

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPPG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE  
MESTRADO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE

**VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA BIOMÉDICO PARA AVALIAÇÃO DA  
ESPASTICIDADE E SARCOPENIA EM PACIENTES PÓS-AVC**

VALIDATION OF A BIOMEDICAL SYSTEM FOR THE ASSESSMENT OF  
SPASTICITY AND SARCOPENIA IN POST-STROKE PATIENTS

VALIDACIÓN DE UN SISTEMA BIOMÉDICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA  
ESPASTICIDAD Y LA SARCOPENIA EN PACIENTES POST-ACV

NARA TEXEIRA BARBOSA

Joinville – SC

2025

NARA TEXEIRA BARBOSA

**VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA BIOMÉDICO PARA AVALIAÇÃO DA  
ESPASTICIDADE E SARCOPENIA EM PACIENTES PÓS-AVC**

Projeto de pesquisa apresentado como requisito para obtenção de título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente, na Universidade da Região de Joinville. Orientador: Prof. Dr. Antonio Vinicius Soares. Coorientador: Prof. Dr. Fabrício Noveletto.

Joinville – SC

2025

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

B238v      Barbosa, Nara Teixeira  
Validação de um sistema biomédico para avaliação da espasticidade e sarcopenia em pacientes pós-AVC / Nara Teixeira Barbosa; orientador Dr. Antonio Vinicius Soares; coorientador Dr. Fabrício Noveletto. – Joinville: UNIVILLE, 2025.  
  
58 f.: il.  
  
Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente – Universidade da Região de Joinville)  
  
1. Acidente vascular cerebral – Pacientes - Reabilitação. 2. Paresia. 3. Sarcopenia. 4. Espasticidade. I. Soares, Antonio Vinicius (orient.). II. Noveletto, Fabrício (coorient.). III. Título.

CDD 616.81

## **Termo de Aprovação**

### **“Validação de um Sistema Biomédico para Avaliação da Espasticidade e Sarcopenia em Pacientes Pós-AVC”**

por

Nara Texeira Barbosa

#### **Banca Examinadora:**

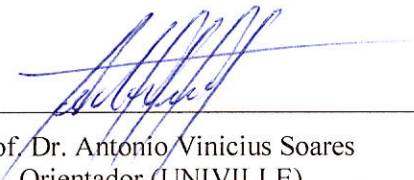
Prof. Dr. Antonio Vinicius Soares  
Orientador (UNIVILLE)

Prof. Dr. Fabrício Noveletto  
Coorientador (UDESC)

Profa. Dra. Susana Cristina Domenech  
(UDESC)

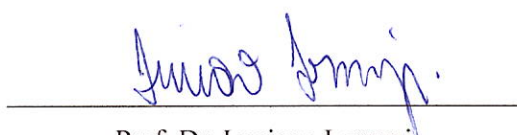
Profa. Dra. Daniela Delwing de Lima  
(UNIVILLE)

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestra em Saúde e Meio Ambiente, área de concentração Saúde e Meio Ambiente e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente.



---

Prof. Dr. Antonio Vinicius Soares  
Orientador (UNIVILLE)



---

Prof. Dr. Luciano Lorenzi  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente

Joinville, 11 de março de 2025

## Dedicatória

A Luís Antônio Feuchard (*em memória*) e a Mirian dos Santos Valentino, carinhosamente, tio Luís e tia Mirian, que plantaram em mim a semente da reabilitação e tornaram possível essa realização.

## Agradecimentos

Agradeço a Deus por permitir mais este passo na construção da minha história.

Ao Prof. Dr. Antônio Vinicius Soares e Prof. Dr. Fabrício Noveletto, orientador e coorientador desta pesquisa, pela dedicação e disponibilidade durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à banca examinadora, composta pela Profa. Dra. Susana Cristina Domenech e pela Profa. Dra. Daniela Delwing de Lima, por dispensarem sua atenção à avaliação deste trabalho e por suas valiosas sugestões e contribuições a serem pontuadas para enriquecimento desta pesquisa.

À Ana Paula Marcelino de Aquino, amiga e companheira de mestrado, cuja parceria e apoio foram essenciais para esta realização.

Agradeço à minha família, que sempre me sustenta com suas preces e torcida. Mas, acima de tudo, rendo minha admiração às mulheres dessa família, que ousam sonhar, acreditar, lutar e persistir sempre.

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** O comprometimento motor é um dos principais distúrbios que levam à incapacidade após o AVC. Atualmente, na prática clínica, a avaliação da espasticidade se concentra em escalas clínicas, sendo a escala modificada de Ashworth a mais utilizada. No entanto, estas são avaliações subjetivas e possuem desvantagens, como a necessidade de experiência do examinador. Outra característica observada em pacientes pós-AVC, é a presença de sarcopenia, que ocorre tanto pela injúria cerebral quanto por outros fatores associados, como a redução da mobilidade e prejuízo no aporte nutricional.

**OBJETIVO:** Sabendo-se que a identificação e tratamento precoce da espasticidade e sarcopenia podem implicar em melhoria da funcionalidade e grau de independência do indivíduo, o objetivo do trabalho é a validação de um equipamento biomédico que permita a extração de dados objetivos sobre a espasticidade e sarcopenia, e seja de fácil aplicabilidade na prática clínica, bem como a formulação de protocolo clínico para avaliação da espasticidade e da sarcopenia. **MÉTODOS:** O projeto de pesquisa foi realizado em duas etapas, sendo a primeira destinada à construção do protótipo do sistema biomédico para avaliação da espasticidade e força muscular. A segunda etapa consistiu na realização do estudo clínico destinado à validação do sistema biomédico proposto, que foi realizado de forma concorrente com a Escala Modificada de Ashworth. Também foram realizados testes de estudo de viabilidade em ambientes clínicos. Os pacientes foram oriundos do ambulatório de toxina botulínica da rede pública da secretaria de saúde da cidade de Joinville. Foram utilizados no protocolo de avaliação: Ficha de Identificação, Avaliação com equipamento proposto e Escala Modificada de Ashworth e testes de dinamometria para avaliação e força muscular, como a força de preensão manual e a força de alguns grupos musculares do membro superior (abdutores do ombro, extensores do cotovelo, e extensores do punho). **RESULTADOS:** A análise dos dados mostrou significativa correlação dos dados obtidos com o protótipo desenvolvido quando pareados à Escala Modificada de Ashworth. Nos adutores do ombro ( $r\ 0,73$ ,  $p\ 0,001$ ), nos flexores do cotovelo ( $r\ 0,81$ ,  $p\ 0,001$ ), e nos flexores do punho ( $r\ 0,39$ ,  $p\ 0,015$ ). Quanto à avaliação da força muscular pela dinamometria, a musculatura distal mostrou-se mais comprometida quando comparada aos músculos proximais - algo habitualmente observado nestes pacientes na prática clínica. **CONCLUSÃO:** Os resultados encontrados neste estudo são promissores. Entretanto, a continuidade da pesquisa com estudos envolvendo um maior número de pacientes e novas análises de validação são importantes para ampliar o conhecimento do uso desta tecnologia no âmbito clínico.

**Palavras-chave:** Acidente Vascular Cerebral, paresia, reabilitação, espasticidade, sarcopenia.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** Motor impairment is one of the main disorders that lead to disability after stroke. Currently, in clinical practice, the assessment of spasticity focuses on clinical scales, with the Modified Ashworth Scale being the most widely used. However, these are subjective assessments and have disadvantages, such as the need for experience on the part of the examiner. Another characteristic observed in post-stroke patients is the presence of sarcopenia, which occurs both due to brain injury and other associated factors, such as reduced mobility and impaired nutritional intake. **OBJECTIVE:** Knowing that early identification and treatment of spasticity and sarcopenia can lead to improvements in the individual's functionality and degree of independence, the objective of this study is to validate a biomedical device that allows the extraction of objective data on spasticity and sarcopenia, and is easy to apply in clinical practice, as well as the formulation of a clinical protocol for the assessment of spasticity and sarcopenia. **METHODS:** The research project was carried out in two stages, the first of which was aimed at building a prototype of the biomedical system for assessing spasticity and muscle strength. The second stage consisted of conducting a clinical study aimed at validating the proposed biomedical system, which was performed concurrently with the Modified Ashworth Scale. Feasibility studies were also performed in clinical settings. The patients came from the botulinum toxin outpatient clinic of the public health department of the city of Joinville. The following were used in the evaluation protocol: Identification Form, Assessment with the proposed equipment and Modified Ashworth Scale, and dynamometry tests for assessing muscle strength, such as handgrip strength and the strength of some muscle groups of the upper limb (shoulder abductors, elbow extensors, and wrist extensors). **RESULTS:** Data analysis showed significant correlation between the data obtained and the prototype developed when paired with the Modified Ashworth Scale: in the shoulder adductors ( $r = 0.73$ ,  $p = 0.001$ ), in the elbow flexors ( $r = 0.81$ ,  $p = 0.001$ ), and in the wrist flexors ( $r = 0.39$ ,  $p = 0.015$ ). Regarding the assessment of muscle strength by dynamometry, the distal muscles were more compromised when compared to the proximal muscles — something commonly observed in these patients in clinical practice. **CONCLUSION:** The results found in this study are promising. However, continuing the research with studies involving a larger number of patients and new validation analyses is important to expand knowledge about the use of this technology in the clinical setting.

**Keywords:** Stroke, paresis, rehabilitation, spasticity, sarcopenia

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** El compromiso motor es uno de los principales trastornos que conducen a la discapacidad después del ACV. Actualmente, en la práctica clínica, la evaluación de la espasticidad se centra en escalas clínicas, siendo la escala de Ashworth modificada la más utilizada. Sin embargo, estas son evaluaciones subjetivas y presentan desventajas, como la necesidad de experiencia del examinador. Otra característica observada en pacientes post-ACV es la presencia de sarcopenia, que ocurre tanto por la lesión cerebral como por otros factores asociados, como la reducción de la movilidad y el deterioro en el aporte nutricional.

**OBJETIVO:** Sabiendo que la identificación y el tratamiento precoz de la espasticidad y la sarcopenia pueden implicar una mejora de la funcionalidad y del grado de independencia del individuo, el objetivo de este trabajo es la validación de un equipo biomédico que permita la extracción de datos objetivos sobre la espasticidad y la sarcopenia, y que sea de fácil aplicabilidad en la práctica clínica, así como la formulación de un protocolo clínico para la evaluación de la espasticidad y la sarcopenia.

**MÉTODOS:** El proyecto de investigación se realizó en dos etapas. La primera estuvo destinada a la construcción del prototipo del sistema biomédico para la evaluación de la espasticidad y la fuerza muscular. La segunda etapa consistió en la realización del estudio clínico destinado a la validación del sistema biomédico propuesto, que se llevó a cabo de forma concurrente con la Escala de Ashworth Modificada. También se realizaron pruebas de factibilidad en entornos clínicos. Los pacientes procedían del ambulatorio de toxina botulínica de la red pública de la Secretaría de Salud de la ciudad de Joinville. En el protocolo de evaluación se utilizaron: Ficha de Identificación, Evaluación con el equipo propuesto, Escala de Ashworth Modificada y pruebas de dinamometría para la evaluación de la fuerza muscular, como la fuerza de prensión manual y la fuerza de algunos grupos musculares del miembro superior (abductores del hombro, extensores del codo y extensores de la muñeca).

**RESULTADOS:** El estudio identificó una correlación fuertemente positiva para los grupos musculares de hombro y codo y una correlación débil para los flexores de la muñeca. Este hallazgo puede deberse a características anatómicas o al reducido tamaño muestral. En cuanto a la dinamometría, se observó discrepancia en los datos, registrándose menor fuerza distal en el miembro afectado, hallazgo característico de la patología estudiada.

**CONCLUSIÓN:** El prototipo desarrollado para este estudio presentó resultados muy interesantes. No obstante, pruebas con un mayor número de pacientes, así como la investigación de la confiabilidad intra e interexaminador, son importantes para ampliar el conocimiento sobre este nuevo instrumento diagnóstico y, de esta manera, poder evaluar su potencial para la inclusión rutinaria en la práctica clínica.

**Palabras clave:** Accidente Cerebrovascular, paresia, rehabilitación, espasticidad, sarcopenia.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

|            |                               |
|------------|-------------------------------|
| <b>AVC</b> | Acidente Vascular Cerebral    |
| <b>NMS</b> | Neurônio Motor Superior       |
| <b>NMI</b> | Neurônio Motor Inferior       |
| <b>FPM</b> | Força de Preensão Manual      |
| <b>EMA</b> | Escala Modificada de Ashworth |
| <b>TC</b>  | Tomografia Computadorizada    |
| <b>RNM</b> | Ressonância Nuclear Magnética |
| <b>EBM</b> | Equipamento Biomédico         |

## LISTA DE FIGURAS

|                 |                                                                      |    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> | Tratos corticoespinal e corticobulbar .....                          | 18 |
| <b>Figura 2</b> | Sinapses do NMS com NMI no corno anterior da medula<br>espinal ..... | 19 |
| <b>Figura 3</b> | Circuito regulatório periférico.....                                 | 20 |
| <b>Figura 4</b> | Equipamento biomédico (EBM) .....                                    | 30 |
| <b>Figura 5</b> | Avaliação com Equipamento Biomédico .....                            | 36 |

## LISTA DE QUADROS

|                 |                                                     |    |
|-----------------|-----------------------------------------------------|----|
| <b>Quadro 1</b> | Escala Modificada de Ashworth.....                  | 25 |
| <b>Quadro 2</b> | Informações Técnicas do EBM .....                   | 31 |
| <b>Quadro 3</b> | Instrumentos utilizados no protocolo proposto ..... | 35 |

## LISTA DE TABELAS

|                 |                                                                            |    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> | Características dos participantes.....                                     | 39 |
| <b>Tabela 2</b> | Avaliação da espasticidade pela EMA e EBM .....                            | 40 |
| <b>Tabela 3</b> | Testes dinamométricos comparando os lados parético e não<br>parético ..... | 41 |

## **LISTA DE APÊNDICES**

|                   |                                                  |    |
|-------------------|--------------------------------------------------|----|
| <b>Apêndice A</b> | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ..... | 52 |
| <b>Apêndice B</b> | Formulário de Identificação .....                | 55 |
| <b>Apêndice C</b> | Formulário de Avaliação Clínica .....            | 56 |

## SUMÁRIO

|            |                                                               |           |
|------------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                       | <b>13</b> |
| <b>2</b>   | <b>OBJETIVOS .....</b>                                        | <b>15</b> |
| 2.1.1      | Objetivo geral .....                                          | 15        |
| 2.1.2      | Objetivos específicos .....                                   | 15        |
| <b>3</b>   | <b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                            | <b>16</b> |
| <b>3.1</b> | <b>SISTEMA MOTOR .....</b>                                    | <b>16</b> |
| 3.1.1      | Neurônios Motores Superiores .....                            | 16        |
| 3.1.2      | Neurônios Motores Inferiores .....                            | 18        |
| 3.1.3      | Circuito regulatório periférico .....                         | 19        |
| 3.1.4      | Lesões das vias motoras centrais pós-AVC .....                | 20        |
| <b>3.2</b> | <b>ESPASTICIDADE .....</b>                                    | <b>21</b> |
| 3.2.1      | Definição .....                                               | 21        |
| 3.2.2      | Fisiopatologia .....                                          | 22        |
| 3.2.3      | Fatores preditores .....                                      | 22        |
| 3.2.4      | Características clínicas .....                                | 23        |
| 3.2.5      | Classificação .....                                           | 23        |
| 3.2.6      | Métodos de avaliação .....                                    | 24        |
| <b>3.3</b> | <b>SARCOPENIA PÓS-AVC .....</b>                               | <b>26</b> |
| 3.3.1      | Definição .....                                               | 26        |
| 3.3.2      | Fisiopatologia .....                                          | 27        |
| 3.3.3      | Fatores Preditores .....                                      | 27        |
| 3.3.4      | Características Clínicas .....                                | 27        |
| 3.3.5      | Métodos de Avaliação .....                                    | 28        |
| <b>3.4</b> | <b>RELAÇÃO ENTRE ESPASTICIDADE E SARCOPENIA PÓS-AVC .....</b> | <b>29</b> |
| <b>3.5</b> | <b>SISTEMA BIOMÉDICO DESENVOLVIDO .....</b>                   | <b>29</b> |

|           |                                       |           |
|-----------|---------------------------------------|-----------|
| 3.5.1     | Características do aparelho.....      | 30        |
| 3.5.2     | Informações Técnicas:.....            | 30        |
| <b>4</b>  | <b>INTERDISCIPLINARIDADE .....</b>    | <b>32</b> |
| <b>5</b>  | <b>METODOLOGIA.....</b>               | <b>33</b> |
| 5.1       | TIPO DE PESQUISA.....                 | 33        |
| 5.2       | LOCAL DA PESQUISA.....                | 33        |
| 5.3       | PARTICIPANTES DO ESTUDO.....          | 33        |
| 5.4       | CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO..... | 34        |
| 5.4.1     | Critérios de Inclusão.....            | 34        |
| 5.4.2     | Critérios de Exclusão.....            | 34        |
| 5.5       | ASPECTOS ÉTICOS.....                  | 34        |
| 5.6       | PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO.....           | 35        |
| 5.6.1     | Formulário de Identificação.....      | 35        |
| 5.6.2     | Formulário de Avaliação Clínica.....  | 36        |
| 5.7       | ANÁLISE DOS DADOS.....                | 38        |
| 5.8       | RISCOS E BENEFÍCIOS.....              | 38        |
| <b>6</b>  | <b>RESULTADOS.....</b>                | <b>39</b> |
| <b>7</b>  | <b>DISCUSSÃO .....</b>                | <b>42</b> |
| <b>8</b>  | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>     | <b>45</b> |
| <b>9</b>  | <b>REFERÊNCIAS.....</b>               | <b>46</b> |
| <b>10</b> | <b>APÊNDICES.....</b>                 | <b>52</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O Acidente Vascular Cerebral (AVC) é a segunda causa de morte e a terceira causa de morte e incapacidade combinadas no mundo (FEIGIN et al., 2021). O número absoluto de AVC de 1990 para 2019 aumentou em 70%, principalmente entre indivíduos menores que 70 anos, aumentando a prevalência de indivíduos com incapacidade. Mundialmente, o número de anos de vida de trabalho perdido devido ao AVC aumentou em 43%, havendo divergências significativas entre países de renda alta, em que houve pequena redução, e países de média e baixa renda, nos quais houve aumento expressivo. Essa divergência está relacionada a um pior acesso aos tratamentos de fase aguda e maior exposição a fatores de risco como tabagismo, dieta pobre, hipertensão, diabetes, dislipidemia, obesidade e outros, além do acesso dificultado à reabilitação pós-AVC neste último grupo (FEIGIN et al., 2021).

Em 2013, dados do inquérito da Pesquisa Nacional de Saúde estimou 2.231 milhões de pessoas vivendo com AVC e 568.000 com incapacidade grave. A prevalência de AVC foi de 1,6% em homens e 1,4% em mulheres e a prevalência de incapacidade foi de 29,5% em homens e 21,5% em mulheres (BENSENOR et al., 2015). Em 2016, foi estimado um total de 107.258 óbitos por AVC no Brasil, sendo os maiores números observados em homens e maiores de 70 anos (DE SANTANA et al., 2018).

Dentre as incapacidades funcionais relacionadas ao AVC, o comprometimento motor esteve presente em 80% da população estudada, sendo a maioria destes associados a comprometimento cognitivo e da sensibilidade (GITTINS et al., 2021). A incapacidade motora pós-AVC pode levar a complicações como espasticidade e sarcopenia. A incidência estimada de espasticidade pós-AVC foi de 25,3% e a prevalência, no período de 3 dias a 12 meses, foi de 23 a 49% (ZENG et al., 2021). Considerando espasticidade incapacitante e espasticidade severa, a incidência foi de 9,4% e apesar de haver estabilização da espasticidade em pacientes com AVC moderados a severos, entre 30 e 90 dias, houve piora funcional progressiva ao longo do tempo (ZENG et al., 2021). Além disso, a perda de massa muscular pós-AVC foi relacionada a implicações em força e funcionalidade (ENGLISH et al., 2010).

No consenso publicado por SAMITIER PASTOR et al aborda sobre a importância do tratamento da espasticidade, sendo este indicado para que se evite a progressão e complicações relacionadas, envolvendo uma abordagem individualizada e complementar, associando-se terapias farmacológicas e não-farmacológicas (SAMITIER PASTOR et al., 2022). O acesso à

reabilitação após alta hospitalar foi associado a menor incapacidade grave e maior sobrevivência um mês após o AVC, além de resultar em melhora da funcionalidade e redução do impacto negativo sobre os indivíduos acometidos, familiares e sociedade (BAVIKATTE et al., 2021). Tais fatores indicam a necessidade de se aumentar o foco na reabilitação precoce e a necessidade de uma avaliação exata da espasticidade a fim de se obter o diagnóstico o mais precocemente possível e formulado um plano terapêutico individualizado multidisciplinar.

Atualmente, na prática clínica, a avaliação da espasticidade se concentra em avaliações clínicas e escalas subjetivas, como a Escala Modificada de Ashworth (EMA). A avaliação clínica compreende a história e exame físico, e tem como objetivo identificar a frequência e gravidade da espasticidade, padrão de movimento do paciente e outros fatores relacionados como espasmos, alterações posturais, força, tônus muscular e reflexos tendinosos (PETEK BALCI, 2018). A EMA é o padrão utilizado normalmente por possuir fácil aplicação e ser segura para o paciente. No entanto, a aplicação da escala é dependente da experiência do examinador e não mensura características que separam a espasticidade de outros distúrbios do tônus (PETEK BALCI, 2018).

Alguns aparelhos biomecânicos e eletrofisiológicos são utilizados para mensurar a espasticidade, porém estes geralmente demandam ferramentas de alto custo, e aqueles não são específicos para espasticidade, possuem difícil manejo e exigem treinamento específicos (PETEK BALCI, 2018). Nesse contexto, observa-se que há carência de um instrumento de avaliação objetiva da espasticidade que possa ser inserido na prática clínica com fácil aplicabilidade. Assim, o presente trabalho pretende validar um sistema biomédico que permita aprimorar as medidas sobre a avaliação da espasticidade, fornecendo dados relativos a força e tônus dos grupamentos musculares acometidos. O equipamento biomédico referido é um equipamento desenvolvido em parceria entre o LaPNeuro – Laboratório de Pesquisas em Neuroreabilitação da UNIVILLE e o Laboratório de Tecnologia Assistiva do Centro de Ciências Tecnológicas da UDESC – Joinville. O aparelho foi desenvolvido sob a proposta de se apresentar de forma portátil, fácil manuseio e que trouxesse dados objetivos sobre a espasticidade e sarcopenia. Este é o primeiro estudo com o equipamento desenvolvido visando a validação do uso do equipamento. Além disso, ao longo do tempo, através do armazenamento de dados, poderão ser identificados padrões motores e relações com outras variáveis clínicas relevantes, tornando assim, o processo avaliativo mais exato.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1.1 Objetivo geral**

- Validar o novo sistema biomédico de forma concorrente com escores das escalas clínicas;

### **2.1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar a espasticidade e a sarcopenia em pacientes pós-AVC utilizando um novo sistema biomédico.
- Elaborar um protocolo de avaliação utilizando o novo sistema biomédico para avaliação da espasticidade e sarcopenia;
- Testar a viabilidade deste sistema biomédico em ambientes clínicos.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

Visto que o foco deste trabalho é a validação de um equipamento biomédico para avaliação da espasticidade e sarcopenia, nesta revisão, abordaremos primeiro uma visão geral sobre o sistema motor, seguindo-se para características gerais destas duas patologias, envolvendo conceito, fisiopatologia, fatores determinantes, classificação e aspectos clínicos, além dos métodos de avaliação utilizados atualmente, bem como suas vantagens e desvantagens. Por fim, abordaremos sobre as características do sistema biomédico proposto e suas especificações técnicas.

#### **3.1 SISTEMA MOTOR**

O sistema neurônio motor é composto por nervos que compõem os neurônios motores superiores (NMS) e neurônio motores inferiores (NMI). Os NMS são constituídos por fibras que emergem do Sistema Nervoso Central – córtex cerebral, tronco encefálico, núcleos da base e cerebelo e seguem em direção aos núcleos motores do tronco encefálico e para o corno anterior da medula. Os NMI são fibras que partem destas topografias em direção aos músculos, conduzindo os estímulos que resultarão no movimento (ROPPER et al., 2021).

##### **3.1.1 Neurônios Motores Superiores**

Os NMS são constituídos por diversos conjuntos de fibras especializadas, chamadas de tratos, sendo os principais deles, o trato corticoespinhal ou via piramidal e o trato corticonuclear ou corticobulbar. Ambos se originam no córtex motor primário (Área 4 de Broadman) e seguem em direção a medula espinhal e tronco encefálico, respectivamente (BAHER; FROTSCHER, 2015; BRAZIS; MASDEU; BILLER, 2013). Há outros tratos que também constituem os NMS, que emergem da área motora suplementar (área 8 de Broadman), córtex somatosensitivo e lobo parietal superior (EMOS; AGARWAL, 2023). Além, também, dos tratos originados no tronco encefálico, núcleos da base e cerebelo, que constituem os tratos corticopontinocerebelar, tratos tetoespinhal, rubro espinhal, reticulo espinhal e vestibulo espinhal (ROPPER et al., 2021).

Abaixo, segue uma breve descrição sobre cada um destes tratos:

#### Trato Corticoespinhal:

Também conhecido como via piramidal, coordena os movimentos da metade contralateral do corpo, devido o cruzamento da maior parte dessas fibras no bulbo, área denominada de decussação das pirâmides, e descem até o funículo lateral e anterior da medula, seguindo para o corno anterior ipsilateral, onde se conectam com o segundo neurônio motor (Figura 1) (EMOS; AGARWAL, 2023).

#### Trato corticonuclear ou corticobulbar:

Constituídas de fibras que se iniciam no córtex cerebral e correm junto ao trato piramidal até o mesencéfalo, onde se separam em direção aos núcleos motores dos nervos cranianos motores (Figura 1) (BAHER; FROTSCHER, 2015).

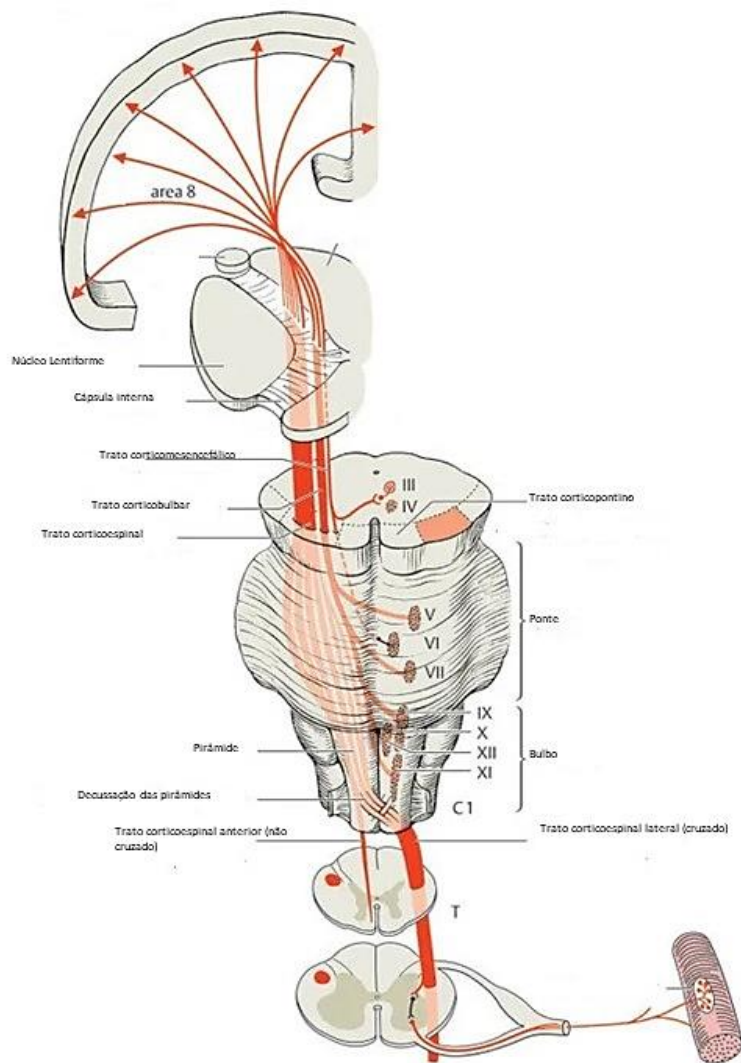
#### Trato corticopontinocerebelar:

Fibras que saem do córtex e se propagam para o cerebelo, cujos estímulos eferentes modulam os movimentos planejados – movimento motor fino (BAHER; FROTSCHER, 2015).

#### Tratos tetoespinhal, rubroespinhal, retículo espinhal, vestibulo espinhal:

Constituem fibras que partem dos gânglios da base e tronco cerebral em direção a medula, e por meio de interneurônios, conectam-se ao corno anterior da medula modulando a função motora (Figura 2) (BAHER; FROTSCHER, 2015).

### Figura 1 Tratos corticoespinal e corticobulbar



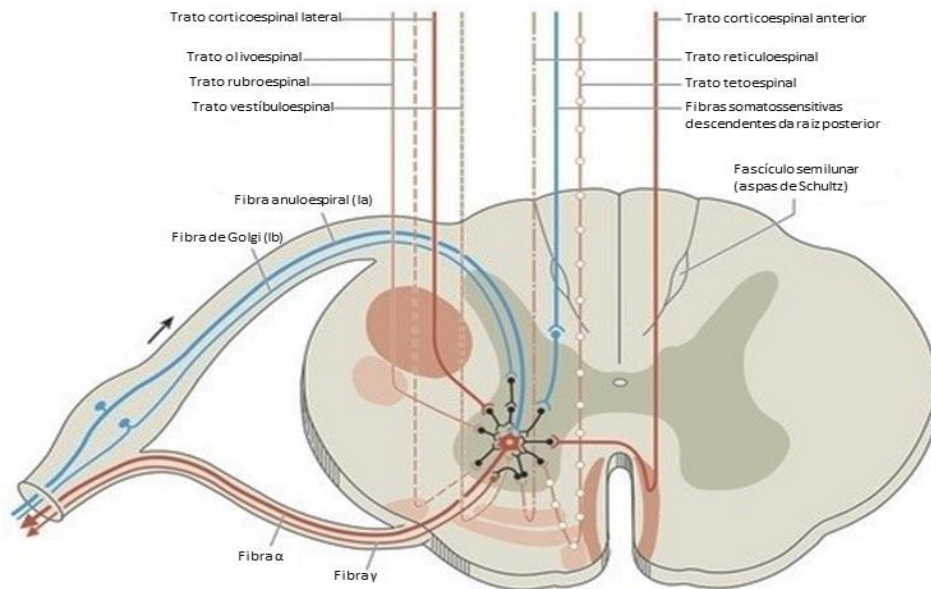
Fonte: Adaptado de BAHER; FROTSCHER, 2015

### 3.1.2 Neurônios Motores Inferiores

No corno anterior da medula espinhal, os axônios do NMS fazem sinapse com o NMI que percorrem as raízes anteriores, plexos nervosos e nervos periféricos, até chegarem às placas motoras dos músculos esqueléticos. As fibras do NMI, também chamadas de motoneurônios, podem ser do tipo  $\alpha$ , fibras rápidas e espessas, e do tipo  $\gamma$ , lentas e finas. As primeiras inervam fibras musculares extrafusais, e as últimas, intrafusais (Figura 2) (BAHER; FROTSCHER, 2015). As fibras do NMI estabelecem contato sináptico, também, com interneurônios que

podem gerar atividade excitatória ou inibitória, modulando e estabilizando a atividade dos neurônios motores (BAHER; FROTSCHER, 2015).

**Figura 2** Sinapses do NMS com NMI no corno anterior da medula espinhal



Fonte: Adaptado de BAHER; FROTSCHER, 2015

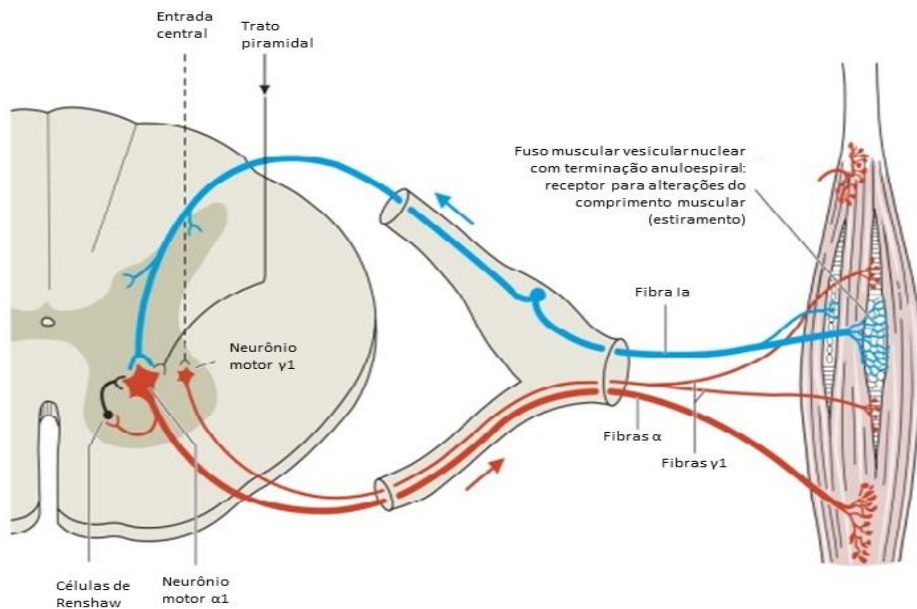
### 3.1.3 Circuito regulatório periférico

Outro importante componente na regulação do movimento é a via somatossensitiva, que compõe o sistema regulatório periférico. Através das fibras aferentes que se originam do músculo esquelético e seguem em direção ao corno anterior da medula, ocorre o contato sináptico direto com NMI, formando um circuito neural simples denominado arco reflexo monossináptico (Figura 3) (BAHER; FROTSCHER, 2015). Entretanto, para que o movimento ocorra, é necessário a contração do músculo esquelético envolvido simultaneamente ao relaxamento de seu antagonista, o que ocorre por meio de interneurônios que geram o estímulo excitatório (de contração) e inibitório (de relaxamento), denominado reflexo polissináptico (ROPPER et al., 2021).

As fibras sensitivas são responsáveis pela manutenção do comprimento e tensão do músculo, que, ao serem estimuladas, transmitem os estímulos até o NMI, que ativam as fibras

musculares tipo  $\alpha$  e tipo  $\gamma$  responsáveis pela contração do músculo e regulação do tônus muscular, respectivamente (Figura 3) (BAHER; FROTSCHER, 2015).

**Figura 3** Circuito regulatório periférico



Fonte: Adaptado de BAHER; FROTSCHER, 2015

### 3.1.4 Lesões das vias motoras centrais pós-AVC

O AVC causa a perda súbita de fluxo sanguíneo para o cérebro, causando lesão das vias motoras centrais, o que gera um conjunto de sinais e sintomas denominado de Síndrome do Neurônio Motor Superior (BAHER; FROTSCHER, 2015). A Síndrome do NMS pode ocorrer por lesões em qualquer ponto dessa via, a depender da área de lesão, assim, a oclusão da artéria cerebral média ou da artéria cerebral anterior danificam as áreas motoras do córtex cerebral, a oclusão das artérias lenticuloestriadas pode atingir a cápsula interna e oclusões em ramos das artérias vertebrais ou basilar podem atingir o tronco cerebral (EMOS; AGARWAL, 2023).

A síndrome do NMS é caracterizada por sintomas negativos e positivos que incluem: espasticidade, clônus, hiperreflexia dos reflexos tendinosos profundos, hiporreflexia dos reflexos superficiais, sincinesias, contrações, fraqueza, perda do controle motor e fadigabilidade (EMOS; AGARWAL, 2023). A fraqueza causada pela síndrome do NMS afeta predominantemente os músculos extensores dos membros superiores e flexores dos membros

inferiores, o que está relacionado com os padrões posturais de deformidade típicos pós-AVC (EMOS; AGARWAL, 2023).

As fibras do NMS exercem, também, um controle inibitório sobre os fusos musculares, e a perda desse controle pós-AVC gera um estado permanente de ativação, levando à hiperatividade dos reflexos tendinosos e hipertonia dos músculos flexores dos membros superiores e extensores dos membros inferiores. Essa característica leva ao que chamamos de paresia espástica (BAHER; FROTSCHER, 2015).

Algumas alterações histopatológicas foram observadas em um estudo realizado com primatas após oclusão da artéria cerebral média, descritas como aumento dos axônios do trato corticoespinhal ipsilateral e perda axonal contralateral, presença de fibras neuronais aberrantes e redução no número de neurônios no corno anterior contralateral (DANG et al., 2018). Outro estudo direcionado para avaliação da excitabilidade neural pós-AVC, identificou que a lesão do NMS pode levar a alterações eletromiográficas e histopatológicas no NMI, sendo identificado redução na excitabilidade e perda de mielina no nervo periférico analisado (LI et al., 2022).

## **3.2 ESPASTICIDADE**

### **3.2.1 Definição**

A espasticidade foi, inicialmente, definida como aumento do tônus muscular e aumento dos reflexos de estiramento velocidade-dependente (LANCE, 1980). Entretanto, atualmente, sabe-se que este é apenas um componente da espasticidade. O estudo de Dressler et. al., 2018 complementa este conceito considerando também a hiperatividade muscular desencadeada por um movimento articular passivo rápido ou estímulo sensitivo e rigidez muscular involuntária na presença de uma paresia central (DRESSLER et al., 2018). Outra característica é que o alongamento rápido do músculo espástico causa o aumento abrupto no tônus e é seguido por uma diminuição na resistência muscular com o alongamento contínuo (EMOS; AGARWAL, 2023). Nesse contexto, a espasticidade abrange todos os sintomas positivos da síndrome do NMS: aumento dos reflexos tendinosos profundos, presença do sinal de Babinski, clônus, espasmo e o aumento do tônus velocidade-dependente (GLAESS-LEISTNER et al., 2021).

### 3.2.2 Fisiopatologia

A fisiopatologia da espasticidade pós-AVC ainda não é totalmente esclarecida. Supõe-se que todas as características positivas da Síndrome do NMS estejam relacionadas a alterações no equilíbrio entre sinais excitatórios e inibitórios para os NMI, levando adicionalmente a alterações nos tecidos moles e na densidade de fibras musculares (GLAESS-LEISTNER et al., 2021). Outro fator associado, é a diminuição da modulação dos reflexos espinhais (circuito regulatório periférico) podendo levar à apresentação de espasmos musculares (EMOS; AGARWAL, 2023).

Lesões nas vias descendentes parapiramidais como o trato reticulospinal medial excitatório, o trato vestibulospinal excitatório e o trato reticulospinal dorsal inibitório que exercem regulação multisináptica excitatória e inibitória são relacionadas a hipertonia observada na espasticidade, sendo que o padrão de lesão nessas vias em diferentes níveis determina o grau de paresia e de hiperatividade muscular (GLAESS-LEISTNER et al., 2021).

O tônus muscular, patologicamente aumentado na espasticidade, também está relacionado a alguns circuitos espinhais, como alterações na via de aferência para os motoneurônios espinhais, mudanças nos circuitos reflexos que alteram a excitabilidade dos motoneurônios e mudanças nas propriedades intrínsecas do próprio motoneurônio (BURKE; WISSEL; DONNAN, 2013).

A atividade inibitória reduzida para os NMI produz aumento da atividade dos reflexos, apresentando-se com hiperreflexia e clônus (GLAESS-LEISTNER et al., 2021). A hiperexcitabilidade dos circuitos espinhais, característicos da espasticidade, é variável de acordo com o movimento, não se podendo estimar o limite que essa hiperexcitabilidade causa, de fato, incapacidade (BURKE; WISSEL; DONNAN, 2013).

### 3.2.3 Fatores preditores

Alguns fatores são discutidos como preditores para o desenvolvimento de espasticidade pós-AVC, como prejuízo sensitivo, aumento precoce do tônus muscular, baixo índice de Barthel, dor pós-AVC, AVC do tipo hemorrágico e prejuízo cognitivo, entretanto, esses fatores precisam ser melhor avaliados devido à grande heterogeneidade dos grupos (ZENG et al., 2021). Outro

estudo apontou ainda outros fatores: alto score na escala NIHSS, alto score na escala de Rankin, severidade da paresia motora, maior pontuação na Escala Modificada de Ashworth, sintomas parestésicos, baixo escore no Miniexame do Estado Mental, baixo na escala de qualidade de vida (EQ-5D) e área de lesão extensa (GLAESS-LEISTNER et al., 2021).

#### 3.2.4 Características clínicas

A espasticidade pós-AVC pode se apresentar em graus variados de severidade e causa fraqueza, redução do controle motor, dor, espasmos, alterações posturais, redução da velocidade e destreza (MORONE et al., 2023).

O aumento do tônus muscular é observado de forma velocidade-dependente, ou seja, movimentos lentos não provocarão aumento da resistência, sendo necessário o alongamento rápido do músculo para quantificação do grau de hipertonia (EMOS; AGARWAL, 2023). A hiperatividade muscular involuntária abrange a espasticidade, rigidez, distonia, espasmos ou mais de um desses sinais (DRESSLER et al., 2018).

Complicações comuns de ocorrerem são dor, contraturas, alterações posturais, sendo fundamental o manejo precoce da espasticidade (GLAESS-LEISTNER et al., 2021).

#### 3.2.5 Classificação

A espasticidade pode ser classificada sob diferentes aspectos.

De acordo com sua topografia (FRANCISCO et al., 2021):

- Focal: uma articulação ou região funcional;
- Multifocal: Duas ou mais articulações ou regiões funcionais;
- Segmentar: Articulações adjacentes em um ou mais membros;
- Hemiespasticidade: Envolvimento de membro superior e inferior de um dos lados do corpo;
- Generalizada: Mais de dois membros envolvidos.

O estudo de Dressler et al (2018) propõe uma classificação combinando os principais aspectos envolvendo a Síndrome do NMS (DRESSLER et al., 2018):

- Clínica: primeiros sinais, sinais secundários, complicações;

- Etiologia: AVC, esclerose múltipla, traumatismo craniano, entre outras;
- Localização: espasticidade em membro superior, espasticidade em membro inferior, hemiespasticidade, paraspasticidade, tetraespasticidade;
- Déficits Adicionais: demência, depressão, aprazia e outros.

A classificação da espasticidade também pode ser dada de acordo com a gravidade dos sintomas, que é avaliada através das escalas clínicas a serem mencionadas no próximo tópico.

### 3.2.6 Métodos de avaliação

A avaliação da espasticidade é fundamental para o seguimento do paciente e seguimento da efetividade do plano terapêutico multidisciplinar (MORONE et al., 2023).

Atualmente, o instrumento padronizado para avaliação da espasticidade é a Escala Modificada de Ashworth (EMA). No entanto, existem também outros métodos clínicos e instrumentais capazes de avaliar o grau de espasticidade (FRANCISCO et al., 2021).

#### Escala Modificada de Ashworth - EMA

A EMA foi relatada com pontuações satisfatórias de confiabilidade, principalmente para avaliação de membros superiores (MESEGUER-HENAREJOS et al., 2018).

A vantagem desse método de avaliação dá-se por não requerer nenhuma instrumentação específica e ser de rápida execução na prática clínica, sendo este o método considerado padrão-ouro para avaliação clínica da espasticidade, bem como para avaliação da eficácia de intervenções farmacológicas e de reabilitação, sendo, portanto, utilizada como parâmetro para validação de novas ferramentas de avaliação (Quadro 1) (HARB A; KISHNER S., 2023).

A limitação do método decorre devido à dependência de experiência do examinador, tornando a avaliação subjetiva, uma vez que os dados obtidos são baseados na resistência passiva e não permite distinguir entre os diferentes componentes da espasticidade (LINDBERG et al., 2011).

### **Quadro 1** Escala Modificada de Ashworth

|   |                                                                                                                                |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | Sem aumento no tônus muscular.                                                                                                 |
| 1 | Leve aumento no tônus manifestado no início ou final do movimento.                                                             |
| 2 | Leve aumento no tônus manifestado por uma tensão abrupta inicial, seguida de leve resistência em menos da metade do movimento. |
| 3 | Aumento do tônus em mais da metade do movimento, mas ainda com movimento passivo fácil.                                        |
| 4 | Aumento considerável do tônus, movimento passivo dificultado.                                                                  |
| 5 | Parte afetada rígida em flexão ou extensão.                                                                                    |

Fonte: Adaptado de (FRANCISCO et al., 2021).

#### Escala de Tardieu

A Escala de Tardieu além de quantificar a resistência do músculo ao movimento passivo, também mensura a velocidade de alongamento e ângulo que ocorre a atividade hiperreflexa, no entanto, ainda possui limitações referente a confiabilidade (FRANCISCO et al., 2021)

#### Ferramentas Biomecânicas e Eletrofisiológicas

As avaliações biomecânicas e eletrofisiológicas permitem uma avaliação mais quantitativa da espasticidade, utilizando-se do aumento da resistência dependente da velocidade e tem as vantagens da capacidade de diferenciar o componente neural e não neural da hipertonía espástica (FRANCISCO et al., 2021).

Os estudos eletromiográficos são capazes de determinar o limiar do reflexo de estiramento, permitindo a avaliação do componente neural da espasticidade (FRANCISCO et al., 2021).

A limitação de tais métodos advém da necessidade de equipe especializada para manejo em instrumentos específicos e maior demanda de tempo, tornando impraticável no contexto clínico (FRANCISCO et al., 2021).

### 3.3 SARCOPENIA PÓS-AVC

#### 3.3.1 Definição

A sarcopenia é definida pelo *European Working Group on Sarcopenia in Older People* como uma doença muscular progressiva e generalizada, caracterizada por baixa força muscular e baixa quantidade e qualidade muscular, sendo ainda considerada sarcopenia grave quando há, também, baixo desempenho muscular (CRUZ-JENTOFT et al., 2019). Esta condição vem crescendo cada vez mais no mundo e tem impactos físicos, sociais e econômicos (CRUZ-JENTOFT et al., 2019). O processo de avaliação da sarcopenia no idoso na prática clínica possibilita a prevenção e manejo dos prejuízos causados por esta patologia, possibilitando a redução de custos e sobrecarga aos sistemas de saúde (LANDI et al., 2018; ROBINSON et al., 2015).

A sarcopenia pode ser dividida entre sarcopenia primária, relacionada à idade, e sarcopenia secundária, que está vinculada à outras doenças (MAS; GONZÁLEZ; FRONTERA, 2020). Idosos que apresentam sarcopenia possuem maior risco de quedas e fraturas, maior dificuldade em realizar atividades de vida diária, e maior risco para desenvolvimento de doenças cardíacas, respiratórias e comprometimento cognitivo, além de redução da qualidade de vida, autonomia e independência (NUNES et al., 2021).

A sarcopenia pós-AVC é definida como a perda de força, massa muscular e função decorrente do AVC (SUI; HORDACRE; PASCO, 2021). É relacionada à redução do número de unidades motoras no membro afetado, que persiste na fase crônica, e pelos sinais de fraqueza, também no membro não afetado, que podem ser evidenciados uma semana após o AVC (MAS; GONZÁLEZ; FRONTERA, 2020).

Em pacientes pós-AVC foi evidenciado uma prevalência de sarcopenia de 14 a 18% (RYAN et al., 2017). A prevalência de sarcopenia foi comparada em indivíduos pré-AVC e pós-AVC, evidenciando-se aumento de aproximadamente 15% no status pré-AVC e 10 dias após, e aumento de 20% de 10 dias até um mês após o evento (INOUE et al., 2022). A imobilização e inatividade física durante o período de hospitalização é relacionada à redução da força muscular, sendo cerca de 24% no lado parético (MAS; GONZÁLEZ; FRONTERA, 2020).

### 3.3.2 Fisiopatologia

A sarcopenia pós-AVC tem como principal causa a transformação muscular esquelética que ocorre após o evento e está relacionada a diversos fatores como: alterações motoras causadas pela injúria cerebral, imobilização, atrofia disfuncional, prejuízo no aporte nutricional, inflamação, hiperativação simpática e denervação (LI; YUE; LIU, 2020). Alterações na função oral – mastigação e deglutição, também, foi relacionada a sarcopenia em pacientes pós-AVC, evidenciado pelo menor índice de massa corporal, menor índice de massa muscular e maior desnutrição nesses indivíduos (SHIRAISHI et al., 2018).

Os danos relacionados à injúria cerebral - estresse emocional, dor e interrupção do controle do sistema nervoso autônomo - evidenciado em pacientes pós-AVC podem levar a hiperativação do sistema nervoso simpático, ativando o eixo hipotálamo-pituitária-adrenal, que causa aumento de cortisol, gerando imunossupressão, inflamação e ativação catabólica (KNOPS et al., 2013). A ativação do processo de catabolismo gera aumento na resistência insulínica, aumento de lipólise e degradação proteica, resultando em perda de massa muscular global (SPRINGER et al., 2014).

### 3.3.3 Fatores Preditores

A perda de massa óssea e muscular pós-AVC foi principalmente relacionada ao tempo de doença, sendo mais prevalente na fase precoce ao evento cerebrovascular (LI et al., 2022c). A espasticidade foi associada à sarcopenia quando analisados os membros superiores, mas mostrou-se como fator de proteção em membros inferiores, provavelmente pela característica de contribuição para manter a deambulação dos indivíduos acometidos (LI et al., 2022c). E a redução da mobilidade após a injúria cerebral foi relacionada ao aumento da severidade da sarcopenia (INOUE et al., 2022).

### 3.3.4 Características Clínicas

Algumas características clínicas são relacionadas à sarcopenia, como: quedas, fadiga, redução da velocidade de marcha, dificuldade de se levantar e perda de peso (CRUZ-JENTOFT et al., 2019)

### 3.3.5 Métodos de Avaliação

A avaliação da sarcopenia pós-AVC envolve uma análise cuidadosa da massa muscular, força e função muscular dos indivíduos afetados. Existem várias medidas e ferramentas utilizadas na avaliação da sarcopenia pós-AVC. É importante ressaltar que a avaliação da sarcopenia pós-AVC deve ser realizada por profissionais de saúde especializados, como fisioterapeutas ou médicos de reabilitação, que possuem conhecimentos e habilidades específicas na área de reabilitação pós-AVC.

Abaixo estão descritas as principais ferramentas de avaliação da sarcopenia:

#### Avaliação da massa muscular:

- Tomografia computadorizada (TC) ou ressonância magnética (RM), que permitem avaliação da área de secção transversal muscular (RYAN et al., 2017).
- Bioimpedância elétrica: O aparelho mede as propriedades elétricas do tecido corporal, e, dessa forma, é possível estimar, incluindo a massa muscular, massa de gordura e água corporal total (KOO, 2022).
- Raio-X de dupla energia: O aparelho mensura a absorção dos Raios-X através do corpo (KOO, 2022).

#### Avaliação da força muscular:

- Dinamometria manual: Permite a mensuração de força de preensão manual, que pode ser considerado como marcador para força e função muscular de membros superiores (BOHANNON, 2019).

#### Avaliação do desempenho muscular:

- Teste de sentar e levantar: Realizado 5 repetições do exercício de sentar em uma cadeira e levantar, sem auxílio dos membros superiores. O teste é graduado de acordo com o tempo de execução (KOO, 2022).
- Teste de velocidade de marcha: Permite a avaliação da velocidade da marcha através de um percurso de 3 metros (PEREZ-SOUSA et al., 2019).

### **3.4 RELAÇÃO ENTRE ESPASTICIDADE E SARCOPENIA PÓS-AVC**

A espasticidade foi relacionada ao desenvolvimento de sarcopenia secundária devido a combinação de vários fatores como: denervação, desuso crônico, inatividade física e remodelação de vias do sistema nervoso (SCHERBAKOV; DOEHNER, 2011). Embora o músculo espástico apresente uma hipertonia, a rigidez e a hipoatividade pós-AVC pode levar à diminuição da massa muscular que impede a amplitude normal do movimento. (LIEBER; FRIDÉN, 2019). Além disso, foi observado que os músculos espásticos apresentam uma modificação na sua estrutura histopatológica, evidenciada por alteração do tamanho e tipo de fibra muscular, proliferação de material de matriz extracelular desorganizado e aumento do conteúdo de gordura (SCHERBAKOV; DOEHNER, 2011).

Em membros inferiores, a espasticidade parece ter efeito protetor para sarcopenia, supostamente, devido à ativação involuntária dos músculos espásticos, que nos membros inferiores, ocorre espontaneamente durante a postura em pé e a marcha, levando à estimulação difusa e sinérgica dos múltiplos músculos envolvidos, o que não é observado nos membros superiores (LI et al., 2022a).

O tratamento para a sarcopenia e espasticidade pós-AVC envolve uma abordagem multidisciplinar. Os programas de reabilitação podem incluir exercícios de fortalecimento muscular, treinamento de equilíbrio e coordenação, estimulação elétrica funcional, terapia ocupacional, técnicas de alimentação adaptadas que auxiliam na deglutição e suporte nutricional direcionado (BOHANNON, 2019).

### **3.5 SISTEMA BIOMÉDICO DESENVOLVIDO**

O sistema biomédico utilizado nesta pesquisa consiste em equipamento portátil não-invasivo idealizado e desenvolvido entre os pesquisadores do LaPNeuro – Laboratório de Pesquisas em Neuroreabilitação da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, coordenado pelo Prof. Dr. Antonio Vinicius Soares (Orientador da pesquisa) e do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, representado pelo Prof. Dr. Fabrício Noveletto (Coorientador). O equipamento biomédico consiste em um dinamômetro com superfície adaptada para medição de espasticidade e sarcopenia em membros superiores de indivíduos pós-AVC. O instrumento permite que, ao passo em que se aplica a

escala convencional de avaliação da espasticidade – Escala Modificada de Ashworth (EMA), seja possível a avaliação de força de resistência muscular durante a movimentação passiva – sendo este um componente clínico da espasticidade, e avaliação de força ativa – componente clínico da sarcopenia. As medidas de força são mensuradas em quilograma-força (kgf) e o instrumento foi calibrado através de testes convencionais com utilização de pesos padrão de calibração.

#### 3.5.1 Características do aparelho

O aparelho possui fácil manuseio. Botões para ligar (ON) e para resetar dados (RST). Tela digital para visualização dos dados e conector para carregamento de bateria (Figura 4).

**Figura 4** Equipamento biomédico (EBM)



Fonte: A autora, 2024

#### 3.5.2 Informações Técnicas:

O equipamento biomédico para validação é constituído das seguintes características (Quadro 2):

**Quadro 2** – Informações Técnicas do EBM

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| Cor                   | Branco                    |
| Fonte de alimentação  | Bateria                   |
| Conector              | Mini-A                    |
| Peso                  | 212g                      |
| Dimensões             | A 79mm x C 137mm x L 80mm |
| Superfície de contato | 40mm                      |

#### **4 INTERDISCIPLINARIDADE**

A interdisciplinaridade desta pesquisa ocorre entre grandes áreas da saúde, engenharia e sociedade.

Dentro da área da saúde, mais especificamente, no que tange à reabilitação, ressalta-se a participação multidisciplinar envolvendo fisioterapia, medicina, terapia ocupacional, nutrição e outras especialidades, como a engenharia biomédica. Tais profissionais, somam conhecimentos e esforços focados no bem-estar, desenvolvimento e autonomia do indivíduo acometido por AVC.

A engenharia destaca-se junto com a saúde através do conhecimento biomecânicos e biofísicos que abrangem o funcionamento do corpo humano, desenvolvendo tecnologias capazes de aprimorar diagnósticos e tratamentos para o homem. O aprimoramento neste processo avaliativo pode ampliar as chances de acerto na tomada de decisão quanto a seleção dos melhores recursos terapêuticos e otimizar condutas a serem empregados no controle de doenças.

O impacto social do AVC abrange não só o indivíduo, mas toda sua família, uma vez que são acompanhados por prejuízos financeiros, aumento da demanda de cuidados, redução da capacidade de trabalho e redução de anos de vida. Minimizar os efeitos deletérios desta doença é capaz de trazer maior autonomia, funcionalidade e qualidade de vida em diversas áreas do contexto social.

O presente trabalho permitiu alinhar diversas áreas de conhecimento visando benefício do indivíduo, sendo este um valor irrefutável da pesquisa clínica.

## **5 METODOLOGIA**

### **5.1 TIPO DE PESQUISA**

Este projeto de pesquisa foi realizado em duas etapas. Como descrito anteriormente, a primeira etapa consistiu na fase de desenvolvimento, destinada à construção do protótipo de um equipamento biomédico para avaliação da espasticidade e força muscular (3.5).

A segunda etapa, foco deste trabalho, corresponde ao estudo clínico de validação do equipamento biomédico. Nessa fase, foi conduzida uma avaliação da aplicabilidade clínica e da viabilidade do uso do dispositivo em ambientes reais, por meio do método de validação concorrente com a Escala Modificada de Ashworth, a mais utilizada na prática clínica. A autora participou exclusivamente desta segunda etapa, sendo responsável pela condução dos testes clínicos, coleta e análise dos dados, e pela verificação da concordância entre o equipamento e a escala clínica de referência.

### **5.2 LOCAL DA PESQUISA**

O estudo foi realizado no Laboratório de Recursos Terapêuticos do Curso de Fisioterapia da Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, no município de Joinville, localizado na região nordeste do estado de Santa Catarina (IBGE, 2020).

### **5.3 PARTICIPANTES DO ESTUDO**

Os participantes selecionados para o estudo foram pacientes hemiparéticos pós-AVC oriundos do ambulatório de toxina botulínica da rede pública de saúde de Joinville, localizado na Policlínica Boa Vista Ruthe Maria Pereira. Os pacientes foram avaliados quanto aos critérios de inclusão do estudo por médico assistente do ambulatório e, então, convidados a participar da pesquisa. Aos pacientes que demonstraram interesse em participar do estudo, foi fornecido meio de contato do pesquisador responsável (telefone/whatsapp), e realizado agendamento para avaliação em Laboratório de Recursos Terapêuticos da Univille. Nesta avaliação foram revistos os critérios de inclusão e fornecidas informações e esclarecimentos sobre procedimentos e possíveis dúvidas a respeito do estudo. Após confirmação do interesse, foi fornecido o Termo

de Consentimento Livre e Esclarecido ao paciente para que se fosse possível prosseguir com estudo de acordo com a metodologia descrita nos itens abaixo.

## **5.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO**

### **5.4.1 Critérios de Inclusão**

- Indivíduos com paresia de membro superior pós-AVC, estáveis clinicamente e encaminhados do ambulatório de toxina botulínica da rede pública do município de Joinville-SC;
- Faixa etária igual ou superior a 18 anos;
- Indivíduos que consigam adotar e manter a posição sentada sem apoio de membro superior, ou seja, deverá possuir controle de tronco.

### **5.4.2 Critérios de Exclusão**

- Indivíduos que se recusarem a assinar o TCLE;
- Indivíduos que por qualquer motivo solicite sua retirada do estudo;
- Indivíduos com incapacidade motora ou de compreensão graves.

## **5.5 ASPECTOS ÉTICOS**

A pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa na Plataforma Brasil e aprovado sob o número: 76652623.5.0000.5366.

Os participantes e/ou familiares foram esclarecidos e orientados sobre os procedimentos utilizados nesta pesquisa, assim como seus objetivos, benefícios e riscos, atendendo a resolução CNS (Conselho Nacional de Saúde) 466 de 12 de dezembro de 2012. Após concordarem em participar da pesquisa foi assinado o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

## 5.6 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO

Os indivíduos incluídos no estudo foram avaliados no Laboratório de Recursos Terapêuticos do Curso de Fisioterapia da Universidade da Região de Joinville.

Na avaliação, os participantes foram orientados sobre todos os procedimentos do protocolo, explicado e coletada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A).

Inicialmente foram coletadas informações de identificação e histórico de saúde (APÊNDICE B) e após, realizados os testes que compõem o protocolo da avaliação da espasticidade e sarcopenia, com a utilização do equipamento biomédico (APÊNDICE C).

A instrumentação utilizada para o protocolo de avaliação da espasticidade e sarcopenia é descrita no quadro abaixo (Quadro 3). Cabe destacar que todos os testes foram realizados pelo mesmo examinador.

**Quadro 3** Instrumentos utilizados no protocolo proposto

| <b>INSTRUMENTOS DE MEDIDA</b>                         | <b>MÉTODO DE AVALIAÇÃO</b>                                             |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Escala Modificada de Ashworth                         | Pontuação conforme escala                                              |
| Equipamento Biomédico Proposto:<br>Força: Kgf         | Mensuração conforme equipamento                                        |
| Dinamometria de preensão manual<br>(Kgf)              | Média de três medidas                                                  |
| Teste Caixa e Blocos<br>(Quantidade de blocos/minuto) | Número de blocos transferidos para o compartimento oposto em um minuto |

Fonte: A autora, 2024

### 5.6.1 Formulário de Identificação

O formulário de identificação contém os dados de identificação dos indivíduos, meios de contato, dados sociodemográficos e dados de saúde (APÊNDICE B).

### 5.6.2 Formulário de Avaliação Clínica

O formulário de avaliação física contém as análises clínicas realizadas no indivíduo com registro dos seguintes parâmetros (APÊNDICE C):

#### Dados do Sistema Biomédico e Escala Modificada de Ashworth:

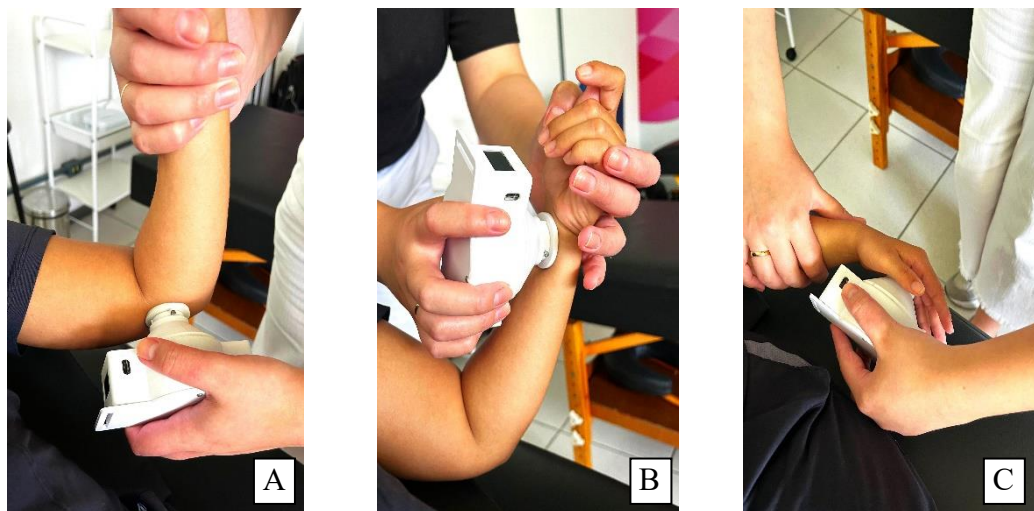
Foram avaliados os seguintes grupos musculares espásticos no membro superior: adutores do ombro, flexores do cotovelo e flexores do punho, conforme metodologia abaixo:

Adutores do ombro: Com o paciente em decúbito dorsal, o cotovelo posicionado a 90°, com estabilização de úmero, e posicionamento do aparelho a 2 dedos acima do epicôndilo medial do cotovelo, seguindo-se com o movimento de abdução do ombro, avaliando-se a resistência da musculatura adutora (Figura 5A).

Flexores do cotovelo: Com o paciente em decúbito dorsal, cotovelo posicionado a 90°, com antebraço supinado e aparelho posicionado distalmente no antebraço, e executado o movimento passivo de extensão, avaliando-se a resistência da musculatura flexora (Figura 5B).

Flexores do punho: Com o paciente em decúbito dorsal, antebraço supinado e punho fletido, o aparelho é colocado na região palmar e realizado movimento de extensão do punho, avaliando-se a resistência da musculatura flexora (Figura 5C)

**Figura 5** Avaliação com Equipamento Biomédico



A, adutores do ombro; B, flexores do cotovelo; C, flexores do punho

A avaliação clínica pela EMA e os dados do EBM são obtidos simultaneamente, visto que são obtidos a partir da mesma manobra passiva do grupamento muscular a ser examinado e se realizados em tempos diferentes podem causar variação na flexibilidade e resistência do membro, gerando valores diferenciados e impossibilitando, assim, a validação da análise pelo EBM.

O dispositivo foi colocado contra o membro do paciente durante o movimento passivo e, dessa forma, realizada medidas de força de resistência, obtida em Kgf. Como na maioria das medições de força, a variação dos testes aumenta com múltiplos examinadores, e, sendo este o primeiro estudo com o equipamento biomédico, as aferições foram realizadas pelo mesmo examinador em todos os indivíduos estudados.

#### Dinamometria da Força de Preensão Manual (FPM):

A mensuração de FPM permite avaliação complementar do status funcional da extremidade de membro superior e tem sido considerado um instrumento confiável para indivíduos com condições neurológicas (BOBOS et al., 2020).

No protocolo formulado, foi utilizado dinamômetro TAKEI®, conforme recomendações da Associação Americana de Terapeutas da Mão.

#### Dinamometria do Membro Superior:

A avaliação de força dos demais segmentos do membro superior foi realizada bilateralmente com o próprio dispositivo proposto, envolvendo os grupos musculares do ombro, cotovelo e punho.

#### Teste de Caixa e Blocos:

O Teste de Caixa e Blocos consiste na avaliação de destreza e funcionalidade no membro parético envolvendo a transferência de blocos de um lado para outro de uma caixa de madeira separados por uma divisória mais alta que a borda da caixa (KONTSON et al., 2017).

Nesse teste, são colocados 150 blocos coloridos e a mensuração é expressa pelo número de blocos por minuto transportados de um compartimento a outro (KONTSON et al., 2017).

## **5.7 ANÁLISE DOS DADOS**

O processamento e análise dos dados foi realizado no software GraphPad Prism 8<sup>®</sup>. Para a apresentação da análise das variáveis foram criadas tabelas e gráficos contendo as médias e desvios padrões. A normalidade dos dados foi verificada pelo Teste de Shapiro-Wilk. Para a análise dos dados da estatística descritiva foram utilizados médias, desvios padrões, valores mínimos, máximos, e os intervalos de confiança. Para avaliar a relação entre as variáveis controladas no estudo foram usados o teste de Pearson para os dados paramétricos, e o teste de Spearman para os dados não-paramétricos. Para todos os testes foi adotado um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

## **5.8 RISCOS E BENEFÍCIOS**

O estudo possui riscos mínimos aos indivíduos que foram analisados, visto que não são testes invasivos, e foram realizados por examinadores treinados. Entretanto, pode haver desconforto local, como dor ou hipersensibilidade, ou ainda, possibilidade de constrangimento durante a avaliação. Os pesquisadores estiveram presentes durante toda a avaliação para minimizar esses eventos. E a qualquer momento, o teste pôde ser interrompido, conforme desejo do participante.

O benefício do estudo tem como foco possibilitar uma avaliação mais fidedigna da espasticidade e sarcopenia em pacientes pós-AVC, trazendo dados mais objetivos e precisos, permitindo a elaboração de um plano terapêutico individualizado, bem como monitorar a resposta terapêutica durante o processo de reabilitação.

## 6 RESULTADOS

Ao todo, foram avaliados 21 pacientes, sendo que em alguns indivíduos foram realizadas mais de uma avaliação em momentos diferentes, totalizando uma amostra de 38 avaliações. A tabela 1 traz as características gerais da amostra.

**Tabela 1** Características dos participantes

| Variável                                 | Média (DP)  | Frequência (%) |
|------------------------------------------|-------------|----------------|
| <b>Sexo</b>                              |             |                |
| Feminino                                 |             | 9 (42,9%)      |
| Masculino                                |             | 12 (57,1%)     |
| <b>Idade</b> (anos completos)            | 51,9 (11,0) |                |
| <b>Faixa etária</b>                      |             |                |
| <b>18 – 45</b>                           |             | 6 (28,57%)     |
| <b>46- 59</b>                            |             | 9 (42,9%)      |
| <b>&gt;59</b>                            |             | 6 (28,6%)      |
| <b>Escolaridade</b>                      |             |                |
| Analfabeto                               |             | 0 (0%)         |
| Ensino Fund. Incomp.                     |             | 4 (19%)        |
| Ensino Fund. Comp.                       |             | 2 (9,5%)       |
| Ensino Médio Incompleto                  |             | 0 (0%)         |
| Ensino Médio Completo                    |             | 9 (42,9%)      |
| Ensino Superior Incompleto               |             | 2 (9,5%)       |
| Ensino Superior Completo                 |             | 4 (19%)        |
| <b>Situação Profissional</b>             |             |                |
| Ativo                                    |             | 3 (14,3%)      |
| Afastado                                 |             | 7 (33,3%)      |
| Aposentado                               |             | 8 (38,1%)      |
| Inativo                                  |             | 3 (14,3%)      |
| <b>Tipo AVC</b>                          |             |                |
| Isquêmico                                |             | 18 (86%)       |
| Hemorragico                              |             | 3 (14%)        |
| <b>Paresia em lado dominante</b>         |             |                |
| Sim                                      |             | 11 (52%)       |
| Não                                      |             | 10 (48%)       |
| <b>Em aplicação de Toxina Botulínica</b> |             |                |
| Sim                                      |             | 17 (81%)       |
| Não                                      |             | 4 (19%)        |
| <b>Frequenta alguma reabilitação</b>     |             |                |
| Sim                                      |             | 19 (90%)       |
| Não                                      |             | 2 (10%)        |

Na amostra analisada, houve predomínio do sexo masculino e a média de idade de 51,9 ( $\pm 11$ ) anos, evidenciando heterogeneidade da população. Houve predomínio de indivíduos com AVC do tipo isquêmico 18 (86%) em relação ao AVC hemorrágico que totalizou 3 indivíduos (14%). Em relação à situação profissional, apenas 3 (14,3%) dos indivíduos mantinham-se ativos em suas funções, com ou sem adequação dela. A maior parte da população estudada estava em tratamento com aplicação de toxina botulínica 17 (81%) e frequentava algum tipo de reabilitação 19 (90%).

Na tabela 2 são expressos os dados da validação do equipamento biomédico com utilização do teste de correlação de Spearman para dados não paramétricos.

**Tabela 2** Avaliação da espasticidade pela EMA e EBM

|                                                                      | EMA AO            | EBM AO | EMA FC                | EBM FC | EMA FP                | EBM FP |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------|--------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|
| M                                                                    | 0,8               | 2,8    | 1,6                   | 3,5    | 2,4                   | 4,8    |
| DP                                                                   | 1,0               | 1,1    | 1,0                   | 2,3    | 1,2                   | 1,8    |
| MIN                                                                  | 0                 | 1,2    | 0                     | 1,4    | 0                     | 2,1    |
| MAX                                                                  | 3                 | 6,8    | 3                     | 13,3   | 4                     | 13,3   |
| Correlação da EAM <i>versus</i> EBM nos diferentes grupos musculares |                   |        |                       |        |                       |        |
|                                                                      | <b>Correlação</b> |        | <b>Valor <i>r</i></b> |        | <b><i>p</i>-valor</b> |        |
|                                                                      | EAM AO x EBM AO   |        | 0,73                  |        | 0,001                 |        |
|                                                                      | EAM FC x EBM FC   |        | 0,81                  |        | 0,001                 |        |
|                                                                      | EAM FP x EBM FP   |        | 0,39                  |        | 0,015                 |        |

Teste de Correlação para avaliação da espasticidade entre EAM e EBM evidenciando forte correlação positiva nos segmentos de ombro e cotovelo, porém com fraca correlação na avaliação de punho. M: média, DP: desvio padrão, MIN: valor mínimo, MAX: valor máximo, EMA: Escala Modificada de Ashworth, EBM: Equipamento Biomédico, AO: adutores de ombro, FC: flexores de cotovelo, FP: flexores de punho.

A análise de correlação entre EMA e o EBM obtida no estudo foi fortemente positiva para grupamentos musculares de ombro e cotovelo, com significância estatística (*p*-valor 0,001). No grupamento muscular de flexores de punho houve uma correlação fraca para moderada, porém com significância estatística (*p*-valor 0,015).

A tabela 3 descreve os dados dinamométricos dos grupamentos musculares, comparando o lado parético e não parético.

**Tabela 3** Testes dinamométricos comparando os lados parético e não parético

|           | M    | DP   | MIN | MAX  | Valor <i>p</i> |
|-----------|------|------|-----|------|----------------|
| DIN ABOp  | 4,7  | 2,4  | 1,2 | 10,3 | 0,000          |
| DIN ABOnp | 7,8  | 2,8  | 1,6 | 17,8 |                |
| DIN ECp   | 5,0  | 2,9  | 0,0 | 11,4 | 0,000          |
| DIN ECnp  | 9,9  | 4,2  | 0,5 | 28,5 |                |
| DIN EPp   | 3,5  | 2,0  | 0,5 | 9,6  | 0,000          |
| DIN EPnp  | 6,7  | 2,9  | 0,5 | 13,3 |                |
| FPMp      | 6,5  | 8,0  | 0,0 | 30,0 | 0,000          |
| FPMnp     | 25,8 | 13,3 | 0,0 | 55,0 |                |

DIN: dinamometria, ABO: abdutores do ombro, EC: extensores do cotovelo, EP: extensores do punho, FPM: força de preensão manual, p: parético, np: não parético, M: média, DP: desvio padrão, MIN: valor mínimo, MAX: valor máximo.

Na análise obtida observou-se um alto desvio padrão da dinamometria tanto no lado parético quanto não parético, compatível com a heterogeneidade da população, e apontam para um grupo de pacientes que apresentavam uma assimetria significativa de força entre os lados parético e não parético. Esse dado foi evidente na avaliação da força de preensão manual, que pode estar relacionado tanto com o equipamento utilizado, visto que nesse grupamento foi utilizado equipamento específico para este movimento, diferente dos demais grupamentos musculares, como também a característica da própria patologia em avaliação, uma vez que o AVC tem seu acometimento predominantemente distal.

## 7 DISCUSSÃO

Neste estudo encontramos um predomínio do AVC isquêmico (86%) em relação ao AVC hemorrágico (14%). Esses dados seguem de acordo com dados globais analisados em 1990 e 2019 em que houve registro de uma taxa de incidência de 62,4% de AVC isquêmico, 27,9% de AVC hemorrágico e 9,7% de hemorragia subaracnoidea (FEIGIN et al., 2021). Na análise entre status socioeconômico e AVC, sabe-se que esta relação é bem estabelecida, incluindo maior incidência e probabilidade de incapacidade (BETTGER et al., 2014; DE SANTANA et al., 2018). No estudo de BETTGER et al (2014) foi identificado que 58% dos pacientes com AVC tinham ensino médio ou menos, 61% não trabalhavam (BETTGER et al., 2014). Esse dado está de acordo com este estudo em que 70,5% dos indivíduos cursaram até o ensino médio e apenas 3% tinham situação profissional ativa.

A espasticidade é uma complicação comum pós-AVC com importante impacto sobre a qualidade de vida e independência dos indivíduos. A Escala Modificada de Ashworth, padrão-ouro para avaliação da espasticidade, tem sua desvantagem quanto à subjetividade de seus dados, uma vez que pode haver variância dos achados interexaminadores, sendo desejado, portanto, sistemas mais objetivos para avaliação da espasticidade (HE et al., 2023). Nesse aspecto, diversos métodos têm sido propostos para avaliação da espasticidade na última década, dentre eles: desenvolvimento de novas escalas clínicas, critérios baseados em imagem, modelo neuromusculoesquelético, método por estimulação magnética periférica repetitiva, avaliação baseada em telemedicina e desenvolvimento de dispositivos portáteis (HE et al., 2023b).

O EBM avaliado neste estudo apresentou uma correlação fortemente positiva para os grupamentos de abdutores do ombro ( $r\ 0,73, p<0,001$ ) e flexores do cotovelo ( $r\ 0,81, p<0,001$ ), e uma correlação fraca a moderada para flexores de punho, entretanto com boa significância estatística ( $r\ 0,39, p<0,015$ ). Uma das tecnologias em desenvolvimento para avaliação da espasticidade é o miotonômetro, um aparelho que consiste em um sensor que envia impulsos ao músculo espástico quantificando o deslocamento do tecido em relação à força de compressão perpendicular e informações sobre propriedades viscoelásticas e alterações de complacência muscular (LI et al., 2017). As medidas do miotonômetro também foram comparadas com a EMA e observou-se relações negativas significativas entre o teste de alongamento e as medidas do Miotonômetro ( $r < -0,5, p < 0,05$ ) (LI et al., 2017). Comparando-se com o estudo realizado com o miotonômetro para avaliação da rigidez do tornozelo em pacientes com AVC crônico, somente no grupo AVC, os coeficientes de correlação foram

ligeiramente superiores ( $r=0,412$ ;  $p<0,05$ ), mas apenas nos níveis de força mais baixos, não se observando correlação significativa em níveis de força maiores (RYDAHL; BROUWER, 2004).

O estudo de Alves et al (2021) propôs um dispositivo capaz de avaliar a hipertonia com base no limiar de reflexo do estiramento tônico mensurado por eletroneuromiografia, no qual foi encontrado uma correlação fortemente positiva com a EMA ( $r=0,79$ ), entretanto foi avaliado somente o músculo bíceps braquial, não sendo possível uma avaliação de funcionalidade do membro superior (ALVES et al., 2021).

O estudo de Yamaguchi et. al. (2018) avaliou força passiva, amplitude articular e torque reflexo durante alongamentos rápidos e lentos dos músculos flexores plantares através de um protótipo adaptado com dinamômetro (YAMAGUCHI et al., 2018). Nesta análise entre rigidez músculo-tendão-articular passiva do tornozelo e amplitude de movimento passiva, foi encontrado uma correlação negativa com significância estatística ( $r = -0.491$ ,  $p = 0.013$ ;  $r = -0.474$ ,  $p = 0.017$ ), identificando-se, portanto, menor amplitude de movimento em indivíduos com maior rigidez (YAMAGUCHI et al., 2018). Esse dado pode ser relacionado ao encontrado neste estudo em que pôde-se observar que o grupamento muscular - flexores do punho - que apresentou maior força de resistência medida pelo EBM, também apresentou maior gravidade na EMA e um coeficiente de correlação menor ( $r=0,39$ ;  $p=0,015$ ), sendo assim, podemos inferir que, possivelmente, a menor amplitude de movimento pode ter contribuído para a correlação encontrada.

Outros fatores que podem ter contribuído para o resultado menos favorável neste grupamento, considerando-se aspectos fisiológicos e anatômicos. tais como: (1) limitação do aparelho, que apresenta uma dificuldade técnica para avaliação desse grupamento, visto que o encaixe ergonômico do aparelho não se mostrou favorável para análise desta área; (2) o pequeno tamanho da amostra, que pode ter afetado o teste de correlação; (3) o grupamento muscular desta área sofre interferência de outros grupamentos musculares, como, no caso, dos flexores dos dedos e (4) maior gravidade do comprometimento motor na musculatura distal, evidenciado pela média da EMA nos grupamentos musculares estudados (adutor do ombro: 1; flexores do cotovelo 1,6; flexores de punho 2,4), que é característico da patologia estudada.

As medidas de rigidez músculo-tendão-articular passiva e rigidez mediada por reflexo relacionadas inter e intra-avaliador mostraram confiabilidade de boa a excelente (ICC: 0,62-0,91) no estudo de Yamaguchi et. al (2018). Neste estudo, optamos por avaliador único com o objetivo de evitar viés de contaminação interavaliadores, entretanto, novas análises

considerando tais variáveis tornam-se pertinentes em próximos estudos, considerando sua aplicabilidade clínica e variância de examinadores.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este é o primeiro estudo visando a validação do sistema biomédico desenvolvido para a avaliação da espasticidade e da força muscular no membro superior de pacientes hemiparéticos pós-AVC. O equipamento biomédico desenvolvido para este estudo permitiu investigar de forma mais objetiva, não apenas a espasticidade do membro superior, mas também a força muscular nos grupos antagônicos do padrão espástico. Sabemos que estes aspectos quando avaliados de forma precisa e rápida, podem fornecer informações valiosas para a tomada de decisão dos profissionais envolvidos no processo de reabilitação. E assim, melhorar o prognóstico destes pacientes.

O equipamento desenvolvido tem um potencial valioso para utilização em ambientes clínicos. O primeiro destaque é pelas suas indicações na mensuração de aspectos cruciais da avaliação de qualquer paciente neurológico, pois o déficit de força e a espasticidade são disfunções altamente incapacitantes. E ainda, pela versatilidade, praticidade, e baixo custo.

Embora os resultados encontrados neste estudo sejam promissores, é importante a continuidade da pesquisa com novos estudos envolvendo um maior número de pacientes e novas análises de validação para ampliar o conhecimento do uso desta tecnologia no âmbito clínico.

## 9 REFERÊNCIAS

- ALVES, C. M. et al. SpES: A new portable device for objective assessment of hypertonia in clinical practice. **Computers in Biology and Medicine**, v. 134, p. 104486, jul. 2021.
- BAHER, M.; FROTSCHER, M. **Duss - Diagnóstico Topográfico em Neurologia**. 5<sup>a</sup> edition ed. [s.l: s.n.].
- BAVIKATTE, G. et al. Early Identification, Intervention and Management of Post-stroke Spasticity: Expert Consensus Recommendations. **Journal of Central Nervous System Disease**, v. 13, p. 117957352110365, 20 jan. 2021.
- BENSENOR, I. M. et al. Prevalence of stroke and associated disability in Brazil: National Health Survey - 2013. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 73, n. 9, p. 746–750, set. 2015.
- BETTGER, J. P. et al. The association between socioeconomic status and disability after stroke: Findings from the Adherence eValuation After Ischemic stroke Longitudinal (AVAIL) registry. **BMC Public Health**, v. 14, n. 1, p. 281, 26 dez. 2014.
- BOBOS, P. et al. Measurement Properties of the Hand Grip Strength Assessment: A Systematic Review With Meta-analysis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 101, n. 3, p. 553–565, mar. 2020.
- BOHANNON, R. W. <p>Grip Strength: An Indispensable Biomarker For Older Adults</p>. **Clinical Interventions in Aging**, v. Volume 14, p. 1681–1691, out. 2019.
- BRAZIS, P. W.; MASDEU, , JOSEPH C.; BILLER, J. **Localização em Neurologia Clínica**. 6. ed. [s.l.] Di Livros Editora Ltda, 2013.
- BURKE, D.; WISSEL, J.; DONNAN, G. A. Pathophysiology of spasticity in stroke. **Neurology**, v. 80, n. Issue 3, Supplement 2, p. S20–S26, 15 jan. 2013.
- CRUZ-JENTOFT, A. J. et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. **Age and Ageing**, v. 48, n. 1, p. 16–31, 1 jan. 2019.

DANG, G. et al. Alterations in the spinal cord and ventral root after cerebral infarction in non-human primates. **Restorative Neurology and Neuroscience**, v. 36, n. 6, p. 729–740, 27 nov. 2018.

DE SANTANA, N. M. et al. The burden of stroke in Brazil in 2016: an analysis of the Global Burden of Disease study findings. **BMC Research Notes**, v. 11, n. 1, p. 735, 16 dez. 2018.

DRESSLER, D. et al. Defining spasticity: a new approach considering current movement disorders terminology and botulinum toxin therapy. **Journal of Neurology**, v. 265, n. 4, p. 856–862, 8 abr. 2018.

EMOS, M. C.; AGARWAL, S. **Neuroanatomy, Upper Motor Neuron Lesion**. [s.l: s.n.].

ENGLISH, C. et al. Loss of Skeletal Muscle Mass after Stroke: a Systematic Review. **International Journal of Stroke**, v. 5, n. 5, p. 395–402, 2 out. 2010.

FEIGIN, V. L. et al. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **The Lancet Neurology**, v. 20, n. 10, p. 795–820, out. 2021.

FRANCISCO, G. E. et al. Post-Stroke Spasticity. Em: **Clinical Pathways in Stroke Rehabilitation**. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 149–173.

GITTINS, M. et al. Stroke impairment categories: A new way to classify the effects of stroke based on stroke-related impairments. **Clinical Rehabilitation**, v. 35, n. 3, p. 446–458, 1 mar. 2021.

GLAESS-LEISTNER, S. et al. Early clinical predictors of post stroke spasticity. **Topics in Stroke Rehabilitation**, v. 28, n. 7, p. 508–518, 3 out. 2021.

HARB A; KISHNER S. **Modified Ashworth Scale. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing**, 2023. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554572/>>. Acesso em: 3 set. 2023

HE, J. et al. Quantitative assessment of spasticity: a narrative review of novel approaches and technologies. **Frontiers in Neurology**, v. 14, 5 jul. 2023a.

HE, J. et al. Quantitative assessment of spasticity: a narrative review of novel approaches and technologies. **Frontiers in Neurology**, v. 14, 5 jul. 2023b.

INOUE, T. et al. Trajectories of the Prevalence of Sarcopenia in the Pre- and Post-Stroke Periods: A Systematic Review. **Nutrients**, v. 15, n. 1, p. 113, 26 dez. 2022.

KNOPS, M. et al. Investigation of changes in body composition, metabolic profile and skeletal muscle functional capacity in ischemic stroke patients: the rationale and design of the Body Size in Stroke Study (BoSSS). **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 4, n. 3, p. 199–207, set. 2013.

KONTSON, K. et al. Targeted box and blocks test: Normative data and comparison to standard tests. **PLOS ONE**, v. 12, n. 5, p. e0177965, 19 maio 2017.

KOO, B. K. Assessment of Muscle Quantity, Quality and Function. **Journal of Obesity & Metabolic Syndrome**, v. 31, n. 1, p. 9–16, 30 mar. 2022.

LANCE, J. W. The control of muscle tone, reflexes, and movement: Robert Wartenbeg Lecture. **Neurology**, v. 30, n. 12, p. 1303–1303, 1 dez. 1980.

LANDI, F. et al. Sarcopenia: An Overview on Current Definitions, Diagnosis and Treatment. **Current Protein & Peptide Science**, v. 19, n. 7, p. 633–638, 14 maio 2018.

LI, P. et al. Altered excitability of motor neuron pathways after stroke: more than upper motor neuron impairments. **Stroke and Vascular Neurology**, v. 7, n. 6, p. 518–526, dez. 2022a.

LI, S. et al. Aging after stroke: how to define post-stroke sarcopenia and what are its risk factors? **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 58, n. 5, out. 2022b.

LI, S. et al. Aging after stroke: how to define post-stroke sarcopenia and what are its risk factors? **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 58, n. 5, out. 2022c.

LI, W.; YUE, T.; LIU, Y. New understanding of the pathogenesis and treatment of stroke-related sarcopenia. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 131, p. 110721, nov. 2020.

LI, X. et al. Assessing muscle spasticity with Myotonometric and passive stretch measurements: validity of the Myotonometer. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 44022, 10 mar. 2017.

LIEBER, R. L.; FRIDÉN, J. Muscle contracture and passive mechanics in cerebral palsy. **Journal of Applied Physiology**, v. 126, n. 5, p. 1492–1501, 1 maio 2019.

LINDBERG, P. G. et al. Validation of a New Biomechanical Model to Measure Muscle Tone in Spastic Muscles. **Neurorehabilitation and Neural Repair**, v. 25, n. 7, p. 617–625, 13 set. 2011.

MAS, M. F.; GONZÁLEZ, J.; FRONTERA, W. R. Stroke and Sarcopenia. **Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports**, v. 8, n. 4, p. 452–460, 15 dez. 2020.

MESEGUER-HENAREJOS, A.-B. et al. Inter- and intra-rater reliability of the Modified Ashworth Scale: a systematic review and meta-analysis. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 54, n. 4, jun. 2018.

MORONE, G. et al. Long-Term Spasticity Management in Post-Stroke Patients: Issues and Possible Actions—A Systematic Review with an Italian Expert Opinion. **Healthcare**, v. 11, n. 6, p. 783, 7 mar. 2023.

NUNES, J. D. et al. Fatores associados à Sarcopenia em idosos da comunidade. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 28, n. 2, p. 159–165, jun. 2021.

PEREZ-SOUSA, M. A. et al. Gait speed as a mediator of the effect of sarcopenia on dependency in activities of daily living. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 10, n. 5, p. 1009–1015, 8 out. 2019.

PETEK BALCI, B. Spasticity measurement. **Archives of Neuropsychiatry**, 2018.

ROBINSON, S. et al. Prevention and optimal management of sarcopenia: a review of combined exercise and nutrition interventions to improve muscle outcomes in older people. **Clinical Interventions in Aging**, p. 859, maio 2015.

ROPPER, A. H. et al. **Adams e Victor Principios de Neurologia**. 11ª Edition ed. [s.l.] Di Livros Editora Ltda, 2021.

RYAN, A. S. et al. Sarcopenia and Physical Function in Middle-Aged and Older Stroke Survivors. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 98, n. 3, p. 495–499, mar. 2017.

RYDAHL, S. J.; BROUWER, B. J. Ankle stiffness and tissue compliance in stroke survivors: A validation of Myotonometer measurements<sup>11</sup>No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the author(s) is/are associated. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 85, n. 10, p. 1631–1637, out. 2004.

SAMITIER PASTOR, C. B. et al. Guía clínica para el tratamiento de la espasticidad: consenso y algoritmos. **Rehabilitación**, v. 56, n. 3, p. 204–214, jul. 2022.

SCHERBAKOV, N.; DOEHNER, W. Sarcopenia in stroke-facts and numbers on muscle loss accounting for disability after stroke. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 2, n. 1, p. 5–8, mar. 2011.

SHIRAISHI, A. et al. Prevalence of stroke-related sarcopenia and its association with poor oral status in post-acute stroke patients: Implications for oral sarcopenia. **Clinical Nutrition**, v. 37, n. 1, p. 204–207, fev. 2018.

SPRINGER, J. et al. Catabolic Signaling and Muscle Wasting After Acute Ischemic Stroke in Mice. **Stroke**, v. 45, n. 12, p. 3675–3683, dez. 2014.

SUI, S. X.; HORDACRE, B.; PASCO, J. A. Are Sarcopenia and Cognitive Dysfunction Comorbid after Stroke in the Context of Brain–Muscle Crosstalk? **Biomedicines**, v. 9, n. 2, p. 223, 22 fev. 2021.

YAMAGUCHI, T. et al. Spasticity in adults with cerebral palsy and multiple sclerosis measured by objective clinically applicable technique. **Clinical Neurophysiology**, v. 129, n. 9, p. 2010–2021, set. 2018.

ZENG, H. et al. Prevalence and Risk Factors for Spasticity After Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Frontiers in Neurology**, v. 11, 20 jan. 2021.

## 10 APÊNDICES

### APÊNDICE A

#### Termo de Esclarecimento Livre e Esclarecido (TCLE)

##### **Título de Projeto: Validação de um sistema biomédico de avaliação de Espasticidade e Sarcopenia pós-AVC**

O Sr(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa intitulada “**Validação de um sistema biomédico para avaliação de Espasticidade e Sarcopenia pós-AVC**”. O objetivo desse estudo é validar um equipamento complementar de avaliação das sequelas motoras pós-AVC, como rigidez e fraqueza do braço afetado e, assim, possibilitar um planejamento terapêutico mais individualizado, objetivo e eficaz.

A pesquisa será realizada no laboratório de Fisioterapia da Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE), em Joinville - SC. Inicialmente, serão coletadas informações sobre seus dados pessoais e sua doença. Em seguida, serão avaliados aspectos de rigidez, fraqueza e destreza do membro afetado utilizando-se a escala de espasticidade (Ashworth), dinamômetro de preensão manual, teste de caixa e bloco e verificação da resistência muscular com o novo aparelho biomédico. Essa avaliação, incluindo o uso do novo aparelho são totalmente não-invasivos, ou seja, não envolvem materiais perfuro-cortantes.

Os riscos relacionados à pesquisa são considerados mínimos uma vez que não envolvem testes invasivos e serão realizados por examinadores experientes que o acompanharão em todo o processo. Contudo, pode haver desconforto local como dor devido a manipulação do membro afetado ou possibilidade de constrangimento durante a avaliação. Caso isso ocorra, o senhor será avaliado, direcionado para assistência na rede pública de saúde – caso necessário, e acompanhado pela nossa equipe de pesquisadores.

O(a) senhor(a) terá benefícios diretos em participar deste estudo uma vez que auxiliará no processo de avaliação das condições físicas e da funcionalidade do membro afetado pelo AVC, e assim, possibilitar uma melhor abordagem e planejamento terapêutico no processo de reabilitação.

Sua participação no estudo não implicará em custos adicionais e não terá qualquer despesa com a realização dos procedimentos previstos neste estudo. Também não haverá nenhuma forma de pagamento pela sua participação.

Não é obrigatório participar de todas as atividades ou responder todas as perguntas. O(a) senhor(a) possui a liberdade de desistir ou retirar seu consentimento do estudo a qualquer momento, sem que a recusa ou a desistência lhe acarrete qualquer prejuízo.

É garantido o sigilo e assegurada a privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, podendo ser utilizados para a produção de artigos científicos, sendo seus dados pessoais não mencionados. Os dados oriundos da pesquisa ficarão sob a posse e guarda do pesquisador responsável por cinco anos após o término da mesma e, após este período, serão descartados.

O(a) Sr(a). terá garantia de acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas por meio de telefone. Os pesquisadores responsáveis por esta investigação são: Prof. Dr. Antônio Vinicius Soares - Fisioterapeuta e Doutor em Ciências do Movimento Humano, orientador dessa pesquisa, telefone (47) 98805-2939 e Nara Texeira Barbosa – médica neurologista e mestranda em Saúde e Meio Ambiente, pela Univille, telefone (47) 99273-4705.

A sua participação é voluntária. Se o(a) Sr(a). tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Univille, no endereço Rua Paulo Malschitzki, 10, Bairro Zona Industrial, Campus Universitário, CEP 89.219-710 – Joinville/SC, telefone (47) 3461-9235, em horário comercial, de segunda a sexta, ou pelo e-mail [comitetica@univille.br](mailto:comitetica@univille.br).

O Sr(a) deverá rubricar todas as páginas deste documento e preencher o consentimento de participação na última página. O Sr (a) receberá uma via idêntica deste documento assinada pelo pesquisador do estudo.

ASSINATURA DO PESQUISADOR: \_\_\_\_\_  
Nara Texeira Barbosa – Pesquisadora Responsável

## CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e sobre o sigilo dos meus dados. Manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação. E autorizo, voluntariamente, que as informações fornecidas por mim sejam utilizadas nessa pesquisa.

NOME POR EXTENSO: \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_

Telefone: (     ) \_\_\_\_\_

Data: Joinville, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

*\*Guarde esse TCLE com você por, no mínimo, cinco anos.*

**APÊNDICE B**  
**PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO**

**Data da Avaliação:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Avaliador:** \_\_\_\_\_

**A) IDENTIFICAÇÃO**

**Nome:** \_\_\_\_\_

**End:** \_\_\_\_\_ **Nº.** \_\_\_\_\_ **Compl.** \_\_\_\_\_

**Bairro:** \_\_\_\_\_ **Cidade:** \_\_\_\_\_ **UF:** \_\_\_\_\_ **CEP:** \_\_\_\_\_

**Fone Res.:** (    ) \_\_\_\_\_ **Cel:** (    ) \_\_\_\_\_

**B) DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS**

**Idade:** \_\_\_\_\_ **Data do Nascimento:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Sexo:** (    ) 1. Feminino (    ) 2. Masculino

**Etnia:** (    ) 1. Branca (    ) 2. Preta (    ) 3. Parda (    ) 4. Indígena (    ) 5. Amarela

**Estado Civil:** (    ) 1. Solteiro (    ) 2. Casado (    ) 3. Viúvo (    ) 4. Divorciado

**Escolaridade:** (    ) 1. Analfabeto (    ) 4. Ensino Médio Inc.  
(    ) 2. Ensino Fundamental Inc. (    ) 5. Ensino Médio Comp.  
(    ) 3. Ensino Fundamental Comp. (    ) 6. Ensino Superior Inc.  
(    ) 7. Ensino Superior Comp

**Situação Profissional:** (    ) 1. Ativo (    ) 2. Afastado/licença saúde (    ) 3. Aposentado

**C) DADOS PATOLÓGICOS**

**Mais de um AVC:** (    ) 1. Sim (    ) 2. Não

**Data do último AVC:** \_\_\_\_\_ **Tempo em meses:** \_\_\_\_\_

**Tipo do último AVC:** (    ) 1. AVCI (    ) 2. AVCH

**Dominância:** (    ) 1. Direito (    ) 2. Esquerdo

**Reabilitação:** (    ) 1. Sim (    ) 2. Não

**Se sim, quais:** (    ) 1. Fonoaudiologia (    ) 2. T.O. (    ) 3. Fisioterapia (    ) 4. Outro

**Em Aplicação de Toxina Botulínica?** (    ) 1. Sim (    ) 2. Não

**Última há quantos meses?** \_\_\_\_\_

## APÊNDICE C

### FICHA DE AVALIAÇÃO

Nome: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_\_\_\_

#### EQUIPAMENTO BIOMÉDICO E ESCALA MODIFICADA DE ASHWORTH (MEMBRO AFETADO) – 3 AFERIÇÕES

##### ADUTORES DO OMBRO

EMA: \_\_\_\_\_ Força de Resistencia Passiva (Kgf): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

##### FLEXORES DO COTOVELO

EMA: \_\_\_\_\_ Força de Resistencia Passiva (Kgf): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

##### FLEXORES DO PUNHO

EMA: \_\_\_\_\_ Força de Resistencia Passiva (Kgf): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### DINAMOMETRIA FORÇA DE MEMBRO SUPERIOR

##### ABDUTORES DO OMBRO

D: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

##### EXTENSORES DO COTOVELO

D: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

##### EXTENSORES DO PUNHO

D: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### DINAMOMETRIA DE PREENSÃO MANUAL

##### EXTENSORES DO PUNHO

D: \_\_\_\_\_ E \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### TESTE DE CAIXA E BLOCOS

BLOCOS/MIN: \_\_\_\_\_



## Termo de Autorização para Publicação de Teses e Dissertações

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) a disponibilizar em ambiente digital institucional, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/IBICT) e/ou outras bases de dados científicas, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data 10/02/2026.

1. Identificação do material bibliográfico: ( ) Tese ( ) Dissertação ( X ) Trabalho de Conclusão

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Autor: Nara Texeira Barbosa

Orientador: Prof. Dr. Antônio Vinícius Soares

Coorientador: Fabrício Noveletto

Data de Defesa: 11/03/2025

Título: Validação de um Sistema Biomédico para Avaliação da Espasticidade e Sarcopenia em Pacientes pós-AVC

Instituição de Defesa: Univille

3. Informação de acesso ao documento:

Pode ser liberado para publicação integral ( X ) Sim ( ) Não

Havendo concordância com a publicação eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese, dissertação ou relatório técnico.

Documento assinado digitalmente  
 NARA TEXEIRA BARBOSA  
Data: 10/02/2026 18:29:58-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Assinatura do autor

Joinville, 10/02/2026

---

Local/Data