



**FACULDADE PERNAMBUCANA DE SAÚDE**

**BIANCA MENDES CARNEIRO VINISKI**

**MARAYA KELLY DA SILVA**

**ANÁLISE DO PADRÃO DE MARCHA DE INDIVÍDUOS ACIDENTE VASCULAR  
CEREBRAL (AVC) PARA DESENVOLVIMENTO DE NEURO-ÓRTESE PARA  
ATIVÇÃO DE TIBIAL ANTERIOR**

Recife

2024

BIANCA MENDES CARNEIRO VINISKI  
MARAYA KELLY DA SILVA

**ANÁLISE DO PADRÃO DE MARCHA DE INDIVÍDUOS ACIDENTE VASCULAR  
CEREBRAL (AVC) PARA DESENVOLVIMENTO DE NEURO-ÓRTESE PARA  
ATIVACÃO DE TIBIAL ANTERIOR**

Artigo apresentado como requisito para o trabalho de conclusão de curso da Faculdade Pernambucana de Saúde do curso de Fisioterapia. Apresentado pelas alunas Bianca Mendes Carneiro Viniski e Maraya Kelly da Silva, sob orientação de Marcela Moreira e Luciana Bezerra dos Santos

Recife

2024

## IDENTIFICAÇÃO

### ACADÊMICAS:

Bianca Mendes Carneiro Viniski

Estudante do curso de fisioterapia, Faculdade Pernambucana de saúde (FPS).

**Telefone:** (81) 996150609. **Email:** biancaviniski@hotmail.com

Maraya Kelly da Silva

Estudante do curso de fisioterapia, Faculdade Pernambucana de saúde (FPS).

**Telefone:** (81) 98827-9325 **Email:** marayakellydasilva@gmail.com

### ORIENTADORA:

Marcela Cavalcanti Moreira

Orientadora, Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS)

**Telefone:** (81) 99669-1500 **Email:** marcela.moreira@fps.edu.br

### COORIENTADORA:

Luciana Bezerra dos Santos

Coorientadora, Faculdade Pernambucana de saúde (FPS).

**Telefone:** (81) 98729-8846. **Email:** luciana.santos@neurobots.com.br

## RESUMO

**Objetivo:** Analisar o perfil de marcha de indivíduos com Acidente vascular cerebral (AVC), para posterior desenvolvimento de neuro-órtese para ativação do músculo Tibial Anterior.

**Métodos:** Foram avaliados pacientes com sequela motora decorrentes de AVC, apresentando pé equino e alteração de marcha, que buscaram o serviço de fisioterapia da clínica FisioFPS. Para avaliação, foram aplicados os testes Teste de Sentar-Levantar Cinco Vezes (TSLCV), Timed up and Go (TUG) e caminhada na esteira, sendo feita a captação de angulação e aceleração por meio da neuro-órtese em desenvolvimento.

**Resultados e discussão:** 17 pacientes participaram da pesquisa de acordo com os critérios de elegibilidade. O TUG médio foi de 13,12s com desvio padrão de 9,53s, o paciente mais lento demorou 49,60s e o mais rápido 9,14s. Já no (TSLCV) o tempo médio foi de 15,49s com desvio padrão de 4,87s, o participante mais lento demorou 30,80s e o mais rápido 9,19s. Quanto a caminhada na esteira a velocidade foi controlada até atingir 2 km/h com velocidade média de 1,95 km/h com desvio padrão de 0,15 km/h. Já a velocidade angular da articulação do joelho durante essa marcha teve uma média de 321,69 deg/s, a mínima de 141,7 deg/s e a máxima de 548 deg/s.

**Considerações finais:** Os valores encontrados nos testes de TUG e TSLCV condizem com aqueles da literatura para pessoas pós AVC. A utilização da velocidade angular como parâmetro de avaliação da marcha ainda não está bem consolidada na literatura, tendo poucos trabalhos disponíveis sobre o tema.

**Palavra-chave:** marcha, pé equino, órtese, AVC

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 1</b> - Características pessoais dos participantes, como sexo, idade, tipo de AVC, tempo de lesão, lado dominante e lado da hemiparesia.....   | 14 |
| <b>Tabela 2</b> - Características relacionadas às sequelas do AVC na marcha, categoria de funcionalidade da marcha, utilização ou não de AFO durante os testes e resultado do TUG, TSLCV e velocidades angulares ..... | 15 |
| <b>Tabela 3</b> - Resumo dos resultados encontrados no teste TSLCV comparando com os valores de referência encontrados na literatura .....   | 18 |
| <b>Tabela 4</b> - Valores de velocidade angular obtidos com os dados desse estudo e aqueles encontrados na literatura <sup>(17)</sup> .....  | 20 |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1**– Gráfico das velocidades angulares obtidas por indivíduo saudável caminhando na velocidade de 4,5km/h (esquerda) e 7,5km/h (direita) ..... 17
- Figura 2**– Gráfico obtido com dados do giroscópio do sujeito pós AVC com velocidade angular média na articulação do joelho ..... 17
- Figura 3**- Gráfico que demonstra velocidades angulares em pessoas saudáveis na articulação do joelho, as cores representam as velocidades de 1,8km/h, 4,68km/h e 7,56km/h, na ordem mais clara para mais escura <sup>(17)</sup> ..... 20

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**AVC** – Acidente vascular cerebral

**CM** - Centro de massa

**AFO** - Ankle foot orthosis

**TCLE** - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

**TSLCV** – Teste sentar e levantar cinco vezes

**TUG** - Time Up and Go

**FAC** - Funcional Ambulation Category

**DEG/S** – Graus por segundo

## SUMÁRIO

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>           | <b>9</b>  |
| <b>2. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b> | <b>12</b> |
| <b>3. RESULTADOS.....</b>           | <b>14</b> |
| <b>4. DISCUSSÃO .....</b>           | <b>18</b> |
| <b>5. CONCLUSÃO.....</b>            | <b>21</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>             | <b>22</b> |
| <b>APÊNDICE I.....</b>              | <b>24</b> |



## 1. INTRODUÇÃO

O acidente vascular cerebral (AVC), isquêmico ou hemorrágico é uma das condições que mais causa mortes e incapacidades pelo mundo, a depender da região acometida, pode causar comprometimento cognitivo, perceptual, sensorial e/ou motor. Após um AVC o paciente pode desenvolver hemiparesia e é visto que em 50% dos casos esse acometimento irá afetar a sua capacidade de andar. Dentre esse grupo, 12% andam com assistência e só 37% andam de forma independente. Após 11 semanas de reabilitação, 18% permanecem incapazes de deambular independentemente, 11% deambulam com auxílio e 50% andam de forma independente.<sup>(1)(2)(3)</sup>

Nos humanos, a locomoção bípede é uma tarefa motora onde o sistema de controle precisa suportar o peso do corpo, promover estabilidade frontal e lateral e manter um deslocamento para frente em todos os passos. As partes do corpo articuladas, com massas e inércias diferentes, são conectadas por músculos com suas próprias características viscoelásticas e idiossincráticas, e esse conjunto é responsável por produzir as forças e mudanças cinemáticas do nosso corpo.<sup>(4)</sup>

A marcha típica tende a ser simétrica, tanto espacial quanto temporalmente, com diferenças entre as forças verticais exercidas pelos membros e parâmetros temporais variando cerca de 6%. Em contrapartida, a marcha do paciente com hemiparesia é caracterizada por assimetria, deficiência na seletividade motora, reações de equilíbrio atrasadas e desorganizadas, há uma redução na descarga de peso no membro do lado acometido e a progressão simétrica e suave do corpo para frente é afetada.<sup>(5)</sup>

As características biomecânicas da marcha fisiológica típica são determinadas pela combinação da rotação e translação dos membros inferiores. A pelve, coxa, panturrilha e pé oscilam para frente e para trás relativamente à vertical em uma forma de onda, se deslocando no tempo através de diferentes segmentos. Na marcha patológica devido AVC uma redução de drive neural descendente para a articulação do tornozelo com paresia gera uma fraqueza muscular e espasticidade, comumente acompanhada pelo pé equino, que é caracterizado pelo pé em flexão plantar e arrastando no chão durante a marcha. Essa é uma alteração comum na marcha hemiplégica, que geralmente acomete unilateralmente os pacientes após o AVC, causada pela paralisia parcial ou total dos músculos inervados pelo nervo fibular comum e/ou pela espasticidade dos flexores plantares. A incidência da deformidade do pé equino em

pacientes pós AVC está entre 10% e 20%.<sup>(1)(2)</sup>

Os movimentos do pé e tornozelo são decorrentes de uma combinação de grupos musculares (inversores, eversores, dorsiflexores e flexores plantar) que atuam de forma conjunta para realizar os movimentos. Na presença de espasticidade há menos controle dessa musculatura e capacidade reduzida de ativar um grupo isoladamente, sendo a ativação muscular mais difusa e divergente, o que leva a deformidades em tornozelo e pé dependentes da severidade da espasticidade e da fraqueza de cada músculo individualmente. Na deformidade em pé equino pós AVC com espasticidade o tornozelo e pé mantém-se em posição de flexão plantar, sendo a dorsiflexão voluntária do tornozelo muito difícil, ficando evidente durante a comparação entre o lado afetado e lado menos acometido.<sup>(6)</sup>

O pé equino em pacientes com espasticidade tem quatro causas principais, sendo elas: a espasticidade da musculatura da panturrilha (Tríceps Sural, Tibial Posterior, Flexor Longo do Hálux e Flexor dos Dedos); a tendência de manter o músculo em uma posição encurtada por longos períodos devido à espasticidade, resultando em alterações nos tecidos moles e contraturas que geram deformidades permanentes; a fraqueza dos músculos flexores (Tibial Anterior, Extensor dos Dedos e Extensor do Hálux), bem como o Fibular Longo e curto são responsáveis pela queda do pé durante a fase de balanço, que também afeta o Tríceps Sural levando a uma falta de propulsão no final da fase de apoio da marcha. Um desequilíbrio entre os músculos Tibial Anterior e Fibulares que levam ao posicionamento varo do pé, diretamente relacionado a contração do Tibial Anterior, deixando o pé em um posicionamento varo instável durante a fase de balanço e no início da fase de apoio.<sup>(7)</sup>

Alterações na articulação do tornozelo podem gerar efeitos subsequentes nas articulações de joelho, quadril e na posição do tronco, o que gera um efeito cinético em cadeia na marcha do paciente hemiparético. Esses pacientes geralmente aumentam a extensão de quadril para compensar uma hiperextensão no joelho visando manter o centro de gravidade na região do antepé. Durante a fase de balanço é necessário um aumento na flexão de joelho e quadril para retirar o pé equino do chão, porém esses pacientes frequentemente não tem força na musculatura flexora de quadril e joelho para esse movimento, o que leva a uma elevação e circundação do quadril. Adicionalmente, um indivíduo pós AVC com pé equino tem uma base de apoio menor e uma fase de apoio na marcha mais curta no lado afetado a fim de reduzir o risco de quedas.<sup>(4)(6)</sup>

Apesar das formas tradicionais de avaliação de marcha oferecerem informações

relevantes sobre a qualidade da marcha de um paciente ainda são formas subjetivas de se classificar o aspecto motor de performance do paciente, relacionando esses testes ao tônus muscular e qualidade do movimento. Uma forma de avaliação mais confiável e objetiva é a utilização da análise cinemática, ou seja, o estudo do movimento independente das forças que o causam. Esse estudo inclui a avaliação de deslocamentos lineares e angulares, bem como as acelerações e velocidades angular e linear, que podem ser avaliados utilizando dispositivos como o proposto no projeto deste estudo.<sup>(8)</sup>

A medição da velocidade angular na articulação do joelho é clinicamente relevante na avaliação de um paciente pós AVC pois nessa articulação ocorrem amplitudes de movimento maiores em um tempo menor no lado menos acometido do que pelo lado parético, o que afeta a velocidade angular na flexão e extensão do joelho, de modo que esse parâmetro tem potencial para ser uma medida objetiva da performance da marcha em pacientes pós AVC.<sup>(8)</sup>

Dentre as opções de tratamento para diminuição da amplitude articular do pé e alterações na marcha de um paciente com AVC podem ser utilizadas intervenções como injeções de toxina botulínica e neurólise de fenol para gerenciar a espasticidade dos músculos de tornozelo e pé. Também temos como opção de tratamento o uso de órtese no membro inferior hemiparético, que promove uma reabilitação ativa e facilita a recuperação da marcha. Uma órtese do tipo ankle-foot (AFO) pode ser utilizada, proporcionando uma estabilidade mediolateral durante a fase de apoio para prevenir torções, mantendo o tornozelo em dorsiflexão durante a fase de balanço, evitando o arrastar dos dedos. Consequentemente, isso diminuirá o risco de quedas e promoverá uma força de reação ao solo durante a fase final de apoio, o que aproxima a marcha desse paciente da normalidade e reduz seu gasto energético.<sup>(6)(9)</sup>

A utilização de uma eletroestimulação do tipo FES no nervo fibular também é proposta na literatura como uma alternativa à utilização da órtese tipo AFO quando existe uma deficiência na dorsiflexão do tornozelo, sendo que, diferente da AFO, o FES preserva a mobilidade da articulação do tornozelo e a atividade muscular. A utilização de FES em pacientes hemiplégicos melhora a dorsiflexão do tornozelo e as angulações de joelho e quadril, assim como aumenta a força de reação ao solo do tornozelo durante a marcha, o que melhora sua simetria.<sup>(10)</sup>

Este trabalho tem por objetivo analisar o perfil de marcha de indivíduos com AVC, através de análise cinemática da marcha, para posterior desenvolvimento de neuro-órtese para ativação do músculo Tibial Anterior através da utilização de eletroestimulação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho contempla a fase 1 do trabalho “Desenvolvimento de neuro-órtese para eletroestimulação de Tibial Anterior e avaliação da usabilidade e satisfação em pessoas com Pé equino” que visa desenvolver uma neuro-órtese para eletroestimulação do músculo Tibial Anterior em pessoas com pé equino, comparando os dados obtidos com aqueles de pessoas saudáveis e foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa sob o CAAE: 75137823.0.0000.5559.

A seleção dos participantes do estudo foi realizada por meio de captação de um grupo de 20 voluntários que tinham pé equino e que se enquadraram nos critérios de elegibilidade, sendo eles: a) sensibilidade de membros inferiores preservada; b) Maior que 18 anos de idade; c) diagnóstico de AVC com pé equino. Como critérios de exclusão da pesquisa foram considerados a) escala de ashworth maior que 3; b) Apresentar deformidades consolidadas na articulação do tornozelo; c) Gestantes, d) classificação de deambulação funcional menor que 3

Essa amostra foi por conveniência e a captação ocorreu através da lista de espera do serviço de fisioterapia neurofuncional da Clínica FisioFPS. Foi feito o contato telefônico e, aqueles que desejaram participar, foram agendados de acordo com a disponibilidade de cada participante.

No primeiro momento os participantes responderam a um questionário contendo perguntas referentes ao estudo com o intuito de verificar se foram preenchidos os critérios de elegibilidade com perguntas sobre idade, profissão, data de diagnóstico, lado dominante, lado parético, profissão, comorbidades prévias, utilização de medicamentos. Em seguida, ocorreu uma explicação sobre o estudo e o indivíduo foi questionado quanto ao interesse em participar, sendo então solicitada a assinatura no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE I).

Como ferramentas de avaliação da marcha foram utilizados os testes Teste de Sentar e Levantar Cinco Vezes (TSLCV), Time Up and Go (TUG), e caminhada na esteira em diferentes velocidades, fazendo a comparação entre os valores encontrados nos testes dos participantes e aqueles considerados normais para adultos saudáveis na literatura especializada. A Functional Ambulation Category (FAC) avalia a marcha do paciente e o classifica em cinco categorias, 1) não realiza marcha; 2) marcha terapêutica, não-funcional; 3) deambula nas cercanias de casa ou na vizinhança; 4) marcha comunitária independente; 5) marcha normal.

O TSLCV é um teste utilizado para avaliar a força funcional de membros inferiores, também muito utilizado para avaliar disfunções no equilíbrio em pacientes crônicos de AVC. A partir de uma posição sentada em uma cadeira sem braços, o paciente foi instruído a sentar e levantar 5 vezes enquanto o avaliador cronometra o tempo necessário para completar as cinco repetições, sendo realizadas 3 tentativas e calculada a melhor entre elas. <sup>(11)</sup>

Para a realização do TUG o avaliador deve cronometrar quanto tempo o paciente leva para se levantar da cadeira, andar três metros, dar a volta, retornar e se sentar novamente. Esse teste avalia a velocidade da marcha do paciente que se relaciona diretamente com a mobilidade, expectativa de vida e saúde do indivíduo. O TUG fornece informações importantes para avaliar o risco de queda do paciente quando é feita a comparação entre o tempo avaliado e aquele considerado padrão pela literatura. <sup>(12)</sup>

A caminhada na esteira ocorreu em velocidade controlada de modo que os participantes se sentiram confortáveis caminhando enquanto o examinador aumentou gradativamente a velocidade até atingir 2km/h, foi utilizado o dispositivo desenvolvido para essa fase, o qual foi posicionado na região anterolateral da perna, proximal ao joelho. O mesmo possui um celerômetro e um giroscópio que permite a medição da velocidade angular da articulação do joelho durante o movimento. O teste ocorreu com velocidade controlada durante um minuto, de modo que o participante chegou na maior velocidade na qual sentiu-se confortável.

### 3. RESULTADOS

Foram avaliados um total de 20 indivíduos com pé equino, sendo um excluído por não fornecer todas as informações necessárias para a participação na pesquisa, um excluído por ter como patologia a doença de parkinson e um excluído por não ter sido feito a coleta da velocidade angular com o dispositivo no teste na esteira. Dentre a amostra elegível, 13 dos participantes são do sexo feminino e 4 do sexo masculino. Todos apresentaram déficits na marcha devido à sequela de AVC, sendo que 23,53% tiveram um AVC do tipo hemorrágico e 76,472% do tipo isquêmico. (Tabela 1)

Em relação ao lado hemiparético foi encontrado que 23,53% dos participantes tiveram sequelas do AVC afetando o lado direito e 76,47% afetando o lado esquerdo, em contrapartida somente 5,88% dos participantes tem como lado dominante o lado esquerdo, 94,14% tem dominância do lado direito e nenhum participante teve seu lado dominante afetado pela hemiparesia. Quando avaliamos o tempo entre a data da lesão e a data da avaliação encontramos uma média de 260 semanas, sendo o paciente com lesão mais recente com 34 semanas e o que sofreu a lesão há mais tempo com 664 semanas. (Tabela 1)

*Tabela 1 - Características pessoais dos participantes, como sexo, idade, tipo de AVC, tempo de lesão, lado dominante e lado da hemiparesia*

| Características                 | Amostra total (n=17) |
|---------------------------------|----------------------|
| <b>SEXO</b>                     |                      |
| Feminino                        | 13 (76,47%)          |
| Masculino                       | 4 (23,53%)           |
| <b>IDADE</b>                    |                      |
| Média                           | 43                   |
| Desvio-padrão                   | 14,55                |
| Máximo                          | 77                   |
| Mínimo                          | 23                   |
| <b>TEMPO DE LESÃO (semanas)</b> |                      |
| Média                           | 260                  |
| Desvio-padrão                   | 210,46               |
| Máximo                          | 664                  |
| Mínimo                          | 34                   |
| <b>TIPO DE AVC</b>              |                      |
| Isquêmico                       | 13 (76,47%)          |

|                    |    |          |
|--------------------|----|----------|
| Hemorrágico        | 4  | (23,53%) |
| <b>HEMIPARESIA</b> |    |          |
| Esquerdo           | 13 | (76,47%) |
| Direito            | 4  | (23,53%) |
| <b>DOMINÂNCIA</b>  |    |          |
| Esquerdo           | 1  | (5,88%)  |
| Direito            | 16 | (94,12%) |

De acordo com a FAC, os participantes selecionados se enquadram entre as categorias 3 e 4, sendo que 23,53% se encontram na categoria 3 e 76,47% na categoria 4. Quanto a utilização de órteses foi encontrado que 52,94% dos participantes não conseguiram realizar os testes funcionais sem a utilização da órtese tipo AFO, de modo que tiveram seus tempos cronometrados com o uso da mesma (Tabela 2).

Durante a avaliação foram realizados o TUG e o TSLCV para analisar a marcha destes pacientes. Os resultados do TUG mostraram uma média de 13,12s para realizar o teste com um desvio padrão de 9,53s, sendo que o paciente mais lento demorou 49,60s e o mais rápido 9,14s. Já no TSLCV os participantes tiveram um tempo médio de 15,49s com um desvio padrão de 4,87s, sendo o participante mais lento com um tempo de 30,80s e o mais rápido 9,19s. (Tabela 2)

***Tabela 2-** Características relacionadas às sequelas do AVC na marcha, categoria de funcionalidade da marcha, utilização ou não de AFO durante os testes e resultado do TUG, TSLCV e velocidades angulares*

| <b>Características</b> | <b>Amostra total (n=17)</b> |
|------------------------|-----------------------------|
| <b>FAC</b>             |                             |
| 3                      | 4 (23,53%)                  |
| 4                      | 13 (76,47%)                 |
| <b>UTILIZA AFO</b>     |                             |
| Sim                    | 9 (52,94%)                  |
| Não                    | 8 (47,06%)                  |
| <b>TUG</b>             |                             |
| Média                  | 13,12s                      |
| Desvio-padrão          | 9,53s                       |
| Máximo                 | 49,60s                      |
| Mínimo                 | 9,14s                       |
| <b>TSLCV</b>           |                             |
| Média                  | 15,49s                      |

|                                    |               |
|------------------------------------|---------------|
| Desvio-padrão                      | 4,87s         |
| Máximo                             | 30,80s        |
| Mínimo                             | 9,19s         |
| <b>VELOCIDADE DE CAMINHADA</b>     |               |
| Média                              | 1,95 km/h     |
| Desvio-padrão                      | 0,15 km/h     |
| Máximo                             | 2,00 km/h     |
| Mínimo                             | 1,50 km/h     |
| <b>VELOCIDADE ANGULAR EXTENSÃO</b> |               |
| Média                              | 321,69 deg/s  |
| Desvio-padrão                      | 96,43 deg/s   |
| Máximo                             | 548 deg/s     |
| Mínimo                             | 141,7 deg/s   |
| <b>VELOCIDADE ANGULAR FLEXÃO</b>   |               |
| Média                              | -197,18 deg/s |
| Desvio-padrão                      | 61,76 deg/s   |
| Máximo                             | -300,60 deg/s |
| Mínimo                             | -99,60 deg/s  |

---

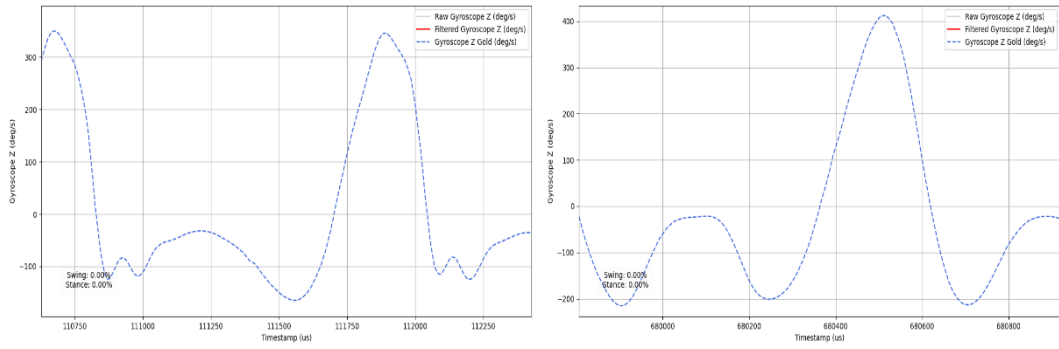
A velocidade angular da articulação do joelho foi coletada durante caminhada na esteira em velocidades controladas, aumentando progressivamente até atingir 2 km/h, de modo que 15 pacientes conseguiram atingir a velocidade desejada e 2 não se sentiram confortáveis, totalizando 15 sujeitos caminhando a 2 km/h, 1 caminhando a 1,6 km/h e um caminhando a 1,5 km/h, o que resulta em uma velocidade média de 1,95km/h com desvio padrão de 0,15 km/h.

Quando avaliamos as velocidades angulares da articulação do joelho observamos que quanto maior a velocidade tolerada pelo paciente maior a sua velocidade angular, não crescendo de modo proporcional entre eles. Tivemos uma média de 321,69 deg/s com uma velocidade angular máxima de 548 deg/s e a mínima de 141,72 deg/s com um desvio padrão de 96,43 deg/s. Como descrito na Figura 1, que demonstra as velocidades angulares nas fases de apoio e balanço da marcha. Os valores positivos representam a fase de balanço, enquanto os negativos representam a fase de apoio.

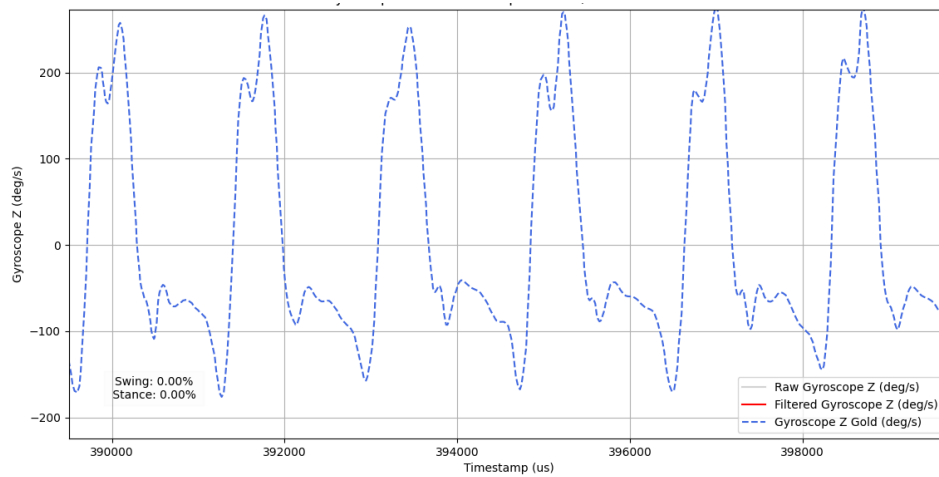
Na Figura 2 podemos observar o gráfico obtido com os dados do giroscópio de um dos participantes que teve velocidade angular próximo ao da velocidade angular média. Ao fazer a análise desse gráfico obtemos as velocidades angulares durante 2 etapas da marcha: a fase de balanço, onde temos o ponto com velocidade angular positiva, e a fase de apoio, onde temos uma velocidade angular negativa, sendo na fase balanço médio que os participantes atingiram sua maior velocidade angular.



**Figura 1**– Gráfico das velocidades angulares obtidas por indivíduo saudável caminhando na velocidade de 4,5km/h (esquerda) e 7,5km/h (direita)



**Figura 2**– Gráfico obtido com dados do giroscópio do sujeito pós AVC com velocidade angular média na articulação do joelho



#### 4. DISCUSSÃO

O propósito deste trabalho foi analisar as alterações da marcha em indivíduos com pé equino pós AVC, comparando os valores encontrados nos testes TUG e TSLCV, e na velocidade angular da articulação do joelho nesses indivíduos com os valores considerados normais pela literatura em indivíduos com marcha típica.

A comparação dos valores obtidos no TSLCV com os valores de referência na literatura é crucial pois podemos observar o grau de acometimento na performance desses indivíduos, quando comparamos os valores considerados normais para a população masculina com menos de 60 anos encontramos uma média de 5,98s e um valor máximo de 8,7s, porém quando avaliamos a população deste estudo encontramos um tempo médio de 14,33s e um máximo de 16,01s. Para a população feminina abaixo de 60 anos temos uma média de referência de 5,60s e um valor máximo considerado normal de 9,31s, sendo que na população avaliada neste estudo temos uma média de 14,90 s e um valor máximo de 20,21s., enquanto para a população feminina acima de 60 anos temos como valores normais de referência uma média de 9s e um valor máximo de 13,36s, já os valores obtidos nesse estudo foram de 26,01s de média e 30,80s de tempo máximo. <sup>(13)</sup>

O tempo médio para realização do TSLCV obtido pelos participantes desse estudo ( $15,49 \pm 4,88$  s) é comparável àquele encontrado em estudos descritos na literatura para essa mesma população ( $17,1 \pm 7,5$  s). Podemos observar que apesar da média variar em cerca de 2 segundos temos intervalos próximos, o que pode ser justificado pelo tamanho da amostra e grau de funcionalidade dos pacientes observados. <sup>(11)</sup>

*Tabela 3 - Resumo dos resultados encontrados no teste TSLCV comparando com os valores de referência encontrados na literatura*

| IDADE           | ESTUDO           |       | REFERÊNCIA SAUDÁVEL |       |
|-----------------|------------------|-------|---------------------|-------|
|                 | MÉDIA $\pm$ DP   | MÁX   | MÉDIA $\pm$ DP      | MÁX   |
| <b>HOMENS</b>   |                  |       |                     |       |
| <60             | 14,33 $\pm$ 1,26 | 16,01 | 5,98 $\pm$ 1,54     | 8,7   |
| >60             | 17,16            | 17,16 | 8,23 $\pm$ 2,26     | 11,85 |
| GERA L          | 15,17 $\pm$ 1,63 | 17,16 | 6,38 $\pm$ 1,88     | 11,1  |
| <b>MULHERES</b> |                  |       |                     |       |

|              |               |       |             |       |
|--------------|---------------|-------|-------------|-------|
| <60          | 14,90 ± 3,24  | 20,21 | 5,60 ± 1,43 | 9,31  |
| >60          | 26,01 ± 6,78  | 30,8  | 9,00 ± 1,98 | 13,36 |
| GERA         | 15,49 ± 5,53  | 30,8  | 6,09 ± 1,95 | 13,36 |
| L            |               |       |             |       |
| <b>GERAL</b> |               |       |             |       |
| <60          | 15,01 ± 3,068 | 20,21 | 5,76 ± 1,50 | 9,11  |
| >60          | 23,06 ± 7,00  | 30,8  | 8,63 ± 2,12 | 13,36 |
| GERA         | 15,49 ± 4,88  | 30,8  | 6,21 ± 1,92 | 12,39 |
| L            |               |       |             |       |

Estudos anteriores demonstram que um resultado do TUG acima de 14s representa um maior risco de queda após um AVC, de modo que uma média de TUG entre 12 e 17s é de extrema importância na avaliação clínica do paciente, podendo classificá-lo com risco ou não de queda. Na população avaliada neste estudo tivemos como média um TUG de  $13,12 \pm 9,53s$ , que se enquadra no intervalo previsto para paciente com deficiência na marcha devido AVC e com alto risco de queda. <sup>(14) (15)</sup>

Foi encontrado na literatura que um tempo de 13,49s ou mais pode ser utilizado para identificar pacientes com sequelas de AVC entre uma população de adultos saudáveis, e que adultos com tempo de TUG maior que 14,5s podem ser classificados como “fallers”, sendo os caidores aqueles indivíduos que relataram duas ou mais quedas nos 6 meses anteriores ao estudo. O tempo do TUG também pode ser relacionado com a função motora dos MMII de modo que pode ser um preditivo de alteração da marcha nesses pacientes. <sup>(14) (16)</sup>

A velocidade angular na articulação do joelho está diretamente relacionada à velocidade da marcha do paciente, nesta pesquisa, foi encontrada uma velocidade média de caminhada de 1,95 km/h e uma velocidade angular média de 321 deg/s no lado hemiparético, enquanto na literatura encontramos uma velocidade angular de 303,8 deg/s para uma população semelhante. Os dados encontrados estão então de acordo com aqueles previstos em estudos anteriores, com essa variação podendo ser justificada pela idade média dos participantes de cada estudo bem como o grau de mobilidade dos mesmos. <sup>(11)</sup>

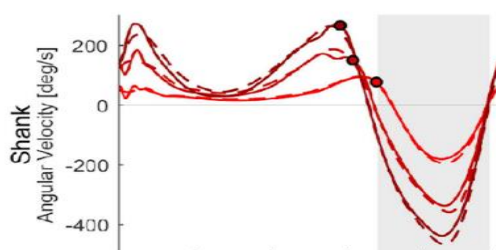
Na Figura 3 temos dispostos o gráfico encontrado na literatura para as velocidades angular da articulação do joelho durante a marcha de pacientes saudáveis caminhando em velocidade controlada na esteira de 1,8 km/h (cor clara), 4,68 km/h (cor média) e 7,56 km/h (cor escura), de modo que nesse gráfico temos valores positivos para a fase de apoio da marcha e valores negativos para a fase de balanço. Em contrapartida, a Figura 1 tem o gráfico obtido pelos dados do dispositivo desenvolvido para a Fase 1 do projeto, onde um sujeito saudável caminha nas velocidades de 4,5 km/h e 7,5 km/h, no entanto nesse gráficos consideramos os

valores positivos para a fase de balanço e os valores negativos para a fase de apoio. <sup>(17)</sup>

Na Tabela 4 podemos observar valores semelhantes de velocidade angular entre os dados obtidos pelo dispositivo objeto deste estudo e os valores encontrados na literatura, sendo que a variação pode ser justificada devido ao perfil de idade e grau de mobilidade da amostra selecionada.

O perfil de gráficos dos pacientes paréticos e do indivíduo saudável que foram coletados tem curvas similares e valores aproximados, porém comparação direta dos dados coletados entre eles não é possível uma vez que a velocidade angular foi medida em velocidades de caminhada diferentes nessas duas amostras deste estudo. No entanto, o valor utilizado como referência nos mostra que os dados coletados estão compatíveis com o estudo de referência encontrado, este justifica a utilização desse parâmetro pela capacidade de identificar diferenças no padrão de marcha entre o lado parético e o lado menos acometido, no entanto essa análise não é possível nesse estudo pois o dispositivo só foi utilizado no lado acometido. <sup>(11)</sup>

**Figura 3-** Gráfico que demonstra velocidades angulares em pessoas saudáveis na articulação do joelho, as cores representam as velocidades de 1,8km/h, 4,68km/h e 7,56km/h, na ordem mais clara para mais escura <sup>(17)</sup>



**Tabela 4-** Valores de velocidade angular obtidos com os dados desse estudo e aqueles encontrados na literatura <sup>(17)</sup>

| POPULAÇÃO       | KM/H | ESTUDO    | REFERÊNCIA |
|-----------------|------|-----------|------------|
|                 |      | DEG/S     | DEG/S      |
| PÓS AVC         | 2    | 321 deg/s | 304 deg/s  |
| PESSOA SAUDÁVEL | 4,5  | 350 deg/s | 398 deg/s  |
|                 | 7,5  | 420 deg/s | 420 deg/s  |

## 5. CONCLUSÃO

A utilização do TUG e TSLCV para pacientes com hemiparesia já está bem consolidado na literatura e os dados encontrados nesse trabalho estão de acordo com os valores encontrados anteriormente. Existem poucos trabalhos na literatura que avaliam a marcha do paciente parético através da sua velocidade angular da articulação do joelho, o principal encontrado realiza comparação entre os membros parético e menos acometido, no entanto nesse momento os dados coletados não permitem essa análise, seria necessário avaliar ambos os membros do paciente para comparar o lado parético com o lado menos acometido e analisar esses dados de forma comparativa.

O desenvolvimento de um dispositivo com custo acessível que possibilita a ativação do músculo Tibial Anterior em pacientes que apresentam pé equino pós AVC é de extrema importância, tendo em vista todas as alterações na marcha devido a essa patologia dispostas anteriormente neste trabalho. Os dados obtidos para pacientes com sequelas de AVC pelo dispositivo desenvolvido precisam de maiores análises e avaliação, porém a avaliação preliminar deste trabalho dispôs a validade desses dados, quando comparados com a literatura.

São necessárias mais análises e avaliações dos dados coletados, bem como novas coletas, para evolução do projeto para a fase 2

## REFERÊNCIAS

1. Yeung LF, Ockenfeld C, Pang MK, Wai HW, Soo OY, Li SW, Tong KY. Randomized controlled trial of robot-assisted gait training with dorsiflexion assistance on chronic stroke patients wearing ankle-foot-orthosis. *J Neuroeng Rehabil*. 2018 Jun 19;15(.
2. Kinsella S, Moran K. Gait pattern categorization of stroke participants with equinus deformity of the foot. *Gait Posture*. 2008 Jan;27(1):144-51. doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.03.008. Epub 2007 Apr 27. PMID: 17467274.
3. SM., Woolley Characteristics of gait in hemiplegia. *Top Stroke Rehabil*. 2001 Winter;7(4):1-18. doi: 10.1310/16-V04F-JAL5-H1UV. PMID: 14523755.
4. Beyaert C, Vasa R, Frykberg GE. Gait post-stroke: Pathophysiology and rehabilitation strategies. *Neurophysiol Clin*. 2015 Nov;45(4-5):335-55. doi: 10.1016/j.neucli.2015.09.005. Epub 2015 Nov 4. PMID: 26547547.
5. Balaban B, Tok F. Gait disturbances in patients with stroke. *PM R*. 2014 Jul;6(7):635-42. doi: 10.1016/j.pmrj.2013.12.017. Epub 2014 Jan 19. PMID: 24451335.
6. Li S. Ankle and Foot Spasticity Patterns in Chronic Stroke Survivors with Abnormal Gait. *Toxins (Basel)*. 2020 Oct 7;12(10):646. doi: 10.3390/toxins12100646. PMID: 33036356; PMCID: PMC7600702.
7. Deltombe T, Wautier D, De Cloedt P, Fostier M, Gustin T. Assessment and treatment of spastic equinovarus foot after stroke: Guidance from the Mont-Godinne interdisciplinary group. *J Rehabil Med*. 2017 Jun 28;49(6):461-468. doi: 10.2340/16501977-2226. PMID:.
8. Richards JD, Pramanik A, Sykes L, Pomeroy VM. A comparison of knee kinematic characteristics of stroke patients and age-matched healthy volunteers. *Clin Rehabil*. 2003 Aug;17(5):565-71. doi: 10.1191/0269215503cr651oa. PMID: 12952165.
9. Fujii R, Sugawara H, Ishikawa M, Fujiwara T. Effects of Different Orthoses Used for Gait Training on Gait Function among Patients with Subacute Stroke. *Prog Rehabil Med*. 2020 Oct 6;5:20200023. doi: 10.2490/prm.20200023. PMID: 33029567; PMCID: PMC7533285.
10. Bae DY, Shin JH, Kim JS. Effects of dorsiflexor functional electrical stimulation compared to an ankle/foot orthosis on stroke-related genu recurvatum gait. *J Phys Ther Sci*. 2019 Nov;31(11):865-868. doi: 10.1589/jpts.31.865. Epub 2019 Nov 26. PMID: 318713.
11. Mong Y, Teo TW, Ng SS. 5-repetition sit-to-stand test in subjects with chronic stroke: reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010 Mar;91(3):407-13. doi:

10.1016/j.apmr.2009.10.030. PMID: 20298832.

12. Browne W, Nair BKR. The Timed Up and Go test. *Med J Aust.* 2019 Jan;210(1):13-14.e1. doi: 10.5694/mja2.12045. Epub 2018 Dec 28. PMID: 30636313.

13. Klukowska AM, Staartjes VE, Vandertop WP, Schröder ML. Five-Repetition Sit-to-Stand Test Performance in Healthy Individuals: Reference Values and Predictors From 2 Prospective Cohorts. *Neurospine.* 2021 Dec;18(4):760-769. doi: 10.14245/ns.2142750.375. Epub.

14. Persson, C. U., Danielsson, A., Sunnerhagen, K. S., Grimby-Ekman, A., & Hansson, P.-O. (2014). Timed Up & Go as a measure for longitudinal change in mobility after stroke – Postural Stroke Study in Gothenburg (POSTGOT). *Journal of NeuroEngineering and Reh.*

15. Andersson AG, Kamwendo K, Seiger A, Appelros P. How to identify potential fallers in a stroke unit: validity indexes of 4 test methods. *J Rehabil Med.* 2006 May;38(3):186-91. doi: 10.1080/16501970500478023. PMID: 16702086.

16. Chan PP, Si Tou JI, Tse MM, Ng SS. Reliability and Validity of the Timed Up and Go Test With a Motor Task in People With Chronic Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2017 Nov;98(11):2213-2220. doi: 10.1016/j.apmr.2017.03.008. Epub 2017 Apr 7. PMID: 28392324.

17. Grimmer M, Schmidt K, Duarte JE, Neuner L, Koginov G, Riener R. Stance and Swing Detection Based on the Angular Velocity of Lower Limb Segments During Walking. *Front Neurobot.* 2019 Jul 24;13:57. doi: 10.3389/fnbot.2019.00057. PMID: 31396072; PMCID: PMC6.

## **APÊNDICE I**

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa "Desenvolvimento de órtese dinâmica para eletroestimulação de Tibial Anterior e avaliação da usabilidade e satisfação em pessoas com Pé equino". Para que você possa decidir se quer participar ou não, precisa conhecer os benefícios, os riscos e as consequências da sua participação.

Este é o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e tem esse nome porque você só deve aceitar participar desta pesquisa depois de ter lido e entendido este documento. Leia as informações com atenção e converse com o pesquisador responsável e com a equipe da pesquisa sobre quaisquer dúvidas que você tenha. Caso haja alguma palavra ou frase que você não entenda, converse com a pessoa responsável por obter este consentimento, para maiores explicações. Caso prefira, converse com os seus familiares, amigos e com a equipe médica antes de tomar uma decisão. Se você tiver dúvidas depois de ler estas informações, deve entrar em contato com o pesquisador responsável.

Após receber todas as informações e todas as dúvidas forem esclarecidas, você poderá fornecer seu consentimento, rubricando e/ou assinando em todas as páginas deste Termo, em duas vias (uma ficará com o pesquisador responsável e a outra, ficará com você, participante desta pesquisa), caso queira participar.

#### **PROPÓSITO DA PESQUISA**

O objetivo dessa pesquisa é desenvolver e testar a usabilidade e satisfação de uma órtese dinâmica para eletroestimulação de Tibial Anterior em pessoas com pé equino.

#### **PROCEDIMENTOS DA PESQUISA**

Se concordar em participar deste estudo, inicialmente serão feitas algumas perguntas para avaliar se você se enquadra na pesquisa. Após isso, você será convidado a ficar numa posição confortável sentado e os eletrodos serão posicionados na região do músculo Tibial Anterior. Para mais fácil entendimento, a pesquisadora responsável irá demonstrar primeiro nela onde fica a localização. Primeiramente, a área será limpa com álcool. Os eletrodos serão posicionados na região do Tibial Anterior e o aparelho ficará preso com velcro na mesma altura.



De acordo com a sua tolerância, a intensidade irá aumentando até ser visível a dorsiflexão do pé. Após isso, você será orientado a ficar de pé e caminhar. Essa caminhada será realizada em nosso laboratório de marcha e as câmeras e sensores irão capturar os movimentos. Após esse momento, a órtese será retirada e você será orientado a caminhar novamente para efeito de comparação. Após os testes, você preencherá os testes de usabilidade e satisfação. Estima-se que esse procedimento levará em média 1 hora. Os dados obtidos servirão para trabalho científico, permitindo o aperfeiçoamento dessas tecnologias.

### **BENEFÍCIOS**

Os benefícios do presente estudo consistem em desenvolver um recurso que garanta autonomia e independência para o caminhar, usando um recurso de fácil adesão, além de ser uma possibilidade de inovação tecnológica para que irá beneficiar milhões de indivíduos. Os participantes que desejarem participar receberão suas análises de marcha com e sem a órtese que é um recurso padrão ouro para avaliar os progressos.

### **RISCOS**

O presente estudo oferece risco mínimo aos participantes, uma vez que o procedimento proposto é simples e não invasivo, sendo apenas necessário o contato do eletrodo com a pele. Entretanto, a eletroestimulação provoca desconforto em algumas pessoas. Antes do procedimento, será explicado ao participante como é a sensação e o aparelho será colocado e iniciado com a intensidade muito baixa. De acordo com a tolerância, ela irá sendo aumentada até ser visível a contração muscular. Por ser um recurso amplamente utilizado na reabilitação, ele já é conhecido e sabido que não oferece riscos ao usuário. Os eletrodos serão de uso individual. Todo o procedimento será realizado por uma pessoa previamente treinada e levará em conta os critérios de inclusão e exclusão deste estudo. Devem ser considerados como transtorno o tempo despendido. Todo o processo de avaliação será feito em uma sala reservada e, caso seja necessário, o pesquisador responsável interromperá a sessão a qualquer momento. Estima-se que todo o experimento durará em média uma hora e meia. Esse horário será agendado de acordo com a disponibilidade do participante.

Todos os dados obtidos ficarão armazenados sob a responsabilidade do pesquisador responsável. Esses dados não serão compartilhados com outras pessoas que não estejam envolvidas na pesquisa. A qualquer momento, o voluntário poderá solicitar esses dados.

## **CUSTOS**

A participação no estudo será gratuita. Não haverá cobrança por nenhum procedimento feito durante o estudo e também não receberá pagamento pela participação.

## **CONFIDENCIALIDADE**

Caso você decida participar da pesquisa, seus dados pessoais serão mantidos de maneira confidencial e sigilosa. Todos os dados ficarão guardados na nuvem no google drive sob a responsabilidade da pesquisadora responsável e só os envolvidos na pesquisa terão acesso. Esses dados só serão utilizados para divulgação depois de anonimizados e sua identidade será mantida em segredo.

## **PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA**

Você pode recusar a participação nesta pesquisa agora ou a qualquer momento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em relação ao pesquisador ou com a(s) Instituição(ções) que apóia(m) esta pesquisa, conforme a Resolução CNS 510 de 2016, Artigo 17, Inciso III. Entretanto, caso decida interromper sua participação na pesquisa, a 18 equipe de pesquisadores deve ser comunicada e a coleta de dados relativos à pesquisa será imediatamente interrompida e seus dados excluídos.

## **ACESSO AOS RESULTADOS DA PESQUISA**

Caso você queira, a qualquer momento durante o estudo, o pesquisador se disponibilizará a dar devolutivas sobre os seus resultados.

## **GARANTIA DE ESCLARECIMENTOS**

É importante que todas as informações contidas nesse Termo de Consentimento tenham sido passadas de forma clara. Entretanto, a qualquer momento, caso eventuais dúvidas passem a surgir, os envolvidos na pesquisa estão disponíveis a respondê-las. Para facilitar essa comunicação, por favor, ligue para Marcela Cavalcanti Moreira, no telefone (81) 996691500, no horário das 9h às 17h. Caso prefira, poderá entrar em contato por email: [marcela.moreira@neurobots.com.br](mailto:marcela.moreira@neurobots.com.br). Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos (CEP) da Faculdade Pernambucana de Saúde. Caso você tenha alguma consideração ou dúvida sobre a pesquisa, entre em contato com o CEP-FPS, que

objetiva defender os interesses dos participantes da pesquisa, respeitando seus direitos e contribuir para o desenvolvimento da pesquisa desde que atenda às condutas éticas. O CEP-FPS está situado à Av. Mal. Mascarenhas de Moraes, 4861, Imbiribeira - Tel: 81.3312.7755 – Email: comite.etica@fps.edu.br. O CEP/FPS funciona de 2ª a 6ª feira, nos seguintes horários: 08:00 às 11:30 h e 13:30 às 16:00h.

O Termo está sendo elaborado em duas vias, sendo que uma via ficará com o participante e a outra será arquivada com os pesquisadores responsáveis.

### **CONSENTIMENTO**

Li as informações acima e entendi o propósito do estudo. Ficaram claros para mim quais são os procedimentos a serem realizados, os riscos, os benefícios e a garantia de esclarecimentos permanentes.

Entendi também que a minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso aos dados e que minhas dúvidas serão explicadas a qualquer tempo.

Entendo que meu nome não será publicado e será assegurado o meu anonimato.

Concordo voluntariamente em participar desta pesquisa e sei que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o andamento da pesquisa, sem prejuízo ou penalização alguma.

Declaro que tive tempo suficiente para ler e entender as informações acima, toda a linguagem técnica utilizada foi satisfatoriamente explicada e que responderam minhas dúvidas. Confirmo também que recebi uma cópia deste formulário de consentimento.

Eu, por intermédio deste, ( ) CONCORDO, dou livremente meu consentimento para participar desta pesquisa. ( ) NÃO CONCORDO.

---

Assinatura do responsável

---

Local e Data

**NOME EM LETRA DE FORMA**

Eu, abaixo assinado, expliquei completamente os detalhes relevantes desta pesquisa ao participante de pesquisa acima e/ou pessoa autorizada para consentir pelo mesmo.

---

Nome e Assinatura do Responsável pela Obtenção do

---

Local e Data

Termo

---

Testemunha

---

Testemunha