

PAMELA CAVALHEIRO ESTEVES

**AVALIAÇÃO DA VALIDADE DO  
INCLINÔMETRO DIGITAL DE  
APLICATIVO DE CELULAR NA  
MENSURAÇÃO DA AMPLITUDE DE  
MOVIMENTO ARTICULAR ATIVA DO  
JOELHO**

PAMELA CAVALHEIRO ESTEVES

**AVALIAÇÃO DA VALIDADE DO INCLINÔMETRO DIGITAL DE  
APLICATIVO DE CELULAR NA MENSURAÇÃO DA AMPLITUDE DE  
MOVIMENTO ARTICULAR ATIVA DO JOELHO**

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

Orientador: Jaqueline Nunes Burigo de Sá  
Co-orientadora: Marcela Tamiasso Vieira

IFRJ – CAMPUS REALENGO

PAMELA CAVALHEIRO ESTEVES

**AVALIAÇÃO DA VALIDADE DO INCLINÔMETRO DIGITAL DE  
APLICATIVO DE CELULAR NA MENSURAÇÃO DA AMPLITUDE DE  
MOVIMENTO ARTICULAR ATIVA DO JOELHO**

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

Aprovada em 21 de dezembro 2023.

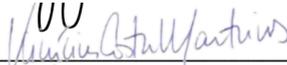
Conceito: 9 (nove)

Banca Examinadora



---

Jaqueline Nunes Burigo de Sá (Orientadora/IFRJ)



---

Vinícius Costa Martins (Docente do Curso de Fisioterapia/IFRJ)



---

Mônica Romitelli de Queiroz (Docente do Curso de Fisioterapia/IFRJ)



---

Marcela Tamiasso Vieira (Orientadora/IFRJ)

CIP - Catalogação na Publicação  
Bibliotecária: Alane Elias Souza – CRB7 6321

**E79a Esteves, Pamela Cavalheiro**

Avaliação da validade do inclinômetro digital de aplicativo de celular na mensuração da amplitude de movimento articular ativa do joelho / Pamela Cavalheiro Esteves - Rio de Janeiro , 2023.  
43 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. Amplitude de Movimento articular . 2. Joelho. 3. Goniômetro .  
4. Validade e confiabilidade do inclinômetro digital .

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

CDU615.8

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha imensa gratidão a Deus, por ter colocado cada uma das pessoas que citarei aqui em minha vida e por guiar meus passos e por conceder a saúde e a força necessárias para concluir esta etapa significativa em minha jornada.

Às minhas inspiradoras e admiráveis orientadoras, Jaqueline Sá e Marcela Tamiasso, expresso minha sincera gratidão. Sua notável capacidade de equilibrar múltiplos papéis como professoras, mães e pesquisadoras é verdadeiramente inspiradora. Além de suas responsabilidades cotidianas, elas também dedicam tempo a projetos acadêmicos desafiadores, demonstrando um compromisso incrível com o conhecimento e a excelência. Sou grata por serem exemplos de força, determinação e paixão, inspirando a todos ao seu redor com sua incansável busca pelo conhecimento e habilidade de gerenciar esses múltiplos papéis com tanta graça e competência.

À nossa estimada coordenadora, Mônica Romitelli, que não apenas desempenha um papel fundamental na coordenação do curso, mas também é uma fisioterapeuta exemplar, uma professora dedicada e um exemplo inspirador como mãe. Sua prontidão em resolver problemas e sua natureza acolhedora fizeram toda a diferença em minha jornada acadêmica. Seu apoio incansável e sua capacidade de conciliar tantos papéis com tanta graça e competência foram verdadeiramente inspiradores para mim e para todos que têm o privilégio de conhecê-la. Muito obrigada por todo apoio e orientação fornecidos ao longo destes anos.

À minha mãe, Claudia, palavras não são suficientes para expressar minha gratidão por todo apoio, incentivo e amor que você me deu ao longo da minha jornada na faculdade. Em momentos difíceis, quando tudo parecia desmoronar, você esteve ao meu lado, me apoiando financeira e emocionalmente. Sua presença e encorajamento foram fundamentais para que eu pudesse continuar e superar os momentos mais desafiadores. Você foi meu pilar, me mantendo de pé quando eu mais precisei. Sua dedicação e apoio inabaláveis são tesouros que levarei para sempre comigo. Obrigado por ser minha mãe e minha fonte constante de força e inspiração.

Aos professores Juliana Veiga, Felipe Reis, Leandro Calazans e Laura Oliveira, minha profunda gratidão a vocês por estarem presentes e serem compreensivos durante os

estágios II e III, um período em que enfrentei grandes desafios pessoais. Seu apoio, compreensão e acolhimento foram essenciais para que eu não desistisse, mesmo quando me encontrava no momento mais difícil da minha vida. A paciência e encorajamento que cada um de vocês me proporcionou foram verdadeiramente transformadores. Agradeço por estenderem suas mãos e me auxiliarem a seguir em frente, sempre me mostrando que havia uma luz no fim do túnel. Suas palavras e gestos de apoio foram fundamentais para minha jornada acadêmica e pessoal. Obrigado por serem professores excepcionais e por fazerem a diferença na minha vida.

Ao meu querido filho, Bernardo, minha maior fonte de inspiração e motivação. É por você que eu enfrento cada desafio e supero todas as dificuldades. Você é a razão pela qual levanto da cama todos os dias e luto para vencer. Tudo o que faço, faço por você.

Agradeço profundamente ao meu namorado, Phillipe, por seu apoio incondicional e compreensão durante esta fase intensa e estressante de conclusão do curso. Sua presença e apoio tornaram minha jornada mais leve e suportável, sendo um pilar fundamental para mim. Obrigado por estar ao meu lado e tornar tudo mais fácil.

A Anne Louise, não poderia finalizar esta jornada sem expressar meu grande agradecimento a você, minha melhor amiga que a faculdade me deu. Apesar de ser mais jovem, você tem sido uma fonte inesgotável de aprendizado para mim. Sua presença ao meu lado, seus conselhos sábios, as perspectivas diferentes que você trouxe para minha vida e até mesmo os puxões de orelha foram fundamentais para que eu chegasse até este ponto. Sua amizade e apoio têm um valor imensurável para mim e fizeram toda a diferença nessa jornada.

Com imensa gratidão, dedico este TCC ao meu amado pai, que infelizmente não está mais entre nós, mas cujo apoio e sonhos foram fundamentais para este momento. Seus ensinamentos foram a base para a mulher que me tornei, e por isso, este trabalho é também uma homenagem à sua memória. Além disso, dedico esta conquista ao meu saudoso avô, o grande motivo de ter escolhido a fisioterapia, pois foi ele quem me inspirou e motivou a cuidar dele, meu melhor amigo e confidente.

# AVALIAÇÃO DA VALIDADE DO INCLINÔMETRO DIGITAL DE APLICATIVO DE CELULAR NA MENSURAÇÃO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO ARTICULAR ATIVA DO JOELHO

## RESUMO

**Introdução:** A amplitude de movimento (ADM) articular é um aspecto importante na fisioterapia e pode ser avaliada por diferentes instrumentos, sendo o goniômetro universal o mais comum. No entanto, esse instrumento tem limitações de reprodutibilidade e complexidade. Por isso, tem se disseminado o uso de aplicativos de celular, como o Nível de Laser®, que medem os ângulos articulares usando os sensores de inclinação dos dispositivos móveis. Esse aplicativo tem vantagens de facilidade, custo e precisão, porém, devido à escassez literária sobre o assunto, vê-se necessário um avanço nessa área, permitindo uma avaliação mais precisa, confiável e padronizada da articulação do joelho. **Objetivo:** Avaliar a validade e confiabilidade das medições de ADM do joelho utilizando o inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser® para smartphone em adultos jovens saudáveis em diferentes posições: extensão em decúbito ventral (DV), extensão em ortostatismo, flexão em DV e flexão em decúbito dorsal (DD). **Metodologia:** Estudo transversal comparativo entre um teste (inclinômetro digital) e o padrão-ouro (goniômetro), com análise da variabilidade intra e interobservadores, em participantes entre 18 e 35 anos, de ambos os sexos, sem disfunções motoras e/ou lesões nos membros inferiores. A validade concorrente da inclinometria no joelho e a confiabilidade intra e interexaminador foram analisadas com o coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) e coeficiente de correlação intraclassa (CCI). **Resultados:** A confiabilidade intraexaminador foi ‘muito alta’ e a interexaminador variou de ‘pequena’ a ‘muito alta’ para o inclinômetro. Além disso, as medidas de ADM para flexão e extensão de joelho foram semelhantes no goniômetro e no inclinômetro ( $p > 0,05$ ), e a consistência entre as medidas foi moderada para extensão de joelho em DV e ‘fraca’ para flexão de joelho em DV e em DD. **Conclusão:** O inclinômetro digital de aplicativo de celular consegue medir valores angulares semelhantes ao goniômetro digital apesar das medidas não apresentarem consistência satisfatória. São necessárias mais evidências para confirmar a validade desse método.

Palavras-chave: validade, confiabilidade, inclinômetro digital de aplicativo de celular, ADM ativa, membros inferiores, joelho.

# EVALUATION OF THE VALIDITY OF THE DIGITAL INCLINOMETER OF A MOBILE APPLICATION IN THE MEASUREMENT OF THE ACTIVE JOINT RANGE OF MOTION OF THE KNEE

## ABSTRACT

**Introduction:** Joint range of motion (ROM) is an important aspect in physiotherapy and can be assessed using different instruments, with the universal goniometer being the most common. However, this instrument has reproducibility and complexity limitations. Therefore, the use of smartphone applications has become widespread, such as Laser Level®, which measure joint angles using the inclination sensors of mobile devices. This application has advantages of ease, cost and precision, however, due to the scarcity of literature on the subject, progress in this area is necessary, allowing a more accurate, reliable and standardized assessment of the knee joint. **Objective:** To evaluate the validity and reliability of knee ROM measurements using the Level de Laser® application digital inclinometer for smartphone in healthy young adults in different positions: prone extension (DV), standing extension, flexion in DV and flexion in supine position (DD). **Methodology:** Cross-sectional comparative study between a test (digital inclinometer) and the gold standard (goniometer), with analysis of intra- and interobserver variability, in participants between 18 and 35 years old, of both sexes, without motor dysfunctions and/or injuries in the lower members. The concurrent validity of knee inclinometry and intra- and inter-rater reliability were analyzed using Pearson's linear correlation coefficient (r) and intraclass correlation coefficient (ICC). **Results:** Intra-rater reliability was 'very high' and inter-rater reliability ranged from 'small' to 'very high'. Furthermore, ROM measurements for knee flexion and extension were similar on the goniometer and inclinometer ( $p > 0.05$ ), and the consistency between measurements was moderate for knee extension in DV and 'weak' for knee flexion. in DV and DD. **Conclusion:** The digital inclinometer using a cell phone application can measure angular values similar to the digital goniometer, although the measurements do not present satisfactory consistency. More evidence is needed to confirm the validity of this method.

Keywords: validity, reliability, mobile app digital inclinometer, active ROM, lower limbs, knee.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	8
1.2 BIOMECÂNICA DO JOELHO	9
<b>1.2.1 Anatomia óssea do joelho:</b>	10
<b>1.2.2 Ligamentos e sua importância na estabilidade:</b>	10
<b>1.2.3 Função dos Meniscos:</b>	11
<b>1.2.4 Papel dos Músculos:</b>	11
<b>1.2.5 Amplitude de Movimento do Joelho:</b>	12
<b>1.2.6 Carga e Estresse nas Articulações do Joelho:</b>	12
1.3 JUSTIFICATIVA	13
1.4 HIPÓTESE	14
1.5 OBJETIVOS	14
<b>1.5.1 Geral</b>	14
<b>1.5.2 Específicos</b>	14
<b>2 METODOLOGIA</b>	14
2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	14
2.2 DELINEAMENTO E ASPECTOS ÉTICOS	15
2.3 PARTICIPANTES	15
2.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS	16
<b>2.4.1. Goniômetro Universal</b>	17
2.4.1.1 Guia para medições dos movimentos utilizando o GU:	18
<b>2.4.2. Inclinômetro Digital De Aplicativo De Celular - Nível de Laser®</b>	21
2.4.2.1 Guia para medições dos movimentos utilizando o inclinômetro digital de aplicativo:	22
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
<b>3 RESULTADOS</b>	25
<b>4 DISCUSSÃO</b>	29

<b>5 CONCLUSÃO</b>	34
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	35
<b>SUMÁRIO DAS IMAGENS</b>	
<b>Figura 1-</b> Posicionamento do goniômetro para medir flexão de joelho em DD.	18
<b>Figura 2-</b> Posicionamento do goniômetro para medir flexão de joelho em DV.	19
<b>Figura 3 e 4-</b> Posicionamento do goniômetro para medir extensão de joelho em DV.	20
<b>Figura 5-</b> Posicionamento do goniômetro para medir extensão de joelho em ortostatismo.	20
<b>Figura 6-</b> Posicionamento do inclinômetro digital para medir flexão de joelho em DD.	22
<b>Figura 7-</b> Posicionamento do inclinômetro digital para medir flexão de joelho em DV.	22
<b>Figura 8-</b> Posicionamento do inclinômetro digital para medir flexão de joelho em DV.	23
<b>Figura 9-</b> Posicionamento do inclinômetro digital para medir flexão de joelho em DV.	23
<b>Figura 10-</b> Gráfico figurativo do percentual de voluntários dos sexos feminino e masculino.	25

## SUMÁRIO DE TABELA

<b>Tabela 1-</b> Estatística descritiva entre as medidas de amplitude de movimento ativa de joelho obtidas pelo goniômetro e pelo inclinômetro digital de aplicativo de celular.	25
<b>Tabela 2-</b> Confiabilidade Interexaminador	26
<b>Tabela 3-</b> Confiabilidade Intraexaminador	27
<b>Tabela 4-</b> Avaliação da validade do inclinômetro digital de aplicativo de celular para medidas de ADM articular de joelho através do Teste-T pareado.	28
<b>Tabela 5-</b> Avaliação da consistência entre as medidas de ADM ativa de joelho utilizando o goniômetro e o inclinômetro digital de aplicativo de celular, através do Teste de Correlação de Pearson.	29
<b>Tabela 6-</b> Tabela comparativa para confiabilidade intra e interexaminadores da ADM de Flexão de Joelho em DD no estudo de Santos et al., 2012 e no presente estudo.	31

## 1 INTRODUÇÃO

A amplitude de movimento (ADM) articular é um parâmetro essencial na avaliação e acompanhamento fisioterapêutico, sendo determinante para o prognóstico funcional dos pacientes. A ADM pode ser medida de forma passiva ou ativa, e existem diferentes instrumentos utilizados nessa avaliação, como o flexímetro, inclinômetros (analógicos ou digitais) e o goniômetro universal, sendo este último amplamente utilizado na prática clínica devido à sua acessibilidade, baixo custo e não invasividade (Keogh, et al. 2019).

Embora o goniômetro universal seja considerado padrão ouro e tenha confiabilidade e validade bem descritas na literatura, sua reprodutibilidade pode ser limitada, especialmente quando envolve diferentes examinadores. Além disso, seu manuseio pode ser complexo, exigindo a manipulação manual das posições dos braços fixo e móvel do instrumento (Mehta, et al. 2020).

Com o avanço tecnológico, muitos fisioterapeutas têm utilizado os aplicativos de celular, como o Nível de Laser®, que utilizam os sensores de inclinação dos dispositivos móveis para medir os deslocamentos angulares durante a avaliação da ADM articular. Essa abordagem oferece vantagens, como fácil manuseio, baixo custo e acessibilidade. O Nível de Laser® utiliza o giroscópio interno do celular para medir a direção da força da gravidade e ler ângulos com alta precisão (Cox, et al. 2018).

Segundo a ExaMobile S.A., que criou o app, Nível de Laser e inclinômetro (ferramenta de nivelamento) é um aplicativo de medição que possui indicadores de precisão digitais e analógicos. Os dados são exibidos em graus e porcentagens, podendo o usuário decidir conforme sua preferência. O inclinômetro, também conhecido como clinômetro, serve principalmente para medir ângulos verticais e calcular o ângulo de inclinação de qualquer objeto em relação à vertical definida pela força gravitacional. Tem como recursos adicionais a ação de calibrar o nível do seu aparelho e definir a precisão da medição.

No entanto, a literatura ainda carece de consenso em relação à avaliação da ADM usando o inclinômetro digital de aplicativo de celular. Sendo de grande valia estudos que estabeleçam a posição de teste, os procedimentos de medição e os pontos de referência para o Nível de Laser®, comparando-os com a goniometria, considerada o padrão ouro para uso clínico atualmente descrito na literatura.(Wang, et al. 2019).

A implantação de uma metodologia padronizada e confiável é fundamental para controlar as fontes de erro na medição da ADM e fornecer medidas consistentes. As variações na precisão das medidas de goniometria nas diferentes articulações do corpo foram relacionadas à diversidade dos pontos anatômicos de referência nos membros inferiores e às dificuldades na visualização precisa e marcação dos pontos anatômicos. O estudo de Silva et al. 2021, enfatizou a necessidade de experiência por parte do avaliador para melhorar a consistência dos dados, destacando a influência da habilidade do examinador na confiabilidade das medições. Em conjunto, esses estudos enfatizam a importância de considerar a sensibilidade dos instrumentos, a habilidade do avaliador e as complexidades anatômicas individuais na obtenção de medições precisas e confiáveis da ADM do joelho em diferentes contextos clínicos e de pesquisa. O presente estudo busca contribuir para o avanço nessa área, permitindo uma avaliação mais precisa e confiável da articulação do joelho, utilizando o inclinômetro digital de aplicativo de celular, o Nível de Laser®.

## 1.2 BIOMECÂNICA DO JOELHO

A compreensão da biomecânica das articulações é essencial para o diagnóstico e tratamento de lesões e condições relacionadas à mesma, bem como para o desenvolvimento de estratégias de reabilitação. Os profissionais de saúde, como fisioterapeutas e ortopedistas, utilizam os princípios biomecânicos para avaliar a função, identificar desequilíbrios musculares, planejar exercícios terapêuticos e recomendar medidas de prevenção de lesões (Silva et al. 2021).

A articulação do joelho é complexa, compreendendo três ossos - fêmur, tíbia e patela - e articulando-se em três superfícies distintas: tibiofemoral medial, tibiofemoral lateral e patelofemoral. Todas essas articulações estão envoltas por uma única cápsula articular. Em termos funcionais, o joelho é capaz de sustentar o peso corporal sem a

necessidade de contração muscular em posição ereta, além de participar em atividades como sentar, agachar e subir. Além disso, permite a rotação do corpo durante mudanças de direção. Na marcha, minimiza o gasto energético ao reduzir oscilações verticais e laterais do centro de gravidade, suportando forças verticais de 4 a 6 vezes o peso corporal. A versatilidade dos joelhos normais, como a capacidade de resistir a forças intensas, oferecer estabilidade e possibilitar uma ampla gama de movimentos, é notável. Enquanto a mobilidade é garantida pela estrutura óssea, a estabilidade é mantida pelos tecidos moles, como ligamentos, músculos e cartilagem. Lesões frequentemente associadas a atividades atléticas e ocupacionais nessas estruturas de estabilização geralmente resultam dos altos torques gerados pelas forças nos longos braços de alavanca do fêmur e da tíbia (Smith, et al., 1999).

A biomecânica do joelho envolve vários componentes e fatores importantes, incluindo:

### **1.2.1 Anatomia óssea do joelho:**

O joelho é composto pelo fêmur, tíbia e patela. O fêmur tem superfícies articulares condilares na extremidade distal, enquanto a tíbia tem superfícies articulares tibiais na extremidade proximal. A patela fica na frente do joelho e desliza sobre o fêmur durante o movimento (Hamill, et al., 1999).

### **1.2.2 Ligamentos e sua importância na estabilidade:**

Os ligamentos desempenham um papel fundamental na estabilidade da articulação do joelho, sendo sua localização específica determinante para resistir a deslocamentos ou luxações (Hall, 2016). Entre esses ligamentos, os colaterais tibiais e fibulares são responsáveis por evitar movimentos laterais, semelhantes aos ligamentos colaterais do cotovelo. O complexo ligamentar medial, integrado à cápsula articular e ao menisco medial, oferece resistência a forças de cisalhamento medial e forças rotacionais, conectando o epicôndilo medial do fêmur à região medial da tíbia. Por sua vez, o ligamento colateral fibular contribui para a estabilidade lateral, percorrendo da crista supra-epicondilar lateral do fêmur até a cabeça da fíbula. Os ligamentos cruzados anterior e posterior limitam respectivamente o deslizamento anterior e posterior do fêmur sobre os côndilos tibiais durante a flexão e extensão, prevenindo a hiperextensão

e estendendo-se das áreas intercondilares anterior e posterior da tíbia até as superfícies posteriores e anteriores dos côndilos femorais. Além disso, outros ligamentos como os poplíteos oblíquo e arqueado, o ligamento transverso e o trato iliotibial também desempenham papéis essenciais na integridade e estabilidade da articulação do joelho (Hall, 2016).

### **1.2.3 Função dos Meniscos:**

Os meniscos medial e lateral são importantes para a congruência das articulações tibiofemorais e para a distribuição da pressão. A remoção cirúrgica dos meniscos pode levar a um aumento da pressão nas superfícies articulares, podendo levar a problemas como a osteoartrite. Esses meniscos não são fixados nas superfícies articulares, inserindo-se na tíbia por meio de seus cornos nas fossas intercondilares e ligamentos coronários, conferindo-lhes mobilidade. Além disso, apresentam várias inserções, respondendo passiva e ativamente às forças durante a extensão e flexão do joelho, com movimentos anterior e posterior, ajustando-se à rotação axial dos côndilos femorais. No entanto, qualquer falha na coordenação do movimento, como uma torção súbita, pode resultar em lesões nos meniscos (Smith, et al. 1999).

### **1.2.4 Papel dos Músculos:**

Os músculos desempenham papéis cruciais na função da articulação do joelho, onde a extensão da perna, liderada pelo grupo muscular robusto dos quadríceps femorais, é essencial para a potência no membro inferior. Destaca-se a superioridade de força dos quadríceps em relação aos isquiotibiais, resultante de sua participação na aceleração negativa da perna e na contração constante contra a gravidade, evidenciando sua relevância em diversas atividades humanas (Hall, 2016). Além da extensão, a funcionalidade do joelho engloba movimentos cruciais, como flexão, rotação interna e externa. Os isquiotibiais, incluindo os músculos bíceps femoral, semimembranoso e semitendinoso, lideram a flexão e contribuem para a estabilidade articular, enquanto a coordenação dos músculos mediais e do bíceps femoral é fundamental para os movimentos de rotação interna e externa, desempenhando papéis essenciais na função global da articulação do joelho (Hall, 2016).

### **1.2.5 Amplitude de Movimento do Joelho:**

Os movimentos de flexão e extensão são essenciais na articulação do joelho, sendo que a flexão se refere ao movimento que aproxima a face posterior da perna da coxa, enquanto a extensão afasta a face posterior da perna da coxa. A amplitude desses movimentos é influenciada pela posição do quadril e pelas características do movimento. A chamada "hiperextensão" do joelho, que pode ocorrer passivamente até 10° além da posição de referência, é um termo erroneamente denominado e, em algumas circunstâncias, pode resultar em *genu recurvatum* por razões patológicas (Kapandji, 2000). A extensão ativa do joelho raramente ultrapassa a posição de referência, sendo sua eficácia dependente da extensão do quadril. A flexão do joelho varia em amplitudes conforme a posição do quadril e as modalidades do movimento, atingindo até 140° com o quadril flexionado e 120° com o quadril estendido, devido à diminuição da eficácia dos isquiotibiais. A flexão passiva, alcançando 160°, é crucial para avaliar a liberdade da flexão do joelho, com limitações frequentemente associadas à retração do quadríceps e a retrações capsulares em condições patológicas (Kapandji, 2000). Uma análise conduzida por Moser et al. (2010) revela diferenças conceituais entre cadeias cinéticas abertas e fechadas, destacando as vantagens e desvantagens de cada tipo. Enquanto alguns autores consideram os exercícios em cadeia cinética aberta como não funcionais devido à ausência de suporte de peso corporal e ao envolvimento de apenas uma articulação com o segmento distal livre, os exercícios em cadeia cinética fechada são percebidos como mais funcionais por suportarem o peso corporal e exigirem movimentos em múltiplas articulações para realizar o movimento global. A preferência por exercícios em cadeia cinética fechada parece se basear na sua relação com atividades de sustentação do peso corporal (Moser et al., 2010).

### **1.2.6 Carga e Estresse nas Articulações do Joelho:**

A articulação tibiofemoral enfrenta cargas de compressão e cisalhamento durante atividades diárias, sendo a força compressiva predominante na extensão completa do joelho. Durante a marcha, a força compressiva é ligeiramente superior a três vezes o peso corporal, aumentando para cerca de quatro vezes durante a subida de

escadas, com variação na distribuição dessas cargas entre os côndilos tibiais medial e lateral, sobrecarregando mais o côndilo medial. Os meniscos desempenham papel crucial na distribuição de cargas, suportando aproximadamente 45% da carga total, protegendo as superfícies articulares e reduzindo o desgaste. Em relação à articulação patelofemoral, a força compressiva durante a marcha normal equivale à metade do peso corporal, triplicando durante a subida de escadas, aumentando ainda mais com a flexão do joelho durante a sustentação de peso. O exercício de agachamento gera estresse significativo, alcançando uma força de reação na articulação patelofemoral de aproximadamente 7,6 vezes o peso corporal, aumentando com a profundidade do agachamento. Esses dados ressaltam a importância de compreender as forças nas articulações do joelho para orientar práticas seguras de atividades físicas, já que a sobrecarga pode ocasionar lesões meniscais e alterações biomecânicas como geno varo (sobrecarga medial) e geno valgo (sobrecarga lateral) (Hall, 2016).

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Sobrecargas e presença de dor nas articulações podem estar relacionadas a alterações na amplitude de movimento (ADM), manifestando-se em disfunções de movimento o que faz com que medições precisas de ADM sejam necessárias para diagnóstico e/ou acompanhamento, demandando assim, o uso de ferramentas confiáveis e válidas.

O goniômetro é uma ferramenta amplamente utilizada para medições de ADM por ser um dispositivo portátil, de fácil acesso e barato, com boa confiabilidade e validade para medições de amplitudes de movimento articulares. Um método alternativo para avaliar ADM é o inclinômetro digital de aplicativo de celular, um instrumento que tem uma vantagem sobre maior facilidade de manuseio e medição, mas que geralmente é um equipamento oneroso.

Nesse sentido, diferentes tecnologias de baixo custo têm sido desenvolvidas para uso clínico, dentre elas o aplicativo Nível de Laser®, um tipo de inclinômetro digital que é gratuito para *smartphone*, porém, não possui na literatura fiabilidade suficiente para que seja usado para avaliar ADM. Sabendo ser essencial observar que o dispositivo tenha níveis aceitáveis de confiabilidade e validade para seu uso clínico, é importante avaliar o desempenho da ferramenta em diferentes protocolos ou posições para sua utilização visando a padronização do uso.

## 1.4 HIPÓTESE

O inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser® apresenta boa confiabilidade e reprodutibilidade, podendo ser um instrumento validado para medir a ADM ativa das articulações do joelho.

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Geral

Avaliar a validade e a confiabilidade das medições de ADM do joelho utilizando o inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser® para smartphone em adultos jovens saudáveis em diferentes posições.

### 1.5.2 Específicos

- Sugerir posições e técnicas a fim de reduzir erros na utilização do aplicativo;
- Eleger ao menos uma técnica para as seguintes amplitudes de movimento: flexão/ extensão de joelho;
- Fazer o estudo comparativo entre a técnica selecionada com o goniômetro universal e o inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser®.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Primeiramente, para a elaboração deste projeto, foi conduzida uma pesquisa bibliográfica abrangendo os termos "ROM", "range of motion", "inclinometer", "knee" e "goniometer" nas principais bases de dados dedicadas à área da saúde, como PEDro, LILACS, PubMed e SciELO. Essas bases de dados foram selecionadas por serem acessíveis gratuitamente. O objetivo dessa pesquisa foi analisar as técnicas de medição da amplitude de movimento (ADM) dos movimentos articulares do joelho atualmente

utilizadas para o inclinômetro digital de aplicativo de celular, bem como aquelas já estabelecidas para o goniômetro universal (GU).

## 2.2 DELINEAMENTO E ASPECTOS ÉTICOS

O objetivo do presente estudo foi realizar um estudo transversal comparativo entre um teste e o padrão-ouro, além de realizar uma análise da variabilidade intra e interexaminador. Dessa forma, ele pode ser descrito como um estudo de validade e confiabilidade do instrumento Inclinômetro Digital de aplicativo de celular Nível de Laser® na medição da amplitude de movimento articular ativa dos joelhos. O estudo 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 Parecer consubstanciado número: 6.112.085. Todos os participantes receberam informações claras sobre os objetivos da pesquisa, e aqueles que optaram por participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO 1).

## 2.3 PARTICIPANTES

O número de participantes foi definido a partir do cálculo da amostra, foi realizado cálculo amostral considerando poder de 80, nível de significância 5%, tamanho de efeito ( $r=0.51$ ) para o teste de correlação de Pearson.

O estudo contou com a participação de 30 pessoas, dentre elas estavam acadêmicos do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio de Janeiro (IFRJ) *campus* Realengo, e adultos do bairro de Campo Grande no Rio de Janeiro, que não apresentassem disfunções motoras e/ou lesões nos membros inferiores. A faixa etária dos participantes foi entre 18 e 35 anos, e ambos os sexos foram incluídos. A seleção dos voluntários foi realizada por meio de convite verbal, realizado no próprio *campus* Realengo, e/ou convite digital, através de grupos de WhatsApp com estudantes do IFRJ *campus* Realengo e moradores do bairro Campo Grande.

Foram excluídos do estudo os voluntários que apresentaram queixas nos membros inferiores que dificultassem ou impedissem a realização dos testes. A coleta de dados ocorreu em uma das salas do IFRJ, *campus* Realengo e em sala no bairro de Campo Grande, no Rio de Janeiro.

## 2.4 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

Antes do início da coleta de dados, um estudo preliminar foi conduzido para treinar os três avaliadores responsáveis pelas medições, no manuseio dos instrumentos utilizados: o goniômetro universal e o inclinômetro digital de um aplicativo de celular Nível de Laser®, sendo todos estudantes de Fisioterapia do IFRJ. Este estudo definiu os posicionamentos/referências e especificações de manuseio, que encontram-se descritos para cada instrumento nos itens 2.4.1; 2.4.2.

Inicialmente, os voluntários recrutados foram informados sobre os objetivos da pesquisa e, após concordarem em participar, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Em seguida, eles passaram por uma triagem com base nos critérios de inclusão e exclusão do estudo. Depois de coletada as informações pessoais de cada voluntário, como idade e gênero, uma avaliação da Amplitude de Movimento (ADM) ativa do joelho era realizada.

A ordem de utilização dos instrumentos para avaliar a ADM ativa do joelho foi de livre escolha de cada avaliador.. Cada avaliador usou os dois instrumentos para medir duas posturas distintas: flexão e extensão de um joelho de cada participante, realizando três medições para cada postura. Isso resultou em um total de 24 medições por indivíduo.

Utilizou-se o seguinte *modus operandi* para avaliação dos 30 participantes voluntários:

- Para avaliar a confiabilidade interexaminador: 6 voluntários medidos 3 vezes em 4 posturas diferentes por 3 avaliadores.
- Para avaliar a confiabilidade intraexaminador: o mesmo processo repetido após 7 dias.
- Para avaliar validade: Os outros 24 voluntários foram medidos no decorrer de duas semanas, cada um foi submetido a três medições de cada movimento articular do joelho, com o goniômetro e o inclinômetro digital de aplicativo de celular, por um único examinador, em um único dia.

A seguir, estão descritos os posicionamentos/referências para cada instrumento utilizado, bem como suas especificações:

### 1. Goniômetro Universal:

Posicionamento: O goniômetro foi aplicado sobre as articulações específicas a serem avaliadas no joelho, seguindo as orientações anatômicas.

Especificações: O goniômetro deve possuir uma escala de medição clara e precisa, permitindo a leitura da amplitude de movimento em graus.

## 2. Inclinômetro Digital de Aplicativo de Celular (Nível de Laser®):

Posicionamento: O inclinômetro digital de aplicativo de celular foi fixado diretamente na pele do voluntário, sobre as articulações a serem avaliadas no joelho, seguindo as orientações anatômicas.

- Especificações: O aplicativo do inclinômetro digital deve ser devidamente calibrado e possuir uma interface intuitiva, permitindo a leitura precisa da amplitude de movimento em graus.

É importante ressaltar que os procedimentos de posicionamento e uso dos instrumentos foram padronizados e seguidos rigorosamente durante a coleta de dados.

### 2.4.1. Goniômetro Universal

Foi empregado o goniômetro Universal da marca Carci®, confeccionado em acrílico, com dimensões de 22 cm x 2,0 mm. O protocolo estabelecido por Marques (2003) foi adotado como referência anatômica e para orientar o posicionamento dos participantes durante a avaliação.

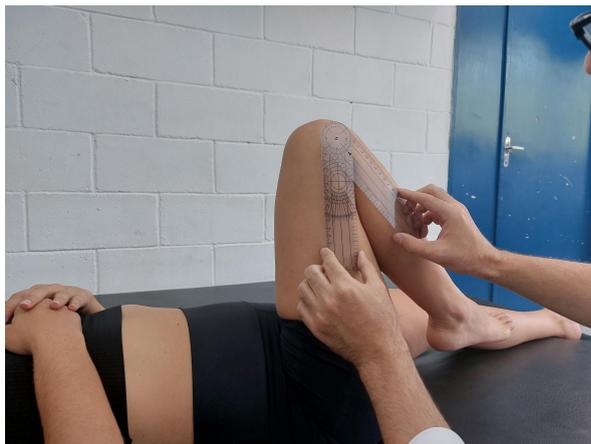
#### 2.4.1.1 Guia para medições dos movimentos utilizando o GU:

**Flexão de joelho em decúbito dorsal:** 0-140 graus (FIGURA 1).

Posição ideal: O indivíduo deitado em decúbito dorsal com o joelho e o quadril fletidos.

Braço fixo do goniômetro: Paralelo à superfície lateral do fêmur dirigido para o trocânter maior.

**Figura 1** - Posicionamento do goniômetro para medir flexão de joelho em DD.



Fonte: Imagem própria.

Braço móvel do goniômetro: Paralelo à face lateral da fibula dirigido para o maléolo lateral.

Eixo: Sobre a linha articular da articulação do joelho.

Leitura: Posicionar o fêmur em 90° primeiro para a partir daí posicionar o braço móvel. É necessário tomar precauções para evitar que o paciente se mova e, assim, não perca a flexão do quadril em 90 graus.

**Flexão do joelho em decúbito ventral: 0°-140°** (Marques, 2003).

Posição inicial: O indivíduo deve permanecer deitado em decúbito ventral, com joelho estendido e os pés para fora da maca (FIGURA 2).

**Figura 2** - Posicionamento do goniômetro para medir flexão de joelho em DV.



Fonte: Imagem própria.

Braço fixo do goniômetro: Deve ser colocado paralelo à superfície lateral do fêmur dirigido para o trocânter maior.

Braço móvel do goniômetro: Deve ser colocado paralelo à face lateral da fibula dirigido para o maléolo lateral.

Eixo: Sobre a linha articular da articulação do joelho.

Teste: o paciente flexiona o joelho e o avaliador acompanha o movimento da perna com o braço móvel do goniômetro.

Precauções: Evitar a rotação do quadril, assim como a extensão e qualquer flexão adicional.

Observação: se houver encurtamento do músculo reto femoral, a ADM de flexão de joelho será influenciada para menos nesta posição.

**Extensão do joelho em decúbito ventral: 0°-140° (Marques, 2003).**

Posição ideal: O paciente em decúbito ventral, a extensão corresponde ao retorno a partir de sua flexão e ocorre no plano sagital (FIGURA 3 e 4).

**Figura 3 e 4 -** Posicionamento do goniômetro para medir extensão de joelho em DV.



Fonte: Imagem própria.

Braço fixo do goniômetro: Deve ser colocado paralelo à superfície lateral do fêmur dirigido para o trocânter maior.

Braço móvel do goniômetro: Deve ser colocado paralelo à face lateral da fibula dirigido para o maléolo lateral.

Eixo: Sobre a linha articular da articulação do joelho.

Observação: esta posição é interessante quando nitidamente existe uma redução da extensão do joelho.

**Extensão do joelho em ortostatismo:** 0°-140° (Marques, 2003).

Posição ideal: Indivíduo em pé com os tornozelos juntos. A medida deve ser feita com o indivíduo em perfil (FIGURA 5).

**Figura 5** - Posicionamento do goniômetro para medir extensão de joelho em ortostatismo.



Fonte: Imagem própria.

Braço fixo do goniômetro: Ao longo da superfície lateral da coxa em direção ao trocânter maior do fêmur.

Braço móvel do goniômetro: Na fíbula em direção ao maléolo lateral do tornozelo.

Eixo: Côndilo lateral do fêmur.

Observação: esta posição favorece a observação da hiperextensão, ou *recurvatum* de joelho.

#### **2.4.2. Inclinômetro Digital De Aplicativo De Celular - Nível de Laser®**

O Nível de Laser® é um aplicativo de celular que funciona como um inclinômetro digital, projetado para medir a inclinação de uma superfície em relação à linha de gravidade. Seu uso pode ser adaptado para medir as amplitudes de movimento articulares, incluindo a articulação do joelho, para isso, deve-se adicionar alguns cálculos específicos para cada movimento, como salientado a seguir. O aplicativo utiliza os sensores do smartphone para fornecer leituras precisas dos ângulos de movimento. A medição da amplitude de movimento com o Nível de Laser® segue algumas etapas básicas:

1. Baixar e instalar o aplicativo: Localizar e baixar o aplicativo Nível de Laser® na loja de aplicativos do smartphone. Selecionar uma versão confiável e atualizada.

2. Abrir o aplicativo e calibrar: Iniciar o aplicativo Nível de Laser® e seguir as instruções para calibrá-lo conforme orientado, garantindo precisão na leitura dos ângulos de movimento.

3. Posicionar o smartphone: Posicionar o smartphone na área do corpo a ser medida para a amplitude de movimento. Utilizar um guia específico, como para medir flexão e extensão dos joelhos.

4. Realizar a medição: Executar o movimento desejado para medir a amplitude de movimento. O aplicativo Nível de Laser® exibirá o ângulo na tela do celular.

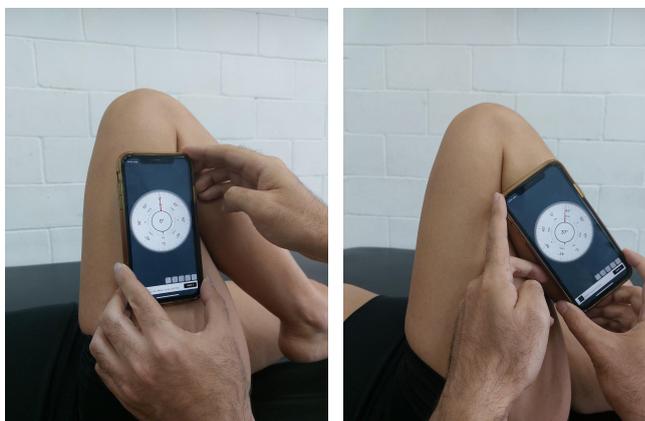
5. Repetir o processo: Repetir a medição várias vezes para assegurar leituras consistentes e confiáveis. Verificar o posicionamento correto do smartphone e manter o movimento dentro do plano adequado.

Este trabalho, analisará apenas as medições dos movimentos articulares dos joelhos.

#### 2.4.2.1 Guia para medições dos movimentos utilizando o inclinômetro digital de aplicativo:

**Flexão de joelho em decúbito dorsal:** posicionar fêmur à  $0^{\circ}$ , que neste caso, é quando o quadril está em 90 graus de flexão; em seguida, posicionar instrumento lateralmente na tíbia e diminuir o valor encontrado de  $180^{\circ}$  (FIGURA 6). Exemplo:  $180-40: 140$ .

**Figura 6** - Posicionamento do inclinômetro digital para medir flexão de joelho em DD.



Fonte: Imagem própria.

**Flexão de joelho em decúbito ventral:** posicionar o paciente com joelho flexionado a 90 graus e alinhar o inclinômetro com o ponteiro indicando posição 0 graus. Posicionar o aparelho paralelo à perna, apontando na direção do maléolo lateral e somar o valor encontrado por 90 (FIGURA 7). Exemplo:  $90 + 50 = 140^\circ$ .

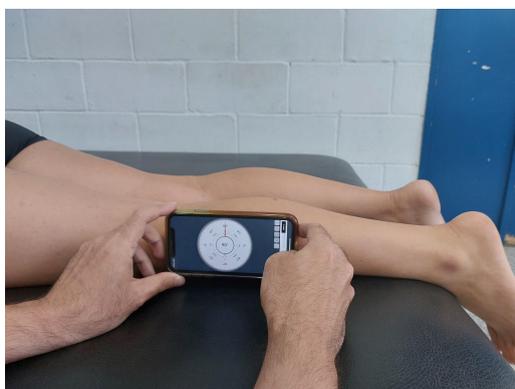
**Figura 7** - Posicionamento do inclinômetro digital para medir flexão de joelho em DV.



Fonte: Imagem própria.

**Extensão de joelho em decúbito ventral:** posicionar o aparelho na face lateral da perna, paralelamente à fíbula, em direção ao maléolo lateral. Neste caso,  $90^\circ$  equivale a  $0^\circ$ , pois o inclinômetro calcula o ângulo de inclinação da tíbia nesta posição em relação à gravidade. (FIGURA 8)

**Figura 8** - Posicionamento do inclinômetro digital para medir flexão de joelho em DV.



Fonte: Imagem própria

**Extensão de joelho em ortostatismo:** Posicionar o aparelho paralelamente à coxa do paciente em direção ao trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do fêmur. Fazer a medida e em seguida posicionar o aparelho paralelamente à fíbula, em direção ao maléolo lateral e medir novamente. Somar os ângulos. Em casos de hiperextensão, o resultado é a soma dos valores observados, exemplo:  $2+2=4^\circ$ . Em casos de hipoextensão o valor somado passa a ser negativo, exemplo:  $2+2=4$  que passa a ser considerado  $-4^\circ$ , ou seja, faltam 4 graus para estender completamente o joelho. Em casos próximos ao padrão (que é  $0^\circ$ ), arredondar para  $0^\circ$  (FIGURA 9).

**Figura 9** - Posicionamento do inclinômetro digital para medir flexão de joelho em DV.



Fonte: Imagem própria.

## 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

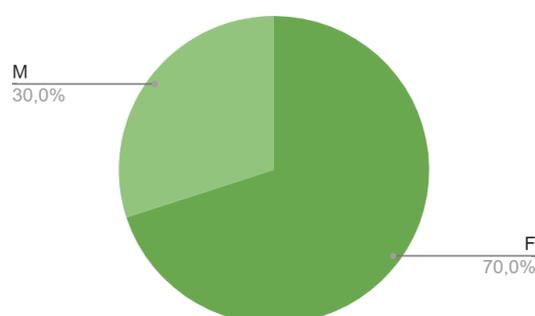
Cada medida de Amplitude de Movimento (ADM) ativa de joelho foi realizada três vezes para cada participante, e a média dos três valores foi considerada na análise. Os dados iniciais da medida da Amplitude de Movimento (ADM) ativa do joelho, obtidos durante a participação dos voluntários no estudo da confiabilidade intraexaminador, foram empregados na análise da validade do inclinômetro digital. Os seis voluntários que participaram da confiabilidade interexaminador tiveram seus dados coletados por 3 avaliadores diferentes, sendo que, para o estudo da validade do inclinômetro digital, apenas os dados de uma das três mensurações da ADM ativa do joelho foi escolhida de maneira aleatória.

Para determinar a confiabilidade intraexaminador e interexaminador, utilizamos modelos de Coeficiente de Correlação Intraclassa (CCI) (2, k). A confiabilidade foi categorizada como 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), seguindo os critérios definidos por Jonhson e Gross (JONHSON & GROSS, 1997).

A validade do inclinômetro digital de aplicativo de celular para medir as variáveis do estudo foi avaliada por meio do Teste t pareado e do Coeficiente de Correlação de Pearson. O Teste t pareado analisou se existe diferença entre as medidas realizadas pelo inclinômetro digital em comparação às realizadas pelo goniômetro universal. Um valor de  $p \leq 0,05$  indica diferença significativa entre os grupos, enquanto  $p \geq 0,05$  indica ausência de diferença significativa. Já o Coeficiente de Correlação de Pearson foi utilizado para classificar a consistência das análises entre os instrumentos. Elas foram classificadas 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). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o software R (R CORE TEAM, 2023) com o pacote psych (REVELLE, 2023) para o cálculo do CCI.

### 3 RESULTADOS

No estudo, um total de 30 participantes estiveram envolvidos, consistindo em 9 homens e 21 mulheres, correspondendo a 30% e 70%, respectivamente, do conjunto de participantes, conforme ilustrado na FIGURA 10.



**Figura 10** - Gráfico figurativo do percentual de voluntários dos sexos feminino e masculino.

A idade mínima dos voluntários foi de 18 anos, a máxima de 35 anos, tendo uma média de idade de 27 anos, contando com um desvio padrão de 4,99.

A TABELA 1 descreve os valores mínimo e máximo obtidos nas medições de ADM, bem como as correspondentes médias e desvio padrão, de acordo com cada instrumento utilizado.

<b>Medida</b>	<b>média</b>	<b>dp</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Extensão Joelho em DV - Goniômetro	0,81	0,91	0,00	3,00
Extensão Joelho em DV- Inclinaçãometro	0,86	0,95	0,00	4,00
Extensão Joelho em Ortostatismo - Goniômetro	0,63	0,87	0,00	3,00
Extensão Joelho em Ortostatismo - Inclinaçãometro	1,51	2,05	0,00	11,00
Flexão Joelho em DD - Goniômetro	127,44	5,04	113,00	136,00
Flexão Joelho em DD - Inclinaçãometro	126,45	8,30	104,00	138,00
Flexão Joelho em DV - Goniômetro	117,31	7,36	100,00	132,00
Flexão Joelho em DV - Inclinaçãometro	117,33	6,45	104,00	137,00

**Tabela 1** - Estatística descritiva entre as medidas de amplitude de movimento ativa de joelho obtidas pelo goniômetro e pelo inclinômetro digital de aplicativo de celular.

Legenda: DD - decúbito dorsal, DV: decúbito ventral. Valores obtidos são em graus.

A TABELA 2 demonstra confiabilidade interexaminador baixa para Flexão Joelho em DD e Extensão Joelho em DV, ambas com o goniômetro, alta para Extensão Joelho em Ortostatismo, tanto com o goniômetro quanto com o inclinômetro e muito alta para Flexão Joelho em DD e em DV com o inclinômetro.

<b>Confiabilidade Interexaminador</b>						
<b>Medida</b>	<b>Tipo</b>	<b>ICC</b>	<b>p-valor</b>	<b>Limite Inferior</b>	<b>Limite Superior</b>	<b>Classificação da confiabilidade</b>
Extensão Joelho em DV - Goniômetro	ICC2k	0,29	0,3092	-1,55	0,85	Baixa
Extensão Joelho em DV- Inclinômetro	ICC2k	0,55	0,0902	-0,14	0,90	Moderada
Extensão Joelho em Ortostatismo - Goniômetro	ICC2k	0,87	0,0032	0,61	0,97	Alta
Extensão Joelho em Ortostatismo - Inclinômetro	ICC2k	0,80	0,0129	0,38	0,96	Alta
Flexão Joelho em DD - Goniômetro	ICC2k	0,44	0,1294	-0,23	0,86	Baixa
Flexão Joelho em DD - Inclinômetro	ICC2k	0,90	0,0009	0,70	0,98	Muito alta
Flexão Joelho em DV - Goniômetro	ICC2k	0,21	0,3620	-2,48	0,85	Pequena
Flexão Joelho em DV - Inclinômetro	ICC2k	0,91	0,0003	0,70	0,98	Muito Alta

**Tabela 2** - Confiabilidade Interexaminador

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).

Os valores obtidos para os dois testes com intervalo de 7 dias estão apresentados na TABELA 3 para a variável confiabilidade intraexaminador, a qual demonstrou diferença estatisticamente significativa considerada muito alta para todas as medições, tanto com o goniômetro quanto com o inclinômetro.

<b>Confiabilidade Intraexaminador</b>						
<b>Medida</b>	<b>Tipo</b>	<b>ICC</b>	<b>p</b>	<b>Limite Inferior</b>	<b>Limite Superior</b>	<b>Classificação da confiabilidade</b>
Extensão Joelho em DV - Goniômetro	ICC2k	0,96	0,0021	0,80	0,99	Muito Alta
Extensão Joelho em DV- Inclinômetro	ICC2k	1,00	1,00E-05	0,98	1,00	Muito Alta
Extensão Joelho em Ortostatismo - Goniômetro	ICC2k	1,00	2,34E-07	0,99	1,00	Muito Alta
Extensão Joelho em Ortostatismo - Inclinômetro	ICC2k	1,00	3,36E-78	1,00	1,00	Muito Alta
Flexão Joelho em DD - Goniômetro	ICC2k	0,96	0,0007	0,76	0,99	Muito Alta
Flexão Joelho em DD - Inclinômetro	ICC2k	0,99	6,06E-05	0,95	1,00	Muito Alta
Flexão Joelho em DV - Goniômetro	ICC2k	0,96	0,0005	0,69	0,99	Muito Alta
Flexão Joelho em DV - Inclinômetro	ICC2k	0,96	0,0012	0,82	0,99	Muito Alta

**Tabela 3** - Confiabilidade Intraexaminador

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).

Os resultados de validade para cada um dos instrumentos utilizados são apresentados a seguir com o Teste t pareado que é utilizado para determinar se a diferença nas médias entre duas observações pareadas é estatisticamente significativa. Neste teste, as mesmas respostas são medidas para amostras diferentes, observadas, por exemplo, por dois métodos distintos. Para aplicar este teste, variáveis pareadas são utilizadas, sendo que as variáveis pareadas devem ser contínuas e normalmente distribuídas (MISHRA et al., 2019).

O presente estudo mostrou que as medidas de ADM para flexão e extensão de joelho são semelhantes no goniômetro e no inclinômetro, com um valor de p maior do que 0,05 ( $p > 0,05$ ), sendo exceção, a flexão de joelho em DD, a única medida com diferença significativa entre as médias dos valores medidos pelo inclinômetro e pelo goniômetro (TABELA 4).

Teste-T Pareado Validade					
	t	df	p-valor	IC-Inferior	IC-Superior
Extensão Joelho em DV	-0,1596	29	0,8743	-0,3071	0,2626
Extensão Joelho em Ortostatismo	-1,6901	29	0,1017	-1,3260	0,1261
Flexão Joelho em DD	3,0624	29	0,0047	1,4909	7,4868
Flexão Joelho em DV	0,1302	29	0,8973	-2,6517	2,9713

**Tabela 4** - Avaliação da validade do inclinômetro digital de aplicativo de celular para medidas de ADM articular de joelho através do Teste-T pareado. 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.

Para avaliar a validade do inclinômetro, comparando-o com o goniômetro, também foi utilizado o Coeficiente de Correlação de Pearson (TABELA 5), que indica o nível de relação linear entre duas variáveis, com valores entre -1 e 1. Valores próximos de -1 representam uma forte correlação negativa, enquanto valores próximos de 1 representam uma forte correlação positiva entre as variáveis estudadas (Balbi, 2021). Os resultados seguiram os critérios propostos por Lopes (2016), que classificam a correlação 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 ( $r = 1$ ). Adotou-se um nível de significância de  $p < 0,05$ . Os resultados do Teste de Correlação de Pearson indicaram correlações positivas fracas nas medidas de flexão de joelho, moderada em extensão de joelho em DV e muito fraca em extensão de joelho em ortostatismo.

Teste de Correlação de Pearson Validade						
	rho	df	p-valor	IC-Inferior	IC-Superior	Classificação da Validade
Extensão Joelho em DV	0,4721	28	0,0084	0,1347	0,7113	Moderada
Extensão Joelho em Ortostatismo	0,0626	28	0,7425	-0,3046	0,4135	Muito fraca
Flexão Joelho em DD	0,3793	28	0,0387	0,0220	0,6506	Fraca
Flexão Joelho em DV	0,3350	28	0,0704	-0,0288	0,6204	Fraca

**Tabela 5** - Avaliação da consistência entre as medidas de ADM ativa de joelho utilizando o goniômetro e o inclinômetro digital de aplicativo de celular, através do Teste de Correlação de Pearson. 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 ( $r = 1$ )

#### 4 DISCUSSÃO

No presente estudo, investigou-se a confiabilidade e a validade das medidas da Amplitude de Movimento (ADM) de flexão e extensão do joelho em adultos jovens saudáveis. Utilizou-se o inclinômetro digital de aplicativo de celular Nível de Laser® para *smartphone* e o goniômetro universal (GU) como instrumentos de avaliação.

Apesar das limitações identificadas, os inclinômetros digitais de aplicativo de celular surgem como ferramentas promissoras para a avaliação da amplitude de movimento, tanto na prática clínica quanto na pesquisa. No entanto, sua eficácia depende diretamente da observação criteriosa dos critérios de confiabilidade e validade ao serem utilizados por profissionais da saúde e pesquisadores. Dessa forma, é fundamental uma abordagem cuidadosa e padronizada no emprego desses dispositivos, visando assegurar sua confiabilidade e efetividade como instrumentos válidos na avaliação da amplitude de movimento articular.

Os resultados demonstraram uma confiabilidade intraexaminador consistentemente muito alta para todas as medições, independentemente do instrumento utilizado. Por outro lado, foi observado alta confiabilidade para a Extensão do Joelho em posição Ortostática, tanto com o goniômetro quanto com o inclinômetro, e uma confiabilidade muito alta para a Flexão do Joelho em DD e DV com o inclinômetro. Em contraste, houve uma variabilidade na confiabilidade interexaminador, evidenciando

níveis baixos para a Flexão do Joelho em Decúbito Dorsal (DD) e Extensão do Joelho em Decúbito Ventral (DV) ao utilizar o goniômetro.

Ao comparar os valores angulares medidos com o inclinômetro em relação ao goniômetro, notou-se semelhanças predominantes na maioria das medições, com exceção da Flexão do Joelho em DD, na qual houve uma diferença significativa entre as médias obtidas pelos dois instrumentos. Além disso, ao considerar a validade do inclinômetro em comparação com o goniômetro, identificou-se correlações fracas a moderadas para diferentes movimentos. Destacaram-se correlações fracas nas duas medidas de flexão do joelho, moderadas na extensão do joelho em Decúbito Ventral (DV), e muito fracas na extensão do joelho em posição Ortostática.

Os resultados deste estudo foram comparados com os de Santos et al. (2012), e apresentaram aspectos convergentes e divergentes. Ambos os estudos destacaram a importância da confiabilidade e validade das medições. Vale ressaltar que no estudo de Santos et al (2012) foi usado apenas uma posição para cada movimento; tanto a flexão quanto a extensão foram medidas em decúbito dorsal de forma passiva. Já no presente estudo, foi realizada a mesma postura em flexão do estudo de Santos et al (2012), com a diferença de termos avaliado de forma ativa a ADM do joelho, adicionando as medições da flexão em decúbito ventral, da extensão em decúbito ventral e em ortostatismo. No entanto, observou-se que os valores de confiabilidade inter e intraexaminadores no estudo de Santos et al. (2012) foram consistentemente altos para a flexão com os dois instrumentos, goniômetro (ICC= 0,95 intra e ICC=0,96 inter) e inclinômetro (ICC= 0,97 intra e ICC=0,98 inter), e baixos a moderados para a extensão com o goniômetro (ICC=0,47 intra e ICC=0,69 inter) e moderados a altos com o inclinômetro (ICC=0,79 intra e ICC=0,55 inter). Já neste estudo, revelou-se uma maior variabilidade nos níveis de confiabilidade, especialmente em certas posições e movimentos nos valores interexaminadores (ICC=0,21 a ICC=0,91), e valores muito altos para intraexaminadores (ICC=0,96 a 1,0). Além disso, este estudo encontrou diferença significativa entre as médias (ICC=0,44 inter a ICC=0,99 intra) *apenas* na flexão de joelho em decúbito dorsal (DD), enquanto o estudo de Santos et al. (2012) confirmou que o inclinômetro (ICC= 0,98) foi mais confiável do que o goniômetro (ICC=0,96) na medição da amplitude de movimento (ADM) do joelho, não apresentando grande variabilidade entre as médias de ambos os instrumentos.

<b>Tabela comparativa para confiabilidade intra e interexaminadores da ADM de Flexão de Joelho em DD</b>							
<b>Santos et al., 2012</b>				<b>Presente Estudo</b>			
<b>Inclinômetro</b>		<b>Goniômetro</b>		<b>Inclinômetro</b>		<b>Goniômetro</b>	
<b>Intra</b>	<b>Inter</b>	<b>Intra</b>	<b>Inter</b>	<b>Intra</b>	<b>Inter</b>	<b>Intra</b>	<b>Inter</b>
ICC= 0,97	ICC=0,98	ICC= 0,95	ICC=0,96	ICC=0,99	ICC=0,90	ICC=0,95	ICC= 0,44

**Tabela 6** - Tabela comparativa para confiabilidade intra e interexaminadores da ADM de Flexão de Joelho em DD no estudo de Santos et al., 2012 e no presente estudo.

Legenda: Intra: Intraexaminadores, Inter: Interexaminadores.

O estudo de Silva et al. (2021) avaliou a confiabilidade do uso do goniômetro universal (GU) e do inclinômetro digital de aplicativo na medida de amplitude articular de extensão de joelho em decúbito dorsal de forma passiva. Esta posição não foi utilizada neste estudo, porém, notou-se uma similaridade com o presente estudo quanto à variabilidade dos níveis de confiabilidade nos valores interexaminadores. O estudo de Silva et al. (2021), apresentou uma correlação fraca a boa (ICC=-0,620 a ICC= 0,844) entre os instrumentos, com variação significativa na confiabilidade interexaminadores (goniômetro universal: ICC=0,690 a ICC=0,952; inclinômetro digital de aplicativo: ICC=0,684 a ICC=0,938), sugerindo que a sensibilidade do instrumento e as dificuldades em posicionar corretamente o braço do inclinômetro digital no ponto de referência, influenciadas pela estrutura musculoesquelética individual podem ter afetado os resultados. Neste estudo, a hipótese para a grande variabilidade dos níveis de confiabilidade nos valores interexaminadores foi a falta de habilidade por parte deles.

Dando continuidade a fatores que influenciam nos resultados das medidas de ADM com os instrumentos, podemos citar o estudo de Wellmon et al. (2016), o qual procurou estabelecer métodos padronizados para a medição da Amplitude de Movimento (ADM) em movimentos articulares do corpo humano, utilizando goniômetro e inclinômetros digitais de smartphones, contribuindo com importantes considerações para a confiabilidade e validade das medições. Três fisioterapeutas experientes aplicaram diferentes instrumentos e aplicativos de inclinômetro digital para medir e comparar mudanças angulares em movimentos articulares padronizados. Embora tenha sido constatada uma excelente confiabilidade entre os avaliadores, especialmente com ICC = 0,99 para o inclinômetro e ICC = 1,00 para o goniômetro, diferenças clinicamente significativas foram identificadas ao medir ângulos superiores a

90 graus, sobretudo ao variar o smartphone e o aplicativo utilizados. Tais discrepâncias foram menos acentuadas para ângulos agudos e retos. Os resultados indicaram que diferentes combinações de smartphones e aplicativos para medir a ADM resultaram em variações, sugerindo que a forma como os smartphones registram as posições angulares pode influenciar significativamente a precisão das medições. Essas descobertas ressaltam a relevância de padronização na seleção de dispositivos e aplicativos para a avaliação da ADM, especialmente em movimentos articulares que ultrapassam 90 graus, visando garantir a confiabilidade e precisão nas medições.

Os estudos realizados por Milani et al. (2014), Ghorbani F. et al. (2019) e Bobsin et al. (2019) abordaram a aplicabilidade de diferentes tipos de aplicativos para a goniometria, enfatizando suas características individuais, vantagens e desafios. Embora esses aplicativos geralmente demonstrem níveis variados de confiabilidade, que frequentemente alcançam níveis moderados e altos, ainda são observadas diferenças nos resultados quando comparados ao goniômetro universal.

Durante o estudo preliminar e o treinamento realizado no presente estudo, foram identificados pontos relevantes para as medições da Amplitude de Movimento (ADM): observou-se que a avaliação da extensão em decúbito ventral é indicada apenas para pacientes com restrição específica de extensão, sendo útil para detectar a perda desse movimento; no entanto, a visibilidade do examinador pode ser limitada nessa posição, caso o paciente apresente hiperextensão, especialmente devido à interferência da maca. Portanto, sugere-se sua utilização exclusivamente em pacientes com tal restrição. Recomenda-se, ao avaliar a flexão do joelho com os indivíduos na posição ventral, verificar possíveis encurtamentos dos músculos flexores do quadril, pois isso pode afetar a medição da ADM da flexão do joelho.

Algumas possíveis limitações que podem ter impactado este estudo incluem a restrição da amostra a adultos jovens saudáveis, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras faixas etárias ou populações com condições de saúde específicas. Além disso, a variação na confiabilidade interexaminador, particularmente evidenciada pela baixa confiabilidade na Flexão do Joelho em Decúbito Dorsal (DD) e Extensão do Joelho em Decúbito Ventral (DV) ao utilizar o goniômetro, pode ser influenciada por diferentes habilidades ou experiências dos examinadores, introduzindo viés nos resultados. A presença de diferenças significativas na medição da Flexão do Joelho em DD entre o inclinômetro e o goniômetro também aponta para possíveis variações na precisão dos instrumentos ou nas técnicas de medição adotadas. Ademais, as

correlações identificadas como fracas a moderadas entre o inclinômetro e o goniômetro em diferentes movimentos podem indicar limitações na validade desses instrumentos para certas posições ou ângulos específicos, apontando para a necessidade de investigações mais aprofundadas para validar completamente o uso do inclinômetro digital para medições de ADM do joelho em diferentes contextos e posições.

Com base nas limitações identificadas neste estudo, algumas recomendações podem ser delineadas para direcionar pesquisas futuras. Primeiramente, é essencial ampliar a amostra, incluindo diferentes faixas etárias e grupos com condições de saúde específicas, a fim de obter uma visão mais abrangente da confiabilidade e validade dos instrumentos em populações diversificadas. É crucial padronizar os procedimentos de medição, oferecendo treinamento adequado aos examinadores para aumentar a confiabilidade interexaminador e aumentar a consistência das medições. Além disso, explorar outros movimentos articulares e posições, juntamente com a validação do instrumento em diferentes ângulos e contextos clínicos, permitiria uma compreensão mais completa da utilidade do inclinômetro digital. Recomenda-se realizar estudos adicionais para validar a precisão e confiabilidade do inclinômetro digital, especialmente em movimentos onde foram identificadas correlações fracas a moderadas, visando compreender melhor suas limitações e áreas de aplicação específicas. Comparar o desempenho do inclinômetro digital com outros dispositivos de medição, como goniômetros eletrônicos, e investigar sua validade externa em relação a desfechos clínicos relevantes seria crucial. Tais estudos seriam importantes para compreender o impacto e a aplicabilidade do inclinômetro digital na prática clínica e no acompanhamento de tratamentos. Estas recomendações fornecem um caminho para futuras pesquisas visando melhorar a compreensão e a aplicabilidade dos inclinômetros digitais na avaliação da Amplitude de Movimento (ADM) do joelho e em outras articulações.

Apesar das limitações identificadas, os inclinômetros digitais de aplicativo de celular emergem como ferramentas promissoras na avaliação da amplitude de movimento, tanto na prática clínica quanto na pesquisa, demandando, no entanto, uma observação criteriosa dos critérios de confiabilidade e validade ao serem utilizados por profissionais de saúde e pesquisadores.

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, investigamos o uso do inclinômetro digital de aplicativo de celular como uma ferramenta para medir a ADM articular ativa de joelho. Os achados desta pesquisa indicaram que o inclinômetro digital de aplicativo pode ser uma opção viável para avaliar a ADM de joelho, uma vez que consegue medir os mesmos valores angulares que o instrumento padrão ouro, o goniômetro universal. Contudo, são necessárias mais evidências para confirmar a validade desse método, uma vez que no presente estudo, a consistência entre as medidas não foi satisfatória.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BALBI LL, ET AL. **Validade de construto do teste de caminhada de 2 minutos para pacientes com amputação de membro inferior protetizados.** Fisioter Pesqui [Internet]. 2021 Oct; 28(4):393–9. Available from: <https://doi.org/10.1590/1809-2950/21009428042021>

BATISTA L, ET AL. **Avaliação da amplitude articular do joelho: correlação entre as medidas realizadas com o goniômetro universal e no dinamômetro isocinético.** Braz J Phys Ther [Internet]. 2006;10(2):193–8. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1413-35552006000200009>

COX RW, ET AL. **Validity of a Smartphone Application for Measuring Ankle Plantar Flexion.** J Sport Rehabil. 2018 May 1;27(3). doi: 10.1123/jsr.2017-0143. Epub 2018 Jun 22. PMID: 29140194.

GANOKROJ P, ET AL. **Validity and reliability of smartphone applications for measurement of hip rotation, compared with three-dimensional motion analysis.** BMC Musculoskelet Disord. 2021 Feb 11;22(1):166. doi: 10.1186/s12891-021-03995-2. PMID: 33573629; PMCID: PMC7879637. **Goniometer App in Assessing Knee Range of Motion.** Journal of Knee Surgery, 30(6), 577-584. doi: 10.1055/s0036-1593877

HALL, SUSAN J. **Biomecânica básica** / Susan J. Hall; revisão técnica Eliane Ferreira. – 7. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

HAMBLY, K., SIBLEY, R., & OCKENDON, M. (2012). **Level of agreement between a novel smartphone application and a long arm goniometer for the assessment of maximum active knee flexion by an inexperienced tester.** International Journal of Physiotherapy & Rehabilitation, 2.

HAMILL, J., & KNUTZEN, K. M. (1999). **Bases Biomecânicas do Movimento Humano** (Tradução: Lilia Breternitz Ribeiro, Revisão Científica: Valdir J. Barbanti). 1ª edição brasileira. São Paulo: Editora Manole Ltda. ISBN 85-204-0779-X.

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

JONES, A., ET AL. (2014). **Concurrent validity and reliability of the Simple Goniometer iPhone app compared with the Universal Goniometer.** Physiotherapy Theory and Practic. vol. 30,7 (2014): 512-6. doi:10.3109/09593985.2014.900835

KEOGH JWL, ET AL. **Reliability and validity of clinically accessible smartphone applications to measure joint range of motion: A systematic review.** PLOS ONE 14(5): e0215806. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215806> Knee Surgery, 30(3), 223-230. doi: 10.1055/s-0036-1584184

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

MARQUES AP. **Manual de Goniometria.** 2 ed. São Paulo: Manole;

MEHTA S. P., ET AL. **Smartphone goniometer has excellent reliability between novice and experienced physical therapists in assessing knee range of motion.** J Bodyw Mov Ther. 2021 Jan;25:67-74. doi: 10.1016/j.jbmt.2020.11.021. Epub 2020 Nov 16. PMID: 33714514.

MEHTA, S. P., ET AL. (2017). **Reliability, Concurrent Validity, and Minimal Detectable Change for iPhone.** vol. 30,6 (2017): 577-584. doi:10.1055/s-0036-1593877

MILANESE S, ET AL. **Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians.** Man Ther. 2014 Dec;19(6):569-74. doi: 10.1016/j.math.2014.05.009. Epub 2014 Jun 4. PMID: 24942491.

MILANESE, S., ET AL. (2014). **Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: smart phone app versus universal goniometer used by experienced**

**and novice clinicians.** *Manual Therapy*, 19(6), 569-574. doi: 10.1016/j.math.2014.05.009

MISHRA, P.; ET AL. **Application of Student's t-test, Analysis of Variance and Covariance.** *Annals of Cardiac Anaesthesia*. EUA, 2019.

MITCHELL, K., ET AL. (2014). **Reliability and validity of goniometric iPhone applications for the assessment of active shoulder external rotation.** *Physiotherapy Theory and Practice*, 30(7), 521-525. doi: 10.3109/09593985.2014.900593

MIYACHI Y, ET AL. **Reliability and validity of lower limb joint range of motion measurements using a smartphone.** *Nagoya J Med Sci*. 2022 Feb;84(1):7-18. doi: 10.18999/nagjms.84.1.7. PMID: 35392008; PMCID: PMC8971043.

MOSER AD DE L, MALUCELLI MF, BUENO SN. **Cadeia cinética aberta e fechada: uma reflexão crítica.** *Fisioter mov* [Internet]. 2010 Oct;23(4):641–50. Available from: <https://doi.org/10.1590/S0103-51502010000400014>

NORKIN, C. C., & WHITE, D. J. (2016). **Measurement of joint motion: a guide to goniometry:** FA Davis. Ockendon, M., & Gilbert, R. E. (2012). *Validation of a novel*

PEREIRA, L. C., ET AL. (2017). **Reliability of the Knee Smartphone-Application Goniometer in the Acute Orthopedic Setting.** *Journal of knee surgery*, 30(3), 223–230. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1584184>

PORTNEY LG, WATKINS MP. **Foundations of clinical research: Applications to practice.** 2<sup>a</sup> ed. New Jersey: Prentice Hall Health; 2000. P. 61 -75

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

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

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

SANTOS C. M, ET AL. **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.

SILVA, M. ET AL. **Immediate Effect of Manual Therapy Techniques on the Limitation of Ankle Dorsiflexion: A Randomized, Controlled, Double-Blind Clinical Trial Protocol**. 10.21203/rs.3.rs-494155/v1. 2021

SILVA, S. H. DA ET AL. **Confiabilidade do uso do Goniômetro Universal e do Goniômetro Digital na medida de amplitude de membros inferiores em adolescentes**. In: Anais Do Xxiii Congresso Brasileiro De Fisioterapia, 2021, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2021. Disponível em: <<https://proceedings.science/cobraf/cobraf-2021/trabalhos/confiabilidade-do-uso-do-goniometro-universal-e-do-goniometro-digital-na-medida?lang=pt-br>

SMITH, LAURA K. ET AL. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. 5. ed. Galveston, Texas: The University of Texas Medical Branch, 1999. EDITORA MANOLE LTDA.

SVENSSON M, LIND V, LÖFGREN HARRINGE M. **Measurement of knee joint range of motion with a digital goniometer: A reliability study**. Physiother Res Int. 2019 Apr;24(2):e1765. doi: 10.1002/pri.1765. Epub 2018 Dec 27. PMID: 30589162. v. 10, n. 4, Out./Dez. 2006.

VAUCLAIR F, ET AL. **The smartphone inclinometer: A new tool to determine elbow range of motion?** Eur J Orthop Surg Traumatol. 2018 Apr;28(3):415-421. doi: 10.1007/s00590-017-2058-x. Epub 2017 Oct 19. PMID: 29052011.

VENTURINI C; ET AL. **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, Brazilian Journal of Physical Therapy, 10(4), 407–411. 2006.

WANG KY, ET AL. **Smartphone Applications for Assessing Ankle Range of Motion in Clinical Practice.** Foot Ankle Orthop. 2019 Sep 17;4(3):2473011419874779. doi: 10.1177/2473011419874779. PMID: 35097340; PMCID: PMC8696933.

WELLMON R. H, ET AL. **Validity and Reliability of 2 Goniometric Mobile Apps: Device, Application, and Examiner Factors.** J Sport Rehabil. 2016 Dec;25(4):371-379. doi: 10.1123/jsr.2015-0041. Epub 2016 Aug 24. PMID: 27632853.