

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL DO
CONHECIMENTO

JULIANA SETTE REGO DE MELO

**UMA FERRAMENTA AUTOMÁTICA DE APOIO À AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA
MÃO EM PACIENTES COM ARTRITE REUMATÓIDE**

Maceió
2017

JULIANA SETTE REGO DE MELO

**UMA FERRAMENTA AUTOMÁTICA DE APOIO À AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA
MÃO EM PACIENTES COM ARTRITE REUMATÓIDE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional do Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como requisito para obtenção do título de mestre em Modelagem Computacional do Conhecimento.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Costa Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Thiago Sotero Fragoso

Maceió
2017

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Bibliotecário: Marcelino de Carvalho

M528f Melo, Juliana Setto Rêgo de.
Uma ferramenta automática de apoio à avaliação funcional da mão em pacientes com artrite reumática /Juliana Setto Rêgo de Melo. – 2017.
80 f : il.

Orientador: Marcelo Costa Oliveira.

Coorientador: Thiago Sotero Fragoso.

Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento. Maceió, 2017.

Bibliografia: f. 69-75.

Apêndices: f. 76-80.

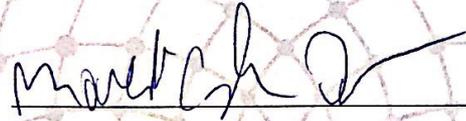
1. Goniometria. 2. Articulações – Amplitude de movimento – Medição. 3. Artrite reumatóide. 4. Leap motion – Sensor de movimento. I. Título.

CDU: 004:616.72-002.77

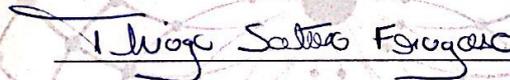


Membros da Comissão Julgadora da Dissertação de Mestrado de Juliana Sette Rêgo de Melo, intitulada: “Uma Ferramenta Automática de Apoio à Avaliação Funcional da Mão em Pacientes com Artrite Reumatoide”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas, em 16 de janeiro de 2016, às 16h00min, no mini auditório do Instituto de Computação da Ufal.

COMISSÃO JULGADORA



Prof. Dr. Marcelo Costa Oliveira
Ufal – Instituto de Computação
Orientador



Prof. Dr. Thiago Sotero Fragoso
Ufal – Faculdade de Medicina
Orientador



Profa. Dra. Michelle Jacintha Cavalcante Oliveira
Ufal – Faculdade de Medicina
Examinadora



Prof. Dr. Valfrido Leão de Melo Neto
Ufal – Faculdade de Medicina
Examinador

Maceió, janeiro de 2016.

Dedico este trabalho ao meu filho Miguel Sette de Melo Fragoso e meu esposo Thiago Sotero Fragoso, quem mais me deu força para concluir este projeto.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me deu força e coragem para concretizar esse sonho.

Ao Prof. Dr. Marcelo Costa Oliveira, pela gentileza em ter aceito ser o orientador desta dissertação de mestrado, serei sempre grata pela oportunidade que me concedeu. Muito obrigada pelos ensinamentos, orientações, críticas e sugestões.

A meu esposo, Thiago Sotero Fragoso também pela orientação e ensinamentos, bem como pelo incentivo e paciência em tolerar minhas ansiedades e estresses.

Ao Prof. Dr. Jorge Artur Peçanha de Miranda Coelho, pelo relatório estatístico e pelas dúvidas esclarecidas quanto as análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Thales Miranda de Almeida Vieira, pela disponibilidade em esclarecer as dúvidas surgidas durante o processo de elaboração desta dissertação.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional do Conhecimento, em especial àqueles dos quais tive o privilégio de ser aluna e aprender muito nesse período.

Aos meus pais, Rossana Sette Melo Rêgo de Melo e Luis Otávio de Melo Junior, pelo carinho, amor e incentivo constantes.

Aos meus familiares e amigos, que mesmo estando longe, me ajudaram direta ou indiretamente no cumprimento desta fase.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior por acreditar e financiar a pesquisa, permitindo que esta fosse concluída.

Por fim, Aos pacientes do Ambulatório de Artrite Reumatóide, por terem aceito participar da pesquisa e que muito contibuíram para o meu amadurecimento acadêmico.

RESUMO

A Artrite Reumatoide (AR) é uma doença inflamatória crônica, sistêmica e progressiva, que envolve principalmente punhos e mãos. É geralmente simétrica, e conduz, se não tratada, a deformidades articulares e limitação da amplitude de movimentos. Objetivou-se validar o *leap motion* como ferramenta de avaliação funcional da amplitude de movimento do punho, articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais em pacientes com diagnóstico de AR. Além de validar uma ferramenta, foi desenvolvido um protótipo para avaliar amplitude de movimento pelo dispositivo *leap motion*. Foram incluídos no estudo um total de 18 pacientes (avaliadas 36 mãos e 198 articulações): 4 (22,2%) do sexo masculino e 14 (77,8%) do sexo feminino. Todos diagnosticados com artrite reumatóide. O *leap motion* foi capaz de detectar a ADM de todas as articulações estudadas em todos os pacientes, exceto em um paciente que apresentava alto grau de deformidade em flexão do punho. Ademais, constatou-se a validade convergente por meio da correlação r de Pearson (variaram de 0,5 a 0,7) entre os escores médios das medidas de amplitude de movimento mensuradas pelo *leap motion* e pelo goniômetro convencional. Conclui-se que para o dia a dia do médico e do fisioterapeuta a utilização do *leap motion* na avaliação de pacientes com AR pode constituir uma ferramenta alternativa para mensurar a ADM das articulações das mãos e punhos. Outrossim, embora estudos com outras doenças osteoarticulares das mãos e punhos precisem ser realizados, o *leap motion* também pode constituir método propedêutico útil na avaliação da ADM deste grupo de pacientes.

Palavras-chaves: *Leap motion*; Artrite reumatoide; Amplitude de movimento; Goniometria

ABSTRACT

Rheumatoid arthritis (RA) is a chronic, systemic and progressive inflammatory disease involving mainly wrists and hands. It is generally symmetrical, and leads, if untreated, to joint deformities and limited range of motion. The objective of this study was to validate leap motion as a tool for the functional evaluation of the range of motion of the wrist, proximal metacarpophalangeal and interphalangeal joints in patients with RA. In addition to validating a tool, a prototype was developed to evaluate the range of motion by the leap motion device. A total of 18 patients (36 hands and 198 joints) were included in the study: 4 (22.2%) were male and 14 (77.8%) were female. All diagnosed with rheumatoid arthritis. The leap motion was able to detect the ROM of all joints studied in all patients, except in one patient who presented a high degree of deformity in flexion of the wrist. In addition, the convergent validity was found through Pearson's correlation (ranging from 0.5 to 0.7) between the mean scores of the range of motion measured by the leap motion and the conventional goniometer. It is concluded that for the daily routine of the physician and physiotherapist the use of leap motion in the evaluation of patients with RA can be an alternative tool to measure the ROM of the joints of the hands and wrists. Furthermore, although studies with other osteoarticular diseases of the hands and wrists need to be performed, leap motion may also be a useful propaedeutic method for evaluating the ROM of this group of patients.

Keywords: Leap motion; Rheumatoid arthritis; Range of motion; Goniometry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismo da resposta imune na Artrite Reumatóide.....	23
Figura 2 - Evolução de uma articulação com Artrite Reumatóide. As articulações podem se tornar inflamadas, quentes, dolorosas e edemaciadas. Se a inflamação persistir, determinados produtos químicos e enzimas podem ser liberados e começam a destruir a cartilagem e o osso.....	23
Figura 3 - Frequência do acometimento articular na AR.....	24
Figura 4 - Homúnculo motor.....	28
Figura 5 - Ossos da mão.....	29
Figura 6 - Ossos do carpo.....	29
Figura 7 - Articulação Radiocarpal e Mediocarpal.....	30
Figura 8 - Edema dos tecidos moles em torno das articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais.....	31
Figura 9 - Desvio ulnar das articulações metacarpofalangeanas.....	31
Figura 10 - Deformidade em pescoço de cisne.....	32
Figura 11 - Deformidade em Botoeira.....	32
Figura 12 - Goniômetro Universal. (a) Goniômetro para grandes articulações; (b) Goniômetro para dedos.....	34
Figura 13 - Medida da amplitude de movimento utilizando o goniômetro.....	34
Figura 14 - Sensor Kinect.....	37
Figura 15 - Leap Motion.....	38
Figura 16 - Leap motion. a) visão superior do leap motion de suas câmeras e sua luzes de LED infravermelhas. b) Visão esquemática das distância entre as câmeras e as luzes de LED.....	39
Figura 17 - Área de captura do Leap Motion . Os valores apresentados referem-se à totalidade das distâncias em cada eixo.....	40

Figura 18 - Posicionamento do paciente para realizar a avaliação.....	45
Figura 19 - Interface do <i>software</i> utilizado para medição da amplitude de movimento.....	47
Figura 20 - Posicionamento do paciente e distâncias entre o equipamento.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios classificatórios para artrite reumatoide 2010 ACR/EULAR.....	26
Quadro 2 - Fluxograma para o tratamento medicamentoso da artrite reumatóide.....	27
Quadro 3 - Fluxograma da Avaliação realizado pelos pacientes.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre os dispositivos.....	41
Tabela 2 - Média da ADM de todos os movimentos medidos pelo goniômetro e pelo <i>Leap motion</i>	49
Tabela 3 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão do punho realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	50
Tabela 4 - Correlação das medidas dos movimentos de extensão do punho realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	51
Tabela 5 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação metacarpofalangeana do primeiro dedo realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	51
Tabela 6 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação metacarpofalangeana do segundo dedo realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	52
Tabela 7 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação metacarpofalangeana do terceiro dedo realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	52
Tabela 8 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação metacarpofalangeana do quarto dedo realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	53
Tabela 9 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana proximal do primeiro dedo realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	53
Tabela 10 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana proximal do segundo dedo realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	54

Tabela 11 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana proximal do terceiro dedo realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	55
Tabela 12 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana proximal do quarto dedo realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	55
Tabela 13 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana do dedo polegar realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	56
Tabela 14 - Correlação das medidas dos movimentos de abdução da articulação carpometacarpo do dedo polegar realizados pelo goniômetro e pelo leap motion, em ambas as mãos.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS

3D – Tridimensional

ACR – *American College of Rheumatology*

ADM – Amplitude de Movimento

AINEs – Anti-inflamatórios Não Esteroidais

Anti-CCP – Anticorpo Antipeptídeo Cíclico Citrulinado

AR – Artrite Reumatóide

AVC – Acidente Vascular Cerebral

CGs – Glicocorticoides

CMOS – *Complimentary Metal-Oxide Semiconductor*

DMARD – Drogas Antirreumáticas Modificadoras da Doença

EULAR – *European League Against Rheumatism*

HUPAA – Hospital Universitário Professor Alberto Antunes

IFP – Interfalangiana Proximal

IL-1 – Interleucina 1

IL-6 – Interleucina 6

LED - *Light Emitting Diode* (diodo emissor de luz)

MCP – Metacarpofalangiana

NURBS – B-spline Racional Não Uniforme

RGB – Red Green Blue

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TNF – Fator de Necrose Tumoral

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

USB – *Universal Serial Bus* (Porta Universal)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. JUSTIFICATIVA	19
3. REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 Artrite Reumatóide	20
3.1.1 Epidemiologia da Artrite Reumatóide	20
3.1.2 Etiopatogenia	20
3.1.3 Diagnóstico e Critérios Classificatórios para a Artrite Reumatóide	25
3.1.4 Tratamento da Artrite Reumatoide	26
3.2 Articulação da Mão e Punho	27
3.2.1 Avaliação fisioterapêutica da mão e punho	33
3.3 Interação Humano-Computador	34
3.3.1 Sensores	35
3.3.2 Representação do gesto	36
3.3.3 Kinect	37
3.3.4 Leap Motion	38
4 OBJETIVOS	42
4.1 Objetivo Geral.....	42
4.2 Objetivos específicos	42
5. MATERIAIS E MÉTODOS	43
5.1 Local do Estudo	43
5.2 Tipo de Estudo.....	43
5.3 Seleção.....	43
5.3.1 Critérios de Inclusão.....	43
5.3.2 Critérios de Exclusão	44
5.4 Procedimentos	44
5.4.1 Avaliação com uso do goniômetro	45
5.4.2 Avaliação com o uso do <i>leap motion</i>	46
5.5 Análise de dados	48
6. RESULTADOS	49
7. DISCUSSÃO	58
8. CONCLUSÃO	61

9. TRABALHOS FUTUROS.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) ...	69
APÊNDICE B – FICHA DE AVALIAÇÃO	72

1. INTRODUÇÃO

A flexibilidade é tão inerente ao ser humano quanto ao próprio movimento. Todos os meios de expressão humana se dão através de movimentação. A flexibilidade é a capacidade motora responsável pela execução voluntária de um movimento de amplitude angular máxima, por uma articulação ou conjunto de articulações, dentro dos limites morfológicos, sem o risco de provocar lesões. (DANTAS, 2003; PLATONOV, 2003; PITANGA, 2004).

Uma vez que a amplitude articular de determinada articulação esteja comprometida, alguma limitação funcional deve ocorrer, ocasionando o comprometimento do desempenho laboral, esportivo, ou de atividades diárias. A medida da mobilidade das articulações tem correspondência direta com a amplitude dos movimentos (SILVA, 2010) e, por isso, a avaliação da amplitude de movimento (ADM) tem sido amplamente utilizada para quantificar o déficit músculo-esquelético, além de servir como base para a avaliação da eficácia de intervenções terapêuticas (KENDALL, 2007).

A ADM pode ser modificada por uma variedade de doenças, sendo a artrite reumatoide (AR) umas das patologias potencialmente mais agressivas do ponto de vista de destruição da articulação e estruturas subjacentes. A AR é uma doença autoimune inflamatória crônica de etiologia não completamente esclarecida, caracterizada por poliartrite periférica, simétrica, que leva à deformidade e à destruição das articulações por erosão do osso e cartilagem (LIPSKI, 1998). A AR acomete cerca de 0,5% a 1,0% da população mundial adulta, apresentando um pico de incidência entre a quarta e a sexta década de vida, embora possa ocorrer em todas as faixas etárias (SCOTT, 2010; MOTA, 2011). Em geral, acomete grandes e pequenas articulações, associada a rigidez matinal e manifestações sistêmicas como, fadiga e perda de peso. A AR é uma doença que pode evoluir com dor e comprometimento da função articular e deformidades importantes em mãos e punhos. Com a progressão da doença, os pacientes desenvolvem incapacidade para realização de suas atividades tanto de vida diária como profissional, com impacto econômico significativo para o paciente e para a sociedade (*American College of*

Rheumatology Subcommittee on Rheumatoid Arthritis Guidelines, 2002). Essas alterações precisam ser bem avaliadas para serem tratadas em tempo hábil de evitar deformidades irreversíveis. Portanto, uma avaliação física minuciosa é imprescindível para a definição e planejamento de um programa completo de fisioterapia para esses pacientes.

As principais articulações acometidas na AR são as das mãos (90%) e punhos (80%). Para avaliar o grau de acometimento e deformidade das mesmas, é realizada a inspeção e palpação articular, e uma medida objetiva, a de amplitude de movimento (ADM). Esta expressa o grau de limitação de uma articulação, através da demonstração de sua angulação (MOTA, 2011).

A ADM é avaliada tradicionalmente através da goniometria. Esta é definida pela medida dos ângulos, particularmente os que são formados por articulações e o instrumento de medida amplamente utilizado na prática clínica é o goniômetro. É um método simples, de baixo custo e não invasivo para quantificar a amplitude de movimento, porém carece de precisão, pois sua confiabilidade (repetibilidade e reprodutibilidade) dependem da experiência do avaliador (CARVALHO, 2012). Além disso, há algumas desvantagens da utilização de goniômetros convencionais na avaliação de pequenas articulações. Especialmente em doenças reumatológicas que evoluem com dor, edema e deformidades, estes fatores podem interferir com o adequado alinhamento dos braços do goniômetro e as extremidades proximais e distais da articulação, além de que o contato direto dos braços do goniômetro nas articulações doloridas e edemaciadas pode também ser desconfortável para o paciente (STAM, 2006). Por isso, pensamos em utilizar o *leap motion* para avaliar a amplitude de movimento da articulação do punho e articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais em pacientes com artrite reumatóide.

O *leap motion* é um dispositivo recém-lançado (julho de 2013) baseado em movimento para a interação do usuário com o computador. É barato, portátil e não necessita de marcadores para determinar marcos anatômicos. É um sensor de medição de profundidade que utiliza infravermelho para mapear uma dada região em formato de esfera, tendo como origem a posição física do sensor. Nessa região mapeada, esse

sensor é capaz de fornecer dados sobre as mãos e dedos e sua posição e movimentação com precisão de milímetros (WEICHERT, 2013)

Apesar do número crescente de pacientes com AR que sofrem com alterações na função e na amplitude de movimento das mãos, não há estudos utilizando *softwares* com o *leap motion* para avaliar esses pacientes, bem como para verificar a confiabilidade e reprodutibilidade dos programas de avaliação da amplitude de movimento utilizados.

2. JUSTIFICATIVA

Há um consenso sobre a importância de identificar alterações na amplitude de movimento das articulações, como parte do exame clínico e para a definição e planejamento de um programa cinesioterapêutico para minimizar ou abolir essas alterações.

A avaliação da amplitude de movimento, na prática clínica, é realizada pelo fisioterapeuta utilizando o goniômetro. Esse método de avaliação tem algumas desvantagens: subjetividade, pois depende da experiência e da visão dos avaliadores; dificuldade de reprodutibilidade, resultados fáceis de serem manipulados; dependência de interpretação e colaboração dos pacientes, pelo contato direto do instrumento com a articulação dolorida e inchada podendo causar desconforto para o paciente.

Com o avanço da informática em saúde, tem sido estudada a utilização de *softwares* com ajuda dos dispositivos de captação de movimento para realizar reabilitação. Entretanto, ainda não há estudos sobre a utilização do *leap motion* para avaliar amplitude do movimento articular. Já que a avaliação com o uso do goniômetro não permite detectar adequadamente pequenas alterações na amplitude, dando margem a erros e variações entre examinadores diferentes, é importante fundamentar o uso do *leap motion* como uma alternativa de avaliação da amplitude de movimento para a prática clínica, exigindo que sejam cumpridas as etapas de validação da ferramenta. Além de não haver pesquisas utilizando o *leap motion* na avaliação de amplitudes de movimento, também não há estudos envolvendo o mesmo na avaliação de pacientes com artrite reumatóide.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Artrite Reumatóide

A artrite reumatóide (AR) é uma doença inflamatória crônica, sistêmica e progressiva, que envolve principalmente as articulações sinoviais. A AR é geralmente simétrica, e conduz, se não tratada adequadamente, a destruição das articulações devido à erosão de cartilagem e osso, causando deformidades articulares (ROTHSCHILD, 1988).

3.1.1 Epidemiologia da Artrite Reumatóide

A estimativa de prevalência de AR na população mundial adulta é de 0,5% a 1,0%, apresentando um pico de incidência entre a quarta e a sexta década de vida, embora possa ocorrer em todas as faixas etárias. Já no Brasil Marques-Neto JF e colaboradores desenvolveram um estudo multicêntrico em amostras populacionais das macrorregiões do país e verificou que a prevalência da artrite reumatóide no Brasil variou entre 0,2% a 1,0%, que corresponderia a uma estimativa de 1.300.000 pessoas acometidas (MARQUES-NETO, 1993).

Há predomínio de sua ocorrência no sexo feminino, sendo cerca de duas a três vezes mais frequente em relação ao sexo masculino (SCOOT, 2010; MOTA, 2011). Esta diferença diminui com o avanço da idade e tende a se igualar após os 65 anos.

3.1.2 Etiopatogenia

A AR é uma doença autoimune, correspondendo, principalmente, a uma resposta imune exacerbada contra autoantígenos, que pode ser decorrente tanto de uma falha no mecanismo de tolerância imunológica quanto por reatividade cruzada (CROWSON, 2011).

As mulheres apresentam de duas a três vezes mais probabilidade de desenvolver

AR do que os homens, devido, principalmente, aos efeitos imunomodulatórios do estrogênio. Este inibe a função da célula T supressora e aumenta a função das células T auxiliaries (ANSAR, 1985). Os homens com AR frequentemente têm níveis de testosterona inferiores aos normais (TENGSTRAND, 2002). Níveis mais baixos do hormônio androgênico dehidroepiandrosterona (DHEA) e maiores concentrações de estradiol também foram encontrados em homens com AR, um efeito que não está relacionado à terapia com glicocorticóides (TENGSTRAND, 2003). É incerto se essas mudanças nos níveis hormonais são simplesmente o resultado de inflamação crônica ou se os homens com níveis anormais de testosterona e hormônio estrogênico estão em maior risco de desenvolver AR. Outras evidências da influência hormonal sobre o desenvolvimento da AR são (KARLSON, 2004):

- O risco é aumentado pela nulliparidade;
- A gravidez está frequentemente associada à remissão da doença no último trimestre, mas as recidivas de doença pós-parto são comuns;
- O risco de AR pode ser reduzido pela amamentação durante um ano ou mais anos.

Fatores genéticos e ambientais estão envolvidos, sendo que alterações genéticas contribuem com cerca de 60% para o desenvolvimento da doença. Também estão envolvidos na gravidade e resposta ao tratamento, uma vez que determinam o fenótipo imunológico como a produção de citocinas e autoanticorpos, dentre eles o fator reumatóide e o anticorpo antipeptídeo cíclico citrulinado (anti-CCP) (TAN, 2010; TURESSON, 2006). Estudos de gêmeos e irmãos implicam fatores genéticos na susceptibilidade à AR. Os gêmeos monozigóticos têm uma maior concordância do que os gêmeos dizigóticos para o desenvolvimento de AR. Em dois estudos com gêmeos, a concordância para gêmeos monozigóticos foi de 12 a 15 por cento comparados a 3,5 por cento para gêmeos dizigóticos (AHO, 1986; SILMAN, 1993). Além disso, a taxa de incidência padronizada para AR foi de 3 em descendentes de pais afetados, 4,6 em irmãos, 9,3 em famílias multiplex e 1,2 em cônjuges (HEMMINKI, 2009).

Quanto aos fatores ambientais a etiopatogenia da AR pode ser influenciada por infecções de microrganismos por meio de mecanismos de mimetismo molecular

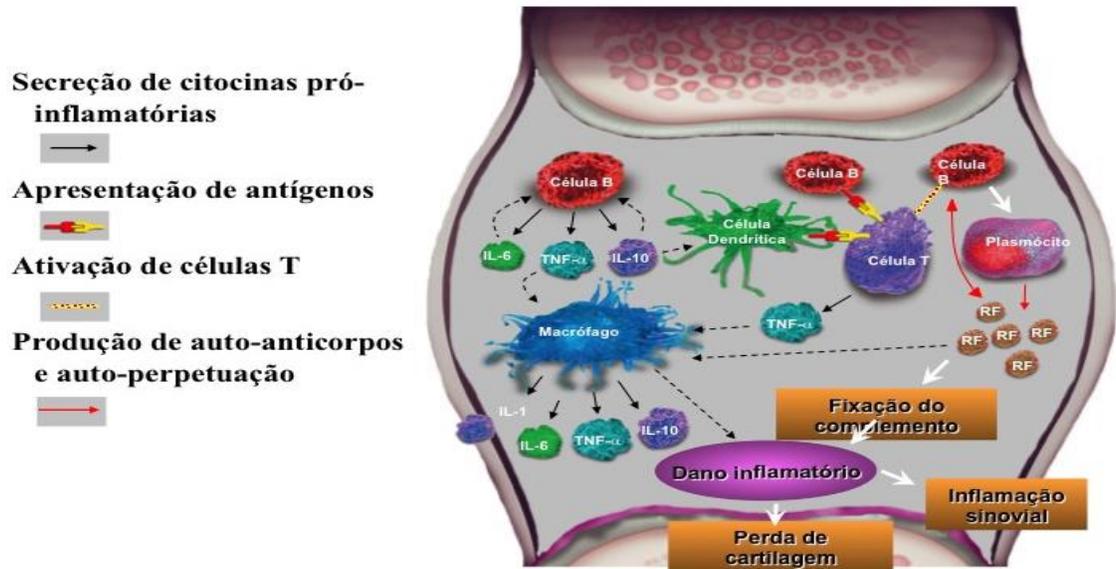
(TOUSSIROT, 2008). Entre as bactérias suspeitas como fatores incitantes na AR estão *Proteus mirabilis* (DEIGHTON, 1992), espécies de *Mycoplasma* (SCHAEVERBEKE, 1997; HOROWITZ, 2000; HOFFMAN, 1997) e *Porphyromonas gingivalis* (MIKULS, 2010). No entanto, apesar do estudo intensivo destes e de outros organismos, ainda não há provas definitivas da infecção bacteriana como contribuinte para a AR. Alguns estudos clínicos e epidemiológicos evidenciam prevalência elevada de periodontite e perda dentária em pacientes com AR. Sugere-se ainda a periodontite como um possível fator desencadeador e mantenedor da resposta inflamatória autoimune na AR (DE PABLO, 2009; GLEISSNER, 1998). Existe um entusiasmo crescente pelo papel das doenças causadas pelos retrovírus como causa e amplificador da AR, uma vez que estes vírus fornecem todos os mecanismos necessários para gerar uma sinovite inflamatória e proliferativa crônica. Um retrovírus pode ativar monócitos sinoviais e células de revestimento para induzir citocinas e metaloproteases, que então contornam os linfócitos como um componente causal principal da resposta inflamatória. Através da ativação de células T e células sinoviais e talvez contribuindo como superantígeno a partir de suas próprias proteínas, um retrovírus poderia promover o desenvolvimento de AR (SATO, 1991).

Já se encontra bem estabelecida a relação entre o tabagismo e a maior suscetibilidade ao desenvolvimento e gravidade da AR (MICHOU, 2008). Klareskog (2006) demonstrou que o tabagismo acelera as reações de citrulinização em proteínas pulmonares, o que dispara a produção de autoanticorpos. Além de aumentar a susceptibilidade à doença, o tabagismo também pode ser um fator de risco para maior gravidade da doença. Em comparação com aqueles que nunca fumaram, os pacientes com 25 ou mais anos de tabagismo são mais propensos a serem soropositivos, têm nódulos ou têm erosões radiograficamente aparentes (SAAG, 1997; WOLFE, 2000).

O estado inflamatório característico da AR tem a participação de linfócitos T e B com produção de autoanticorpos, incluindo o fator reumatoide e diversas citocinas inflamatórias, sendo as principais a interleucina 1 (IL-1), interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral (TNF). As células B e células dendríticas são as principais responsáveis pela apresentação de autoantígenos. Já os linfócitos T e macrófagos são os principais produtores de citocinas inflamatórias, enquanto os linfócitos B ativados (plasmócitos)

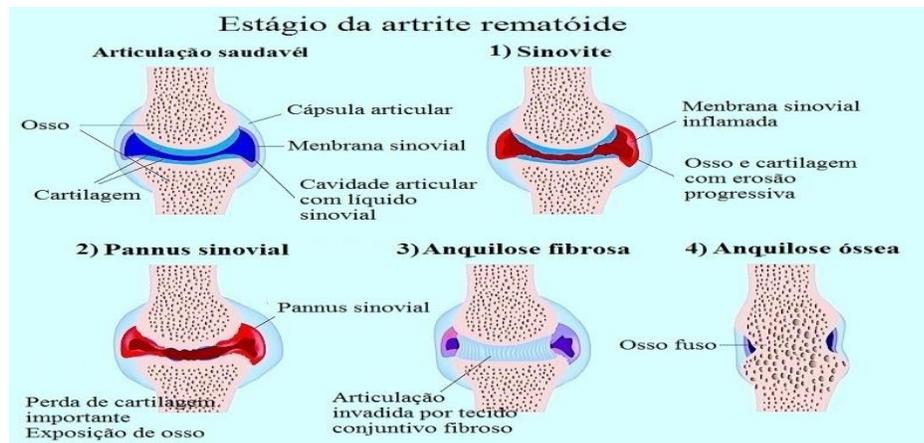
produzem os autoanticorpos patogênicos (Figura 1) (SCOTT, 2010). Estes, em conjunto com as citocinas inflamatórias, conduzem a proliferação sinovial e consequentes dano da cartilagem articular e osso subjacente descritos (Figura 2).

Figura 1 - Mecanismo da resposta imune na Artrite Reumatóide.



Fonte: Dörner & Burmester 2003; Edwards et al, 1999; Gause & Berek 2001; Shaw et al, 2003; Takemura et al, 2001; Zhang & Bridges 1986.

Figura 2 – Evolução de uma articulação com Artrite Reumatóide. As articulações podem se tornar inflamadas, quentes, dolorosas e edemaciadas. Se a inflamação persistir, determinados produtos químicos e enzimas podem ser liberados e começam a destruir a cartilagem e o osso.

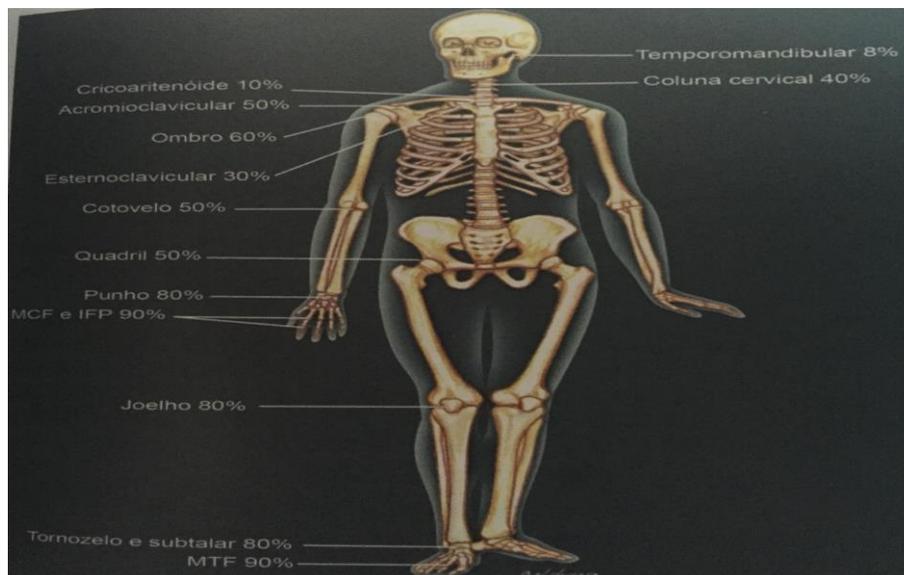


Fonte: <http://www.fisioterapiaparatos.com/p/inflamacao-das-articulacoes/sintomas-artrite-reumatoide/> (Acesso em 27/12/16).

A influência de múltiplos fatores no desenvolvimento da AR corroboram a complexidade atribuída a seu desenvolvimento e tornam o entendimento da doença um desafio. A AR mais tipicamente se apresenta como doença poliarticular de início gradual, mas alguns pacientes podem apresentar início agudo, com acometimento articular intermitente ou migratório ou com doença monoarticular (LEE, 2001).

Os sintomas predominantes são dor, rigidez (especialmente rigidez matinal) e edema das articulações (LEE, 2001). Os sintomas da artrite podem afetar a capacidade do paciente para realizar as atividades da vida diária (por exemplo, andar a pé, subir escadas, vestir-se, ir ao banheiro, se levantar de uma cadeira, abrir frascos e portas), bem como seu trabalho (LEHTINEN, 1999). Pode acometer as articulações sinoviais dos membros superiores e inferiores, como os cotovelos, ombros, tornozelos e joelhos, todavia causa preferencialmente artrite das articulações da mãos e punhos. Ocorre em cerca de 90% dos casos nas articulações metacarpofalangiana (MCP) e interfalangiana proximal das mãos (IFP); e em 80% do casos as articulações dos punhos (Figura 3) (FLEMING, 1976; JACOBY, 1973).

Figura 3 – Frequência do acometimento articular na AR.



Fonte: Moreira, Caio. Reumatologia Essencial. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan, 2009.

Além dos sintomas articulares, manifestações extra-articulares são observadas em aproximadamente 50% dos pacientes, sendo a Síndrome de Sjögren a mais comum (GOELDNER, 2011). Outra manifestação extra-articular típica da AR são os nódulos reumatóides, que resultam da vasculite de pequenos vasos, e a consequente necrose com proliferação de fibroblastos e histiócitos epiteliais. Ainda como manifestações extra-articulares temos: o acometimento da *vasa nervorum* podendo causar neuropatia periférica com comprometimento sensorial e motor; manifestações oculares como a ceratoconjuntivite seca, observada em cerca de 15% dos pacientes; manifestações pulmonares como fibrose intersticial difusa, nódulos solitários ou múltiplos no parênquima pulmonar, e derrame pleural, também podem estar associados a AR; Sinais ou sintomas clínicos de comprometimento cardíaco direto são raros, embora seja relativamente frequente a presença de pericardite nos estudos de autópsias (mais de 50% dos casos) (MANUAL DE REUMATOLOGIA, 2007).

3.1.3 Diagnóstico e Critérios Classificatórios para a Artrite Reumatóide

O diagnóstico da AR é feito a partir das manifestações clínicas, alterações laboratoriais e radiológicas. Devido à ausência de um marcador com alta sensibilidade e especificidade para diagnosticar uma artrite reumatóide e permitir um melhor desempenho na fase inicial da doença, o *American College of Rheumatology* e a *European League Against Rheumatism* (ACR/EULAR) estabeleceram em 2010 novos critérios classificatórios para a AR. Tais critérios estão descritos no Quadro 1 (ALETAHA et al., 2010). A fim de classificar um paciente como portador de AR, esse indivíduo precisa apresentar uma pontuação maior ou igual a seis de acordo com os critérios da ACR/EULAR 2010 (Quadro 1) (ALETAHA et al., 2010) (ALETAHA, 2010).

Quadro 1 – Critérios classificatórios para artrite reumatoide 2010 ACR/EULAR

População alvo (quem deve ser testado?) – paciente com pelo menos uma articulação com sinovite clínica definida; sinovite que não seja explicada por outra doença.	
Acometimento articular (0-5)	
1 grande articulação	0
2-10 grandes articulações	1
1-3 pequenas articulações (grandes não contadas)	2
4-10 pequenas articulações (grandes não contadas)	3
> 10 articulações (pelo menos uma pequena)	5
Sorologia (0-3)	
FR negativo E ACPA negativo	0
FR positivo OU ACPA positivo em baixos títulos	2
FR positivo OU ACPA positivo em altos títulos	3
Duração dos sintomas (0-1)	
< 6 semanas	0
≥ 6 semanas	1
Provas de atividade inflamatória (0-1)	
PCR normal E VHS normal	0
PCR anormal OU VHS anormal	1

ACR = *American College of Rheumatology*; EULAR = *European League Against Rheumatism*; FR = fator reumatoide; ACPA = anticorpos antiproteínas e peptídeos citrulinados; PCR = proteína C reativa; VHS = velocidade de hemossedimentação.

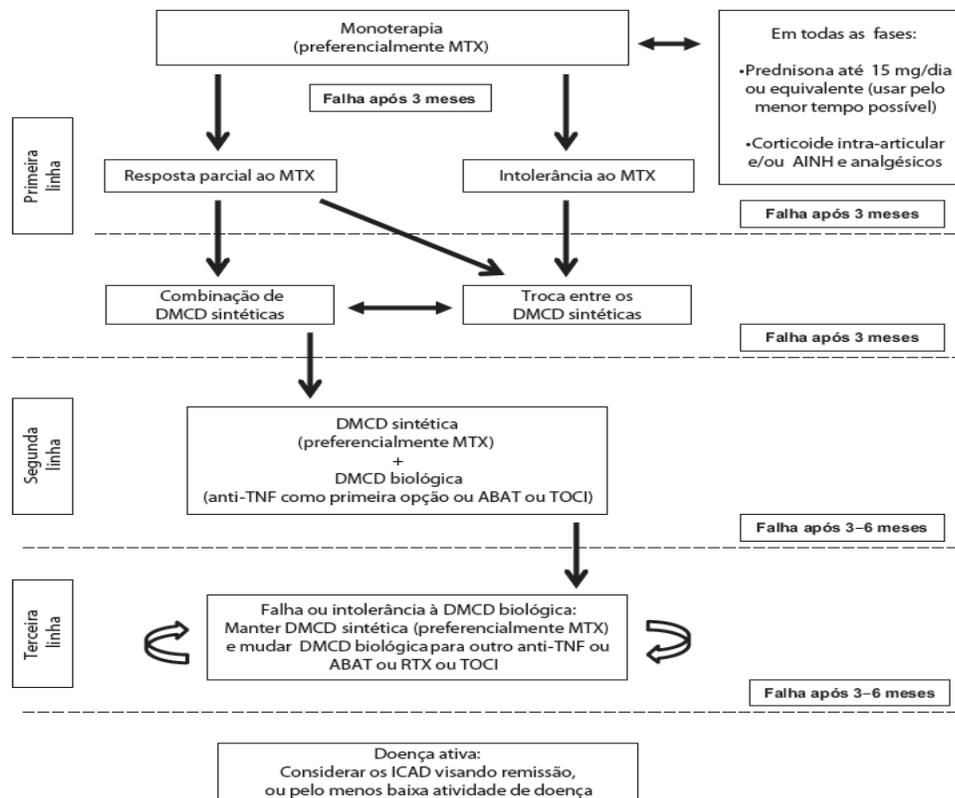
Fonte: Adaptado de Aletaha et al. (2010, p. 2574)

3.1.4 Tratamento da Artrite Reumatoide

Atualmente, o tratamento da AR consiste na adoção de medidas medicamentosas, cirúrgicas e não medicamentosas, as quais incluem a educação do paciente, terapias psico-ocupacionais e fisioterapia. O objetivo do tratamento da AR é manter a capacidade funcional do paciente e para isso deve-se reduzir a inflamação e a dor, manter a movimentação e força, prevenir e corrigir deformidades. A utilização adequada de repouso, medicamentos, talas, fisioterapia e cirurgia ortopédica têm o propósito de preservar a função articular (CAPPUZZO, 2008; CONSTANTINESCU, 2009). O tratamento medicamentoso da AR inclui drogas anti-inflamatórias não esteroidais (AINEs) e glicocorticoides (CGs) em baixa dosagem ou intra-articular, drogas antirreumáticas modificadoras do curso da doença (DMARD) e agentes imunobiológicos, cuja escolha é

sempre com base no balanço entre eficácia e segurança (Quadro 2) (LEE, 2001). A fisioterapia, curtos períodos de descanso durante o dia, assim como noites bem dormidas, são também importantes adjuvantes terapêuticos.

Quadro 2 – Fluxograma para o tratamento medicamentoso da artrite reumatóide.



ABAT: abatacepte; AINH: anti-inflamatórios não hormonais; DMCD: droga modificadora de curso da doença; ICAD: índices compostos de atividade da doença; MTX: metotrexato; RTX: rituximabe; TOCI: tocilizumabe.

Fonte: Consenso 2012 da Sociedade Brasileira de Reumatologia para o tratamento da Artrite Reumatóide. Rev Bras Reumatol 2012;52(2):135-174.

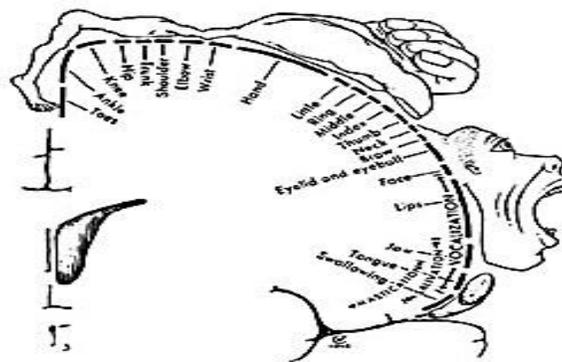
3.2 Articulação da Mão e Punho

A mão funciona como um importante instrumento sensitivo para a percepção do ambiente ao redor do indivíduo, assim como o olho. A mesma é também um dos órgãos efetores dos nossos comportamentos motores mais complexos, e ajuda a expressar emoções através do tato, gestos, contato e música.

É formada por 29 músculos, 19 ossos e 19 articulações. Biomecanicamente, essas estruturas interagem com excelente habilidade. A mão pode ser usada de várias formas: de uma maneira muito primitiva, como um gancho; ou, mais frequentemente, como um instrumento altamente especializado que efetua manipulações muito complexas, exigindo múltiplos níveis de força e precisão.

A função da mão envolve uma região desproporcionalmente grande do cortex cerebral, em virtude da sua enorme biomecânica; que corresponde ao Homúnculo motor (figura 4), que é um mapeamento cortical da área motora realizado em seres humanos. Os homúnculos aparecem como desenhos grotescamente deformados do corpo humano. Por exemplo, no homúnculo motor, a região correspondente à boca e à língua ocupa uma área muito grande do córtex motor, assim como a do polegar e dos dedos da mão (regiões de movimentos complexos e muito finos), ao passo que a região correspondente às nádegas, pernas etc., ocupam uma área relativamente muito menor. Doenças ou lesões que afetam a mão criam frequentemente uma incapacidade desproporcional. Uma mão totalmente incapacitada por artrite reumatóide, por exemplo, pode reduzir dramaticamente a função do membro superior inteiro (NEUMANN, 2011).

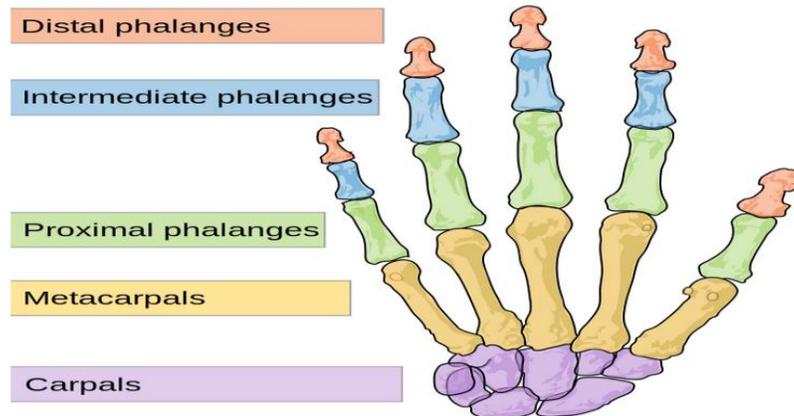
Figura 4 – Homúnculo motor.



Fonte: http://www.cerebromente.org.br/n18/history/stimulation_p.htm (Acessado em 25/11/16)

As principais articulações da mão acometidas pela Artrite reumatóide são Interfalangeanas proximais (IFP) – entre as falanges médias e proximais; e metacarpofalangeanas (MCF) – entre os ossos do metacarpo e falanges proximais (Figura 5).

Figura 5 - Ossos da mão.



Fonte: https://developer.leapmotion.com/documentation/javascript/devguide/Intro_Skeleton_API.html (Acessado em 20/11/2016)

O punho é uma articulação mecanicamente complexa e minuciosamente organizada, na qual ossos, ligamentos, tendões e várias outras estruturas tem a função de permitir ampla mobilidade da mão. As extremidades distais do rádio e da ulna, juntamente com os ossos do carpo e a base dos metacarpais, formam o esqueleto ósseo do punho, perfazendo um total de 15 estruturas ósseas (NEUMANN, 2011)

Existe no carpo, pequenos ossos substancialmente importantes para a dinâmica da articulação, os quais estão dispostos em duas fileiras; a fileira proximal (escafóide, semilunar, piramidal, pisiforme); e a fileira distal (trapézio, trapezóide, captato, hamato) (figura 6).

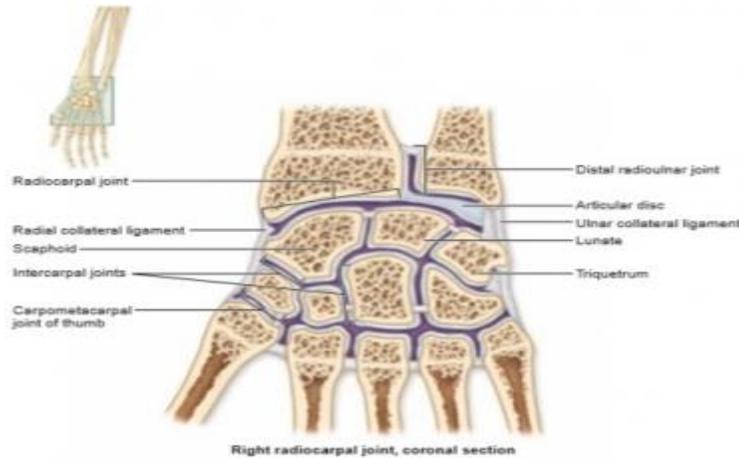
Figura 6 – Ossos do Carpo.



Fonte: <http://claudiosouza.org/porta/ossos-do-carpo-por-radiografia/> (Acessado em 27/12/16).

Há duas articulações principais que proporcionam os movimentos do punho: radiocarpal (entre a extremidade distal do rádio e os ossos do carpo da fileira proximal, exceto o pisiforme) mediocarpal (entre as fileiras proximal e distal do carpo) (figura 7).

Figura 7 - Articulação Radiocarpal e Mediocarpal.



Fonte: <http://www.studydroid.com/printerFriendlyViewPack.php?packId=545458>
(Acessado em 27/12/16).

O punho é provavelmente a articulação da extremidade superior mais comum a ser envolvida além das articulações pequenas na mão. No início da doença há uma perda de extensão. Mudanças tardias devido a dano erosivo levam a subluxação volar e desvio radial do carpo, resultando em proeminência crescente da estilóide ulnar e desvio lateral. A ruptura do tendão também pode ocorrer no punho (HASTINGS, 1975).

As manifestações clínicas mais comuns são efusões simétricas e edema dos tecidos moles em torno das articulações MCF e IFP (Figura 8). Essas articulações são dolorosas e apresentam uma certa restrição de movimento; o que pode evoluir para uma reduzida força de preensão (RHEUMATOID ARTHRITIS, 1985). Na tentativa de aliviar a dor, o paciente tende a reduzir a mobilidade das articulações e assim gera uma tensão mecânica na cápsula articular com conseqüente atrofia muscular. Com a evolução da doença, há um processo destrutivo da cartilagem e do osso subjacente que somados ao desequilíbrio das forças musculares irão contribuir para o aparecimento de deformidades de variados graus o que gera uma limitação funcional da mão.

As principais deformidades articulares incluem desvio ulnar das articulações MCF

(Figura 9), pescoço de cisne - é o resultado da hiperextensão da articulação interfalangeana proximal e da flexão, com incapacidade de extensão, da interfalangeana distal (Figura 10); e deformidades em Botoeira - Há hiperflexão da articulação interfalangeana proximal e hiperextensão da articulação interfalangeana distal (Figura 11). Também pode haver deformidades no punho onde no início da doença, há uma perda de extensão. Com a evolução da doença e erosão da cartilagem e osso, o punho pode sofrer uma subluxação volar e desvio radial do carpo, resultando no aumento da proeminência da estilóide da ulna e desvio lateral, pode ocorrer também a ruptura do tendão (HASTINGS, 1975).

Figura 8 - Edema dos tecidos moles em torno das articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 9 – Desvio ulnar das articulações metacarpofalangeanas.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 10 - Deformidade em pescoço de cisne



Fonte: Moreira Jr Editora. RBM / Revista Brasileira de Medicina

Figura 11 - Deformidade em Botoeira



Fonte: Arquivo pessoal

Essas deformidades levam a incapacidade de realizar as atividades de vida diárias, é habitualmente associada a uma maior dependência física, diminuindo a capacidade de trabalho e o rendimento financeiro, e aumentando a utilização dos serviços de assistência à saúde. Em decorrência disso, há um impacto econômico negativo significativo tanto para o paciente como para a sociedade (FERRAZ, 1990; HALLERT, 2004; LAURINDO, 2002).

Nesse contexto, a avaliação funcional precoce da mão e do punho se torna importante para fornecer dados que auxiliem na decisão de uma estratégia terapêutica e na avaliação da eficácia do tratamento (DUROZ, 1996; OLIVEIRA, 1996).

3.2.1 Avaliação fisioterapêutica da mão e punho

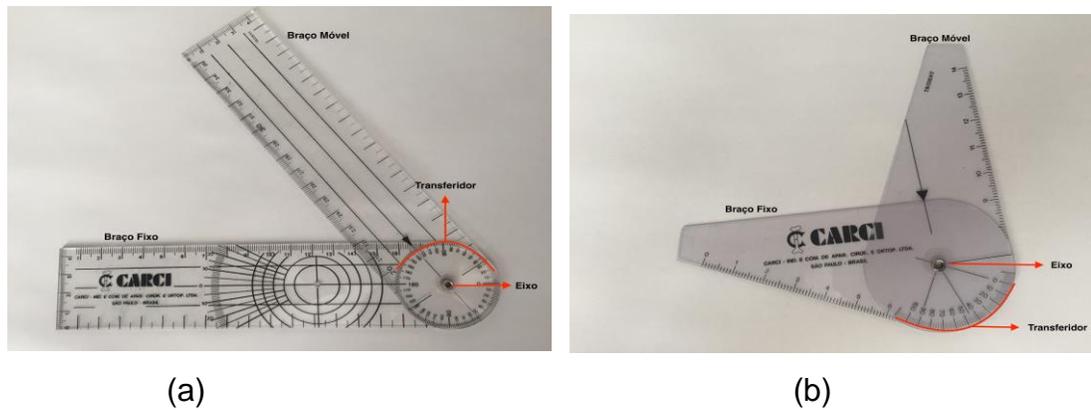
A medida da mobilidade das articulações tem relação direta com a amplitude dos movimentos (SILVA, 2010) e, por isso, a avaliação da amplitude de movimento (ADM) tem sido amplamente utilizada para quantificar o déficit músculo-esquelético, além de servir como base para a avaliação da eficácia de intervenções terapêuticas (KENDALL, 2007).

As medidas de ADM são muito utilizadas e necessitam ser precisas. Estas medidas são o parâmetro determinante utilizado na avaliação e no acompanhamento fisioterapêutico de pacientes portadores de incapacidade na mão. A avaliação da ADM é necessária para a definição tanto da propedêutica como do prognóstico no indivíduo submetido à reabilitação da mão (VENTURINI, 2006).

Hoje, para a avaliação da amplitude de movimento, o método mais utilizado na clínica fisioterapêutica é o da goniometria manual. Entre as vantagens dessa metodologia, pode-se citar o baixo custo do instrumento, no caso o goniômetro (figura 12), e a fácil mensuração (figura 13), que depende quase que exclusivamente da experiência anterior do avaliador. Essas vantagens tornaram a goniometria manual bastante acessível na clínica fisioterapêutica (OLIVEIRA, 2003).

No entanto, existem algumas desvantagens como: a falta de precisão, pois sua confiabilidade (repetibilidade e reprodutibilidade) dependem da experiência do avaliador (CARVALHO 2012); limitação na medição de pequenas articulações. Especialmente em condições reumatológicas, o acometimento de pequenas articulações é frequente e o edema das articulações e deformidades podem interferir no alinhamento correto dos braços do goniômetro com as estruturas proximal e distal das articulações. O contato direto dos braços com, por exemplo, uma articulação edemaciada e dolorosa pode ser desconfortável para o paciente (CARVALHO, 2012).

Figura 12 - Goniômetro Universal. (a) Goniômetro para grandes articulações; (b) Goniômetro para dedos.



Fonte: Arquivo pessoal

Além disso, o pequeno goniômetro que permite a medição das articulações dos dedos das mãos geralmente tem que ser aplicada com as duas mãos do avaliador. Este método de aplicação resulta numa maior imprecisão e constitui uma ameaça para a confiabilidade da medição. Finalmente, os braços de um goniômetro convencional ou são muito pequenos para as articulações MCF ou grandes para as articulações IFP (STAM, 2006).

Figura 13 - Medida da amplitude de movimento utilizando o goniômetro.



Fonte: Arquivo pessoal

3.3 Interação Humano-Computador

A interação usuário-máquina no âmbito computacional é a combinação entre o *software* e o *hardware* necessária para viabilizar o processo de comunicação entre o

usuário e a aplicação. Recentemente, houve crescente interesse em introduzir outros meios de interação humano-computador para o campo da interface. Estes novos meios incluem uma classe de dispositivos baseados em movimentos, ou, mais especificamente, gestos (GARBIN, 2010).

Segundo S. MITRA E T. ACHARYA, 2007, “Gestos são movimentos corporais expressivos e significativos realizados através da movimentação das mãos, braços, cabeça, ou corpo com o objetivo de transmitir uma informação ou interagir com o ambiente”. A evolução tecnológica traz a possibilidade de criar interfaces cuja implementação se utilize progressivamente da naturalidade de agir do ser humano, resultando em interações mais intuitivas (MEDEIROS, 2012).

As novas tecnologias perceptivas são um passo para tornar interfaces naturais uma realidade no dia a dia do uso computacional; estas que lidam com a interação natural, têm como objetivo principal permitir aos computadores uma detecção sensorial detalhada dos humanos. Tais tecnologias possuem um conjunto de *hardware* e *software* que trabalham principalmente com as seguintes percepções: reconhecimento facial, de gestos, de voz e de toque (GHIROTTI, 2009).

3.3.1 Sensores

Há dois tipos de dispositivos para reconhecimento de gestos:

- Dispositivos não baseados em visão – são dispositivos de rastreamento, como luvas, braçadeiras entre outros. Este tipo de dispositivos usam várias tecnologias para detectar movimentos, como acelerômetros, telas *multitouch*, que incluem diferentes tipos de detectores.
- Dispositivos baseados em visão – são dispositivos que usam uma ou mais câmeras. Estes dispositivos fornecem dados executados a partir da captura de sequências de vídeo. O processamento de *frames* é baseado na filtragem, análise e interpretação de dados. Os principais tipos de tecnologia baseada em visão são (KAÂNICHE, 2009):

a) Câmeras de vídeo típicas – utilizam técnicas de reconhecimento de gestos com base em dados derivados de câmera monocular usando métodos de detecção, tais como técnicas baseadas em cor ou forma, detectores de aprendizagem a partir dos valores de

pixel ou detecção baseada em modelo 3D.

b) Câmera estéreo - técnicas baseadas em imagens capturadas a partir de duas câmeras, que fornecem uma aproximação dos dados registrados para uma representação em modelo 3D.

c) Técnicas ativas - exigem a projeção de alguma forma de luz estruturada. Exemplos destes dispositivos são *Kinect* e *leap motion* (YING, 1999).

d) Técnicas invasivas - sistemas que requerem o uso de marcadores no corpo, como luvas de cores, luzes de LED (*PlayStation Move*) (ROBERT, 2009).

3.3.2 Representação do gesto

Existem dois tipos principais de representação de gestos definidos na literatura:

- Baseado em aparência – Esse grupo de modelos não usa descrição direta dos pontos de objetos geográficos, pois ele é baseado na forma das mãos ou braços observados nas imagens. Os gestos são modelados pela relação entre o aparecimento de qualquer gesto para a aparência do conjunto pré-definido.

- Baseado no modelo 3D - Define a descrição espacial em 3D das partes do corpo humano. Eles podem ser classificados em dois grandes grupos:

a) Modelos volumétricos - reproduzem com alta precisão a forma da mão ou do braço. O objeto real é frequentemente interpretado como malha de vértices ou como um *B-spline* racional não uniforme (NURBS) ordenado no espaço. Este modelo é comumente usado para fins de visão por computador ou para a animação de computador. A desvantagem é que este modelo é computacionalmente exigente e difícil de ser analisado em tempo real (THOMAS, 1995; VLADIMIR, 1997).

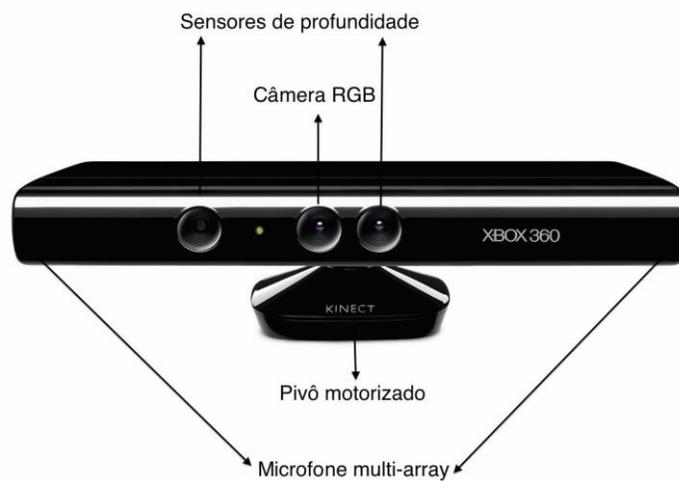
b) Modelos esqueléticos – Esses modelos são muitas vezes usados como modelos simplificados da mão ou do braço com o conjunto reduzido de parâmetros (VLADIMIR, 1997). As vantagens da utilização deste tipo de representação é que por ser um modelo simplificado dos parâmetros mais importantes, permite que o programa de detecção foque nas partes significativas do corpo; e devido à pequena quantidade de dados, os algoritmos de processamento são mais rápidos.

3.3.3 Kinect

O *Kinect™* é um sensor de movimento originalmente desenvolvido pela PrimeSense© e adquirido pela empresa Microsoft para ser utilizado como um dispositivo periférico do console de jogos da mesma empresa, chamado Xbox 360™. Seu objetivo principal é permitir aos usuários controlar e interagir com o console através de uma interface natural usando gestos e comandos de voz, sem utilizar controle manual (MICROSOFT, 2013).

Os principais componentes de *hardware* que compõem o *Kinect* são: (figura 14)

Figura 14 - Sensor *Kinect*.



Fonte: Adaptado do <http://www.xbox.com/en-US/xbox-360/accessories/kinect>

- Câmera RGB: Utilizada para reconhecimento facial e detecção de outras características por meio do reconhecimento de três componentes de cor, vermelho, verde e azul; que captura 30 frames por segundo na resolução de 640x480 e 15 frames por segundo na resolução de 1280x1024.

- Sensores de profundidade: Possui um projetor de luz infra-vermelha e um sensor CMOS (*Complimentary Metal-Oxide Semiconductor*) que funcionam juntos para identificar a profundidade dos objetos na sala independentemente das condições de iluminação;

- Microfone multi-array: Um array de quatro microfones capaz de isolar as vozes

dos jogadores de outros barulhos dentro da sala. Isso permite que o jogador possa se manter mais distante do sensor e ainda usar controles por voz (MICROSOFT, 2013).

- Cerca de 23 cm de comprimento horizontal, 5 cm de comprimento vertical e 5 cm de altura.

- Um acelerômetro de 3 eixos configurado para uma gama de 2G, onde g é a aceleração devido à gravidade.

- Possui processador embutido.

- Utiliza a interface USB 2.0 para comunicação com o computador.

- Detecta 20 pontos de articulação do esqueleto humano.

3.3.4 Leap Motion

O *Leap Motion* apresentou-se no mercado em 2013, criado pela empresa homónima como um dispositivo inovador que aumenta a dimensão da interação do utilizador com o computador. Consiste num pequeno dispositivo com um sensor capaz de captar movimentos dos 10 dedos das mãos e movimento do punho do utilizador com uma precisão aproximada de 1/100 milímetros. O dispositivo permite, portanto, controlar computadores com Windows, Mac OSX ou Linux usando apenas movimentos no ar, detectando as ações de: pintar, desenhar, agarrar, beliscar, dedilhar, entre outros.

Com a leitura de uma área hemisférica 3D de aproximadamente meio metro de raio, a tecnologia suporta mãos, dedos e ferramentas semelhantes a dedos (i.e. lápis) e é uma das mais precisas do mercado. Se destaca também pelas suas dimensões, em centímetros de 1,3 (altura) x 8 (largura) x 3 (espessura) (figura 15).

Figura 15 – Leap Motion.

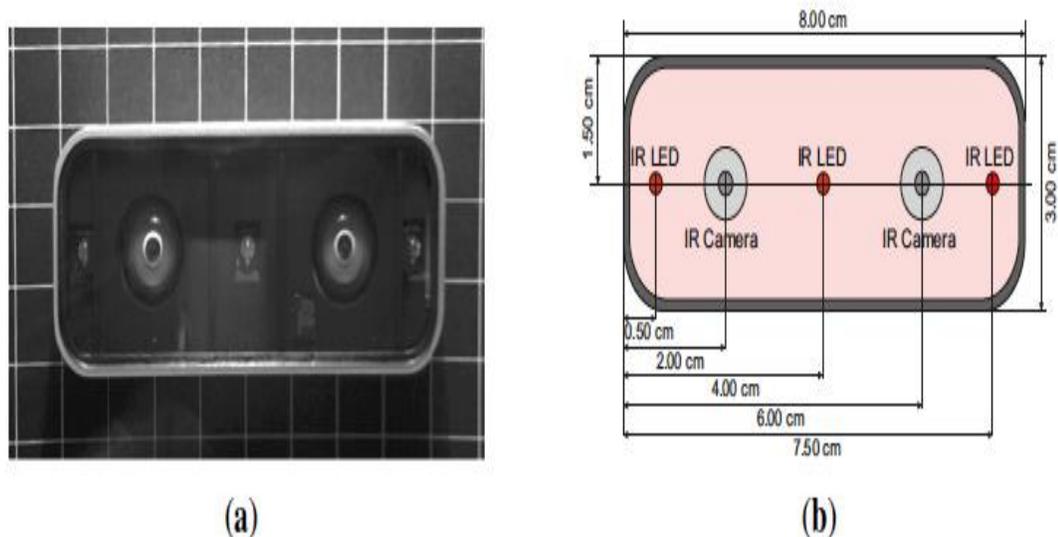


Fonte: <http://inspirationist.net/leap-motion/>

Segundo os desenvolvedores do dispositivo: “*Leap Motion Controller* representa uma forma totalmente nova de interagir com os computadores. É mais preciso do que um mouse, tão confiável quanto um teclado e mais sensível do que uma tela sensível ao toque. Pela primeira vez, o usuário poderá controlar precisamente um computador em três dimensões com movimentos naturais das mãos e dos dedos. Este não é um sistema de jogo que aproximadamente mapeia seus movimentos da mão. A tecnologia do leap motion é 200 vezes mais precisa do que qualquer outra coisa no mercado. Apenas com o tamanho de uma pendrive, o sensor pode distinguir os dedos e rastrear seus movimentos para baixo a um 1/100 de milímetro.” (LEAP MOTION, 2013).

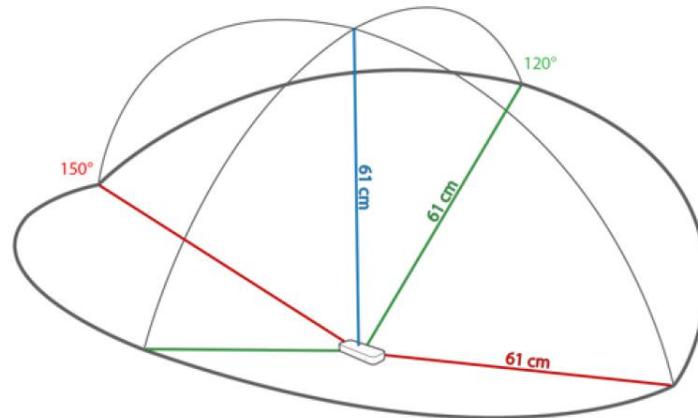
Para leitura de dados, a tecnologia utiliza duas câmaras monocromáticas de infravermelhos e três LEDs (figura 16) para captar movimentos precisos numa área hemisférica (figura 17).

Figura 16- Leap motion. a) visão superior do leap motion de suas câmeras e sua luzes de LED infravermelhas. b) Visão esquemática das distância entre as câmeras e as luzes de LED.



Fonte: Frank Weichert, Daniel Bachmann, Bartholomäus Rudak and Denis Fisseler. Analysis of the Accuracy and Robustness of the Leap Motion Controller. Sensors 2013, 13, 6380-6393; doi:10.3390/s130506380

Figura 17 – Área de captura do Leap Motion. Os valores apresentados referem-se à totalidade das distâncias em cada eixo.



Fonte: Imagem retirada de www.clubic.com

Os LEDs geram um padrão 3D de pontos de luz infravermelha e as câmaras geram mais de 200 frames por segundo. Estes dados são enviados através de um cabo USB para o computador, onde a informação é analisada pelo software do controlador e são sintetizados dados de posição 3D através da comparação das imagens 2D geradas pelas duas câmeras. Além disso, a latência é inexistente para os olhos humanos, sendo inferior à taxa de atualização dos monitores de computador. Tecnicamente, poucos detalhes são conhecidos sobre a natureza precisa dos algoritmos usados devido às restrições de patentes e segredos comerciais. O próprio controlador é acessado e programado através de Interfaces de Programação de Aplicativos (APIs), com suporte para uma variedade de linguagens de programação, entre elas, C ++ e Python (GUNA, 2014).

Uma vez que a tecnologia é recente, ainda existem poucos projetos na área da saúde. A grande maioria são voltados para a reabilitação, como o projeto Richard RIESE. Este foi desenvolvido especificamente para a reabilitação de pacientes com diferentes tipos de deficiências que afetam a sua função da mão-motor, incluindo crianças com deficiência motora fina, pessoas com lesões nas mãos ou pacientes que tenham sofrido AVC (Acidente Vascular Cerebral) com paralisias parciais. O projeto é constituído por um videojogo que permite ao utilizador fazer os exercícios por conta própria em casa de uma forma fácil e divertida, com o auxílio do *leap motion*. Contém também um *backoffice* que permite o acompanhamento e análise de um terapeuta, como também a personalização

de alguns parâmetros do jogo, nomeadamente a qualidade dos gráficos, útil para pessoas mais idosas ou com dificuldades visuais (STURM, 2013).

Tabela 1 - Comparação entre os dispositivos.

TECNOLOGIA PERCEPTIVA	KINECT	LEAP MOTION
Linguagem de programação	C++, C#, VB	C++, C#, Java
Hardware	Console Xbox +TV / Computador	Computador
SDK	Proprietário e Aberto	Proprietário
Ângulo de visão	43° ajustáveis em +27° e - 27° (Vertical)	130° (Lado a lado) e 100° (Frente/Trás)
Profundidade da visão	0,4m a 4m	0,02m a 0,5m
Reconhecimento	Gestos, expressões faciais e voz	Gestos
Precisão	Muita na motricidade global (centímetros)	Muita na motricidade fina (1/100 milímetros)
Sensor utilizado	Infravermelho e RGB	Infravermelho
Posição no computador em relação ao monitor	Parte de cima ou de baixo	Na frente e embaixo
Dimensões	28 X 7 X 7cm	8 X 3 X 1,2cm
Portabilidade	Pouca (Xbox) / Média (computador)	Muita

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Validar o *leap motion* como ferramenta de avaliação funcional da amplitude de movimento do punho, articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais em pacientes com diagnóstico de artrite reumatóide.

4.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um protótipo para avaliar a ADM pelo *leap motion*;
- Medir a ADM do punho, articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais, com uso do goniômetro, em pacientes com diagnóstico de artrite reumatoide;
- Verificar a ADM do punho, articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais, com uso do *leap motion*, em pacientes com diagnóstico de artrite reumatoide;
- Desenvolver a técnica apropriada para captação da ADM pelo *leap motion* em pacientes com AR;
- Analisar e descrever a associação entre as técnicas de avaliação de ADM do punho, articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Local do Estudo

O estudo foi realizado no ambulatório de Artrite Reumatoide da Unidade de Reumatologia do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes da Universidade Federal de Alagoas (HUPAA-UFAL), na cidade de Maceió-AL.

5.2 Tipo de Estudo

Estudo transversal, onde os pacientes foram avaliados em um único momento, composto por amostra de conveniência, com início em março de 2015 e duração de 6 meses.

5.3 Seleção

A amostra foi composta de 18 pacientes portadores de Artrite Reumatóide de acordo com os critérios de inclusão e exclusão do estudo. A pesquisa foi cadastrada no comitê de ética e pesquisa da Universidade de Alagoas com o número: 53082315.2.0000.5013.

Os pacientes foram informados sobre os objetivos e procedimentos, e ao aceitar participar da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes da avaliação (Apêndice A). Não houve alteração na rotina já adotada pelo serviço.

5.3.1 Critérios de Inclusão

- Idade maior ou igual a 18 anos;
- Diagnóstico de Artrite Reumatóide de acordo com os critérios do *American College of Rheumatology* – American college of Rheumatology subcommittee on rheumatoid Arthritis guidelines, 2002.

5.3.2 Critérios de Exclusão

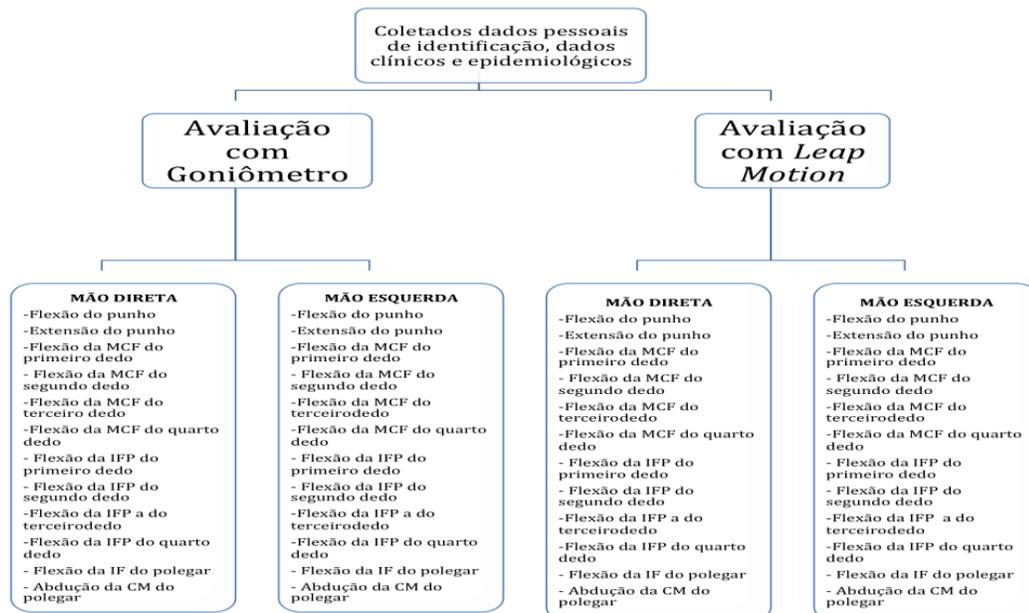
- Pacientes com sequelas em mãos provenientes de outras patologias que não AR;
- Aqueles que não concordaram em participar do estudo.

5.4 Procedimentos

Os dados foram coletados por uma fisioterapeuta, aluna da Pós Graduação *stricto sensu* do mestrado em Modelagem Computacional do Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, com auxílio de um estudante da área de computação.

Não houve alteração na rotina do paciente, visto que este foi avaliado no mesmo setor e dia em que foi para a consulta médica de rotina. Foram coletados dados pessoais de identificação, clínicos e epidemiológicos (Apêndice B). O paciente passou por duas avaliações da ADM das articulações das mãos e punhos diferentes (goniômetro e *leap motion*), porém ambas foram realizadas no mesmo dia (Quadro 3).

Quadro 3 - Fluxograma da Avaliação realizado pelos pacientes.



MCF: Metacarpofalangeana; IFP: Interfalangeana Proximal; CM: Carpometacarpo.

Fonte: Arquivo Pessoal

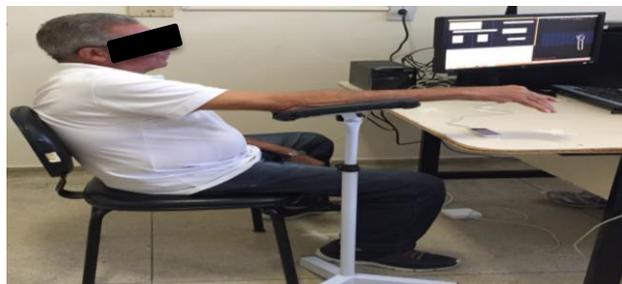
5.4.1 Avaliação com uso do goniômetro

Foi avaliada a ADM do Punho (articulação radiocárpica e mediocárpica) por meio dos movimentos de flexão e extensão, e os movimentos de flexão das articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas do primeiro ao quarto dedo, além dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana do polegar e abdução da articulação carpometacarpo do polegar através da goniometria, com o paciente sentado na cadeira com um apoio para antebraço, para evitar compensações, deixando a mão e punho livres, utilizando goniômetro (figura 18).

O goniômetro é um instrumento de medidas angulares, utilizado para medir a amplitude articular. O mais utilizado é o goniômetro universal, que consiste de um círculo completo (360°) ou meio círculo (180°), com dois braços (um móvel e outro fixo), podendo ser de plástico ou metal. O goniômetro utilizado foi o da marca CARCI e obedece os padrões de fabricação do instrumento.

A medida foi realizada da seguinte forma: paciente com a mão neutra pede-se para realizar uma flexão, com a palma da mão voltada para baixo, até o máximo que ele conseguir, sustentando por até 5 segundos para que a fisioterapeuta avalie. Esta estava ao lado do paciente com o eixo do goniômetro na articulação do punho, em direção à prega distal do lado ulnar; o braço fixo em direção ao antebraço e o braço móvel na direção do 5º metacarpo acompanhando o seu movimento de flexão (mão caída). Para medir a extensão do punho, o paciente ficou na mesma posição e foi orientado a movimentar a mão para cima, enquanto a fisioterapeuta fazia a avaliação com o goniômetro na mesma posição da anterior porém com o movimento para cima.

Figura 18 – Posicionamento do paciente para realizar a avaliação.



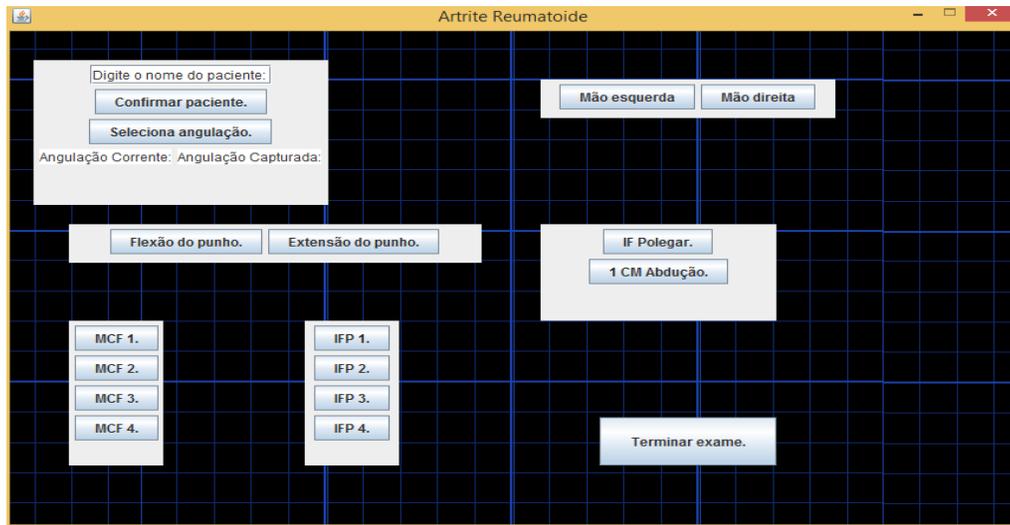
Fonte: Arquivo pessoal

Além da ADM do punho também foi avaliada a amplitude da articulação metacarpofalângiana (MCF) e interfalangeana proximal dos dedos. O posicionamento é o mesmo para avaliação do punho, porém além de antebraço e punho apoiados, o paciente apoia também a mão, deixando apenas os dedos para fora do apoio. A fisioterapeuta pediu para o paciente flexionar os dedos e a mesma avaliou com o eixo do goniômetro na articulação MCF; o braço fixo paralelo ao metacarpo e o braço móvel paralelo às falanges, acompanhando seus movimentos de flexão.

5.4.2 Avaliação com o uso do *leap motion*

Esta avaliação foi realizada com o paciente sentado na mesma posição que a avaliação realizada com o goniômetro. O controlador *leap motion* foi colocado sobre uma mesa de 100 x 60 cm de área e 73 cm de altura. O controlador transmitiu dados sobre os objetos identificados para um computador de mesa (Hewlett-Packard Development Company, L.P AMD A10-5800B APU com 8,00GB de memória RAM). Foi utilizado um protótipo (figura 19), que foi desenvolvido em conjunto com o departamento de computação da UFAL, em linguagem java, versão 7, para a medição da angulação das articulações usando as *APIs leap motion*, especificamente, para este estudo. Os *scripts* foram usados para aquisição e registro de dados em tempo real. A operação do controlador foi monitorada em tempo real usando o *software leap motion Visualizer*. A versão do *leap motion* usada foi a 2.2.6 (2015). O mesmo foi solicitado a realizar novamente os movimentos da avaliação anterior e o *leap motion* mediu a amplitude de movimento do punho e das articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais, medidas em graus.

Figura 19 - Interface do *software* utilizado para medição da amplitude de movimento.



Fonte: Arquivo Pessoal

E para definir a melhor posição de captura de cada articulação analisada foi feito um teste piloto, onde foram avaliadas 12 pessoas normais com o intuito de definir o posicionamento correto das mãos sobre um apoiador de braço em que o LM pudesse trabalhar com maior eficácia na captura do movimento.

Essa posição é com o paciente sentado numa cadeira com um apoio de braço distando 22cm do LM, a altura entre a mesa e o suporte do braço é de 20cm e a distância entre a cadeira e a braçadeira de 12cm. Essas distâncias também foram as mesmas para o braço esquerdo (figura 20).

Figura 20 – Posicionamento do paciente e distâncias entre o equipamento.



Fonte: Arquivo pessoal

5.5 Análise de dados

Utilizou-se o IBM SPSS *statistics* 22 para efetuar as análises estatísticas descritivas (média, desvio-padrão) e análise de correlação r de Pearson (que é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita mas inversa) para verificar o nível de relação entre as medidas de ADM por meio do goniômetro e *leap motion*.

6. RESULTADOS

Um total de 18 pacientes foram incluídos no estudo: 4 (22,2%) do sexo masculino e 14 (77,8%) do sexo feminino, todos diagnosticados com artrite reumatóide. Foram avaliadas um total de 36 mãos e 198 articulações. A média de idade dos pacientes foi de 49,94 (DP = 13,12). Em relação ao nível de escolaridade 8 pacientes (44,4%) tinham o segundo grau completo, 4 (22,2%) apresentavam o primeiro grau completo, 3 (16,7%) o primeiro grau incompleto e 3 (16,7%) eram analfabetos. Quanto a renda dos participantes, 10 (55,6%) recebiam até um salário mínimo de renda familiar e 8 (44,4%) recebiam de um até três salários mínimos. Destes pacientes, apenas 2 (11,1%) ainda trabalhavam e 16 (88,9%) estavam aposentados ou dependentes da família.

Quanto a presença de dor, 14 (77,8%) apresentavam doença ativa com dor articular, e 4 (22,2%) em remissão clínica de doença. Entre os pacientes, 12 (66,7%) não apresentavam deformidades, enquanto 6 (33,3%) apresentavam algum tipo de deformidade em mão ou punho.

O *leap motion* foi capaz de detectar a ADM de todas as articulações estudadas em todos os pacientes (tabela 2), exceto em um paciente que apresentava alto grau de deformidade em flexão do punho e que não conseguiu realizar os movimentos solicitados, prejudicando o campo de visão das câmeras infravermelhas do *leap motion*.

Tabela 2 – Média da ADM (em graus) de todos os movimentos medidos pelo goniômetro e pelo *leap motion*.

Movimentos	Goniômetro	Leap Motion
Flexão Punho Direito	46,61 (DP = 21,03)	44,82 (DP = 19,28)
Flexão Punho Esquerdo	53,39 (DP = 21,30)	50,26 (DP = 22,77)
Extensão Punho Direito	39,33 (DP = 19,18)	32,43 (DP = 17,71)
Extensão Punho Esquerdo	46,11 (DP = 21,73)	35,92 (DP = 17,08)
Flexão MCF 1 Direito	51,78 (DP = 17,58)	56,26 (DP = 21,13)
Flexão MCF 1 Esquerdo	57,22 (DP = 11,14)	64,45 (DP = 24,22)

Continua

Movimentos	Goniômetro	Leap Motion
Flexão MCF 2 Direito	54,78 (DP = 18,07)	59,34 (DP = 18,61)
Flexão MCF 2 Esquerdo	53,89 (DP = 11,77)	60,06 (DP = 21,55)
Flexão MCF 3 Direito	52,78 (DP = 19,50)	60,36 (DP = 18,35)
Flexão MCF 3 Esquerdo	53,11 (DP = 11,56)	55,53 (DP = 25,60)
Flexão MCF 4 Direito	53,94 (DP = 24,19)	55,85 (DP = 17,28)
Flexão MCF 4 Esquerdo	58,89 (DP = 14,26)	45,81 (DP = 17,89)
Flexão IFP 1 Direito	57,89 (DP = 18,60)	53,22 (DP = 29,69)
Flexão IFP 1 Esquerdo	64,22 (DP = 13,44)	66,44 (DP = 20,73)
Flexão IFP 2 Direito	57,67 (DP = 20,56)	64,24 (DP = 23,34)
Flexão IFP 2 Esquerdo	62,78 (DP = 16,65)	58,61 (DP = 23,14)
Flexão IFP 3 Direito	62,22 (DP = 21,33)	59,52 (DP = 21,22)
Flexão IFP 3 Esquerdo	70,56 (DP = 12,47)	59,92 (DP = 20,36)
Flexão IFP 4 Direito	62,89 (DP = 19,59)	57,41 (DP = 21,67)
Flexão IFP 4 Esquerdo	71,33 (DP = 16,54)	58,25 (DP = 19,94)
Flexão IF Polegar Direito	39,44 (DP = 23,65)	44,36 (DP = 24,60)
Flexão IF Polegar Esquerdo	48,44 (DP = 19,03)	49,86 (DP = 20,08)
Abdução CM Polegar Direito	61,50 (DP = 22,12)	57,11 (DP = 18,21)
Abdução CM Polegar Esquerdo	68,12 (DP = 13,84)	63,36 (DP = 21,56)

Foi realizada uma correlação de Pearson entre as medidas de ADM executadas com o goniômetro e com o *leap motion*, tanto para as mãos direitas quanto esquerdas.

Tabela 3 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão do punho realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	Punho Flexão D Gonio	Punho Flexão E Gonio
PUNHO_FLEXÃO_D	0,78 (0,000)	0,32 (0,189)
PUNHO_FLEXÃO_E	0,38 (0,111)	0,15 (0,544)

PUNHO_FLEXÃO_D: angulação da flexão do punho direito calculado pelo *leap motion*; PUNHO_FLEXÃO_E: angulação da flexão do punho esquerdo calculado pelo *leap motion*; **Punho Flexão D Gonio**: angulação da flexão do punho direito calculado pelo goniômetro; **Punho Flexão E Gonio**: angulação da flexão do punho esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativa; Em amarelo = Não estatisticamente significativa.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, os valores da amplitude de movimento da flexão do punho direito medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,78$; $p = 0,000$). Já a medida deste movimento com a mão esquerda não apresentou correlação significativa ($r = 0,15$; $p = 0,544$).

Tabela 4 - Correlação das medidas dos movimentos de extensão do punho realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	Punho Extensão D Gonio	Punho Extensão E Gonio
PUNHO_EXTENSÃO_D	0,63 (0,004)	0,61 (0,006)
PUNHO_EXTENSÃO_E	0,66 (0,003)	0,82 (0,000)

PUNHO_EXTENSÃO_D: angulação da extensão do punho direito calculado pelo *leap motion*; PUNHO_EXTENSÃO_E: angulação da extensão do punho esquerdo calculado pelo *leap motion*; **Punho extensão D Gonio**: angulação da extensão do punho direito calculado pelo goniômetro; **Punho Extensão E Gonio**: angulação da extensão do punho esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativo.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, os valores da amplitude de movimento da extensão do punho direito e esquerdo medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,63$; $p = 0,004$), ($r = 0,82$; $p = 0,000$), respectivamente.

Tabela 5 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação metacarpofalangeana do primeiro dedo realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	MCF1 D Gonio	MCF1 E Gonio
MCF1_D	0,81 (0,000)	0,39 (0,110)
MCF1_E	0,72 (0,001)	0,50 (0,034)

MCF1_D: angulação da flexão do primeiro metacarpofalangeana direito calculado pelo *leap motion*; MCF1_E: angulação da flexão do primeiro metacarpofalangeana esquerdo calculado pelo *leap motion*; **MCF1 D Gonio**: angulação da flexão do primeiro metacarpofalangeana direito calculado pelo goniômetro; **MCF1 E Gonio**: angulação da flexão do primeiro metacarpofalangeana esquerdo calculado pelo

goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativa.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, os valores da amplitude de movimento da flexão da articulação metacarpofalangeana do primeiro dedo direito e esquerdo medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,81$; $p = 0,000$), ($r = 0,50$; $p = 0,034$), respectivamente.

Tabela 6 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação metacarpofalangeana do segundo dedo realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	MCF2 D Gonio	MCF2 E Gonio
MCF2_D	0,52 (0,026)	0,27 (0,279)
MCF2_E	0,42 (0,076)	0,27 (0,273)

MCF2_D: angulação da flexão do segundo metacarpofalangeana direito calculado pelo *leap motion*; MCF2_E: angulação da flexão do segundo metacarpofalangeana esquerdo calculado pelo *leap motion*; **MCF2 D Gonio**: angulação da flexão do segundo metacarpofalangeana direito calculado pelo goniômetro; **MCF2 E Gonio**: angulação da flexão do segundo metacarpofalangeana esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativa; Em amarelo = Não estatisticamente significativa.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 6, os valores da amplitude de movimento da flexão da articulação metacarpofalangeana do segundo dedo direito medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,52$; $p = 0,026$). Já a medida deste movimento com a mão esquerda não apresentou correlação significativa ($r = 0,27$; $p = 0,273$).

Tabela 7 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação metacarpofalangeana do terceiro dedo realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	MCF3 D Gonio	MCF3 E Gonio
MCF3_D	0,51 (0,030)	0,14 (0,572)
MCF3_E	0,20 (0,408)	0,23 (0,355)

MCF3_D: angulação da flexão do terceiro metacarpofalangeana direito calculado pelo *leap motion*; MCF3_E: angulação da flexão do terceiro metacarpofalangeana esquerdo calculado pelo *leap motion*;

MCF3 D Gonio: angulação da flexão do terceiro metacarpofalangeana direito calculado pelo goniômetro; **MCF3 E Gonio:** angulação da flexão do terceiro metacarpofalangeana esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significante; Em amarelo = Não estatisticamente significante.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 7, os valores da amplitude de movimento da flexão da articulação metacarpofalangeana do terceiro dedo direito medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,51$; $p = 0,030$). Já a medida deste movimento com a mão esquerda não apresentou correlação significativa ($r = 0,23$; $p = 0,355$).

Tabela 8 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação metacarpofalangeana do quarto dedo realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	MCF4 D Gonio	MCF4 E Gonio
MCF4_D	0,60 (0,008)	0,49 (0,038)
MCF4_E	0,49 (0,036)	0,53 (0,022)

MCF4_D: angulação da flexão do quarto metacarpofalangeana direito calculado pelo *leap motion*; MCF4_E: angulação da flexão do quarto metacarpofalangeana esquerdo calculado pelo *leap motion*; **MCF4 D Gonio:** angulação da flexão do quarto metacarpofalangeana direito calculado pelo goniômetro; **MCF4 E Gonio:** angulação da flexão do quarto metacarpofalangeana esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significante.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 8, os valores da amplitude de movimento da flexão da articulação metacarpofalangeana do quarto dedo direito e esquerdo medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,60$; $p = 0,008$), ($r = 0,53$; $p = 0,022$), respectivamente.

Tabela 9 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana proximal do primeiro dedo realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	FP1 D Gonio	IFP1 E Gonio
IFP1_D	0,63 (0,005)	0,15 (0,552)
IFP1_E	0,74 (0,000)	0,26 (0,287)

IFP1_D: angulação da flexão da interfalangeana proximal do primeiro dedo direito calculado pelo *leap motion*; IFP1_E: angulação da flexão da interfalangeana proximal do primeiro dedo esquerdo calculado pelo *leap motion*; **FP1 D Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana proximal do primeiro dedo direito calculado pelo goniômetro; **IFP1 E Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana proximal do primeiro dedo esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativo; Em amarelo = Não estatisticamente significativo.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 9, os valores da amplitude de movimento da flexão da articulação interfalangeana proximal do primeiro dedo direito medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,63$; $p = 0,005$). Já a medida deste movimento com a mão esquerda não apresentou correlação significativa ($r = 0,26$; $p = 0,287$).

Tabela 10 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana proximal do segundo dedo realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	FP2 D Gonio	IFP2 E Gonio
IFP2_D	0,57 (0,012)	- 0,03 (0,900)
IFP2_E	0,48 (0,042)	0,09 (0,700)

IFP2_D: angulação da flexão da interfalangeana proximal do segundo dedo direito calculado pelo *leap motion*; IFP2_E: angulação da flexão da interfalangeana proximal do segundo dedo esquerdo calculado pelo *leap motion*; **FP2 D Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana proximal do segundo dedo direito calculado pelo goniômetro; **IFP2 E Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana proximal do segundo dedo esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativo; Em amarelo = Não estatisticamente significativo.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 10, os valores da amplitude de movimento da flexão da articulação interfalangeana proximal do segundo dedo direito medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,57$; $p = 0,012$). Já a medida deste movimento com a mão esquerda não apresentou correlação significativa ($r = 0,09$; $p = 0,700$).

Tabela 11 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana proximal do terceiro dedo realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	FP3 D Gonio	IFP3 E Gonio
IFP3_D	0,62 (0,006)	0,04 (0,871)
IFP3_E	0,57 (0,012)	0,05 (0,827)

IFP3_D: angulação da flexão da interfalangeana proximal do terceiro dedo direito calculado pelo *leap motion*; IFP3_E: angulação da flexão da interfalangeana proximal do terceiro dedo esquerdo calculado pelo *leap motion*; **FP3 D Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana proximal do terceiro dedo direito calculado pelo goniômetro; **IFP3 E Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana proximal do terceiro dedo esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativo; Em amarelo = Não estatisticamente significativo.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 11, os valores da amplitude de movimento da flexão da articulação interfalangeana proximal do terceiro dedo direito medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,62$; $p = 0,006$). Já a medida deste movimento com a mão esquerda não apresentou correlação significativa ($r = 0,05$; $p = 0,827$).

Tabela 12 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana proximal do quarto dedo realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	IFP4 D Gonio	IFP4 E Gonio
IFP4_D	0,51 (0,028)	0,10 (0,689)
IFP4_E	0,74 (0,000)	- 0,00 (0,980)

IFP4_D: angulação da flexão da interfalangeana proximal do quarto dedo direito calculado pelo *leap motion*; IFP4_E: angulação da flexão da interfalangeana proximal do quarto dedo esquerdo calculado pelo *leap motion*; **FP4 D Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana proximal do quarto dedo direito calculado pelo goniômetro; **IFP4 E Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana proximal do quarto dedo esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativo; Em amarelo = Não estatisticamente significativo.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 12, os valores da amplitude de movimento da flexão da articulação interfalangeana proximal do quarto dedo direito medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,51$; $p = 0,028$). Já a medida deste movimento com a mão esquerda não apresentou correlação significativa ($r = -0,00$; $p = 0,980$).

Tabela 13 - Correlação das medidas dos movimentos de flexão da articulação interfalangeana do dedo polegar realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	IF Polegar D Gonio	IF Polegar E Gonio
IF POLEGAR_D	0,81 (0,000)	0,46 (0,053)
IF POLEGAR_E	0,73 (0,000)	0,25 (0,306)

IF POLEGAR_D: angulação da flexão da interfalangeana do dedo polegar direito calculado pelo *leap motion*; IFPOLEGAR_E: angulação da flexão da interfalangeana do dedo polegar esquerdo calculado pelo *leap motion*; **IF Polegar D Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana do dedo polegar direito calculado pelo goniômetro; **IF Polegar E Gonio**: angulação da flexão da interfalangeana do dedo polegar esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativo; Em amarelo = Não estatisticamente significativo.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 13, os valores da amplitude de movimento da flexão da articulação interfalangeana do dedo polegar direito medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,81$; $p = 0,000$). Já a medida deste movimento com a mão esquerda não apresentou correlação significativa ($r = 0,25$; $p = 0,306$).

Tabela 14 - Correlação das medidas dos movimentos de abdução da articulação carpometacarpo do dedo polegar realizados pelo goniômetro e pelo *leap motion*, em ambas as mãos.

	CM Abd D Gonio	CM Abd E Gonio
CM_ABD_D	0,90 (0,000)	0,62 (0,007)
CM_ABD_E	0,66 (0,002)	0,70 (0,002)

CM_ABD_D: angulação da abdução da carpometacarpo do dedo polegar direito calculado pelo *leap motion*; CM_ABD_E: angulação da abdução da carpometacarpo do dedo polegar esquerdo calculado pelo *leap motion*; **CM Abd D Gonio**: angulação da abdução da carpometacarpo do dedo polegar direito calculado pelo goniômetro; **CM Abd E Gonio**: angulação da abdução da carpometacarpo do dedo polegar esquerdo calculado pelo goniômetro. O primeiro valor corresponde ao r = correlação r de Pearson e o valor entre parênteses corresponde ao valor p ; adotou-se o nível de significância de 0,05. Em azul = Estatisticamente significativo;

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 14, os valores da amplitude de movimento da abdução da articulação carpometacarpo do dedo polegar direito e

esquerdo medidas pelo goniômetro e pelo *leap motion*, estão significativamente correlacionados ($r = 0,90$; $p = 0,000$), ($r = 0,70$; $p = 0,002$), respectivamente.

7. DISCUSSÃO

A medida da amplitude de movimento das articulações interfalangeanas proximais, metacarpofalangeanas e punhos fazem parte da avaliação fisioterapêutica e reumatológica cotidiana do paciente com Artrite Reumatoide. Tais medidas são de grande valia seja na avaliação inicial, para delineamento do tratamento fisioterapêutico, ou após a terapêutica estabelecida, constituindo um método propedêutico imprescindível de seguimento do paciente tanto para o médico reumatologista quanto para o profissional da fisioterapia. Todavia, dificuldades de mensuração da ADM são encontradas na prática clínica, uma vez que esta medida é realizada através da goniometria. Este método é executado com o auxílio do fisioterapeuta ou médico, havendo o toque nas mãos do paciente o que interfere facilitando o movimento da articulação avaliada. Durante a realização deste estudo, foi observado que o *leap motion* foi capaz de avaliar a ADM de pacientes com Artrite Reumatoide sem interferência externa do avaliador (tabela 2).

O *leap motion* tem sido empregado na área da saúde mais frequentemente na reabilitação de pacientes com AVC (KHADEMI, 2014; e YU, 2016) de doenças que causam incapacidade de movimentos das mãos, de uma forma geral (GRUBIŠIĆ, 2015) e doença de Parkinson (OLIVEIRA, 2014, 2014, 2015). No entanto, até o momento, não há estudos publicados que tenham utilizado para avaliação da ADM seja em indivíduos normais ou em pacientes com AR. Guna *et al.* (2014), avaliou o desempenho do *leap motion Controller* com o auxílio de um sistema profissional de rastreamento rápido de alta precisão. Para as medições, foi utilizado um modelo de braço de plástico que simulava um braço humano. De acordo com Guna *et al.* (2014) o *leap motion controller* representa um revolucionário dispositivo de entrada para interação homem-computador baseada em gestos, capaz de captar movimentos finos das mãos. Yu *et al.* (2016), o qual realizou uma fusão de um sensor gestual e de um sensor tátil com recursos de *feedback* de força permitindo uma terapia de treinamento de reabilitação bilateral para pacientes portadores de hemiplegia após acidente vascular encefálico, concluiu que o *leap motion* reconhece e acompanha os movimentos das mãos, dedos e ferramentas, relata posições discretas, gestos e movimento.

O presente estudo não teve por objetivo mensurar a precisão do *leap motion* na

avaliação da ADM de pacientes com AR, embora os dados obtidos, comparativamente a goniometria, pareçam ter sido promissores. Todavia, Yu N *et al* (2016) realizou a avaliação da precisão e robustez do sensor *leap motion* avaliando mãos de pacientes com AVC e mostrou uma precisão média de 0,7 mm; desvio do eixo independente das condições experimentais entre a posição 3D estática desejada e as posições medidas estão abaixo 0,2 mm; para configurações dinâmicas, a precisão média é de 1,2 mm, independente do plano; e o erro de repetibilidade é menor que 0,17 mm. Assim, o dispositivo *leap motion* oferece uma econômica e razoavelmente precisa solução de sensor para realizar várias interações homem-máquina, aplicações no campo das atividades de vida diárias, especialmente para os idosos e deficientes.

Por meio das correlações r de Pearson realizadas entre as medidas de ADM mensuradas pelo *leap motion* e a goniometria convencional foi verificada a evidência de associação entre as medidas que variaram de 0,50 a 0,70. Os resultados obtidos demonstram íntima associação entre as medidas de ADM realizadas com o goniômetro e com o *leap motion*, podendo, inclusive, traduzir um valor mais real e fidedigno, já que não há interferência externa do avaliador.

Apesar dos resultados promissores obtidos, foi observado que dos 12 (doze) movimentos capturados, 4 (quatro) apresentaram correlação com o goniômetro com significância estatística não só na mão direita, mas também na esquerda; que foram os movimentos de extensão do punho, de flexão da articulação metacarpofalangeana do primeiro dedo, de flexão da articulação metacarpofalangeana do quarto dedo e abdução da articulação carpometacarpo do dedo polegar. Estes movimentos são de menor complexidade de execução motora requerendo menos coordenação, sobretudo quando realizado pela mão dominante, pois a individualização de dedos correspondem apenas aos primeiro e quarto dedos. Este achado também foi encontrado por Khademi e colaboradores (2014), onde este fez um estudo piloto com 14 pacientes portadores de acidente vascular cerebral utilizando o *leap motion* como meio para reabilitação da mão afetada pela hemiplegia característica da doença. Ele relatou que os pacientes que não conseguiam individualizar os dedos não tiveram uma boa aceitação no uso do dispositivo para a reabilitação. Já Tung e colaboradores (2015) avaliaram a utilidade de captura cinemática sem marcador do *leap motion*, para medir a posição do dedo estático em um

grupo de adultos jovens saudáveis e assim concluiu que o *leap motion* não é preciso o suficiente para medir desvios de trajeto prejudicados por problemas motores ou falta de coordenação.

No caso da não correlação com o goniômetro na captação da flexão dos punhos direito e esquerdo, vale salientar que para o *leap motion* conseguir captar a angulação, ele precisa que todo o campo de visão das câmeras infravermelhas esteja livre de obstáculos, caso contrário a medição fica prejudicada; no caso do movimento de flexão do punho, por exemplo, quando flexionamos o punho, os dedos entram nesse campo de visão e atrapalham a medição da angulação no punho. Por isso orientávamos os pacientes a realizarem a flexão do punho com os dedos estendidos, o que nem sempre era obtido com êxito. Isso também foi defendido por Grubišić e colaboradores (2015), que em seu estudo analisou os sistemas existentes de reabilitação de mãos e apresentou um conceito de um sistema inovador com o uso do *leap motion*. A fim de garantir um baixo erro, propuseram uma posição neutra, caracterizada com todos os dedos retos e gentilmente espalhados. Esta posição deveria ser realizada antes de cada exercício.

8. CONCLUSÃO

Apesar de algumas dificuldades técnicas encontradas na captação da ADM de pacientes com AR, foi possível validar o *leap motion* como ferramenta de avaliação funcional da amplitude de movimento do punho, articulações metacarpofalangeanas e interfalangeanas proximais em pacientes com diagnóstico de artrite reumatóide. Por ser o *leap motion* um dispositivo novo no mercado e a cada ano novas versões estão sendo lançadas, é possível que esses erros de captura e a interferência de obstáculos no campo visual das câmeras infravermelhas seja solucionado nas próximas versões. Além disso, o desenvolvimento de protocolos de avaliação que limitem a interferência da falta de coordenação motora dos pacientes, sobretudo da mão não dominante, equacionariam as dificuldades encontradas neste trabalho.

Sendo assim, para o dia a dia do médico e fisioterapeuta a utilização do *leap motion* na avaliação de pacientes com AR pode vir a constituir uma alternativa em substituição a goniometria convencional. Outrossim, embora estudos com outras doenças osteoarticulares das mãos e punhos precisem ser realizados, o *Leap motion* também pode vir a ser utilizado como um método propedêutico na avaliação da ADM deste grupo de pacientes.

9. TRABALHOS FUTUROS

- Realização de um novo estudo com um protocolo atualizado para minimizar interferência da mão não dominante e utilizando uma versão mais recente do *leap motion*.
- Fazer uma pesquisa com outros grupos de pacientes portadores de doenças osteoarticulares que acometam mãos e punhos (osteoartrite, síndrome do túnel do carpo, por exemplo).

REFERÊNCIAS

1. AHO K, KOSKENVUO M, TUOMINEN J, KAPRIO J. Occurrence of rheumatoid arthritis in a nationwide series of twins. **J Rheumatol** 1986; 13:899.
2. ALETAHA, D. et al. Rheumatoid Arthritis Classification Criteria: an American College of Rheumatology/European League Against Rheumatism Collaborative Initiative. **Arthritis Rheum.**, Hoboken, v. 62, n. 9, p. 2569-2581, Set. 2010.
3. American College of Rheumatology Subcommittee on Rheumatoid Arthritis Guidelines. Guidelines for the management of rheumatoid arthritis. **Arthritis Rheum** 2002; 46:328-46.
4. ANSAR AHMED S, DAUPHINEE MJ, TALAL N. Effects of short-term administration of sex hormones on normal and autoimmune mice. **J Immunol** 1985; 134:204.
5. CAPPUZZO, K. A. Diagnosis and treatment of early active rheumatoid arthritis. **Consult Pharm**, v. 23, n. 12, p. 956-61, 2008.
6. CARVALHO RMF, MAZZER N, BARBIERI CH. Analysis of the reliability and reproducibility of goniometry compared to hand photogrammetry. **Acta Ortop Bras.** [online]. 2012;20(3): 139-49
7. CONSTANTINESCU, F. et al. Racial disparities in treatment preferences for rheumatoid arthritis. **Med Care**, v. 47, n. 3, p. 350-5, 2009.
8. CROWSON CS, MATTESON EL, MYASOEDOVA E, et al. The lifetime risk of adult-onset rheumatoid arthritis and other inflammatory autoimmune rheumatic diseases. **Arthritis Rheum** 2011; 63:633.
9. DANTAS, E. H. M. A Prática da Preparação Física. 4. Ed. Rio de Janeiro: **Shape**, 2003.
10. DE PABLO, P. et al. Periodontitis in systemic rheumatic diseases. **Nat Rev Rheumatol**, v. 5, n. 4, p. 218-24, 2009.
11. DEIGHTON CM, GRAY J, BINT AJ, WALKER DJ. Specificity of the proteus antibody response in rheumatoid arthritis. **Ann Rheum Dis** 1992; 51:1206.
12. DÜROZ MT, POIRAUDEAU S, FERMANIAN J, MENKES CJ, AMOR B, DOUGADOS M, et al. Development and validation of a rheumatoid hand functional disability scale that assess functional handicap. **J Rheumatol.** 1996;23(7):1167-72.
13. FERRAZ MB, OLIVEIRA LM, ARAUJO PMP, WALTER SD. EPM-ROM Scale: an

evaluative instrument to be used in rheumatoid arthritis trials. **Clin Exp Rheumatol**. 1990;8(5):491-4.

14. FLEMING A, CROWN JM, CORBETT M. Early rheumatoid disease. I. Onset. **Ann Rheum Dis**. 1976;35(4):357.

15. GARBIN, SANDER M. **Estudo da evolução das interfaces homem-computador**. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2010

16. GHIROTTI, SILVIA E. E MORIMOTO, CARLOS H. **Um sistema de interação baseado em gestos manuais tridimensionais para ambientes virtuais**. Departamento de Ciência da Computação – IME/USP. 2009.

17. GLEISSNER, C. et al. The role of risk factors for periodontal disease in patients with rheumatoid arthritis. **Eur J Med Res**, v. 3, n. 8, p. 387-92, 1998.

18. GRUBIŠIĆ et al. Novel approaches in hand rehabilitation. **Period biol**, Vol 117, No 1, 2015.

19. GUNA J, JAKUS G, POGAČNIK M, TOMAŽIČ S AND SODNIK J. An Analysis of the Precision and Reliability of the Leap Motion Sensor and Its Suitability for Static and Dynamic Tracking. **Sensors** 2014, 14, 3702-3720

20. HALLERT F, HUSBERG M, JONSSON D, SKOGH T. Rheumatoid arthritis is already expensive during the first year of the disease (the Swedish TIRA project). **Rheumatology (Oxford)**. 2004;43(11):74-1382.

21. HASTINGS DE, EVANS JA. Rheumatoid wrist deformities and their relation to ulnar drift. **J Bone Joint Surg Am** 1975; 57:930.

22. HEMMINKI K, LI X, SUNDQUIST J, SUNDQUIST K. Familial associations of rheumatoid arthritis with autoimmune diseases and related conditions. **Arthritis Rheum** 2009; 60:661.

23. HOFFMAN RW, O'SULLIVAN FX, SCHAFERMEYER KR, et al. Mycoplasma infection and rheumatoid arthritis: analysis of their relationship using immunoblotting and an ultrasensitive polymerase chain reaction detection method. **Arthritis Rheum** 1997; 40:1219.

24. HOROWITZ S, EVINSON B, BORER A, HOROWITZ J. Mycoplasma fermentans in rheumatoid arthritis and other inflammatory arthritides. **J Rheumatol** 2000; 27:2747.

25. GOELDNER I, SKARE TL, REASON ITM, UTIYAMA SRR. Artrite reumatoide: uma visão atual. **J Bras Patol Med Lab** • v. 47 • n. 5 • p. 495-503 • outubro 2011

26. JACOBY RK, JAYSON MI, COSH JA. Onset, early stages, and prognosis of rheumatoid arthritis: a clinical study of 100 patients with 11-year follow-up. **Br Med J.** 1973;2(5858):96
27. KARLSON EW, MANDL LA, HANKINSON SE, GRODSTEIN F. Do breast-feeding and other reproductive factors influence future risk of rheumatoid arthritis? Results from the Nurses' Health Study. **Arthritis Rheum** 2004; 50:3458.
28. KENDALL F, MCCREARY EK, PROVANCE PG. **Músculos provas e funções.** São Paulo: Manole; 2007.
29. KHADEMI M, HONDORI H M, MCKEN ZIE A, DODAKI - AN L, VIDEIRA LOPES C, CRAMER S C. "Free-hand interaction with leap motion controller for stroke rehabilitation". CHI '14 **Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**, p 1663-1668. 2014
30. KLARESKOG, L. et al. A new model for an etiology of rheumatoid arthritis: smoking may trigger HLA-DR (shared epitope)-restricted immune reactions to autoantigens modified by citrullination. **Arthritis Rheum**, v. 54, n. 1, p. 38-46, 2006.
31. LAURINDO IMM, PINHEIRO GRC, XIMENES AC, BERTOLO MB, XAVIER RM, GIORGI RDN, et al. Consenso brasileiro para o diagnóstico e tratamento da artrite reumatóide. **Rev Bras Reumatol.** 2002;42(6):355-361.
32. LEE DM, WEINBLATT ME. Rheumatoid arthritis. **Lancet** 2001; 358:903
33. LEHTINEN JT, KAARELA K, BELT EA, *et al.* **Incidency of acromioclavicular joint involvement in rheumatoid arthritis: a 15 year endpoint study.** J Rheumatol 1999; 26:1239.
34. LIPSKI PE. Rheumatoid arthritis. In: **Harrison's Principles of Internal Medicine.** New York: McGraw Hill; 1998.
35. M.B. KA^ANICHE. **Human Gesture Recognition.** 2009.
36. MANUAL DE REUMATOLOGIA para Graduação em Medicina Ricardo Fuller Professor Colaborador da USP. Assistente Doutor do Serviço de Reumatologia do HC FMUSP. Professor Responsável pelo Curso de Reumatologia da Graduação em Medicina da FMUSP. 2007
37. MARQUES-NETO JF, GONCALVES ET, LANGEN LFOB, CUNHA MFL, RADOMINSKI S, OLIVEIRA SM et al. Multicentric study of the prevalence of adult rheumatoid arthritis in Brazilian population samples. **Rev Bras Reumatol** 1993; 33: 169-73.
38. MEDEIROS, ACS. **Interação Natural baseada em Gestos como Interface de**

- Controle para Modelos Tridimensionais.** Universidade Federal da Paraíba, 2012. 63 p. 2012.
39. MICHOU, L. et al. Prevalence and distribution of autoimmune diseases in 368 rheumatoid arthritis families. **J Rheumatol**, v. 35, n. 5, p. 1-7, 2008.
40. MICROSOFT, Kinect for Windows. 2013, Site oficial do dispositivo. [Online] 2013. <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/Develop/New.aspx>.
41. MIKULS TR. Help stop tooth decay...and prevent RA? **J Rheumatol** 2010; 37:1083.
42. MOTA, L. M. H. et al. Consenso da Sociedade Brasileira de Reumatologia 2011 para o diagnóstico e avaliação inicial da artrite reumatoide. **Rev. Bras. Reumatol.**, São Paulo, v. 51, n. 3, p.199-219, Mar. 2011.
43. NEUMANN, DONALD A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
44. OLIVEIRA FHM, ANDRADE AO. Estratégia para detecção de tremor de punho utilizando o sensor Leap Motion. Uberlândia: **VII Simpósio em Engenharia Biomédica**, 2014.
45. OLIVEIRA FHM, ANDRADE AO. Preliminary evaluation of Leap Motion Controller as a human tremor record device. **VIII Simpósio em Engenharia Biomédica** Pag. 241-245. 2015.
46. OLIVEIRA FHM, ANDRADE AO. Quantificação De Tremor De Punho Utilizando O Sensor Leap Motion. **XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB** 2014.
47. OLIVEIRA LM, ARAÚJO PMP. **Medida da amplitude articular.** In: Sociedade Brasileira de Terapeutas da Mão, organizadores. **Recomendações para avaliação do membro superior.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Terapeutas da Mão; 2003. p. 37-49.
48. OLIVEIRA LM. **Evolução da capacidade funcional de pacientes com artrite reumatóide, avaliada pelo “Stanford Health Assessment Questionnaire” e escala EPM-ROM** [dissertação]. São Paulo, SP: Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina; 1996.
49. PITANGA FJG. **Testes, Medidas e Avaliação em Educação Física** - 3 ed. São Paulo: Phorte, 2004.
50. PLATONOV, V. N. **A preparação física.** Rio de Janeiro: Sprint, 2003.

51. RHEUMATOID ARTHRITIS — contemporary patient management series, 2nd, Gordon, DA (Eds), **Medical Examination Publishing**, New York 1985.
52. ROBERT Y, POPOVIC W, POPOVIC J. Real-time hand-tracking with a color glove. **ACM Trans. Graph.**, 28(3):63:1–63:8, July 2009.
53. ROTHSCHILD BM, TURNER KR, DELUCA MA. Symmetrical erosive peripheral polyarthritis in the Late Archaic Period of Alabama. **Science** 1988; 241:1498.
54. S. MITRA E T. ACHARYA. 2007. Reconhecimento de Gestos: Uma Pesquisa. Sistemas, Homem, e Cibernético, **Transcrição IEEE** no, 37(3):311-324.
55. SAAG KG, CERHAN JR, KOLLURI S, et al. Cigarette smoking and rheumatoid arthritis severity. **Ann Rheum Dis** 1997; 56:463.
56. SATO K, MARUYAMA I, MARUYAMA Y, et al. Arthritis in patients infected with human T lymphotropic virus type I. Clinical and immunopathologic features. **Arthritis Rheum** 1991; 34:714.
57. SCHAEVERBEKE T, RENAUDIN H, CLERC M, et al. Systematic detection of mycoplasmas by culture and polymerase chain reaction (PCR) procedures in 209 synovial fluid samples. **Br J Rheumatol** 1997; 36:310.
58. SCOTT, D. L.; WOLFE, F.; HUIZINGA, T. W. Rheumatoid arthritis. **Lancet**, London, v. 376, n. 9746, p. 1094-1108, Set. 2010.
59. SILMAN AJ, MACGREGOR AJ, THOMSON W, et al. Twin concordance rates for rheumatoid arthritis: results from a nationwide study. **Br J Rheumatol** 1993; 32:903.
60. SILVA, L. A. **Análise da flexão e extensão de punho e flexão de cotovelo em um universitário**. EFeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires, ano 15, n. 150, Nov/2010.
61. STAM H.J, ARDON MS, DEN OUDEN AH, SCHREUDERS TAR, ROEBROECK ME. The compangle: a new goniometer for joint angle measurements of the hand. **Eura Medicophys** 2006; 42:37-40.
62. STURM, D. (2013) «Richard RIESE», [em linha] Available from: <http://damiansturm.prosite.com/182175/1912152/work/richard-riese> (Acedido 8 Outubro 2014).
63. TAN, R. J. L. et al. Investigation of rheumatoid arthritis susceptibility genes identifies association of AFF3 and CD226 variants with response to anti-tumour necrosis factor Treatment. **Ann Rheum Dis**, v. 69, n. 6, p. 1029-35, 2010.

64. TENGSTRAND B, CARLSTRÖM K, FELLÄNDER-TSAI L, HAFSTRÖM I. Abnormal levels of serum dehydroepiandrosterone, estrone, and estradiol in men with rheumatoid arthritis: high correlation between serum estradiol and current degree of inflammation. *J Rheumatol* 2003; 30:2338.
65. TENGSTRAND B, CARLSTRÖM K, HAFSTRÖM I. Bioavailable testosterone in men with rheumatoid arthritis-high frequency of hypogonadism. **Rheumatology** (Oxford) 2002; 41:285.
66. THOMAS S. HUANG AND VLADIMIR I. PAVLOVIC. Hand gesture modeling, analysis, and synthesis. In **Proc. of IEEE International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition**, pages 73–79, 1995.
67. TOUSSIROT, E.; ROUDIER, J. Epstein-Barr virus in autoimmune diseases. **Best Pract Res Clin Rheumatol**, v. 22, n. 5, p. 883-96, 2008.
68. TUNG J, LULIC T, GONZALEZ D, TRAN J, DICKERSON C, ROY E. Evaluation of a portable markerless finger position capture device: accuracy of the Leap 1 Motion controller in healthy adults. **Physiological Measurement**, Vol.36,n5,p1025,2015
69. TURESSON, C.; MATTESON, E. L. Genetics of rheumatoid arthritis. **Mayo Clin Proc**, v. 81, n. 1, p. 94-101, 2006.
70. VENTURINI C, ITUASSÚ NT, TEIXEIRA LM, DEUS CVO. Confiabilidade intra e interexaminadores de dois métodos de medida da amplitude ativa de dorsiflexão do tornozelo em indivíduos saudáveis. **Rev Bras Fisioter**. 2006;10(4):407-11.
71. VLADIMIR I. PAVLOVIC, RAJEEV SHARMA, AND THOMAS S. HUANG. Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: A review. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, 19:677–695, 1997.
72. WEICHERT F, et al. Analysis of the accuracy and robustness of the leap motion controller. **Sensors** (Basel, Switzerland), v. 13, n. 5, p. 6380–93, doi:10.3390/s130506380, 2013.
73. WOLFE F. The effect of smoking on clinical, laboratory, and radiographic status in rheumatoid arthritis. **J Rheumatol** 2000; 27:630.
74. YING WU AND THOMAS S. HUANG. Vision-based gesture recognition: A review. In **Proceedings of the International Gesture Workshop on Gesture-Based Communication in Human-Computer Interaction**, GW '99, pages 103–115, London, UK, 1999. Springer-Verlag.
75. YU N, XU C, LI H, KUIWANG, LIANCHENGWANG AND LIU J. Fusion of Haptic and Gesture Sensors for Rehabilitation of Bimanual Coordination and Dexterous Manipulation. **Sensors** 2016, 16, 395;

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
MESTRADO EM MODELAGEM
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu,....., tendo sido convidado(o,a) a participar como voluntário(o,a) do estudo “Uma ferramenta automática de apoio à avaliação funcional da mão em pacientes com Artrite Reumatóide,” recebi da Sra. Juliana Sette Rêgo de Melo, fisioterapeuta aluna do mestrado em Modelagem computacional do conhecimento que tem como orientador o Prof. Dr. Marcelo Costa Oliveira e o Prof. Dr. Thiago Sotero Fragoso; onde será executado na Unidade de Reumatologia do Hospital Universitário Professor Alberto Antunes (HUPAA) / Universidade Federal de Alagoas, responsável por sua execução, as seguintes informações que me fizeram entender sem dificuldades e sem dúvidas os seguintes aspectos:

- Que o estudo se destina a criar uma ferramenta automática (computador) para ajudar na avaliação funcional dos movimentos do punho e dedos em pacientes com diagnóstico de artrite reumatóide.
- Que a importância deste estudo é a de verificar a eficácia e precisão do computador para avaliar esses movimentos.
- Que os resultados que se desejam alcançar são os seguintes: Uma melhor precisão e eficácia do computador comparado ao goniômetro (método utilizado hoje na rotina clínica).
- Que esse estudo começará em outubro de 2015 e terminará em março de 2016.
- Que o estudo será feito da seguinte maneira: Os dados serão coletados por uma fisioterapeuta, aluna da Pós-Graduação *stricto Sensu* do mestrado em Modelagem Computacional do Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Não haverá alteração na minha rotina, visto que eu serei avaliado no mesmo setor e dia em que for para a consulta médica de rotina. Serão coletados dados pessoais de identificação, dados clínicos e epidemiológicos. Eu passarei por duas avaliações diferentes (goniômetro e computador), porém ambas serão realizadas no mesmo dia.
- Que eu participarei das seguintes etapas: 1. Será avaliada os movimentos do Punho através da Goniometria. Eu estarei sentado na cadeira, onde a fisioterapeuta pedirá para eu fazer os movimentos enquanto ela mede. 2. Nesta etapa, o paciente realizará os mesmos movimentos da etapa anterior só que sentado em frente ao monitor de computador, e um dispositivo eletrônico é quem vai medir a amplitude de movimento.
- Que os incômodos e riscos que poderei sentir com a minha participação são apenas os de movimentação dos dedos das mãos e do punho, podendo causar pequenas dores e perda de tempo.
- Que deverei contar com a assistência da fisioterapeuta Juliana Sette Rêgo de Melo, na Unidade de Reumatologia do Hospital Alberto Antunes, telefone: (82)3202-3935.
- Que, sempre que desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.
- Que, a qualquer momento, eu poderei recusar a continuar participando do estudo e, também, que eu poderei retirar este meu consentimento, sem que isso me traga qualquer penalidade ou prejuízo.
- Que as informações conseguidas através da minha participação não permitirão a identificação da minha pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.
- O estudo não acarretará nenhuma despesa para o participante da pesquisa.
- Que eu serei indenizado por qualquer dano que venha a sofrer com a participação na pesquisa.
- Que eu receberei uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Finalmente, tendo eu compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no mencionado estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implicam, concordo em dele participar e para isso eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

Endereço d (o, a) participante-voluntári (o, a)

Domicílio:

Bloco: /Nº: /Complemento:

Bairro: /CEP/Cidade: /Telefone:

Ponto de referência:

Contato de urgência: Sr(a).

Domicílio: (rua, praça, conjunto)

Bloco: /Nº: /Complemento:

Bairro: /CEP/Cidade: /Telefone:

Ponto de referência:

Endereço d (os, as) responsáve (l, is) pela pesquisa (OBRIGATÓRIO):

Instituição: Unidade de Reumatologia do Hospital Alberto Antunes

Endereço: Avenida Lourival Melo Mota.

Bloco: /Nº: /Complemento: S/N

Bairro: /CEP/Cidade: Tabuleiro do Martins, Maceió – AL

Telefones p/contato: (82) 3202-3935.

ATENÇÃO: Para informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas

Prédio da Reitoria, 1º Andar, Campus A. C. Simões, Cidade Universitária

Telefone: 3214-1041

Maceió,

Assinatura ou impressão datiloscópica de (o, a) voluntário (o, a) ou responsável legal e rubricar as demais folhas	Nome e Assinatura do(s) responsável(is) pelo estudo (Rubricar as demais páginas)

APÊNDICE B – FICHA DE AVALIAÇÃO

AVALIAÇÃO FISIOTERAPÊUTICA – ARTRITE REUMATÓIDE

DATA DA AVALIAÇÃO: ___/___/___ **NÚMERO DO REGISTRO:** _____

TELEFONE: _____

NOME: _____

INICIAIS DE IDENTIFICAÇÃO: _____

ENDEREÇO: _____

DATA DE NASCIMENTO: ___/___/___ **IDADE:** _____ **SEXO:** (1) F (2) M

RAÇA: Branca (1) Negra (2) Parda (3) Indígena (4) Amarela (5)

ESCOLARIDADE: Analfabeto(a) (1) 1º Grau Completo (2) 1º Grau Incompleto (3)

2º Grau Completo (4) 2º Grau Incompleto (5) 3º Grau Completo (6) 3º Grau Incompleto (7)

RENDA FAMILIAR: até 1 Salário Mínimo (1) 1-3 Salários Mínimos (2) 4-10 Salários Mínimos (3)

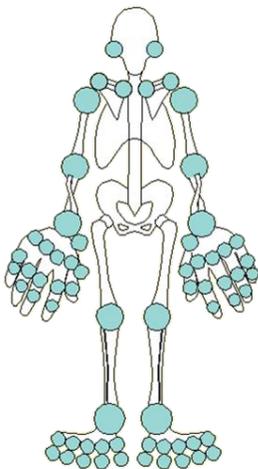
>10 salários mínimos (4)

TIPO DE MORADIA: Casa/Apart. Própria (1) Casa/Apart. Alugada (2)

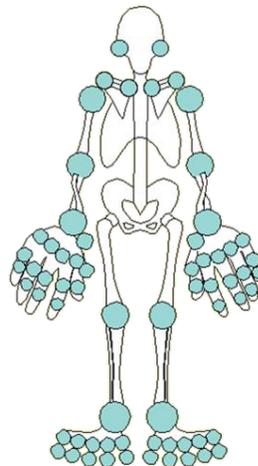
Tem Filhos: Sim (1), quantos? _____ Não (2)

Você trabalha: Sim (1), de que? _____ Não (2)

ARTICULAÇÕES ACOMETIDAS:



Dolorosas: _____



Edemaciadas: _____

PRESENÇA DE DEFORMIDADES: Sim (1) Não (2)

TEMPO DE DIAGNÓSTICO: 0-2 anos (1) 3-5 anos (2) 5-7 anos (3) 7-10 anos (4) > 10 anos (5)

PRESENÇA DE DOR: Sim (1) Não (2)