIEL et al., 1994).

Brown e colaboradores (2006) avaliaram o controle postural sob manipulação da informação visual. Durante 45 segundos os participantes tiveram que permanecer em posição ereta e, em períodos pré-determinados, a informação visual foi disponibilizada, retirada e re-introduzida. No grupo parkinsoniano, a oscilação postural aumentou na ausência da informação visual e esse efeito não diminuiu após a re-introdução da informação visual. Foi sugerido, a partir desses resultados, que indivíduos com doença de Parkinson apresentam um déficit na capacidade de reintegrar a informação visual quando avaliada após um período prolongado de ausência.

Apesar da perda de tentativas na condição VR, os participantes foram capazes de andar em velocidade 25% superior à preferida em 64% das tentativas.

Entretanto, se esta capacidade está preservada, ainda não está suficientemente esclarecido o padrão do andar lento de indivíduos com doença de Parkinson.

O comprometimento do escalonamento sensorial parece ser um importante mecanismo para a patofisiologia dos movimentos hipométricos e bradicinéticos na doença de Parkinson. Porém, não se sabe se os déficits motores na doença são provenientes de alterações no *feedback* periférico ou resultante de um processamento central comprometido pelos distúrbios fisiológicos nos NB (ABBRUZZESE & BERARDELLI, 2003).

A discussão quanto à origem do comprometimento no escalonamento sensorial é controversa. Em estudo sobre a contribuição de fatores perceptivos à acinesia na doença de Parkinson, Baleanger e colaboradores (2007) avaliaram componentes perceptivos, cognitivos e motores em tarefa de tempo de reação. Os resultados apontaram, na comparação entre grupos (parkinsonianos e idosos saudáveis), que a acinesia recebe maior contribuição de uma deficiência perceptiva. Porque não houve efeito de medicamento (parkinsonianos ON e OFF) sobre o componente perceptivo, os autores puderam sugerir que a terapia dopaminérgica pode exercer efeitos apenas sobre baixos níveis de processamento sensorial. Contudo, evidências experimentais sugerem que este comprometimento esteja relacionado à dificuldade no processamento da informação para guiar a ação, enquanto a percepção não está afetada (GIOVANNINI et al., 2006).

Parkinsonianos apresentam grande dependência com relação à informação visual, o que Schubert e colaboradores (2005) identificaram como sendo um forte acoplamento entre esta informação e a ação motora. Na tarefa proposta por eles, os indivíduos deveriam manter a velocidade do andar constante, enquanto, sem que os participantes soubessem, a velocidade do fluxo ótico (virtual) disponível foi manipulada. Se a integração sensorial estivesse íntegra, para seguir as instruções, os parkinsonianos não integrariam o sinal visual ao proprioceptivo e não corrigiriam a discrepância entre a velocidade do andar e a velocidade do fluxo. Como os indivíduos doença de Parkinson não seguiram as instruções (manter a velocidade do andar constante), foi sugerida a interdependência entre as capacidades adaptativa e em repesar as informações sensoriais.

Apesar de influenciar o padrão locomotor de indivíduos com doença de Parkinson por um período após a retirada do estímulo, o efeito das dicas visuais dinâmicas se deteriora e esses indivíduos voltam a apresentar um comportamento hipocinético. Morris e colaboradores (1996b) sugerem que, através do foco de atenção em dicas visuais ou em estratégias atencionais, os parkinsonianos aprendem a andar com uma nova configuração nos parâmetros. Essa nova configuração depende da atenção porque o padrão não foi automatizado. Entretanto, a automatização do novo modelo não garantiria a reabilitação do andar nesses indivíduos, uma vez que os NB são responsáveis pelo controle de movimentos automatizados.

Não foi objetivo do presente estudo avaliar a retenção do efeito da dica proposta sobre o padrão locomotor de indivíduos com doença de Parkinson, entretanto, os resultados apresentados reforçam as evidências de um comprometimento da integração sensorial ao invés de um comprometimento essencialmente motor decorrente da doença, tendo em vista a capacidade de adaptação dos participantes sob dica visual dinâmica em diferentes velocidades. Ainda que seja inconclusiva a discussão sobre os efeitos da atenção dirigida e da integração sensorial quando dicas visuais são empregadas, as instruções dadas aos participantes deste estudo (manter a distância da faixa) pode ter também direcionado a atenção e garantido a modulação da velocidade.

6.3 O comportamento das variáveis espaciais, temporais e angulares em cada condição, com e sem modulação de velocidade.

Sob dica visual dinâmica de velocidade, diferentes combinações entre parâmetros espaciais, temporais e angulares ocorreram para que houvesse modulação do comportamento locomotor em cada condição de velocidade. Dentre elas, destaca-se o comportamento do CP, tendo em vista sua importância na modulação da velocidade do andar e seu comprometimento em consequência à doença.

A dependência do estímulo visual apresentada por indivíduos com doença de Parkinson tem efeito predominante no parâmetro do andar que regula a amplitude (CP). Como a velocidade do andar é produto do relacionamento entre a cadência e o comprimento do passo, a modulação no CP explica quase completamente o efeito do fluxo ótico sobre a velocidade do andar nessa população (SCHUBERT et al., 2005). Desta forma, o comportamento dessa variável enfatiza o efeito da dica visual proposta sobre o padrão locomotor dos participantes. Este resultado suporta o pressuposto sobre a função das dicas na integração sensorial (AZULAY et al., 1999), uma vez que a dica proposta não manipula intencionalmente a amplitude do movimento.

O tempo despendido em cada fase do andar (duplo suporte, suporte simples e balanço) foi diferente em cada condição de velocidade da dica. O comportamento dessas variáveis caracteriza temporalmente subsequências do movimento que precisam ser integradas para a continuidade da ação. Essencialmente, foram observados diminuição na DDS e aumento na DSS e DB proporcionalmente ao incremento na velocidade.

No estudo de Zijlstra et al. (1998), as durações foram semelhantes entre os grupos (jovens, idosos e parkinsonianos) e só foram alteradas quando houve adaptação no CP (condição sob dica visual), em que os parkinsonianos apresentaram maiores durações. Os autores questionaram se longas durações do duplo suporte seriam conseqüências de um déficit fundamental na regulação do CP ou um fenômeno adaptativo resultante da necessidade de evitar problemas relacionados ao controle do equilíbrio. Na tentativa de responder a este questionamento, os autores apontaram a influência da levodopa no incremento no CP e contribuição marginal aos distúrbios no controle do equilíbrio, sugerindo que a redução no CP e um inerente aumento na DDS seriam causados por problemas na regulação da amplitude do movimento e que esses problemas poderiam contribuir para a incapacidade de desempenhar movimentos rápidos.

Os participantes deste estudo apresentaram uma DDS em velocidade preferida sob dica visual dinâmica superior (26% do ciclo) ao considerado normal (20% do ciclo) segundo Winter (1990), ou seja, apesar da presença da dica,

indivíduos com doença de Parkinson apresentaram maior tempo despendido em duplo suporte. Este comportamento também caracteriza a bradicinesia presente nestes indivíduos. A DP é composta pelo tempo despendido nas fases de duplo suporte, suporte simples e balanço e, por isso, sofre influência do comportamento dessas variáveis. Neste contexto, pode-se inferir que a DDS foi a variável que influenciou a duração da passada, pois na condição em que maior tempo foi despendido em duplo suporte também ocorreu a maior duração da passada.

A maior DDS ocorreu na condição VL, enquanto a menor ocorreu na condição VR. Na VL, esse comportamento evidencia a estratégia utilizada pelos participantes (permanecer por um tempo prolongado em duplo suporte - 30% do ciclo), permitindo o deslocamento da dica antes de executar o próximo passo. Na VR, por outro lado, os participantes simultaneamente diminuíram a DDS e aumentaram o CP. Tendo em vista que o comportamento da DDS foi inversamente proporcional ao CP, os resultados desse estudo não suportam a hipótese proposta por Zijlstra e colaboradores (1998). Entretanto, é possível relacionar o aumento no tempo despendido na DSS e DB com o incremento no CP, uma vez que a trajetória a ser percorrida pelo membro na fase de balanço aumenta à medida que o membro é posicionado mais à frente.

A CAD, associada ao CP, tem um importante papel para a modulação da velocidade; entretanto, essa variável costuma ser constante sob dica visual com faixas fixas no solo (MORRIS et al., 1994). Esse comportamento também ocorre sob manipulação da velocidade do fluxo ótico (virtual) tanto para parkinsonianos quanto para adultos jovens e idosos sadios (PROKOP et al., 1997; SCHUBERT et al., 2005). Os resultados deste estudo evidenciam que quando a dica visual dinâmica é de velocidade, a CAD é alterada. Os participantes realizaram uma adaptação da CAD de forma a contribuir para a modulação da velocidade do andar. Considerando que a CAD foi a variável preditora do comportamento locomotor em todas as condições com dica visual dinâmica, sua discussão se apresenta aprofundada no próximo tópico.

Retomando, duas variáveis foram escolhidas para representar o componente de estabilidade durante o andar, a DDS e a LP, já que indivíduos com

doença de Parkinson podem apresentar instabilidade postural (MORRIS et al., 1996a; BROWN et al., 2006). Mitchell et al. (1995) mostraram que mesmo em posição parada, apenas sob a influência da força da gravidade, indivíduos com a doença de Parkinson apresentam déficits no controle postural apenas no sentido médio-lateral. Esperava-se que a alteração da velocidade do andar pudesse alterar a estabilidade durante a tarefa. Entretanto, LP não foi diferente entre as condições. Aumento na LP indica dificuldades no controle médio-lateral do centro de massa do corpo e poderia ser observado especialmente na VL. Os participantes parecem ter preferido alterar a DDS e manter a LP, indicando que este parâmetro é robusto e não é influenciado pela velocidade da dica visual dinâmica. Por outro lado, a instabilidade postural manifesta-se predominantemente a partir do estágio 3 da escala de Hoehn & Yahr e, nesta amostra, apenas dois participantes encontravam-se neste estágio.

Indivíduos com doença de Parkinson apresentam um comprometimento na capacidade discriminação da posição articular (ZIA et al., 2000) e têm como característica um padrão fletido nas articulações. A maioria dos estudos sobre a influência de dicas visuais na locomoção na doença de Parkinson avalia apenas o comportamento das variáveis espaciais e temporais do andar. Entretanto, a análise dos ângulos articulares no ciclo, em cada condição, trouxe contribuições para a compreensão da capacidade de adaptação desses indivíduos.

Morris e colaboradores (2005) apresentaram evidências para o comportamento locomotor hipométrico em indivíduos com doença de Parkinson, argumentando a favor da existência de uma discrepância entre a amplitude de movimento selecionada corticalmente e o real movimento executado. Dicas visuais dinâmicas foram capazes de contribuir para a redução desta discrepância, aumentando a amplitude do movimento sobre todas as articulações. Amplitudes de movimento articular reduzidas foram associadas aos valores menores do CP, especialmente quando o grupo controle foi convidado a andar tendo o CP emparelhado ao dos indivíduos com doença de Parkinson. Desta forma, as alterações no comportamento da amplitude articular foram consideradas mediadas centralmente.

As variáveis angulares se comportaram de forma diferente entre as condições e entre as tentativas com e sem modulação. As amplitudes articulares do joelho e quadril foram diferentes nas tentativas com modulação, demonstrando que apesar da diminuição dessas amplitudes (MORRIS et al., 2001), em estágios iniciais da doença, esses parâmetros ainda podem ser adaptados às demandas da tarefa. Entretanto, houve peculiaridades nesse comportamento. A principal delas foi a diferença da condição VL com relação às demais condições e a semelhança entre VP e VR. Esta semelhança levanta a discussão sobre restrições do organismo quanto à máxima amplitude.

Robichaud e colaboradores (2004) mostraram um comprometimento da capacidade de extensão da articulação do cotovelo comparado à capacidade de flexão em população com doença de Parkinson, sugerindo, inclusive, que diferentes mecanismos neurofisiológicos estariam relacionados à extensão. Os autores encontraram que, em contração isométrica, o torque na contração voluntária máxima na extensão é muito inferior comparado à flexão e ainda menor na condição sem medicamento. Em contração isotônica, o grupo parkinsoniano apresentou: menor pico de velocidade na extensão, maior número de *bursts* eletromiográficos antes de atingir o pico da velocidade na extensão e a presença de co-contrações. Assim, um comprometimento na capacidade de extensão das articulações pode ser responsável pela limitação na amplitude de movimento.

A perda de força muscular também é um fator que pode contribuir para a diminuição do torque produzido durante movimentos de flexão e extensão em parkinsonianos em estágios avançados da doença. Nogaki e colaboradores (2001) avaliaram dois grupos de indivíduos com doença de Parkinson, na tarefa de flexão e extensão do joelho. O grupo mais acometido pela doença e menos responsivos à medicação apresentou redução no pico máximo do torque para o membro afetado, com maior redução na extensão, enquanto o membro não (ou menos) afetado não apresentou diferença entre as condições. No grupo menos acometido e com melhor resposta à medicação não houve diferença em movimentos lentos para ambos os membros, enquanto houve aumento na resposta muscular em movimentos rápidos apenas para o membro afetado. Apesar do número reduzido

de participantes (5 em cada grupo), os autores sugerem que a velocidade do movimento pode ser afetada anteriormente à perda de força muscular.

As evidências apresentadas por Nogaki e colaboradores (2001) ajudam a explicar o aumento no ângulo do tornozelo na retirada na condição VR. O aumento nesse ângulo pode ser um indicativo de aumento na força de propulsão do pé em relação ao solo para o incremento da velocidade da passada nessa condição.

No andar normal, o movimento dos pés é composto pela abordagem, um momento intermediário e a retirada do pé do solo. No presente estudo, não foram encontradas diferenças entre os ângulos do tornozelo e joelho na abordagem (ATC e AJC) entre as condições. Esse comportamento sugere um padrão conservador durante a abordagem independente da velocidade do andar, provavelmente relacionado à estabilidade. O estudo de Kimmeskamp & Hennig (2001) sobre a pressão plantar durante o andar pode auxiliar no entendimento destes resultados. Kimmeskamp & Hennig (2001) encontram que em estágios leves ou moderados da doença já ocorre diminuição no pico de pressão na região do calcanhar. O movimento realizado pelo grupo com doença de Parkinson apresentou maior carga sobre a região intermediária e anterior do pé, caracterizando uma estratégia para a manutenção do equilíbrio durante a locomoção. Entretanto, o estudo de Kimmeskamp & Hennig (2001) não manipulou experimentalmente a velocidade do andar, mas os valores reduzidos de pressão plantar no calcanhar podem estar relacionados com os ângulos do tornozelo e do joelho na abordagem. Desta forma, valores angulares semelhantes de joelho e tornozelo entre as condições de velocidade parecem indicar que estes parâmetros são robustos para garantir a manutenção do equilíbrio.

Por outro lado, nas tentativas em que houve modulação da velocidade, os participantes deste estudo preferiram controlar a articulação mais proximal na abordagem, pois foram encontradas diferenças no comportamento do ângulo do quadril entre as condições. Ainda, o AQC pode ser um preditor da amplitude do passo. Na VL, onde também foi observado o menor CP, o AQC foi maior. Nas condições em que a velocidade é maior (VP e VR), esse ângulo diminuiu, sugerindo aumento na amplitude articular, que pode ser confirmado pela diferença

no CP entre VP e VR. Entretanto, diferente do esperado, o comportamento do AQC não foi diferente entre essas condições. Uma possível explicação pode estar relacionada ao aumento da flexão do tronco à frente com o aumento da velocidade.

Nas tentativas em que não houve modulação, os ângulos referentes ao quadril, incluindo a amplitude articular, não foram diferentes entre as condições, tanto na abordagem como na retirada do pé do solo. Novamente, a manutenção da flexão do tronco à frente, comportamento característico dos indivíduos com doença de Parkinson, pode ser entendida como um impedimento para a modulação da velocidade.

Em relação à retirada do pé do solo, os ângulos articulares foram observados como uma forma de inferir as forças empregadas para a propulsão do corpo à frente. Nas tentativas em que não houve modulação da velocidade, as diferenças se concentram nas articulações do joelho e tornozelo. Aparentemente, os participantes tentam controlar as duas articulações separadamente e, desta forma, impedem também a modulação da velocidade, especialmente quando se observa que a perda de tentativas foi maior na condição VR. Ao contrário, nas tentativas em que houve modulação da velocidade, apenas a articulação do tornozelo foi ativamente controlada, aumentando a propulsão com o aumento da velocidade de deslocamento da dica visual dinâmica.

Os resultados apresentados permitem inferir que a dica visual dinâmica proposta permite a adaptação de parâmetros espaciais, temporais e angulares do andar. Entretanto, duas evidências devem ser consideradas. Na primeira, a informação disponibilizada pela dica foi suficiente para que ocorressem ajustes na amplitude do movimento mesmo sem a manipulação explícita do comprimento da passada. Isso reforça a idéia de um estreito relacionamento entre CP e a velocidade do andar, apesar do comprometimento da capacidade de regulação da amplitude apresentado por indivíduos com doença de Parkinson. Na segunda evidência, o comportamento das variáveis angulares sugere a presença de estratégias de controle para a modulação da velocidade.

6.4 Variáveis preditoras da velocidade do andar sob dica visual dinâmica.

Entre todas as variáveis dependentes deste estudo, a CAD, associada ao CP, foi selecionada como a variável preditora da velocidade do andar em todas as condições de velocidade da dica visual dinâmica nas tentativas em que houve modulação. Esta evidência confirma sua função compensatória (MORRIS et al., 1994) ao déficit na regulação da amplitude do movimento para adaptações na velocidade durante a realização de ações locomotoras.

Morris e colaboradores (1994) demonstraram que indivíduos com doença de Parkinson foram capazes de andar em velocidade mais rápida e mais lenta que a preferida na ausência de dicas. Também observaram que ao tentar emparelhar a velocidade do andar à de idosos saudáveis, os parkinsonianos foram capazes de alterar o CP, mas essa alteração não foi suficiente para equipará-los aos controles. Ainda, para atingir a velocidade imposta, os parkinsonianos utilizaram como estratégia o aumento na CAD. Essa deficiência na regulação da amplitude foi suprimida pela presença de dicas visuais dinâmicas com manipulação na amplitude e valores semelhantes aos do grupo controle foram observados para CP e CAD. Em outras palavras, houve aumento do CP e manutenção constante da CAD.

Os resultados do presente estudo corroboram os resultados de Morris e colaboradores (1994). Os indivíduos com doença de Parkinson foram capazes de alterar a velocidade do andar, mesmo sendo esta velocidade imposta pela dica visual dinâmica. Da mesma forma, os indivíduos foram capazes de alterar a amplitude do passo como efeito da dica visual dinâmica. Por outro lado, enquanto os participantes do estudo de Morris e colaboradores (1994) mantiveram a CAD, os participantes do presente estudo aumentaram a CAD seguida pelo aumento no CP.

Neste contexto, sugere-se que a natureza da dica (espaço-temporal) pode ter influenciado o comportamento da CAD por conter um componente temporal em sua essência. Estudos anteriores demonstraram que a CAD é o principal

parâmetro de adaptação sob dicas rítmicas em indivíduos com doença de Parkinson (MORRIS et al., 1994; ZIJLSTRA et al., 1998).

Essa adaptação também pode estar relacionada à instrução da tarefa, que foi a manutenção de uma distância pré-estabelecida da dica durante todo percurso, ou seja, para não extrapolar o critério o indivíduo ajustou a velocidade inicialmente pela CAD, seguida pelo aumento no CP.

Como compensação aos déficits dopaminérgicos e enfraquecimento das conexões nigro-estriatais, os indivíduos com doença de Parkinson apresentam maior demanda sobre as regiões corticais frontais e controle visual, proprioceptivo e auditivo *on-line* para guiar os movimentos. Os resultados de Bond & Morris (2000), na investigação do efeito de uma tarefa secundária ao andar, revelaram que a CAD é um parâmetro que não sofre influência do aumento na demanda cognitiva, pois, enquanto a velocidade do andar e o CP sofreram efeito de uma tarefa secundária, a CAD permaneceu constante. No presente estudo, o aumento da velocidade da dica visual dinâmica pode ser considerado como aumento na demanda cognitiva. Assim, o comportamento da CAD sob dica visual dinâmica de velocidade pode indicar que os participantes ajustaram a velocidade do andar alterando, inicialmente, o parâmetro que não sofreria efeito dessa demanda.

Restrições do organismo, em especial as amplitudes articulares, também devem ser consideradas, especialmente nas condições VP e VR, que não diferiram entre si. Para compensar as restrições articulares, os participantes poderiam ter regulado a velocidade do andar por meio de uma estratégia relacionada à CAD.

A partir dessas evidências, é importante considerar que o comportamento apresentado pelos participantes sob a dica visual proposta reforça a adaptação da velocidade pela CAD. Entretanto, permite a adaptação da amplitude do movimento (CP) mesmo não sendo esta a principal manipulação da tarefa.

6.5 Propostas para novos estudos

A partir da avaliação do comportamento locomotor de indivíduos com doença de Parkinson sob dica visual dinâmica que manipula a velocidade, novas investigações poderiam avaliar:

- O comportamento locomotor de idosos saudáveis (controle) para permitir a comparação com os indivíduos com doença de Parkinson;
- O efeito desta dica visual não apenas em duas condições de velocidade (ML e VP), mas também em velocidade lenta e rápida;
- O efeito desta dica visual com um aumento gradual na velocidade durante o percurso;
- O efeito de treinamento em uma extensão de velocidades, a comparação com a condição controle, e a mensuração de um efeito de retenção.

6.6 Limitações do estudo

Os aspectos limitantes do presente estudo foram:

- Um procedimento de determinação da modulação da velocidade que não permitiu que as tentativas não moduladas fossem repetidas ao final de cada bloco;
- A não comparação do efeito da dica nas demais condições de velocidade (VL e VR);
- A seleção da amostra com apenas dois parkinsonianos em estágio moderado (3) na escala de Hoehn & Yahr.

7- CONCLUSÃO

Os resultados apresentados nesse estudo permitem concluir que indivíduos com doença de Parkinson sofrem influência de uma dica visual dinâmica com manipulação sobre a velocidade. Sob essa influência, modulam a velocidade do andar em velocidade lenta (25% inferior à preferida) e em velocidade rápida (25% superior à preferida) demonstrando capacidade de adaptar voluntariamente a velocidade do andar a um estímulo externo. As adaptações involuntárias ocorrem em parâmetros espaciais, temporais e angulares.

Apesar do comprometimento com relação à regulação da amplitude, indivíduos com doença de Parkinson sob dica visual de velocidade são capazes de adaptar esse parâmetro, mesmo sem que essa seja a principal manipulação da tarefa.

A DDS é a variável com maior influência sobre a DP, pois os maiores valores da DP ocorreram quando houve maior DDS e menores valores de DSS e DB. Conseqüentemente, a DDS é um parâmetro importante na avaliação da lentidão do andar de idosos com doença de Parkinson. Entretanto, os resultados do presente estudo não suportam seu papel sobre a dificuldade na regulação da amplitude do movimento.

O comportamento das variáveis angulares pode ser decisivo para a modulação da velocidade do andar. O comportamento dos ângulos articulares nas

tentativas em que não houve modulação foi diferente daquele apresentado nas tentativas em que houve modulação, sugerindo um erro na escolha da estratégia.

A CAD, seguida pelo CP, é o parâmetro de maior contribuição à velocidade em todas as condições de dica visual dinâmica. Esse comportamento pode sugerir restrições do organismo (restrição articular) ou da tarefa (demanda cognitiva e/ou natureza da dica). Entretanto, mesmo sem a manipulação da amplitude do movimento, a dica visual proposta permitiu adaptações no CP.

8 – REFERÊNCIAS

ABBRUZZESE, G., BERARDELLI, A. Sensorimotor integration in movement disorders. **Movement Disorders**, 18, n. 3, p. 231-240, 2003.

ALMEIDA, O. O. Miniexame do estado mental e o diagnóstico de demência. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, 56, p. 605-612, 1998.

ALVAREZ, B.; PAVAN, A.L. Alturas e comprimentos. In. PETROSKI, E.L. (Ed.) **Antropometria: técnicas e padronizações**. Porto Alegre: Palotti, p. 29-52, 1999.

AZULAY, J.P.; MESURE, S. BLIN, O.; Influence of visual cues on gait in Parkinson's disease: Contribution to attention or sensory dependence? **Journal of Neurological Sciences**, 248, p.192-195, 2006.

AZULAY, J.P.; MESURE, S.; AMBLARD, B.; BLIN, O.; SANGLA, I.; POUGET, J. Visual control of locomotion in Parkinson's disease. **Brain**, 122, p. 111-120, 1999.

BALEANGER, B.; GIL, R.; AUDIFFREN, M.; DESMURGET, M. Perceptual factors contribute to akinesia in Parkinson's disease. **Experimental Brain Research**, 179, p. 245-253, 2007.

BEHRMAN, A.; TEITELBAUM, P.; CAURAUGH, J. H. Verbal instructional sets to normalise the temporal and spatial gait variables in Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, 65, p. 580-582, 1998.

BERARDELLI, A.; ROTHWELL, J.C.; THOMPSON, P.D.; HALLETT, M. Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease. **Brain**, 124, p. 2131-2146, 2001.

BERTOLUCCI, P.H.F.; BUCKI, S.M.D.; CAMPACCI, S.R.; JULIANO, Y.O. O minixame do estado mental em uma população geral: impacto da escolaridade. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, 52, p.1-7, 1994.

BLE, A.; VOLPATO, S.; ZULIANI, G.; GURALNIK, J.M.; BANDINELLI, S.; LAURETANI, F.; BARTALI, B.; MARALDI, C. FELLIN, R.; FERRUCCI, L. Executive function correlates with walking speed in older persons: the InCHIANTI study. **Journal of the American Geriatrics Society**, 53, p. 410-415, 2005.

BLIN, O; FERRANDEZ, A.M.; PAILHOUS, J.; SERRATRICE, G. Dopa-sensitive and Dopa resistant gait parameters in Parkinson's disease. **Journal of Neurological Sciences**, 103, p. 51-54, 1991.

BOND, J. M; MORRIS, M.; Goal-Directed secondary motor tasks: their effects on gait in subjects with Parkinson's disease. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 81, p. 110-116, 2000.

BROWN, LA; COOPER, SA; DOAN, JB; DICKIN, DC; WHISHAW, IQ; PELLIS, SM; SUCHOWERSKY, O. Parkinsonian deficits in sensory integration for postural control: temporal response to changes in visual input. **Parkinsonism and Related Disorders**, 12, p.376-81, 2006.

CÔTÉ, L.; CRUTCHER, M. D. **The basal ganglia**. In: KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H. JESSELL, T. M. Principles of neural science. Norwalk: Apleton & Lange, p. 647-659, 1991.

CUMMINGS, J. Depression and Parkinson's disease: a review. **American Journal of Psychiatry**, 149, p.443-457, 1992.

DEMIRCI, M.; GRILL, S.; McSHANE, L.; HALLET, M. A mismatch between kinesthetic and visual perception in Parkinson's disease. **Annals of Neurology**, 41, p.781-788, 1997.

DIETZ, V. Spinal cord pattern generators for locomotion. **Clinical Neurophysiology**, 114, p. 1379-1389, 2003.

FAHN, S.; ELTON, R. Members of the UPDRS. Development Comitee. The unified Parkinson's disease rating scale. In: Fahn S, Marsden CD, Calne DB, Goldstein M. (Eds). **Recent Developments in Parkinson's Disease**, 2, p. 153-164, 1987.

FOLSTEIN, M.F.; FOLSTEIN, S.E.; MCHUG, P.R. Minimental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. **Journal of Psychiatry Research**, 12, p.189-198, 1975.

FUZIKAWA, C.S.; UCHOA, E.; LIMA-COSTA, M.F. Teste do relógio: uma revisão da literatura sobre este teste para rastreamento de déficit cognitivo. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, 52, n.3, p.223-235, 2003.

GIOVANNINI, L.; GRANÀ, A.; JACOMUZZI, A.; MARANDO, R.; SEMENZA, C.; SURIAN, L.; BRUNO, N. Vision-for-perception and vision-for-action in typical development, autism, and Parkinson's disease. **Cogn Process**, 7, p. S40-S43, 2006.

GRAYBIEL, A.M.; AOSAKI, T.; FLAHERTY, W.; KIMURA M. The basal ganglia and adaptive motor control. **Science**, Washington DC, 265, p. 1826-1831, 1994.

HALLIDAY, S. E.; WINTER, D. A.; FRANK, J. S.; PATLA, A. E. The initiation of the gait in young, elderly, and Parkinson's disease subjects. **Gait and Posture**, 8, p. 8-14, 1998.

HOEHN, M. M.; YAHR, M. D. Parkinsonism: Outset, progressions and motility. **Neurology**, 17, p. 427-442, 1967.

HUGHES, A.J.; DANIEL, S.E.; KILFORD, L.; LEES, A.J. Accuracy of clinical diagnosis of idiopathic Parkinson's disease: a clinico-pathological study of 100 cases. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatric**, 55, p.181-184, 1992.

JUEPTNER, M.; WEILLER, C. A review of differences between basal ganglia and cerebellar control of movements as revealed by functional imaging studies. **Brain**, 121, 1437-1449, 1999.

KIMMESKAMP, S.; HENNIG, E.M.; Heel to toe motion characteristics in Parkinson patients during free walking, **Clinical Biomechanics**, 16, p. 806-812, 2001.

LEWIS, G. N.; BYBLOW, W. D.; WALT, S. E. Stride length regulation in Parkinson's disease: the use of extrinsic, visual cues. **Brain**, 123, p. 2077-2090, 2000.

MAYEUX, R.; CHEN, J.; MIRABELLO, E.; MARDER, K.; BELL, K.; DOONEIEF, G. et al. An estimate of the incidence of dementia in idiopathic Parkinson's disease. **Neurology**, 40, p.1513-1517, 1990.

MENZA, M.; MARK, M. H. Parkinson's disease and depression: the relationship to disability and personality. **J. Neuropsychiatry Clin. Neurosciences**, 6, p. 165-70, 1994.

MITCHELL, S.L.; COLLINS, J.J.; De LUCA, C.J.; BURROWS, A.; LIPZITZM L.A. Open-loop and closed-loop postural control mechanisms in Parkinson's disease: increased medio-lateral activity during quiet standing. **Neuroscience Letters**, Clare, 197, p.133-136, 1995.

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. **Movement Disorders**, 20, p. 40-50, 2005.

MORRIS, M. E.; HUXHAM, F.; MCGINLEY, J.; DODD, K.; IANSEK, R. The biomechanics and motor control of gait in Parkinson disease. **Clinical Biomechanics**, 16, p. 459-470, 2001.

MORRIS, M. E.; IANSEK, R. Characteristics of motor disturbance in Parkinson's disease and strategies for movement rehabilitation. **Human Movement Science**, 15, p. 649-669, 1996a.

MORRIS, M.E.; IANSEK, R.; MATYAS, T.A.; SUMMERS, J.J. Stride length regulation in Parkinson's disease. Normalization strategies and underlying mechanisms. **Brain**, 119, p. 551-568, 1996b.

MORRIS, M.E.; MATYAS, T.A.; IANSEK, R.; SUMMERS, J.J. Temporal stability of gait in Parkinson's disease. **Physical Therapy**, 76, n. 7, p. 763-777, 1996c.

MORRIS, M. E.; IANSEK, R.; MATYAS, T. A.; SUMMERS, J. J. The pathogenesis of gait hypokinesia in Parkinson's disease. **Brain**, 117, p. 1169-1181, 1994.

NOGAKI, H.; KAKINUMA, S.; MORIMATSU, M. Muscle weakness in Parkinson's disease: a follow-up study, **Parkinsonism and Related Disorders**, 8, p. 57-62, 2001.

OBESO, J.A.; RODRIGUEZ-OROZ, M.; LANCIEGO, J.L.; ARTIEDA, J.; GONZALO, N.; OLANOW, W. Pathophysiology of the basal ganglia in Parkinson's disease. **Trends in Neuroscience**, London, 23, S10, p. 8-19 2000.

OTTER, A. R. den; GEURTS, A. C. H.; MULDER, T.; DUYSSENS, J. Speed related changes in muscle activity from normal to very slow walking speeds. **Gait and Posture**, 19, p. 270-278, 2004.

PIEMONTE, M. E. P. **Programa Semanal de Exercícios para Pacientes com Doença de Parkinson**. São Paulo: Lemos, 2003.

PIERUCCINI-FARIA, F.; MENUCHI, M.R.T.P.; VITÓRIO, R.; GOBBI, L.T.B.; STELLA, F.; GOBBI, S. Parâmetros cinemáticos da marcha com obstáculos em idosos com doença de Parkinson, com e sem efeito da Levodopa: um estudo piloto. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, 10, n.2, p. 243-249, 2006.

PIERUCCINI-FARIA, F. **Influência da levodopa sobre a cinemática da locomoção adaptativa de idosos com doença de Parkinson**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

POHL, M.; ROCKSTROH, G.; RÜCKRIEM, S.; MRASS, G.; MEHRHOLZ, J. Immediate Effects of Speed-Dependent Treadmill Training on Gait Parameters in Early Parkinson's Disease. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 84, p. 1760-1766, 2003.

PROKOP, T.; SCHUBERT, M.; BERGER, W. Visual influence on human locomotion: Modulation to changes in optic flow. **Experimental Brain Research**, 114, p. 63-70, 1997.

ROBICHAUD, J.A.; PFANN, K.D.; COMELLA, C.L.; BRANDABUR, M.; CORCOS, D.M. Greater impairment of extension movements as compared to flexion

movements in Parkinson's disease. **Experimental Brain Research**, 156, p. 240-254, 2004.

SCHUBERT, M.; PROKOP, T.; BROCKE, F.; BERGER W. Visual kinesthesia and locomotion in Parkinson's disease, **Movement Disorders**, 20, p.141-150, 2005.

SIDAWAY, B.; ANDERSON, J.; DANIELSON, G; MARTIN, L.; SMITH, G. Effects of long-term gait training using visual cues in an individual with Parkinson's disease. **Physical Therapy**, 86, p. 186-194, 2006.

STELLA, F. **Funções cognitivas e envelhecimento**. In: PY, L.; PACHECO, J.L.; SÁ, J.L.M.; GOLDMAN, S.N. Tempo de Envelhecer: percursos e dimensões psicossociais. Rio de Janeiro: NAU, p. 283 – 320, 2004.

STOCCHI, F.; BRUSA, L. Cognition and emotion in different stages and subtypes of Parkinson's disease. **Journal of Neurology**, 247, S2, p.114-121, 2000.

SUNDERLAND, T.; HILL, J.L.; MELLOW, A.M.; LAWLOR, B.A.; GUNDERSHEIME, J.; NEWHOUSE, P.A.; GRAFMAN, J.H. Clock drawing in Alzheimer's disease; a novel measure of dementia severity. **Journal of American Geriatric Association**, 37, p. 725-729, 1989.

VAN WEGEN, E.; LIM, I.; GOEDE, C. de; NIEUWBOER, A.; WILLEMS, A.; JONES, D.; ROCHESTER, L.; HETHERINGTON, V.; BERENDSE, H.; ZIJLMANS, J.; WOLTERS, E.; KWAKKEL, G. The effects of visual rhythms and optic flow on stride patterns of patients with Parkinson's disease. **Parkinsonism and Related Disorders**, 12, p. 21-27, 2006.

WINTER, D. A.; PATLA, A. E.; FRANK, J. S.; WALT, S. E. Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. **Physical Therapy**, 70, p. 340 – 348, 1990.

YOGEV, G.; GILADI, N.; PERETZ, C.; SPRINGER, S.; SIMON, E.S.; HAUSDORFF, J.M. Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: which aspects of gait are attention demanding. **European Journal of Neuroscience**, 22, p. 1248-1256, 2005.

ZIA, S.; CODY, F.; O'BOYLE, D., Joint position sense is impaired by Parkinson's disease, **Annals of Neurology**, Hoboken, 47, S2, p. 218-228, 2000.

ZIJLSTRA, W.; RUTGERS, A.W.F.; HOF, A.L.; VAN WEERDEN, T.W. Voluntary and involuntary adaptation of walking to temporal and spatial constraints. **Gait and Posture**, 3, p. 13-18, 1995.

ZIJLSTRA, W.; RUTGERS, A. W. F.; van WEERDEN, T. W. Voluntary and involuntary adaptation of gait in Parkinson's disease. **Gait and Posture**, 7, p. 53 – 63, 1998.

ANEXO 1



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Rio Claro
Seção Técnica Acadêmica
Comitê de Ética em Pesquisa



Rio Claro, 02 de setembro de 2005.

Ofício CEP 169/2005

Prezada Senhora,

Informo que em reunião realizada em **09.08.2005**, o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Rio Claro (CEP-IB-UNESP), aprovou o projeto de pesquisa intitulado *Equilíbrio dinâmico e comportamento locomotor de idosos portadores da doença de Parkinson*, sob sua responsabilidade, protocolo 2722, datado de 25/04/2005.

Atenciosamente,


Profa. Dra. **Rosa Maria Feiteiro Cavalari**
Coordenadora do Comitê

Profa. Dra. **LILIAN TERESA BUCKEN GOBBI**
DD. Docente do Departamento de Educação Física - I.B.
UNESP - CRC

UNESP - RIO CLARO - CRC/CEP/02/09/05/169

ANEXO 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (Conselho Nacional de Saúde, Resolução 196/96)

Indivíduos com Doença de Parkinson revelam melhoras nas disfunções motoras com o uso de medicamentos. No entanto, conhece-se pouco sobre os efeitos do exercício físico sobre suas capacidades musculares e locomotoras. O objetivo deste estudo é investigar, por filmagem e por testes físicos, as possíveis alterações causadas pela participação em um programa de atividade física.

Os procedimentos serão os seguintes: a) Inicialmente serão coletadas algumas medidas de sua perna e pé bem como peso e estatura. Você irá passar por algumas baterias de testes nas quais envolvem realizar, a princípio, testes que darão informações sobre o seu estado geral de sua capacidade muscular e locomotora. Estes testes se constituem em fazer a atividade de sentar e levantar-se de uma cadeira, levantar um peso de 2,3Kg durante 30 segundos, alongar as pernas, coordenação motora e através de uma filmagem, iremos analisar o seu caminhar antes, durante e depois da ultrapassagem de um obstáculo de madeira da altura do seu tornozelo e outro da altura da distância da metade da sua perna ao chão. Você também será convidado a andar sobre uma trave de equilíbrio que estará a 10 cm de altura do chão e com uma largura 20 cm, e depois andar mantendo uma distância pré-estabelecida de uma faixa que se deslocará à sua frente em diferentes velocidades. Estes seus movimentos também serão filmados para futuras análises. Para os testes que envolvem a filmagem de seu movimento, será necessário vestir uma calça de lycra bem justa a sua perna para que possamos fixar algumas bolinhas de isopor. Isto servirá para medir movimentos de suas pernas com maior precisão em nossos equipamentos. Sua participação nos testes não deverá exceder 60 minutos de duração. b) Em relação à atividade física, você está sendo convidado a participar de um programa de treinamento específico para fortalecimento muscular dos membros inferiores e tronco e para melhorar as capacidades de equilíbrio e de locomoção. Este programa tem a duração de 50 sessões, aproximadamente 6 meses, de 2 a 4 vezes por semana. Ao final do treinamento, o procedimento a) será repetido.

Apesar destas atividades possuírem um alto grau de segurança é necessário ressaltar que há algum risco de queda ou de desconforto durante a atividade, entretanto, você sempre estará amparado por nossa equipe.

Os resultados obtidos do seu teste e dos testes dos outros participantes, após a participação no programa de atividade física, poderão servir para que outras pessoas, com a doença de Parkinson possam se beneficiar de atividades físicas que venham melhorar as suas condições de vida, de uma maneira geral.

Por favor, sinta-se à vontade para realizar qualquer pergunta, pois teremos prazer de respondê-las a qualquer momento.

Você possui plena liberdade para recusar a participação no estudo ou abandoná-lo a qualquer momento sem nenhum prejuízo pessoal.

Você receberá um código, o que assegurará que a sua identidade e as suas imagens se mantenham confidenciais.

Todos os resultados dos testes e das filmagens serão usados única e exclusivamente para fins de ensino e pesquisa. Todas as informações pessoais serão mantidas em sigilo.

Dados de Identificação do Indivíduo ou Responsável Legal:

1. Nome: _____
 Documento de Identidade nº: _____ Sexo: _____
 Data de Nascimento: __/_____/_____
 Endereço: _____
 Bairro: _____ Cidade: _____
 CEP: _____ Fone: (____) _____

Dados sobre a Pesquisa Científica:

1. Título do Projeto: Equilíbrio dinâmico e comportamento locomotor de idosos portadores da doença de Parkinson.
2. Pesquisador Responsável: Lilian Teresa Bucken Gobbi
 Cargo / Função: Coordenadora e Orientadora Geral do Projeto
 Instituição: Instituto de Biociências/UNESP/RC. Deptº: Educação Física Endereço:
 Av. 24-A, nº 1515, Bairro: Bela Vista CEP:13.506-900 Fone: (19) 3526-4320 Fax:
 (19) 3526-4321

DECLARO que, após ter sido devidamente esclarecido(a) pelo(a) pesquisador(a), consinto em participar consinto em participar do projeto de pesquisa em questão.

DECLARO, ainda, que recebi cópia do presente Termo.

Rio Claro, ___ de _____ de 2007.

Assinatura do indivíduo ou responsável legal _____

Assinatura do pesquisador _____

Coordenadora e Orientadora Geral da Pesquisa:

Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi Assinatura _____

APÊNDICE 1

Tabela 5. Valores de média e desvio padrão das variáveis espaciais e temporais (tentativas moduladas) nas condições de marcha com dica em velocidade lenta (VL), preferida (VP) e rápida (VR).

Condição		CP	LP	DP	CAD	DDS	DSS	DB
VL	média	95,06 ^{a,b}	14,31	1,14 ^{a,b}	108,50 ^{a,b}	30,49 ^{a,b}	35,93 ^{a,b}	35,21 ^{a,b}
	dp	11,20	3,84	0,14	12,04	3,21	1,75	1,80
VP	média	112,10 ^{a,c}	14,17	1,00 ^{a,c}	122,90 ^{a,c}	26,26 ^{a,c}	38,20 ^{a,c}	37,22 ^{a,c}
	dp	10,50	3,57	0,09	11,14	2,25	1,48	1,43
VR	média	125,76 ^{b,c}	14,01	0,91 ^{b,c}	135,54 ^{b,c}	22,06 ^{b,c}	40,49 ^{b,c}	39,60 ^{b,c}
	dp	12,07	4,18	0,08	11,57	2,40	1,45	1,61

Legenda: CP – comprimento da passada (cm); LP – largura do passo (cm); DP – duração da passada (s); CAD – cadência (passos/min); DDS – duração do duplo suporte (% ciclo); DSS – duração do suporte simples (% ciclo); DB – duração do balanço (% ciclo); onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,01$).

APÊNDICE 2

Tabela 6. Valores de média e desvio padrão das variáveis angulares (tentativas moduladas) nas condições de marcha com dica em velocidade lenta (VL), preferida (VP) e rápida (VR).

Condição		ATC	AJC	AQC	ATR	AJR	AQR	AMPLTOR	AMPLJOE	AMPLQUA
VL	média	114,42	168,34	157,40 ^{a,b}	118,46 ^a	127,44	168,38	21,36	51,85 ^{a,b}	20,37 ^{a,b}
	dp	4,69	5,01	5,39	5,76	6,02	5,25	4,25	5,74	4,15
VP	média	114,13	168,59	154,20 ^c	120,03 ^a	126,22	167,91	22,34	55,76 ^c	23,08 ^c
	dp	4,46	5,20	5,31	6,09	6,78	4,51	4,39	4,58	5,53
VR	média	114,34	166,99	153,97 ^c	122,99 ^{b,c}	128,56	169,11	22,89	56,36 ^c	23,61 ^c
	dp	4,58	5,38	4,90	4,81	6,33	4,92	4,67	4,14	4,92

Legenda: ATC/AJC/AQC – ângulos do tornozelo, joelho e quadril (respectivamente) no momento do contato do calcanhar no solo (graus); ATR/AJR/AQR - ângulos do tornozelo, joelho e quadril (respectivamente) no momento da retirada dos dedos do solo (graus); AMPLTOR/AMPLJOE/AMPLQUA – amplitude articular do tornozelo, joelho e quadril (respectivamente) no ciclo (graus); onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,05$).

APÊNDICE 3

Tabela 7. Valores de média e desvio padrão das variáveis angulares (tentativas não moduladas) nas condições de marcha com dica em velocidade lenta (VL), preferida (VP) e rápida (VR).

Condição		ATC	AJC	AQC	ATR	AJR	AQR	AMPLTOR	AMPLJOE	AMPLQUA
VL	média	111,67	169,33	151,83	111,73 ^{a,b}	129,97 ^a	167,04	18,67 ^b	52,32 ^{a,b}	25,41
	dp	4,32	6,81	6,47	3,99	3,36	2,29	4,41	4,12	7,01
VP	média	113,96	167,52	157,41	121,07 ^c	127,20	168,70	23,22 ^c	56,21 ^c	21,41
	dp	5,39	5,47	6,01	5,07	7,65	3,82	4,22	3,75	5,40
VR	média	112,12	166,55	153,58	118,66 ^c	124,23 ^c	169,80	21,66	58,32 ^c	24,82
	dp	4,50	6,47	7,87	4,71	5,09	3,75	4,23	4,16	6,50

Legenda: ATC/AJC/AQC – ângulos do tornozelo, joelho e quadril (respectivamente) no momento do contato do calcanhar no solo (graus); ATR/AJR/AQR - ângulos do tornozelo, joelho e quadril (respectivamente) no momento da retirada dos dedos do solo (graus); AMPLTOR/AMPLJOE/AMPLQUA – amplitude articular do tornozelo, joelho e quadril (respectivamente) no ciclo (graus); onde a: diferente de VR, b: diferente de VP e c: diferente de VL ($p \leq 0,05$).