



**INSTITUTO
FEDERAL**
Rio de Janeiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

CAMPUS REALENGO

FISIOTERAPIA

MARCELLE DA SENHORA CAPPATO

**ESTUDO DE VALIDADE DO INCLINÔMETRO
DIGITAL DE APLICATIVO DE CELULAR PARA
MEDIDA DE AMPLITUDE DE MOVIMENTO
ARTICULAR ATIVA DE PUNHO.**

IFRJ – CAMPUS REALENGO

2023

MARCELLE DA SENHORA CAPPATO

ESTUDO DE VALIDADE DO INCLINÔMETRO DIGITAL DE
APLICATIVO DE CELULAR PARA MEDIDA DE AMPLITUDE DE
MOVIMENTO ARTICULAR ATIVA DE PUNHO.

Trabalho de conclusão de curso
apresentada à coordenação do Curso de
Fisioterapia, como cumprimento parcial
das exigências para conclusão do curso.

Orientadora: Jaqueline Nunes Burigo de
Sá

Coorientadora: Marcela Tamiasso Vieira

IFRJ- CAMPUS REALENGO

1º SEMESTRE/2023

IFRJ – CAMPUS REALENGO

MARCELLE DA SENHORA CAPPATO

**ESTUDO DE VALIDADE DO INCLINÔMETRO DIGITAL DE
APLICATIVO DE CELULAR PARA MEDIDA DE AMPLITUDE DE
MOVIMENTO ARTICULAR ATIVA DE PUNHO.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do Curso de Fisioterapia,
como cumprimento parcial das exigências para conclusão do curso.

Aprovada em 14 de julho de 2023

Conceito: 10,0 (dez)

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente

gov.br

JAQUELINE NUNES BURIGO DE SA

Data: 17/07/2023 21:43:06-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaqueline Nunes Burigo de Sá (Orientador/IFRJ)

Documento assinado digitalmente

gov.br

MARCELA TAMIASSO VIEIRA

Data: 17/07/2023 21:28:26-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Marcela Tamiasso Vieira (Coorientadora – Membro Externo)

Documento assinado digitalmente

gov.br

MONICA ROMITELLI DE QUEIROZ

Data: 17/07/2023 15:03:01-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Mônica Romitelli de Queiroz

Documento assinado digitalmente

gov.br

FABIO LUIS FEITOSA FONSECA

Data: 17/07/2023 21:33:53-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

FABIO LUIS FEITOSA FONSECA

CIP - Catalogação na Publicação
Bibliotecária: Karina Barbosa dos Santos – CRB7 6212

C247e Cappato, Marcelle da senhora
Estudo de validade do inclinômetro digital de aplicativo de celular para medida de amplitude de movimento articular ativa de punho. / Marcelle da Senhora Cappato - Rio de Janeiro, 2023.
37 f. : il.

Orientação: Jaqueline Nunes Burigo de Sá.
Coorientação: Marcela Tamiasso Vieira.
Trabalho de conclusão de curso (graduação), Bacharelado em Fisioterapia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Realengo, 2023.

1. validade. 2. confiabilidade. 3. inclinômetro digital de aplicativo de celular,. 4. ADM ativa. 5. punho. I. Sá, Jaqueline Nunes Burigo de, **orient.** II. Vieira, Marcela Tamiasso, **coorient.** III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. IV. Título

CDU 615

AGRADECIMENTOS

A Deus por seu amor, por sua compaixão e pelas inúmeras bênçãos derramadas sobre minha vida. Por me acalantar nos momentos mais difíceis e me conceder força e coragem para seguir em frente.

A meus pais, David e Josiléa, por tudo o que são e pelo que representam em minha vida. Por serem meus maiores exemplos e espelhos na vida e por me incentivarem sempre! A minha irmã, Vitoria, que é meu exemplo de dedicação e integridade e ao meu cunhado, Bruno, por sua generosidade e por prontamente aceitar utilizar seus dotes fotográficos para me ajudar nas fotos do projeto. Ao meu companheiro e futuro marido, Thadeu, por seu incentivo e amor, por estar sempre ao meu lado e me tranquilizar nos momentos de desespero. Amo muito vocês e nenhuma palavra no mundo seria capaz de agradecer tudo o que fizeram e o que fazem por mim.

À professora Jaqueline Burigo pela oportunidade concedida, por ter aceitado me orientar tão prontamente, por todo o conhecimento transmitido, por estar sempre à disposição para ajudar e à professora Marcela Tamiasso por ter aceitado meu convite de imediato, por todas as trocas e por me auxiliar mesmo estando em outro estado e durante um dos momentos mais importantes e especiais da vida: a maternidade. Meu eterno respeito e gratidão a vocês.

As minhas amigas Roseany Ribeiro, Gabriella Thainá, Julliana Xavier e Mery Anne Epifânio por caminharem comigo ao longo desses anos de graduação. Por todas as palavras de incentivo, pelo apoio e por tornar mais leve essa jornada. Amo vocês, meninas!

Aos mestres que tive no decorrer da graduação, que contribuíram para minha formação e àqueles cujos ensinamentos muitas das vezes foram para além das salas de aula. Aos pacientes, que ao longo dos estágios tive o privilégio de atender. Gratidão por confiarem em mim e por permitirem meu crescimento pessoal e profissional. Cada vida que cruzou a minha deixou marcas que jamais serei capaz de esquecer.

Aos colaboradores Lucas, Thayná e Jéssica por me auxiliarem na coleta dos dados. Ao Lennon Monteiro por sua ajuda e ao Leonardo Lemos, que me auxiliou em vários dias seguidos de coleta no HFSE. A todos os discentes que se

voluntariaram a participar desse trabalho. Meu profundo agradecimento a vocês por tornarem esse projeto possível.

Aos membros da banca examinadora que aceitaram meu convite e dispuseram de tempo e de suas expertises para contribuir no meu crescimento profissional.

Ao IFRJ, campus Realengo, pelo espaço e condições, que o fazem ser uma instituição referência em ensino e pesquisa.

ESTUDO DE VALIDADE DO INCLINÔMETRO DIGITAL DE APLICATIVO DE CELULAR PARA MEDIDA DE AMPLITUDE DE MOVIMENTO ARTICULAR ATIVA DE PUNHO.

RESUMO

Introdução: A medida da amplitude do movimento (ADM) é um parâmetro comumente utilizado na avaliação e no acompanhamento fisioterapêutico - podendo ser um determinante do prognóstico funcional dos indivíduos - e que pode ser realizada através de diferentes instrumentos, sendo o goniômetro universal o instrumento mais utilizado na prática clínica. Porém, apesar de apresentar validade e confiabilidade bem descritas na literatura, a goniometria possui como fator limitante a complexidade do seu manuseio. Além disso, considerando que o avanço tecnológico possibilitou o desenvolvimento de aparelhos de celular com sensores de inclinação capazes de mensurar deslocamentos realizados pelo dispositivo, aplicativos de celular com a proposta de avaliar inclinação de um determinado corpo ou segmento, vem sendo cada vez mais utilizados como instrumento na avaliação da ADM articular. **Objetivos:** avaliar se o inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro pode ser um instrumento validado para mensuração da ADM articular ativa de punho. **Métodos:** Foram avaliadas as ADM ativas de flexão, extensão, desvio radial e ulnar de punho, bilateralmente, de uma amostra de indivíduos saudáveis de ambos os sexos, com faixa etária entre 18 e 30 anos, utilizando o inclinômetro digital Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools* e o goniômetro universal. **Resultados:** O presente estudo demonstrou que as medidas de ADM para flexão de punho são semelhantes no goniômetro e no inclinômetro ($p > 0,05$); e que a consistência entre as medidas de ADM ativa de punho para o inclinômetro e o goniômetro foi considerada **moderada** para desvio ulnar; e **forte** para flexão, extensão e desvio radial. **Conclusão:** Os resultados advindos do presente estudo demonstraram que o inclinômetro digital de aplicativo é potencialmente uma boa alternativa para a avaliação da ADM de punho, entretanto novos estudos precisam ser desenvolvidos a fim de reforçar a validade desse instrumento. **Palavras-chave:** validade, confiabilidade, inclinômetro digital de aplicativo de celular, ADM ativa, punho.

VALIDITY STUDY OF THE DIGITAL INCLINOMETER ON A MOBILE APPLICATION TO MEASURE ACTIVE WRIST JOINT RANGE OF MOTION.

SUMMARY

Introduction: The measurement of range of motion (ROM) is a parameter commonly used in physical therapy evaluation and follow-up - which can be a determinant of the functional prognosis of individuals - and which can be performed using different instruments, with the universal goniometer being the most common instrument. used in clinical practice. However, despite presenting validity and reliability well described in the literature, goniometry has the complexity of its handling as a limiting factor. In addition, considering that technological advances have enabled the development of mobile phones with inclination sensors capable of measuring displacements made by the device, cell phone applications with the proposal to assess the inclination of a given body or segment, have been increasingly used as instrument in the evaluation of articular ROM. **Objectives:** to evaluate whether the digital inclinometer from the mobile phone application Level of Laser and Inclinometer can be a validated instrument for measuring active wrist joint ROM. **Methods:** The active ROM of flexion, extension, radial and ulnar deviation of the wrist, bilaterally, of a sample of healthy individuals of both genders, aged between 18 and 30 years, using the digital inclinometer Laser Level and Inclinometer, from developer EXA Tools and the universal goniometer. **Results:** The present study demonstrated that ROM measurements for wrist flexion are similar in the goniometer and inclinometer ($p > 0.05$); and that the consistency between the measurements of active wrist ROM for the inclinometer and the goniometer was considered moderate for ulnar deviation; and strong for flexion, extension, and radial deviation. **Conclusion:** The results from the present study imposed that the digital inclinometer app is potentially a good alternative for the evaluation of wrist ROM, however new studies need to be carried out in order to strengthen the validity of this instrument. **Keywords:** validity, reliability, mobile app digital inclinometer, active ROM, wrist.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	10
1.1. BIOMECÂNICA DO PUNHO	12
1.2. JUSTIFICATIVA	12
1.3. HIPÓTESE	12
2.OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVOS GERAIS	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. METODOLOGIA	16
3.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	16
3.2. DELINEAMENTO E ASPECTOS ÉTICOS	16
3.3. PARTICIPANTES	16
3.4. INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS	17
3.4.1. GONIÔMETRO UNIVERSAL	18
3.4.2. INCLINÔMETRO DIGITAL PARA APLICATIVO DE CELULAR	20
3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	23
4. RESULTADOS	24
5. DISCUSSÃO	29
6. CONCLUSÃO	32
7. ANEXO I	33
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

SUMÁRIO DE IMAGEM

FIGURA 1 - <i>Layout</i> do aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro.....	11
FIGURA 2 - Anatomia do punho.....	13
FIGURA 3 - Movimento de flexão, extensão, desvio radial e desvio ulnar de punho.....	13
FIGURA 4 - <i>Print</i> do aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro durante ilustração de avaliação de ADM acima de 90°.....	17
FIGURA 5 - Posicionamento para medida de flexão de punho com GU.....	19
FIGURA 6 - Posicionamento para medida de extensão de punho com GU.....	20
FIGURA 7 - Posicionamento para medida de desvio radial e desvio ulnar do punho com GU.....	20
FIGURA 8 - Aferição da angulação do antebraço com inclinômetro digital, para certificar o alinhamento a 0 grau no início das aferições da ADM de punho.....	21
FIGURA 9 - Posicionamento para medida de flexão e extensão de punho com o inclinômetro digital.....	22
FIGURA 10 - Posicionamento para medida de desvio radial (abdução) e desvio ulnar (adução) de punho com o inclinômetro digital.....	22
FIGURA 11 - Gráfico representativo do percentual de participantes dos sexos feminino e masculino.....	24
FIGURA 12 - Diagrama de dispersão demonstrando relação entre as medidas de ADM ativa de flexão e extensão de punho avaliadas com o goniômetro e o inclinômetro digital.....	29
FIGURA 13 - Diagrama de dispersão demonstrando relação entre as medidas de ADM ativa de desvio radial e ulnar de punho avaliadas com o goniômetro e o inclinômetro digital.....	29

SUMÁRIO DE TABELA

TABELA 1 - Estatística descritiva entre as medidas de amplitude de movimento ativa de punho obtidas pelo goniômetro e pelo inclinômetro digital.....	25
TABELA 2 - Confiabilidade interexaminador das medidas de amplitude de movimento ativa de punho obtidas pelo goniômetro e pelo inclinômetro digital.....	26
TABELA 3 - Confiabilidade intraexaminador das medidas de amplitude de movimento ativa de punho obtidas pelo goniômetro e pelo inclinômetro digital.....	26
TABELA 4 - Avaliação da validade do inclinômetro digital de aplicativo de celular para medidas de ADM articular de punho através do Teste-T pareado	27
TABELA 5 – Avaliação da consistência entre as medidas de ADM ativa de punho utilizando o goniômetro e o inclinômetro digital, através do Teste de Correlação de Pearson.....	28
TABELA 6 - Comparação entre os valores médios das medidas de ADM ativa de punho obtidas com o goniômetro e o inclinômetro digital, realizadas por KIM et. al. (2014) e pelos examinadores do presente estudo.....	31

1. INTRODUÇÃO

A medida da amplitude do movimento (ADM) articular é um importante parâmetro utilizado na avaliação e no acompanhamento de indivíduos submetidos a intervenções fisioterapêuticas (SANTOS et al., 2012), sendo um dos determinantes fundamentais do prognóstico funcional. Definida como “o deslocamento angular de uma articulação” (ENOKA, 2000), a ADM pode ser mensurada de forma passiva ou ativa. Na avaliação da ADM passiva o fisioterapeuta move a articulação até a sua amplitude máxima enquanto o paciente está relaxado, minimizando a possível interferência de estruturas ativas que possam limitar o movimento. Já na avaliação da ADM ativa, o paciente realiza o movimento voluntariamente, sem auxílio do fisioterapeuta (NORKIN & WRITE, 1997).

A avaliação da ADM de um membro ou de uma determinada articulação pode ser realizada por meio de diversos instrumentos, tais como o flexímetro, os inclinômetros - que podem ser digitais ou analógicos - e o goniômetro universal. Este é o instrumento mais utilizado na prática clínica para avaliar a ADM, uma vez que apresenta vantagens como o fato de ser um instrumento não invasivo, de fácil acesso e de ter baixo custo (TEDESCHI, 2002; SANTOS et al., 2012).

Além das vantagens supracitadas, outro fator que determina a utilização do goniômetro nas avaliações da ADM é a sua validade, propriedade que indica se a informação mensurada reflete exatamente o que se deseja medir. Outra vantagem da avaliação da ADM através do goniômetro é a sua confiabilidade - dada pela consistência das medidas realizadas nas mesmas condições de avaliação em dois momentos diferentes pelo mesmo avaliador (intraexaminador) e pela consistência das medidas realizadas por dois ou mais avaliadores diferentes (interexaminador) (PORTNEY, 2000).

Apesar de estudos como o de Portney (2000) relatarem boa confiabilidade do goniômetro universal, alguns autores, como Venturini e colaboradores (2006) demonstram que a avaliação da ADM articular com esse instrumento apresenta limitação quanto ao seu uso por diferentes examinadores, o que compromete a sua confiabilidade interexaminador (VENTURINI et al., 2006), podendo ser um fator limitante para reavaliações periódicas que envolvam mais de um examinador

(ROME, 1996). Além disso, um dos fatores negativos de seu uso é relacionado ao manuseio do equipamento, uma vez que o braço fixo deve ser posicionado manualmente na posição de referência e o outro braço do instrumento (braço móvel) deve ser movimentado também com as mãos do fisioterapeuta a partir do arco de movimento desejado, dificultando a avaliação (MULLANEY et al., 2010)

O inclinômetro é um instrumento analógico ou digital - o que inclui os aplicativos vinculados a um aparelho celular - que, devido suas características construtivas, permite efetuar a medição de inclinação local ou apenas verificar a existência de uma variação angular. Os inclinômetros podem operar a partir de vários princípios, e atualmente, devido o avanço tecnológico, os mais difundidos são aqueles construídos através de técnicas utilizando a microeletrônica, apresentando sua construção baseada em acelerômetros, que se destacam por suas características técnicas de exatidão, compactação e precisão. O inclinômetro de aplicativo de celular, como por exemplo, o Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools* (FIGURA 1) é um instrumento disponibilizado gratuitamente para usuários dos sistemas IOS ou Android. Ele utiliza o giroscópio interno e/ou acelerômetro do aparelho telefônico para medir a inclinação de um corpo/segmento em relação a outro, mantendo-se na vertical pela ação da aceleração da gravidade (FIGUEIREDO, 2007; BEDEKAR et al., 2014).

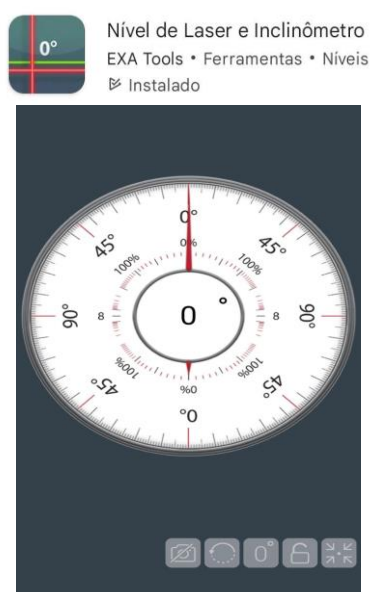


FIGURA 1 - Layout do aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools* (Fonte: O autor, 2023).

Na avaliação da ADM utilizando esse instrumento, o celular é posicionado em um segmento do corpo, enquanto os sensores de inclinação captam o deslocamento angular do dispositivo, possibilitando a medição de ângulos de inclinação, elevação ou depressão da estrutura em relação à linha de ação da gravidade. Assim, o inclinômetro digital é uma opção de mensuração não invasiva, barata (majoritariamente gratuita), de fácil acesso e, principalmente, de fácil manuseio pelo examinador.

Considerando que a padronização de uma metodologia e/ou de um instrumento é fundamental para controlar as fontes de erro, proporcionando assim, uma medida confiável (VENTURINI et al., 2006) e uma vez que não existe um consenso na literatura quanto à avaliação das medidas de ADM da articulação do punho utilizando o inclinômetro digital, o presente estudo visa estabelecer a posição de teste, o procedimento das medidas e os pontos de referência para o inclinômetro digital de aplicativo de celular, o Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools*, fazendo um comparativo com o padrão ouro atualmente descrito na literatura para uso clínico - a goniometria (VENTURINI et al., 2006).

1.1. BIOMECÂNICA DO PUNHO

A região do punho é multiarticular, podendo ser estudada do ponto de vista funcional e do movimento como duas articulações:

- a) a radiocarpal - composta pela extremidade distal bicôncava do rádio e pelas superfícies articulares proximais biconvexas dos ossos escafoide, semilunar e piramidal; e
- b) a articulação mediocarpal - composta por duas fileiras proximais carpais; essa articulação tem uma cápsula contínua com articulações intercarpais. As superfícies distais combinadas do escafoide, do semilunar e do piramidal articulam-se com as superfícies proximais combinadas do trapézio, do trapezoide, do capitato e do hamato.

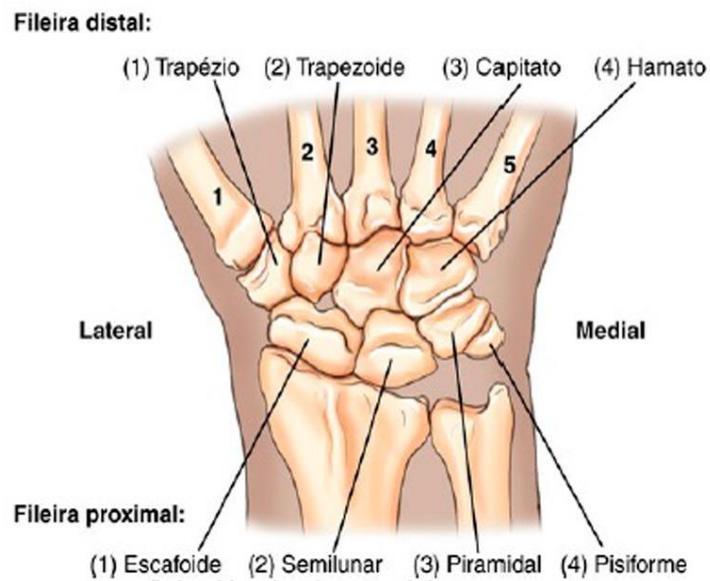


FIGURA 2 - Anatomia do punho (FERRAZ, 2021)

O punho é classificado como uma articulação biaxial, permitindo movimentos no plano sagital: flexão (flexão palmar - de 0° a 90°), extensão (dorsiflexão - de 0° a 85°); e frontal: desvio radial (abdução - de 0° a 20°) e desvio ulnar (adução - de 0° a 45°) (MARQUES, 2003; KAPANDJI, 2007).

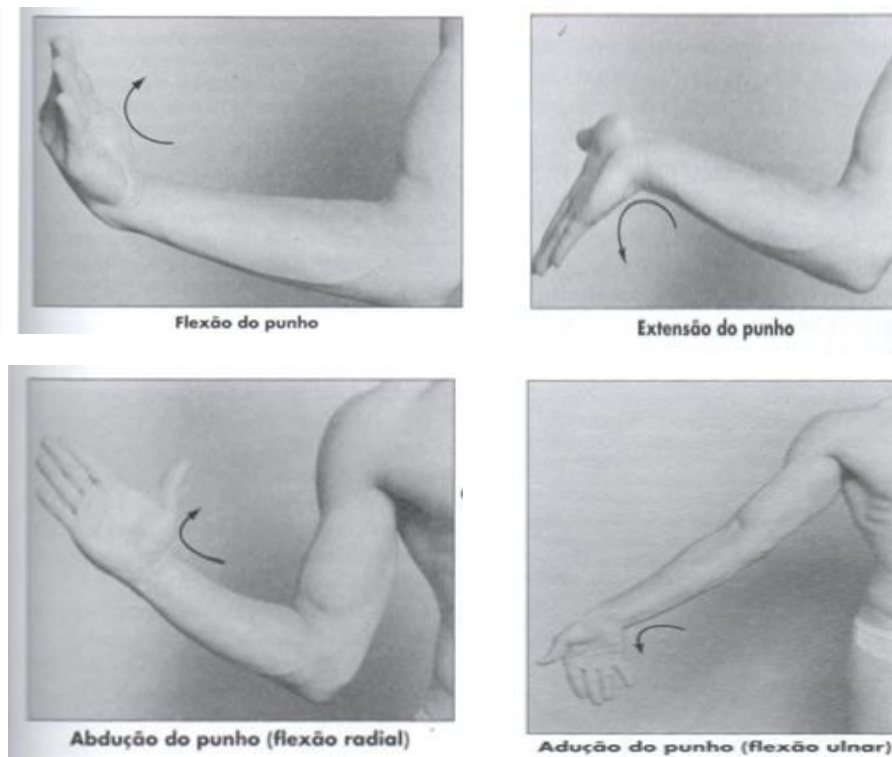


FIGURA 3 - Movimento de flexão, extensão, desvio radial e desvio ulnar de punho (THOMPSON & FLOYD, 2002).

1.2. JUSTIFICATIVA

A mensuração da ADM é um importante parâmetro para definir o prognóstico fisioterapêutico de um determinado indivíduo. Estudos demonstram que apesar da goniometria ser a ferramenta mais utilizada dentro da prática clínica - devido à sua confiabilidade e ao seu baixo custo - por ser examinador-dependente sua reprodutibilidade pode variar de acordo com o nível de treinamento do examinador. Além disso, a goniometria apresenta como fator dificultante o seu manuseio, uma vez que necessita que o terapeuta posicione o que o braço fixo manualmente na posição de referência e movimente o braço móvel manualmente a partir do arco de movimento desejado (MULLANEY et al., 2010).

Com o avanço da tecnologia, novas ferramentas tecnológicas vêm sendo desenvolvidas e disseminadas, especialmente no âmbito da saúde; sendo o inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools*, uma dessas ferramentas. Trata-se de um instrumento prático para análise da ADM de uma determinada articulação - que apesar de também ser examinador-dependente, é de mais fácil manuseio comparado ao goniômetro, além de ser um método não invasivo, de fácil acesso e que é disponibilizado gratuitamente para os sistemas operacionais Android e IOS. Apesar de já haver relatos da utilização de diversos inclinômetros digitais de aplicativo de celular, ainda não há uma padronização bem descrita na literatura para essa ferramenta.

Diante do supracitado, o presente estudo se faz necessário uma vez que abarca os passos iniciais para a validação do inclinômetro digital de aplicativo de celular como ferramenta para avaliação da ADM ativa da articulação do punho.

1.3. HIPÓTESE

- O inclinômetro digital do aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools*, é válido como instrumento para mensuração da ADM da articulação do punho.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a validade do inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools* para a mensuração da amplitude de movimento (ADM) ativa de punho, comparando-o ao goniômetro universal.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as técnicas de medida de ADM do punho utilizadas atualmente com o inclinômetro digital;
- Propor posições e técnicas para os movimentos que ainda não tenham sido descritos na literatura;
- Selecionar pelo menos uma técnica para as seguintes amplitudes de movimento: desvio radial, desvio ulnar, flexão e extensão de punho.
- Avaliar a confiabilidade intraexaminador e interexaminador das medidas de ADM ativa de punho para ambos os instrumentos - o goniômetro universal e o inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools*.

3. METODOLOGIA

3.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Inicialmente, para o desenvolvimento do presente projeto foi realizado um levantamento bibliográfico, utilizando os termos “ROM”, “range of motion and wrist”, “inclinometer”, “GIRD”, “wrist” e “goniometer” nas principais bases de dados voltadas para área da saúde e que poderiam ser acessadas de forma gratuita - PEDro, LILACs, PubMed e SciELO - visando estudar as técnicas de medida de ADM utilizadas atualmente com o inclinômetro digital e aquelas já estabelecidas com o goniômetro universal (GU).

3.2. DELINEAMENTO E ASPECTOS ÉTICOS

O presente projeto é caracterizado como um estudo do tipo transversal comparativo entre um instrumento teste e um instrumento padrão-ouro. Também foi realizado um estudo de variabilidade intra e interexaminador. Portanto, pode ser definido como um estudo de validade e confiabilidade do instrumento inclinômetro digital de aplicativo de celular na medida de amplitude de movimento articular ativa de punho. O trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio de Janeiro (IFRJ), *campus* Realengo e aprovado sob o parecer número 6.112.085. Todos os participantes foram esclarecidos quanto aos objetivos da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO 1).

3.3. PARTICIPANTES

Participaram do estudo, 34 acadêmicos do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio de Janeiro (IFRJ), *campus* Realengo, com faixa etária entre 18 e 30 anos, de ambos os sexos e que não apresentassem disfunções motoras e/ou lesões nos membros superiores. Os voluntários foram recrutados para participarem da pesquisa através de convite verbal (no próprio *campus* do IFRJ *campus* Realengo) e/ou convite digital (através de grupos de *WhatsApp* com estudantes do IFRJ *campus* Realengo). Foram excluídos do estudo os participantes

que apresentaram queixas nos membros superiores que dificultavam ou impediam a realização dos testes. Os dados foram coletados em uma das salas da Clínica Escola do IFRJ, *campus* Realengo ou em uma das salas do Hospital Federal dos Servidores do Estado (HFSE) com os alunos do curso de Fisioterapia dos Estágios IV e V.

3.4. INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

Antes de iniciar a coleta de dados propriamente dita, foi realizado o treinamento de quatro avaliadores responsáveis, todos acadêmicos do curso de Fisioterapia do IFRJ, com os instrumentos utilizados - goniômetro universal e inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools*.

Considerando que o inclinômetro digital de aplicativo de celular mede o ângulo ou a inclinação usando a gravidade, as faixas de medição obtidas são 90°, sendo assim ultrapassando-se essa angulação o aplicativo decrescem os valores. Dessa forma, para aferições, cujo ângulo de ADM ultrapasse esse valor deve ser realizada a diferença entre 180° e o valor encontrado ao término da medição, conforme demonstrado no exemplo a seguir:

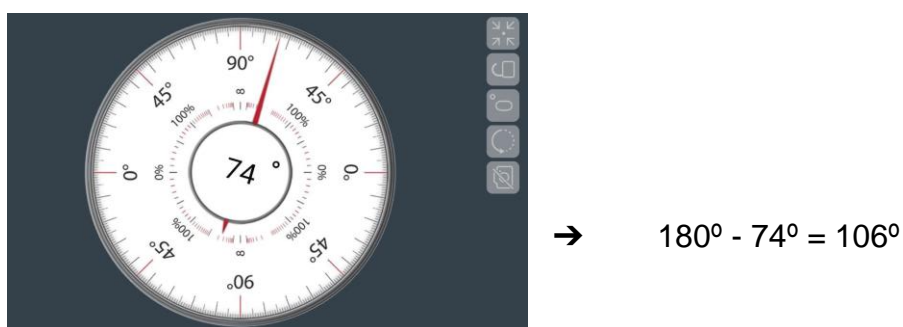


FIGURA 4 - Print do aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro durante ilustração de avaliação de ADM acima de 90° (Fonte: O autor, 2023).

No momento da captação dos voluntários, todos aqueles que se disponibilizaram a participar do estudo foram esclarecidos quanto aos objetivos da pesquisa e aqueles que concordaram em participar assinaram o TCLE e

posteriormente foram triados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. Em seguida foi realizada a coleta de dados pessoais dos voluntários (idade e sexo) e a avaliação da ADM ativa de punho.

Para a avaliação da ADM articular, foi solicitado aos voluntários que utilizassem vestimentas que deixassem à mostra a articulação do punho e que fossem retirados adornos, como relógios e pulseiras. O voluntário foi orientado que, caso se sentisse desconfortável ou constrangido, poderia se retirar a qualquer momento do estudo. Considerando que ambos os instrumentos utilizados nesta pesquisa para a avaliação da ADM não são invasivos, a participação trouxe riscos mínimos para o voluntário; e a qualquer sinal clínico de dor, queixa muscular ou cansaço ao movimentar o punho, a avaliação foi interrompida.

Para esse estudo foram utilizados os dados das coletas realizadas em 34 voluntários, que tiveram suas ADM ativa de punho mensuradas inicialmente com o goniômetro e posteriormente com o inclinômetro digital. Cada avaliador realizou três medições para cada movimento articular, em ambos os punhos, com cada um dos instrumentos, totalizando 48 medições por indivíduo.

Desses 34 voluntários, seis participaram da análise para confiabilidade intraexaminador, que consistiu na aferição da ADM ativa de punho em um dia e repetidos da mesma forma sete dias após a primeira mensuração.

Outros seis voluntários participaram da análise para confiabilidade interexaminador, que consistiu na aferição da ADM ativa de punho em um mesmo dia, por cada um dos três examinadores.

Os 22 voluntários restantes tiveram sua ADM ativa de punho mensuradas apenas uma vez, por um dos quatro examinadores. Os posicionamentos/referências para cada instrumento utilizado, bem como as especificações dos mesmos estão descritas a seguir:

3.4.1. GONIÔMETRO UNIVERSAL

Foi utilizado o Goniômetro Universal, em material acrílico e como referências anatômicas/posicionamento do participante foi utilizado o protocolo de Marques (2003):

Flexão do punho - o participante deveria ficar sentado, com o antebraço em pronação, o cotovelo fletido a aproximadamente a 90° e os dedos estendidos quando fosse realizado o movimento. O braço fixo do goniômetro foi colocado sobre a face medial da ulna e o braço móvel foi posicionado sobre a superfície medial do quinto metacarpo. O eixo foi posicionado na superfície medial do punho.

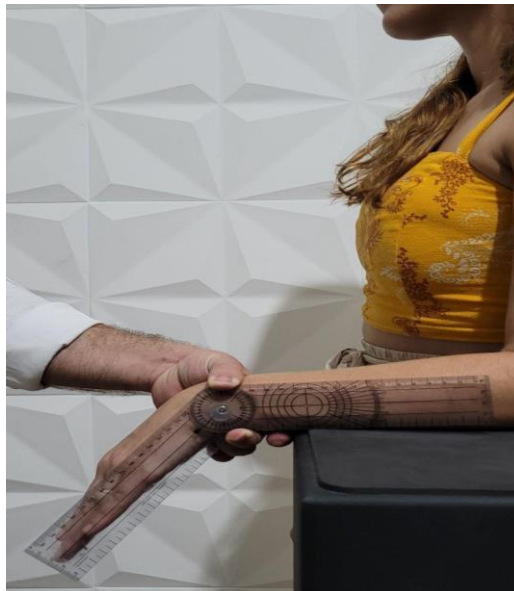


FIGURA 5 - Posicionamento para medida de flexão de punho com GU (Fonte: O autor, 2023).

Extensão do punho - o participante deveria ficar sentado com o antebraço em pronação e com o cotovelo fletido a aproximadamente 90° . O braço fixo do goniômetro foi colocado sobre a face medial da ulna e o braço móvel foi colocado sobre a superfície medial do quinto metacarpo. O eixo foi posicionado na superfície medial do punho.

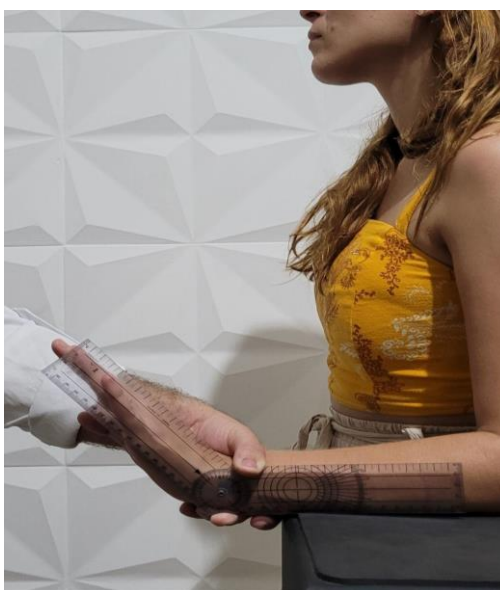


FIGURA 6 - Posicionamento para medida de extensão de punho com GU (Fonte: O autor, 2023).

Desvio radial do punho (abdução) e desvio ulnar do punho (adução) - o participante deveria ficar sentado com o cotovelo fletido e o antebraço em posição neutra entre a pronação e a supinação. O braço fixo do goniômetro foi colocado sobre a região posterior do antebraço, apontando para o epicôndilo medial e o braço móvel foi colocado sobre a superfície dorsal do terceiro metacarpo. O eixo foi posicionado sobre a articulação radiocarpal.

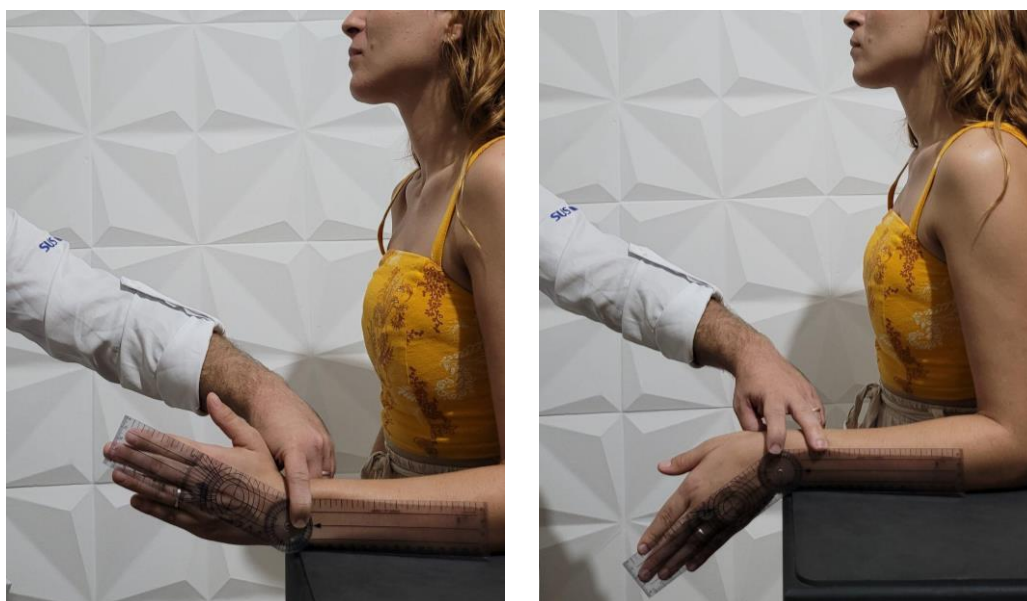


FIGURA 7 - Posicionamento para medida de desvio radial e desvio ulnar do punho com GU (Fonte: O autor, 2023).

3.4.2. INCLINÔMETRO DIGITAL PARA APLICATIVO DE CELULAR

Foi utilizado o aplicativo de celular, do desenvolvedor *EXA Tools*, disponibilizado gratuitamente para os sistemas Android e IOS e como referências anatômicas/posicionamento do participante foi utilizado o protocolo de Marques (2003), com algumas adaptações.

Considerando que, para uma análise fidedigna foi preciso certificar que o antebraço estava paralelo à maca e alinhado a 0 grau no início da medida, foi realizada uma aferição com o inclinômetro digital antes das aferições de ADM ativa de punho propriamente dita, conforme ilustrado na FIGURA 8:

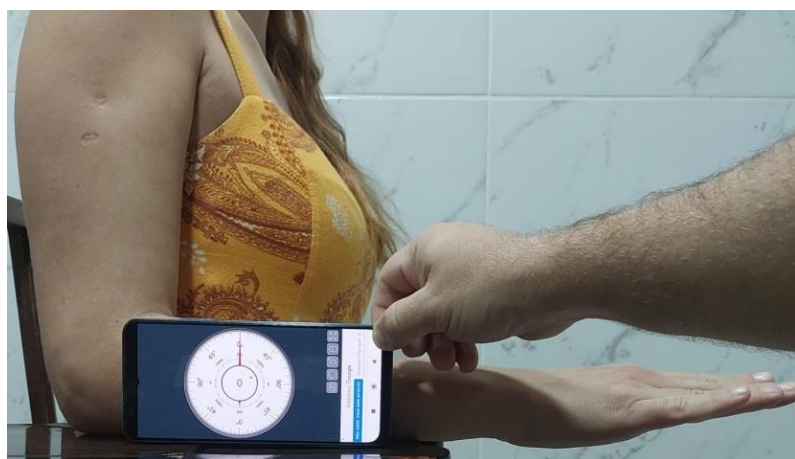


FIGURA 8 – Aferição da angulação do antebraço com inclinômetro digital, para certificar o alinhamento a 0 grau no início das aferições da ADM de punho (Fonte: O autor, 2023).

Flexão e extensão de punho - o participante deveria ficar sentado, com o antebraço em pronação, com o cotovelo fletido a aproximadamente a 90° e apoiado na maca e os dedos estendidos quando fosse realizado o movimento. O dispositivo foi colocado na região medial da mão, alinhado ao quinto metacarpo, e a posição do antebraço permaneceu alinhada a 0 grau no início da medida e durante toda a execução da técnica.

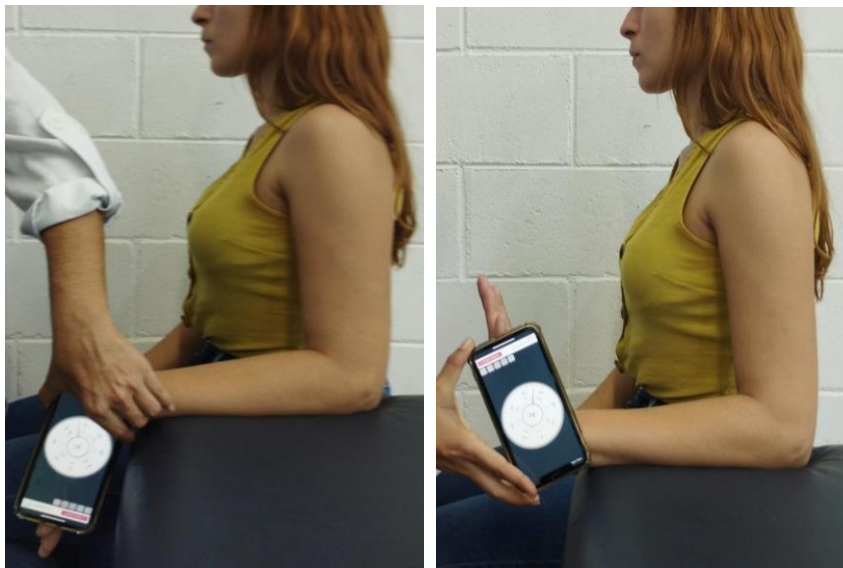


FIGURA 9 - Posicionamento para medida de flexão e extensão de punho com inclinômetro digital (Fonte: O autor, 2023)

Desvio radial do punho (abdução) e desvio ulnar do punho (adução) - assim como para as medidas de goniometria, o participante deveria ficar sentado com o cotovelo fletido e o antebraço em posição neutra entre a pronação e a supinação, apoiado na maca e alinhado a 0 grau no início da medida e durante toda a execução da técnica. O aparelho foi posicionado no dorso da mão, mantendo alinhamento com o terceiro metacarpo. Foi solicitado ao participante que realizasse os movimentos de desvio radial (abdução) e desvio ulnar (adução) de punho.

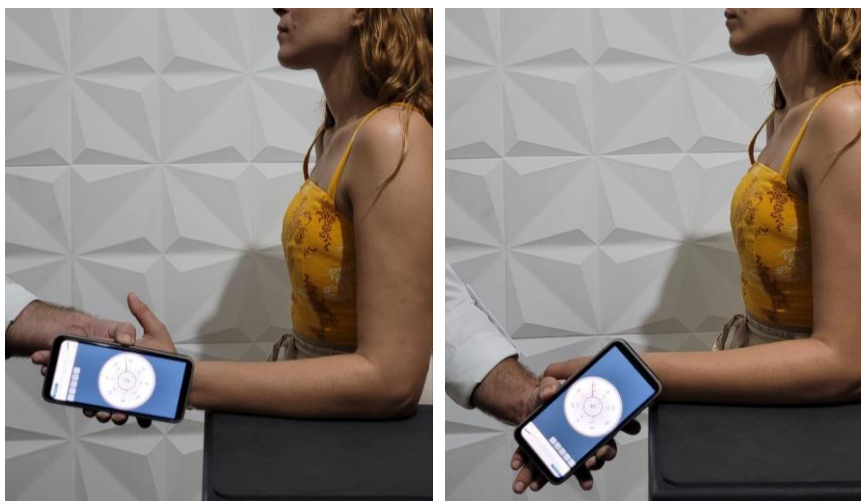


FIGURA 10 - Posicionamento para medida de desvio radial (abdução) e desvio ulnar (adução) de punho com inclinômetro digital (Fonte: O autor, 2023)

3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todas as medidas foram realizadas três vezes em cada um dos 34 voluntários e o valor médio de três repetições para cada medida foi utilizado para análise. Vale destacar que, para os voluntários que participaram do estudo de confiabilidade intraexaminador, foram utilizados no estudo de validade, os dados da primeira mensuração. Já os voluntários que participaram do estudo de confiabilidade interexaminador tiveram seus dados sorteados a fim de selecionar as medidas feitas por um dos três examinadores para serem usadas no estudo de validade.

Os modelos de Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) (2, k) foram usados para determinar a confiabilidade intraexaminador e interexaminador. A confiabilidade foi considerada pequena (CCI até 0,25), baixa (CCI de 0,26 a 0,49), moderada (CCI de 0,50 a 0,69), alta (CCI de 0,70 a 0,89) e muito alta (CCI acima de 0,90), de acordo com os valores de referência descritos por Jonhson e Gross (JONHSON & GROSS, 1997). Para verificar se o inclinômetro digital de aplicativo de celular é válido para medir as variáveis do estudo usamos o Teste t pareado e o coeficiente de Correlação de Pearson.

No teste T pareado, quando $p \leq 0,05$ indica que há diferença significativa entre os grupos, enquanto $p \geq 0,05$ indica que não há diferença significativa entre os grupos. Já o Coeficiente de Correlação de Pearson classifica a consistência das análises entre os instrumentos como: nula ($r = 0$), muito fraca ($r = 0,01$ a $0,20$); fraca ($r = 0,21$ a $0,40$); moderada ($r = 0,41$ a $0,60$); forte ($r = 0,61$ a $0,80$); muito forte ($r = 0,81$ a $0,99$); ou perfeita ($r = 1$), de acordo com a classificação de Lopes (2016). Os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o *software* R (R CORE TEAM, 2023) com o pacote *psych* (REVELLE, 2023) para cálculo do CCI.

4. RESULTADOS

Participaram do estudo 34 indivíduos, sendo 09 homens e 25 mulheres, que representam, respectivamente, 26,5% e 73,5% do total de participantes, conforme demonstrado na FIGURA 11.

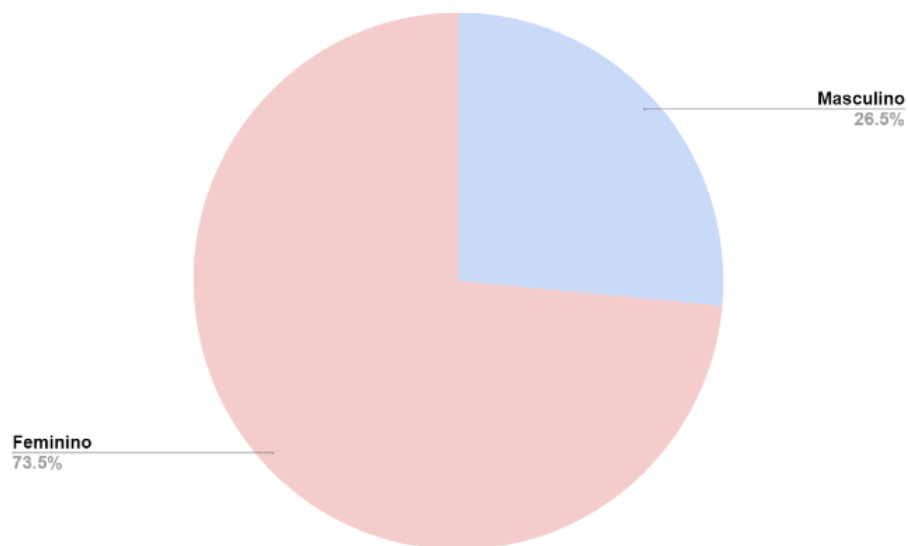


FIGURA 11 - Gráfico representativo do percentual de participantes dos sexos feminino e masculino (Fonte: O autor, 2023).

Na TABELA 1 estão expressos os valores descritivos das amplitudes de movimento mínima (min) e máxima (max) obtidas para cada movimento considerando cada um dos instrumentos utilizados, bem como suas respectivas médias e desvio padrão. A média da idade dos participantes foi de $23,6 \pm 2,85$ anos.

TABELA 1

Estatística descritiva entre as medidas de amplitude de movimento ativa de punho obtidas pelo goniômetro e pelo inclinômetro digital					
	Variável	Média	Desvio padrão	Min	Max
Goniômetro	Flexão	83,85	7,81	55,33	97,33
	Extensão	63,5	9,96	37,33	90
	Desvio radial	28,4	7,93	13,33	48
	Desvio ulnar	41,79	9,09	20	73,33
Inclinômetro	Flexão	83,49	7,76	62,33	102,66
	Extensão	66,43	9,75	44	87,66
	Desvio radial	29,76	8,18	15,66	51,66
	Desvio ulnar	47,81	8,03	26,33	68,33
	Idade	23,6	2,85	18	30

Legenda: Amplitude de movimento em graus (°) e a idade em anos (Fonte: O autor, 2023).

O modelo de Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) (2, k) foi utilizado na avaliação da confiabilidade interexaminador e intraexaminador. Considerando os valores de referência de Jonhson e Gross (JONHSON & GROSS, 1997), os resultados obtidos no presente estudo mostram confiabilidade interexaminador (TABELA 2) pequena para medidas de flexão, extensão e desvio ulnar realizadas com o goniômetro e de extensão realizada com o inclinômetro digital; baixa para as medidas de desvio radial realizada com o goniômetro e flexão realizada com o inclinômetro digital; e moderada para as medidas de desvio radial e desvio ulnar realizadas com o inclinômetro.

Além disso, no que se refere à confiabilidade intraexaminador (TABELA 3), os resultados obtidos mostram confiabilidade pequena para a medida de desvio ulnar realizada com o inclinômetro digital; baixa para a medida de desvio radial realizada com o inclinômetro; moderada para as medidas de desvio radial e ulnar realizadas com o goniômetro; alta para a medida de extensão realizada com o inclinômetro

digital; e muito alta para as medidas de flexão e extensão realizadas com o goniômetro e flexão realizada com o inclinômetro digital.

TABELA 2

Confiabilidade interexaminador das medidas de amplitude de movimento ativa de punho obtidas pelo goniômetro e pelo inclinômetro digital					
	Variável	Tipo	p	CCI	Classificação da confiabilidade
Goniômetro	Flexão	ICC2k	0,32	0,17 (-0,67 – 0,66)	pequena
	Extensão	ICC2k	0,77	-0,60 (-3,10 – 0,42)	**
	Desvio radial	ICC2k	0,18	0,31 (0,28 – 0,70)	baixa
	Desvio ulnar	ICC2k	0,63	-0,21 (-1,45 – 0,50)	**
Inclinômetro	Flexão	ICC2k	0,13	0,39 (-0,21 – 0,75)	baixa
	Extensão	ICC2k	0,75	-0,54 (-3,08 – 0,45)	**
	Desvio radial	ICC2k	0,03	0,54 (0,08 – 0,81)	moderada
	Desvio ulnar	ICC2	0,02	0,64 (0,16 – 0,86)	moderada

Legenda: Confiabilidade pequena (CCI até 0,25); baixa (CCI de 0,26 a 0,49); moderada (CCI de 0,50 a 0,69); alta (CCI de 0,70 a 0,89); e muito alta (CCI acima de 0,90). ** valores negativos referem a ausência de confiabilidade entre as medidas de ADM ativa de punho obtidas por ambos os instrumentos (Fonte: O autor, 2023).

TABELA 3

Confiabilidade intraexaminador das medidas de amplitude de movimento ativa de punho obtidas pelo goniômetro e pelo inclinômetro digital					
	Variável	Tipo	P	CCI	Classificação da confiabilidade
Goniômetro	Flexão	ICC2k	0,00	0,91 (0,77 – 0,97)	muito alta
	Extensão	ICC2k	0,00	0,94 (0,86 – 0,98)	muito alta
	Desvio radial	ICC2k	0,06	0,63 (-0,08 – 0,87)	moderada
	Desvio ulnar	ICC2k	0,08	0,59 (-0,2 – 0,85)	moderada

Inclinômetro	Flexão	ICC2k	0,00	0,95 (0,85 – 0,98)	muito alta
	Extensão	ICC2k	0,00	0,83 (0,51 – 0,94)	alta
	Desvio radial	ICC2k	0,18	0,40 (-0,49 – 0,78)	baixa
	Desvio ulnar	ICC2k	0,65	-0,30 (-3,44 – 0,56)	**

Legenda: Confiabilidade pequena (CCI até 0,25); baixa (CCI de 0,26 a 0,49); moderada (CCI de 0,50 a 0,69); alta (CCI de 0,70 a 0,89); e muito alta (CCI acima de 0,90). ** valores negativos referem a ausência de confiabilidade entre as medidas de ADM ativa de punho obtidas por ambos os instrumentos (Fonte: O autor, 2023).

A seguir estão expressos os resultados de validade e confiabilidade obtidos para cada um dos instrumentos utilizados. O Teste t pareado é um teste paramétrico, utilizado para avaliar se as medidas obtidas para ambos os instrumentos são em média iguais. O objetivo é o mesmo que o Teste t utilizado para comparar duas amostras, porém, a diferença é que no Teste t pareado as amostras são dependentes.

Conforme demonstrado na “TABELA 4”, o presente estudo mostrou que as medidas de ADM para flexão de punho são semelhantes no goniômetro e no inclinômetro, com p valor maior do que 0,05 ($p > 0,05$).

TABELA 4

Avaliação da validade do inclinômetro digital de aplicativo de celular para medidas de ADM articular de punho através do Teste-T pareado

Variáveis	t	p valor	IC min	IC max
Flexão	0,5734	0,5683	-0,8999	1,6254
Extensão	-3,5562	0,0007	-4,5767	-1,2861
Desvio Radial	-2,2073	0,0307	-2,5951	-0,1304
Desvio Ulnar	-6,6936	0,0000	-7,8146	-4,2246

Legenda: $p \leq 0,05$ indica que há diferença significativa entre os grupos, enquanto $p \geq 0,05$ indica que não há diferença significativa entre os grupos (Fonte: O autor, 2023).

O Teste de Correlação de Pearson avalia a relação estatística entre duas variáveis contínuas, visando verificar o quão consistente são as medidas de um instrumento em comparação a outro. O Coeficiente de Correlação de Pearson pode

ter um intervalo de valores de +1 a -1. Um valor de 0 indica que não há associação entre as duas variáveis. Um valor maior que 0 indica uma associação positiva, ou seja, à medida que o valor de uma variável aumenta, o mesmo acontece com o valor da outra variável. Um valor menor que 0 indica uma associação negativa, ou seja, à medida que o valor de uma variável aumenta, o valor da outra diminui.

No presente estudo, quanto maior o Coeficiente de Correlação (r), maior a consistência entre os instrumentos utilizados. De acordo com Lopes (2016) os escores podem ser classificados como: nula (r = 0), muito fraca (r = 0,01 a 0,20); fraca (r = 0,21 a 0,40); moderada (r = 0,41 a 0,60); forte (r = 0,61 a 0,80); muito forte (r = 0,81 a 0,99); ou perfeita (r = 1).

Conforme demonstrado na TABELA 5 a consistência entre as medidas de ADM ativa de punho para o inclinômetro e o goniômetro no presente estudo, foi considerada forte para flexão, extensão, desvio radial e desvio ulnar.

TABELA 5

Avaliação da consistência entre as medidas de ADM ativa de punho utilizando o goniômetro e o inclinômetro digital, através do Teste de Correlação de Pearson

Variáveis	r	p valor	IC min	IC max
Flexão	0,7757	<0,0001	0,6592	0,8558
Extensão	0,7626	<0,0001	0,6407	0,8470
Desvio Radial	0,8009	<0,0001	0,6953	0,8727
Desvio Ulnar	0,6314	<0,0001	0,4626	0,7560

Legenda: A consistência entre as medidas pode ser nula (r = 0), muito fraca (r = 0,01 a 0,20); fraca (r = 0,21 a 0,40); moderada (r = 0,41 a 0,60); forte (r = 0,61 a 0,80); muito forte (r = 0,81 a 0,99); ou perfeita (r = 1) (Fonte: O autor, 2023).

A consistência entre as medidas de ADM ativa de punho para flexão, extensão, desvio radial e ulnar também pode ser observada nas figuras 12 e 13, mostrando a associação positiva entre os dois instrumentos utilizados.

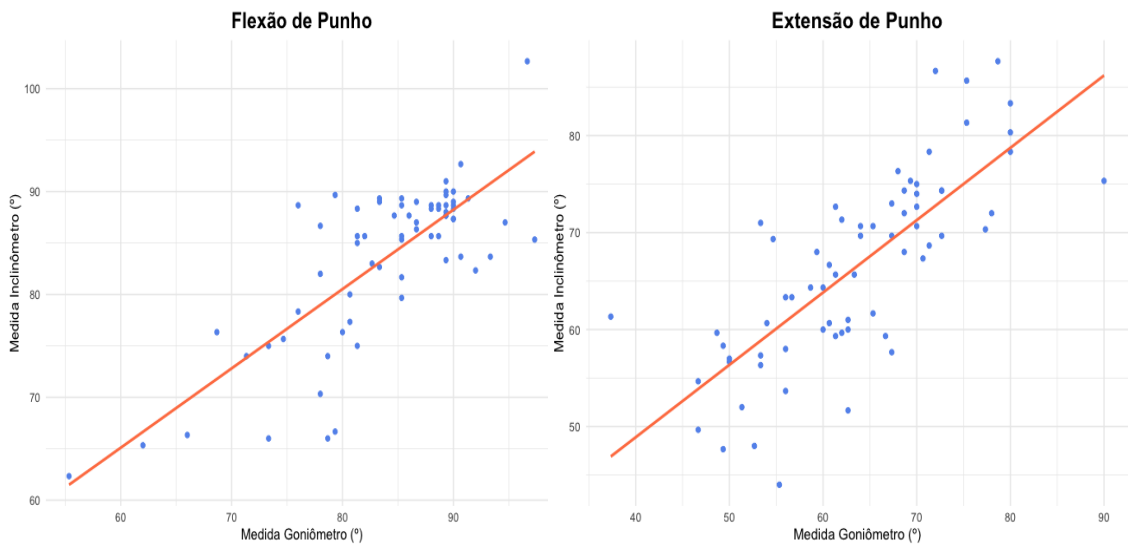


FIGURA 12 - Diagrama de dispersão demonstrando relação entre as medidas de ADM ativa de flexão e extensão de punho avaliadas com o goniômetro e o inclinômetro digital (Fonte: O autor, 2023).

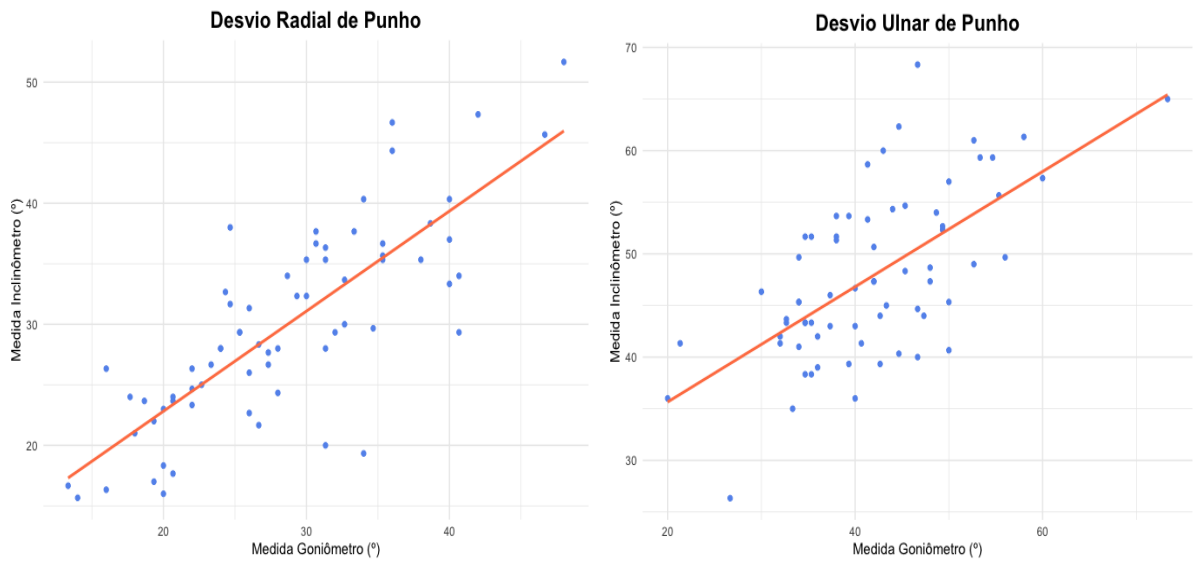


FIGURA 13 - Diagrama de dispersão demonstrando relação entre as medidas de ADM ativa de desvio radial e ulnar de punho avaliadas com o goniômetro e o inclinômetro digital (Fonte: O autor, 2023)

5. DISCUSSÃO

O presente estudo teve o objetivo de avaliar a validade do inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools* para avaliação da amplitude de movimento (ADM) ativa de punho de indivíduos saudáveis. Para isso, as angulações foram comparadas às obtidas pelo instrumento mais utilizado na prática clínica para a avaliação de amplitude de movimento, o goniômetro universal.

Estudos anteriores que avaliaram a tecnologia de *smartphone* para medir a ADM do punho foram promissores, com demonstração de alta concordância de medição entre os inclinômetros digitais de aplicativos de celular e o goniômetro universal. Kim e colaboradores (KIM et al., 2014) demonstraram que não houve diferenças estatisticamente significativas nos valores médios de medição ao usar o GU em comparação com um aplicativo de giroscópio do iPhone 4 (Apple, Cupertino, CA) em participantes com punho saudável. Os valores médios das medidas obtidos em seu estudo com o goniômetro foram 74,2 ($\pm 5,1$) graus para flexão, 71,1 ($\pm 4,9$) graus para extensão, 19,7 ($\pm 3,0$) graus para desvio radial, 34,0 ($\pm 3,7$) graus para desvio ulnar; e usando o aplicativo Giroscópio do iPhone 4 foram 73,7 ($\pm 5,5$) graus para flexão, 70,8 ($\pm 5,1$) graus para extensão, 19,5 ($\pm 3,0$) graus para desvio radial, 33,7 ($\pm 3,9$) graus para desvio ulnar. Não houve diferença estatisticamente significativa para nenhum desses resultados (KIM et al., 2014).

No presente estudo, os valores médios das medidas obtidas com o goniômetro foram 83,8° ($\pm 7,9$) para flexão; 63,5° ($\pm 9,9$) para extensão; 28,4° ($\pm 7,9$) para desvio radial; e 41,7° ($\pm 9,0$) para desvio ulnar. Os valores médios obtidos com o inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser e Inclinômetro, do desenvolvedor *EXA Tools* foram 83,4° ($\pm 7,7$) para flexão; 66,4° ($\pm 9,7$) para extensão; 29,7° ($\pm 8,1$) para desvio radial; e 47,8° ($\pm 8,0$) para desvio ulnar, conforme ilustrado na TABELA 6.

TABELA 6

Comparação entre os valores médios das medidas de ADM ativa de punho obtidas com o goniômetro e o inclinômetro digital, realizadas por KIM et. al (2014) e pelos examinadores do presente estudo				
	KIM et. al. (2014)		Presente estudo	
Goniômetro	Flexão	74,2 (\pm 5,1)	Flexão	83,8 (\pm 7,9)
	Extensão	71,1 (\pm 4,9)	Extensão	63,5 (\pm 9,9)
	Desvio radial	19,7 (\pm 3,0)	Desvio radial	28,4 (\pm 7,9)
	Desvio ulnar	34,0 (\pm 3,7)	Desvio ulnar	41,7 (\pm 9,0)
Inclinômetro	Flexão	73,7 (\pm 5,5)	Flexão	83,4 (\pm 7,7)
	Extensão	70,8 (\pm 5,1)	Extensão	66,4 (\pm 9,7)
	Desvio radial	19,5 (\pm 3,0)	Desvio radial	29,7 (\pm 8,1)
	Desvio ulnar	33,7 (\pm 3,9)	Desvio ulnar	47,8 (\pm 8,0)

Legenda: Valores médios das medidas de ADM e desvio padrão em graus ($^{\circ}$) (Fonte: O autor, 2023).

Diferente do estudo de Kim e colaboradores, no presente estudo, apenas as medidas de ADM para flexão de punho são semelhantes no goniômetro e no inclinômetro, com p valor maior do que 0,05 ($p > 0,05$). Além disso, a consistência na medida de ADM ativa de punho para os dois instrumentos foi considerada forte para flexão, extensão, desvio radial e desvio ulnar.

Com relação a confiabilidade interexaminador e intraexaminador, foi utilizado o modelo de Coeficiente de Correlação Intraclassa (CCI) (2K), semelhante ao preconizado por Pourahamadi e colaboradores (2017). Neste estudo foi demonstrada confiabilidade intraexaminador e interexaminador de boa a excelente para o goniômetro, com valores de ICC $\geq 0,82$ e $\geq 0,73$, e para o aplicativo para iPhone, com valores de ICC $\geq 0,83$ e $\geq 0,79$, respectivamente. O trabalho ainda mostrou validade alta entre os dois instrumentos, com valores de $r \geq 0,80$. Porém, diferente do observado por Pourahamadi, o presente estudo demonstrou confiabilidade interexaminador pequena para medidas de flexão, extensão e desvio ulnar realizadas com o goniômetro e de extensão realizada com o inclinômetro digital; baixa para as medidas de desvio radial realizada com o goniômetro e flexão

realizada com o inclinômetro digital; e moderada para as medidas de desvio radial e desvio ulnar realizadas com o inclinômetro. A análise da confiabilidade intraexaminador demonstrou-se pequena para a medida de desvio ulnar realizada com o inclinômetro digital; baixa para a medida de desvio radial realizada com o inclinômetro; moderada para as medidas de desvio radial e ulnar realizadas com o goniômetro; alta para a medida de extensão realizada com o inclinômetro digital; e muito alta para as medidas de flexão e extensão realizadas com o goniômetro e flexão realizada com o inclinômetro digital.

Cabe ressaltar que diferente dos estudos de Kim et al. e Pourahmadi et al., no presente estudo o inclinômetro foi posicionado na região lateral da mão - para as medidas de flexão e extensão - e no dorso da mão - para as medidas de desvio radial e ulnar - e a ADM ativa de punho foi acompanhada durante todo o movimento pelo avaliador. Além disso, no presente estudo, as medidas de desvio radial e ulnar foram realizadas verticalmente, enquanto nos trabalhos citados, a medição foi realizada horizontalmente. Essas diferenças no posicionamento do inclinômetro e o fato do inclinômetro digital permanecer fixado ao membro avaliado com um elástico durante toda a aferição da ADM poderiam justificar a diferença entre as médias da ADM e a confiabilidade encontrada por esses autores, em comparação aos resultados encontrados no presente estudo.

Outro ponto importante é que, diferente das medições com o goniômetro, em que o ângulo medido é o ângulo de um segmento (braço móvel) em relação a outro segmento (braço fixo), nas medições com o inclinômetro digital, o ângulo medido é um ângulo entre o segmento móvel e a linha de ação da gravidade, portanto, para que as medidas sejam comparáveis, o segmento fixo deve estar posicionado adequadamente em um ângulo conhecido em relação à linha de ação da gravidade. O desconhecimento desse fato pelo examinador pode acarretar erros de medida.

Dentre as dificuldades encontradas no desenvolvimento desse estudo, podemos elencar o curto tempo que tivemos para a coleta dos dados e a manutenção do inclinômetro digital alinhado à estrutura avaliada durante toda a ADM ativa de punho realizada pelos voluntários. Uma sugestão para os estudos futuros é propor novos posicionamentos ou reproduzir aqueles descritos por Kim et

al. e Pourahamadi et al., a fim de verificar se os resultados obtidos pelos autores são reproduzíveis.

6. CONCLUSÃO

Atualmente, a utilização do inclinômetro digital de aplicativo de celular como instrumento para análise de ADM articular é bastante disseminada na prática clínica, entretanto ainda são escassos os estudos que validam tal instrumento. Os resultados advindos do presente estudo demonstraram que o inclinômetro digital de aplicativo é potencialmente uma boa alternativa para a avaliação da ADM de punho, entretanto novos estudos precisam ser desenvolvidos a fim de reforçar a validade desse instrumento.

ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



Ministério da Educação
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP IFRJ

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (De acordo com as Normas das Resoluções CNS nº 466/12)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa “**Estudo de validade e confiabilidade do Inclinômetro digital de aplicativo de celular para medida de amplitude de movimento articular ativa dos membros superiores**”. Você foi selecionado por ser estudante do IFRJ, campus Realengo, ter entre 18 e 30 anos e não apresentar dor que impeça a realização dos movimentos. Esta pesquisa tem por objetivo avaliar e comparar a confiabilidade intraexaminador (entre medidas feitas pelo mesmo examinador) e interexaminador (entre medidas feitas por examinadores distintos) das medidas de amplitude de movimento (ADM) ativa de membros superiores utilizando dois instrumentos – o goniômetro universal e o Inclinômetro digital de aplicativo de celular (*Nível de Laser e Inclinômetro (EXA Tools)*). Considerando que a goniometria é a medida clínica padrão ouro utilizada pelos fisioterapeutas na avaliação da ADM articular e que, apesar das inúmeras vantagens, apresenta como fator limitante o seu manuseio, considerado um pouco difícil pelos examinadores, com os resultados do presente estudo, poderemos verificar se o inclinômetro digital de aplicativo de celular *Nível de Laser e Inclinômetro*, que apresenta como vantagem principal o fácil manuseio, apresenta boa confiabilidade e reprodutibilidade, podendo ser um instrumento validado para mensuração da ADM articular ativa de membros superiores. A sua participação nesta pesquisa consistirá em posicionar-se conforme orientação do examinador (sentado, deitado ou de pé) e realizar movimentos ativos de flexão, extensão, abdução, adução, rotação medial e rotação lateral de ombros; flexão, extensão, pronação e supinação de antebraços; e flexão, extensão, desvio radial e desvio ulnar de punhos, enquanto cada examinador avalia a ADM com cada um dos instrumentos. A utilização dos instrumentos será realizada de forma aleatória, ou seja, pode ser utilizado inicialmente o goniômetro e posteriormente o Inclinômetro digital de aplicativo de celular e vice-versa – e cada um dos três (03) avaliadores realizará três (03) medições para cada movimento articular, com cada um dos instrumentos, tanto no membro superior direito quanto no esquerdo, totalizando 168 medições por voluntário. Vale ressaltar que sua participação não é obrigatória e que a qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o (a) pesquisador (a) e nem com qualquer setor desta Instituição. Para a avaliação da ADM articular, será solicitado o uso de vestimentas que não cubram as articulações dos membros superiores, e caso você se sinta desconfortável ou constrangido poderá se retirar a qualquer momento do estudo. Considerando que ambos os instrumentos utilizados nesta pesquisa para a avaliação da ADM não são invasivos, sua participação traz riscos mínimos; e a qualquer sinal clínico de dor, queixa muscular ou cansaço ao movimentar o braço, a avaliação será interrompida. Como benefício, espera-se que, com esta pesquisa, o Inclinômetro digital de aplicativo de celular (*Nível de Laser e Inclinômetro*), seja um instrumento validado para a avaliação da ADM articular ativa dos membros superiores. As informações obtidas por meio desta pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a sua participação. Os dados serão divulgados de forma a não possibilitar a sua identificação, mas poderão ser divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos ou educativos. Você tem direito de conhecer e acompanhar os resultados dessa pesquisa. Participar desta pesquisa não implicará em nenhum custo para você, e, como voluntário, você também não receberá qualquer valor em dinheiro como compensação pela participação. Você será indenizado por danos eventuais decorrentes da sua participação na pesquisa. Você receberá uma via assinada pelo pesquisador, que deverá ser guardada, com o e-mail de contato destes pesquisadores que participarão da pesquisa e do Comitê de Ética em Pesquisa que a aprovou, para maiores esclarecimentos. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética

CEP IFRJ
R. Buenos Aires, 256 – 6º andar, sala 601, Centro, Rio de Janeiro - RJ, 20061-002
Tel: (21) 3293-6034 E-mail: cep@ifrj.edu.br

em Pesquisa (CEP) do Instituto Federal do Rio de Janeiro, Rua Buenos Aires, 256, Cobertura, Centro, Rio de Janeiro- telefone 3293-6034 de segunda a sexta-feira, das 9 às 12 horas, ou por meio do e-mail: cep@ifrj.edu.br. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão que controla as questões éticas das pesquisas na instituição e tem como uma das principais funções proteger os participantes de qualquer problema. Esse documento possui duas vias, sendo uma sua e a outra do(a) pesquisador(a) responsável.

Assinatura do(a) pesquisador(a) responsável

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, campus Realengo.

Nome do pesquisador: Jaqueline Nunes Burigo de Sá

Tel: (21) 98239-5959

E-mail: jaqueline.sa@ifrj.edu.br

Declaro que entendi os objetivos, os riscos e os benefícios da pesquisa, e os meus direitos como participante da pesquisa e concordo em participar.

Nome do(a) Participante da pesquisa

Data ____/____/____

Assinatura do(a) Participante

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEDEKAR, N.; SURYAWANSHI, M.; RAIKAR, S.; SANCHETI, P.; SHYAM, A. **Inter and intra-rater reliability of mobile device goniometer in measuring lumbar flexion range of motion.** J Back Musculoskelet Rehabil. 27(2): 161-166, 2014.

ENOKA, R.M. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia.** 2ª ed. São Paulo: Manole, 2000.

FIGUEIREDO, L.J.; GAFANIZ, A.R.; LOPES, G.S.; PEREIRA, R. **Aplicações de acelerômetros.** Lisboa, 2007. Disponível em (<https://docplayer.com.br/17264561-Aplicacoes-de-acelerometros.html>) acesso em 03 de abril de 2023, às 01:02.

JHONSON, L.C.; GROSS, M.T. **Intraexaminer Reliability, Interexaminer Reliability, and Mean Values for Nine Lower extremity Skeletal Measures in Healthy Naval Midshipmen.** J Orthop Sports Phys Ther. (25):253-263, 1997.

KAPANDJI, I.A. **Fisiologia Articular.** Volume 1. Ombro, cotovelo, pronos, supinação, punho e mão. 6ª ed. Ed. Guanabara Koogan, 2007.

KIM, T.S.; PARK, D.D.H.; LEE, Y.B.; HAN, D.G.; SHIM, J.S.; LEE, Y.J.; KIM, P.C. **A Study on the Measurement of Wrist Motion Range Using the iPhone 4 Gyroscope Application.** Annals of Plastic Surgery & Volume 73, Number 2, August 2014

LOPES, L.F.D. **Métodos Quantitativos.** 1ª edição. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

MARQUES, A.P. **Manual de Goniometria.** 2ª ed. Barueri, SP: Manole. ISBN 85-204-1627-6, 2003.

MULLANEY, J.M.; MCHUGH, M.; JOHNSON, C.P.; TYLER, T.F. **Reliability of shoulder range of motion comparing a goniometer to a digital level.** Physiotherapy Theory and Practice, Informa Healthcare, USA, 2010.

NORKI, C.C.; WRITE, D.J. **Medida do movimento articular: Manual de Goniometria.** 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 1997.

PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of clinical research: Applications to practice.** 2ª ed. New Jersey: Prentice Hall Health, p. 61 -75; 2000.

POURAHMADI, M.R.; TAKAMJANI, I.E.; SARRAFZADEH, J.; BAHRAMIAN, M.; MOHSENI-BANDPEI, M.A.; RAJABZADEH, F.; TAGHIPOUR, M. **Reliability and concurrent validity of a new iPhone® goniometric application for measuring**

active wrist range of motion: a cross-sectional study in asymptomatic subjects. J. Anat. 230, p 484 – 495; 2017.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>, 2023.

REVELLE, W. **Psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research.** Northwestern University, Evanston, Illinois. R package version 2.3.6, <https://CRAN.R-project.org/package=psych>, 2023.

ROME, K.M.; COWIESON, F. **A reliability study of the universal goniometer, fluid goniometer, and electrogoniometer for the measurement of ankle dorsiflexion.** Foot Ankle Int.17(1): 28-32; 1996.

VENTURINI, C.; ITUASSÚ, N.T.; TEIXEIRA, L.M.; DEUS, C.V.O. **Confiabilidade intra e inter-examinadores de dois métodos de medida de amplitude ativa de dorsiflexão de tornozelos em indivíduos saudáveis.** Revista Brasileira de Fisioterapia, São Carlos, v. 10, n. 4, Out./Dez. 2006.

SANTOS, C.M.; FERREIRA, G.; MALACCO, P.L.; SABINO, G.S.; MORAES, G.F.S.; FELÍCIO, D.C. **Confiabilidade intra e inter-examinadores e erro da medição no uso do goniômetro e inclinômetro digital.** Rev Bras Med Esporte – Vol. 18, No 1 – Jan/Fev, 2012

TEDESCHI, M.A. **Goniometria: sua prática e controvérsias.** Fisioter. Bras;3:42-47; 2002.

THOMPSON, C.W.; FLOYD, R.T. **Manual de cinesiologia estrutural.** São Paulo: Manole, 2002