

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA COMPUTAÇÃO

Estudo de Sensores Multifuncionais Para  
Análise da Fragilidade e  
Seus Componentes em Idosos

**Carlos Minoru Tamaki**

Itajubá, 1 de novembro de 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA COMPUTAÇÃO

Carlos Minoru Tamaki

Estudo de Sensores Multifuncionais Para  
Análise da Fragilidade e  
Seus Componentes em Idosos

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Computação como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Ciência e Tecnologia da Computação.

Área de Concentração: Matemática Computacional

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Carlos B. Ramos

1 de novembro de 2019  
Itajubá

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA COMPUTAÇÃO

Estudo de Sensores Multifuncionais Para  
Análise da Fragilidade e  
Seus Componentes em Idosos

Carlos Minoru Tamaki

Dissertação aprovada por banca examinadora em  
06 de Dezembro de 2019, conferindo ao autor o  
título de **Mestre em Ciências em Ciência e  
Tecnologia da Computação.**

***Banca Examinadora:***

Prof. Dr. Alexandre Carlos B. Ramos (Orientador)  
Prof. Dr. Hildebrando Ferreira de Castro Filho  
Prof. Dr. Roberto Claudino da Silva

Itajubá  
2019

---

Carlos Minoru Tamaki

Estudo de Sensores Multifuncionais Para Análise da Fragilidade e Seus Componentes em Idosos/ Carlos Minoru Tamaki. – Itajubá, 1 de novembro de 2019-

40 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Carlos B. Ramos

Dissertação (Mestrado)

Universidade Federal de Itajubá

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Computação, 1 de novembro de 2019.

1. Palavra-chave1. 2. Palavra-chave2. I. Orientador. II. Universidade xxx. III. Faculdade de xxx. IV. Título

CDU 07:181:009.3

---

Carlos Minoru Tamaki

# **Estudo de Sensores Multifuncionais Para Análise da Fragilidade e Seus Componentes em Idosos**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Computação como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Ciência e Tecnologia da Computação.

Trabalho aprovado. Itajubá, 06 de Dezembro de 2019:

---

**Prof. Dr. Alexandre Carlos B. Ramos**  
Orientador

---

**Prof. Dr. Hildebrando Ferreira de  
Castro Filho**

---

**Prof. Dr. Roberto Claudino da Silva**

Itajubá  
1 de novembro de 2019

# Agradecimentos

A Deus pela minha vida e por tudo que me ajudou a conquistar até hoje. Que Ele me abençoe e me auxilie sempre em novas conquistas.

Aos meus pais Masuzo e Hisako, já falecidos, por todo o esforço da educação que me foi dado para poder chegar até aqui.

À minha querida esposa Ana Maria, por nunca desistir de mim, sempre me apoiando e incentivando pacientemente.

Aos meus filhos Eduardo, Danielle e Rafael, por todo apoio.

Ao Dr. Jorge Luiz de Carvalho Mello, pela confiança em me procurar para o desenvolvimento deste projeto.

Ao Prof. Dr. Alexandre Carlos B. Ramos, por ter aceitado me orientar no desenvolvimento deste trabalho.

*"A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda  
pensou sobre aquilo que todo mundo vê."  
(Arthur Schopenhauer)*

# Resumo

Atualmente a pirâmide etária brasileira vem apresentando um grande aumento na faixa de pessoas idosas, portanto o desenvolvimento de métodos, técnicas e ferramentas para avaliar a fragilidade em idosos vem ganhando cada vez mais importância no cenário nacional. A fragilidade é uma síndrome caracterizada pela redução das reservas físicas e cognitivas, tornando os idosos mais vulneráveis a eventos adversos, hospitalizações, quedas, perda de independência e morte. Para avaliar a fragilidade em idosos, sensores de inércia foram aplicados para quantificar a avaliação de movimento no teste *Time Up and Go*, TUG, os acelerômetros são usados durante a avaliação do equilíbrio e os algoritmos detectam idosos frágeis, não frágeis e robustos.

Nesse contexto, em parceria com pesquisadores da UNIFEI e UNIVAS, foi desenvolvido e testado um dispositivo eletrônico composto por sensores de alta qualidade, multifuncionais e custo efetivos que, através da combinação de um giroscópio de 3 eixos, acelerômetro de 3 eixos, termômetro, oxímetro e medidor de frequência, analisam a qualidade do movimento, o gasto energético, a velocidade da marcha, a alteração no equilíbrio e a variabilidade da frequência cardíaca durante o movimento e qualidade da contração do músculo pânticeps. Os dados são analisados em software específico, desenvolvido para o protótipo do equipamento. A validação dos sensores não causa danos ou prejuízos à saúde dos participantes. O sistema desenvolvido continua sendo testado com sucesso em idosos voluntários.

**Palavras-chaves:** fragilidade. idosos. acelerômetro.

# Abstract

Currently the Brazilian age pyramid has been showing a large increase in the elderly, so the development of methods, techniques and tools to evaluate the fragility in the elderly has been gaining more and more importance in the national scenario. Fragility is a syndrome characterized by reduced physical and cognitive reserves, making the elderly more vulnerable to adverse events, hospitalizations, falls, loss of independence and death. To assess frailty in the elderly, inertia sensors were applied to quantify motion assessment in the Time Up and Go (TUG) test, the accelerometers are used during balance evaluation and the algorithms detect fragile, non-fragile, and robust.

In this context, in partnership with researchers from UNIFEI and UNIVAS, an electronic device composed of high-quality, multifunctional and cost-effective sensors was developed and tested, combining a 3-axis gyroscope, 3-axis accelerometer, thermometer, oximeter and frequency gauge, analyze movement quality, energy expenditure, gait speed, change in balance and heart rate variability during movement and quality of the contraction of the pectoralis muscle. The data are analyzed in specific software, developed for the prototype of the equipment. The validation of the sensors does not cause damages or damages to the health of the participants. The developed system continues to be successfully tested in elderly volunteers.

**Key-words:** fragility. seniors. accelerometer.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Diagrama de Blocos do Sensor Multifuncional . . . . .	24
Figura 2 – Parte frontal do aparelho desenvolvido. . . . .	25
Figura 3 – Parte frontal do aparelho desenvolvido com a terceira faixa. . . . .	25
Figura 4 – Sensor de frequência cardíaca, oxigenação sanguínea e termômetro. . . . .	26
Figura 5 – Aspecto do aparelho fixado no paciente. . . . .	27
Figura 6 – Fluxograma do <i>software</i> de coleta dos dados. . . . .	28
Figura 7 – Fluxograma do <i>software</i> de controle dos sensores. . . . .	29
Figura 8 – Gráficos dos sensores de aceleração do teste do paciente 1 . . . . .	31
Figura 9 – Gráficos dos sensores de giro do teste do paciente 1 . . . . .	32
Figura 10 – Gráficos dos sensores de temperatura e massa do teste do paciente 1 . . . . .	32
Figura 11 – Gráficos dos sensores de frequência cardíaca e oxímetro do teste de 6 minutos de caminhada do paciente 3 . . . . .	33

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela de dados coletados.(Tabela truncada com as primeiras 35 leituras, 3,5 segundos de teste) . . . . .	30
--	----

# Lista de abreviaturas e siglas

ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i> - Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação
AVD	Atividade de Vida Diária
CSV	<i>Comma-Separated-Values</i> - Valores Separados por Vírgulas
HCSL	Hospital de Clínicas Samuel Libânio
<i>I<sup>2</sup>C</i>	<i>InterIntegrated Circuit</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> - Ambiente Integral de Desenvolvimento
IMC	Índice de Massa Corpórea
IMU	<i>Inertial measurement unit</i> - Unidade de Medição Inercial
IP	<i>Internet Protocol</i> - Protocolo de Internet
MSME	<i>Mental State MiniExam</i> - Mini Exame do Estado Mental
NAEENF	Núcleo de Assistência e Ensino de Enfermagem
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> - Protocolo de Controle de Transmissão
TUG	<i>Time Up and Go</i> -
UDP	<i>User Datagram Protocol</i> - Protocolo de Datagrama do Usuário
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá
UNIVAS	Universidade do Vale do Sapucaí
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i> - Fidelidade sem fio

# Lista de símbolos

$n$  Número inteiro

$t$  Tempo

$T$  Período

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1	Visão Geral	15
1.2	Organização do trabalho	16
<b>2</b>	<b>REVISÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
2.1	Perda de Massa Muscular	17
2.2	O teste <i>Timed Up and Go</i> – TUG	18
2.3	Procedimento de validação	19
2.4	Considerações éticas	19
2.5	Escolha dos pacientes	20
2.6	Avaliação dos idosos com a aplicação dos instrumentos	21
2.7	Equipamentos utilizados para avaliação de fragilidade	22
<b>3</b>	<b>O SISTEMA ELETRÔNICO</b>	<b>23</b>
3.1	Desenvolvimento de um Sensor de Análise Multifuncional - <i>hardware</i>	23
3.1.1	Montagem do protótipo do <i>hardware</i>	24
3.1.2	Configuração da rede de comunicação	26
3.1.3	Configuração da rede de comunicação	26
3.2	Desenvolvimento de um Sensor de Análise Multifuncional - <i>Software</i>	26
3.2.1	<i>Software</i> de coleta de dados	27
3.2.2	Software de controle	27
<b>4</b>	<b>EXPERIMENTOS E RESULTADOS</b>	<b>30</b>
4.1	Experimentos realizados	30
4.2	Discussão dos valores obtidos	33
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>35</b>
5.1	Conclusão	35
5.2	Trabalhos futuros	35
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>37</b>

# 1 Introdução

Desenvolver um sensor multifuncional para avaliar a fragilidade, baseado no marcador fenotípico e no índice de acumulação deficitária, e validar o uso desse sensor na população idosa para identificá-lo como frágil, não frágil e robusto.

## 1.1 Visão Geral

O envelhecimento é um processo contínuo inerente à condição humana. Ele compreende todo um conjunto de mudanças orgânicas, psíquicas e sociais de natureza progressiva que são influenciadas tanto pela genética quanto pelos hábitos e comportamentos que o indivíduo assume ao longo de sua vida. O envelhecimento é marcado pela redução das funções orgânicas e cognitivas, maior predisposição ao desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas e perda de independência nas atividades de vida diária (AVDs), (1).

A redução das taxas de mortalidade obtidas a partir do avanço técnico-científico e a melhoria das condições de vida e saúde da população, associada à redução das taxas de fecundidade, modificou o perfil demográfico das populações, aumentando a proporção de idosos (2). Por muitos anos, o termo "fragilidade" tem sido usado para nomear idosos emaciados e com dificuldades de locomoção, que teoricamente seriam mais suscetíveis a lesões, quedas e desfechos mórbidos. Mais recentemente, alguns autores associaram o termo ao estado de declínio funcional e vulnerabilidade caracterizada por fraqueza e diminuição da reserva fisiológica (3). A fragilidade é uma síndrome caracterizada pela redução das reservas físicas e cognitivas e torna os idosos mais vulneráveis a eventos adversos, como hospitalizações, quedas, perda de independência e morte (4) (5).

Embora não haja consenso na literatura sobre os critérios para identificar a fragilidade, o modelo criado por Fried(3) está entre os mais utilizados hoje em dia. Para o autor, a presença de três ou mais critérios classifica os idosos como frágeis e a presença de um ou dois os classifica como pré-frágil, entendidos aqui como aqueles que apresentam alto risco para desenvolver a síndrome da fragilidade (3). Os critérios estabelecidos por (3) são perda de peso não intencional de 4,5 kg ou 5% do peso corporal no último ano; fadiga autorrelatada, avaliada por meio de perguntas e da escala de depressão do Centro de Estudos Epidemiológicos; redução da força de preensão palmar, medida pelo dinamômetro manual, no membro superior dominante; nível reduzido de atividade física medido pelo gasto energético semanal em kcal e diminuição da velocidade de caminhada. O modelo de (3) baseia-se na sarcopenia, alterações imunológicas e neuroendócrinas, focando a dimensão física da fragilidade.

Rockwood (6), por sua vez, desenvolveu um modelo de fragilidade multidimensional que contemplava a presença e a gravidade das doenças, a capacidade de realizar atividades da vida diária e os sinais e sintomas físicos e neurológicos do exame clínico. Do seu modelo resultou uma escala de fragilidade clínica que classificou os idosos em sete níveis, desde idosos robustos até idosos gravemente frágeis e um índice de fragilidade derivado de 70 indícios clínicos diferentes deficiências, onde a soma dos itens diagnosticados é dividida pelos índices totais avaliados, fornecendo uma medida de proporção; um valor maior ou igual a 0,25 indica fragilidade e entre 0,09 e 0,25 classifica os idosos como pré-frágil (6).

Esses modelos são definições aceitas, mas deve-se considerar que sua avaliação é impraticável à beira do leito. A fragilidade definida pelo Estudo do Índice de Fraturas Osteoporóticas (SOF) foi identificada pela presença de dois ou mais critérios: perda de peso não intencional  $>$  ou  $= 5\%$ ; incapacidade de se levantar de uma cadeira cinco vezes sem usar os braços; exaustão avaliada pela fadiga autorreferida (Identificada pela resposta "não" à seguinte pergunta: "Você se sente cheio de energia?" da Escala de Depressão Geriátrica). (7).

A sarcopenia é uma importante comorbidade que se instala com o envelhecimento, caracterizado pela redução da quantidade e habilidade das proteínas contráteis em gerar tensão contra uma resistência. Há perda de massa muscular e da reposição de gordura e colágeno, alterando a constituição do corpo. Há uma diminuição tanto no número como no tamanho das fibras musculares, com esta diminuição gradual e seletiva, com um envolvimento mais pronunciado das fibras musculares do tipo II e uma alteração na relação entre fibras de contração rápida e lenta (tipo II e I respectivamente) (8).

Apesar dos estudos citados anteriormente, o estudo e desenvolvimento de métodos e ferramentas para avaliar a Fragilidade em Idosos vem se ampliando continuamente e, pelo fato do aumento da população de idosos, especialmente no Brasil, a necessidade de criação de produtos torna-se urgente.

## 1.2 Organização do trabalho

Esta dissertação está estruturada da seguinte forma: o Capítulo 1 oferece uma introdução ao problema tratado e fala sobre as motivações e contribuições deste trabalho. O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura a respeito da fragilidade em idosos e métodos de avaliação. No capítulo 3 está detalhada a modelagem utilizada para o desenvolvimento de um aparelho eletrônico para medir características importantes dos idosos para a avaliação da fragilidade. No capítulo 4 são explicados os experimentos propostos para validar o algoritmo e são apresentados os resultados obtidos. Por fim, o capítulo 5 traz conclusões a respeito dos resultados e discute possíveis trabalhos futuros.

## 2 Revisão teórica

Este capítulo apresentará uma breve revisão da literatura relacionada ao tema desse trabalho. Primeiramente será caracterizado o processo de perda muscular em idosos. Em seguida será apresentado o método de teste para essa avaliação. Por fim será apresentada uma breve descrição do processo de avaliação utilizando equipamentos.

### 2.1 Perda de Massa Muscular

A perda de massa muscular é um processo contínuo, que já está em vigor após a quarta década de vida e aumenta após os 65 anos de idade. O desenvolvimento e progressão da sarcopenia estão relacionados a fatores hormonais, nutricionais, metabólicos, imunológicos e de inatividade física (9). A circunferência da panturrilha tem sido usada como preditor da quantidade de massa (10) e função muscular (11) (12). A fragilidade está intimamente relacionada à incapacidade funcional e comorbidades, com coexistência do mesmo em 21,5% dos idosos. E, finalmente, comorbidades podem contribuir para o desenvolvimento da fragilidade (3). Existe associação entre síndrome da fragilidade com idade avançada, sexo feminino, cor da pele negra, presença de duas ou mais comorbidades, polifarmácia, incapacidade funcional ou cognitiva, além da ocorrência de baixo IMC, obesidade em idosos, sintomas depressivos e autoavaliação saúde precária (13) (14).

A velocidade do derrame é uma medida clínica amplamente utilizada na gerontologia, devido ao poder preditivo de identificar idosos com risco de quedas, hospitalizações, institucionalizações e outros desfechos indesejáveis. A alteração da marcha e do equilíbrio é frequente nos idosos, refletindo um estado geral de saúde do indivíduo, que, juntamente com a função cognitiva, foi determinante para sua autonomia. Foi evidenciada boa correlação entre o escore de fragilidade de Fried et al. (3) e a velocidade da marcha, o que torna esse teste funcional proposto adequado para monitorar e auxiliar no diagnóstico da síndrome da fragilidade em idosos (5).

Ao estudar a sobrevivência dos idosos, a velocidade de caminhada é um importante preditor de sobrevivência. A capacidade de percorrer e sua eficiência depende do controle sobre os movimentos, a disponibilidade de energia e o bom funcionamento de vários sistemas: cardiovascular, respiratório, nervoso e músculo esquelético. Uma velocidade de marcha reduzida pode estar associada à disfunção de órgãos e sistemas e ao gasto energético elevado para a deambulação (15).

Fried et al. (3) mostrou que o "fenótipo de fragilidade" tem uma associação preditiva estatisticamente significativa com cinco desfechos importantes: primeira hospita-

lização, primeiro declínio, incapacidade nas AVDs, piora da mobilidade e morte (3). A identificação rápida e precisa do estado de fragilidade da pessoa pode permitir intervenções multifatoriais eficazes que demonstraram melhorar os resultados de saúde (16). O *Time Up and Go* (TUG) (17) (18) é uma avaliação padrão da mobilidade, o tempo para fazê-lo tem sido um forte preditor de fragilidade (19) e é comumente usado para avaliar o risco de quedas em idosos (20).

Uma pesquisa recente investigou o uso de sensores inerciais para quantificar a avaliação de movimento no teste TUG, o uso de acelerômetros durante a avaliação de equilíbrio em tarefas para examinar a utilidade de parâmetros derivados usando um algoritmo para discriminar entre frágil, não frágil e robusto. Além disso, o acelerômetro é um instrumento de baixo custo e o teste não se restringe ao ambiente laboratorial (20); "Os padrões de acelerometria são usados para identificar a marcha normal e patológica, com picos de aceleração"; é considerado um método de análise cinemática do movimento humano (21).

Um estudo publicado em 2014 investigou o uso de sensores inerciais na avaliação automática e quantitativa do estado de fragilidade, sugerindo que um protocolo utilizando o TUG e os referidos dispositivos poderia ser um meio rápido e eficaz para a avaliação automática e não especializada da fragilidade (20). No presente, os avanços na tecnologia de sensores forneceram um novo método para medir a função física (22) (23) (24) e atividade física em populações. Esses dispositivos têm os benefícios da objetividade, portabilidade e baixo custo (24), tornando-os úteis para avaliar a fragilidade em casa e na comunidade (25).

## 2.2 O teste *Timed Up and Go* – TUG

O objetivo do Teste *Timed Up and Go* (TUG) é avaliar a mobilidade e o equilíbrio funcional. O teste quantifica em segundos a mobilidade funcional ao longo do tempo em que o indivíduo realiza a tarefa de levantar de uma cadeira (apoio de aproximadamente 46 cm de altura e braços de 65 cm de altura), andar 3 metros, virar, retornar à cadeira e sentar novamente (17) (18).

No TUG, o idoso está na posição inicial com as costas apoiadas na cadeira. O tempo é iniciado após o sinal de partida e parada somente quando o idoso é colocado de volta na posição inicial, sentado de costas no assento.

Bischoff et al. (26) consideram que a realização do teste em 10 segundos é o tempo considerado normal para adultos saudáveis e independentes, sem risco de quedas; valores entre 11-20 segundos são esperados para idosos com deficiência ou fragilidade, com independência parcial e baixo risco de quedas; mais de 20 segundos sugere que os idosos apresentam um déficit significativo de mobilidade física e risco de quedas. Os mesmos

autores determinam um desempenho de até 12 segundos como o tempo normal para o teste de idosos da comunidade nesse grupo de estudo (26).

## 2.3 Procedimento de validação

O procedimento de validação não causou prejuízo ou comprometimento à saúde dos idosos participantes, pois o produto utilizado para o procedimento foi o uso do sensor e a mensuração dos dados do questionário preestabelecido. Nas seções seguir são apresentados os procedimentos utilizados.

## 2.4 Considerações éticas

O pedido foi encaminhado ao diretor técnico do Hospital de Clínicas Samuel Libânio, Secretaria Municipal de Saúde de Pouso Alegre e Coordenador da NAEENF para solicitar autorização para a pesquisa. Os dados foram coletados após aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Sapucaí (UNIVAS).

O presente estudo segue os preceitos estabelecidos pela resolução 466/12 do Código de Ética em Pesquisa do Ministério da Saúde, que regulamenta pesquisas envolvendo seres humanos. A autonomia, a privacidade e o anonimato dos participantes do estudo serão respeitados, assim como a livre decisão de participar do estudo.

A participação no estudo foi iniciada após esclarecimentos, orientações e assinatura do participante ou responsável legal do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Por se tratar de aplicação de questionários e sensores multifuncionais, não há riscos à integridade física ou psicológica dos sujeitos envolvidos, pois não serão realizados procedimentos invasivos ou que exponham explicitamente os participantes. Assim, o risco mínimo de pesquisa é considerado, o que pode ocorrer devido à restrição decorrente de alguma questão ou posicionamento do sensor. No entanto, sempre que o avaliado se sentir desconfortável, por qualquer motivo, ele poderá interromper a entrevista a qualquer momento que julgar apropriado.

O estudo foi realizado no Hospital de Clínicas Samuel Libânio (HCSL), nas clínicas da Clínica de Saúde, Demência e Centro de Educação e Assistência de Enfermagem (NAEENF); nas Unidades Básicas de Saúde do município e por meio de chamadas nos finais de semana para o "Dia da Fragilidade", a foi realizado no Campus Fátima da Universidade do Vale do Sapucaí, onde diversos profissionais estavam envolvidos com a avaliação do idoso, coordenador do projeto, estudantes de graduação e pós-graduação da área da saúde.

## 2.5 Escolha dos pacientes

A amostra foi realizada por conveniência. Idosos com idade igual ou superior a 60 anos, da comunidade do município de Pouso Alegre, foram convidados a participar, e os atendidos nos ambulatórios de Clínica de Saúde, Demência, Núcleo de Assistência e Educação em Enfermagem (NAEENF), Unidades Básicas de Saúde (UBS), no prazo de seis meses, cumprindo os critérios de elegibilidade.

Utilizou-se como critério de eleição pacientes idosos da comunidade atendidos em ambulatórios do HCSL, com média de 300 sujeitos; idade acima de 60 anos; ambos os sexos; aqueles que concordarem em participar do estudo e assinarem o TCLE, após aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Univás.

Nem todos os idosos estavam aptos a participar do projeto, para saber sua aptidão foram utilizados os seguintes critérios para não inclusão:

- Idosos com imobilidade
- Pacientes idosos com lesões nos membros inferiores
- Idosos com traumatismo ortopédico dentro de um período de até 3 meses. Critério de exclusão
- Recusa em continuar o estudo após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

A avaliação dos idosos deu-se a partir da utilização de métodos consagrados tais como:

1. Questionário Demográfico, questionário elaborado pelos autores do projeto, baseado na proposta de um protocolo de avaliação multidimensional para idosos a ser utilizado no futuro Centro de Referência para Fragilidade.
2. Índice de Katz, o índice de Independência nas Atividades da Vida Diária, desenvolvido por Sidney Katz em 1963, é amplamente utilizado em estudos de geriatria e gerontologia. Avalia as seis atividades básicas da vida diária: banho, vestir, alimentar, transferências, uso do banheiro e continência, classificando os idosos como dependentes ou independentes para cada um deles. É importante ressaltar que o teste considera a situação real do paciente e não a capacidade de realizar a atividade. Dessa forma, um paciente que se recusa a realizar uma atividade foi classificado como dependente, mesmo que seja capaz de realizá-la. A dependência para as funções estabelecidas foi previamente determinada e é descrita em Duarte et al. (27).

3. O Mini Exame do Estado Mental (MSME-Mental State MiniExam), consiste em duas partes, uma que inclui orientação, memória e atenção, com pontuação máxima de 21 pontos, e outra que aborda habilidades específicas como nomeação e compreensão, com pontuação máxima de 9 pontos, totalizando uma pontuação de 30 pontos (28).
4. Ferramenta de avaliação de fragilidade auto-relatada, instrumento validado para o rastreamento de avaliações auto-referenciadas da síndrome da fragilidade em idosos. O processo de validação consistiu em um estudo transversal, com dados do estudo Saúde, Previdência e Envelhecimento, realizado em São Paulo (Estudo SABE)(29). A amostra probabilística constou de 433 idosos (idade  $\geq 75$  anos) avaliados em 2009.

## 2.6 Avaliação dos idosos com a aplicação dos instrumentos

Para atender aos propósitos da pesquisa, foram realizados os seguintes procedimentos: O questionário sociodemográfico foi aplicado a todos os idosos capazes de se comunicar verbal ou escrita, bem como seus cuidadores ou responsáveis legais. Idosos com deficiências de comunicação verbal ou escrita tiveram o questionário preenchido com base na revisão do prontuário ou entrevista do cuidador. Em seguida, foi aplicada o "Auto-relato de vulnerabilidade em idosos", foi respondido pelos idosos e, eventualmente, confirmado pelos cuidadores responsáveis.

A circunferência da panturrilha foi obtida na posição sentada ou em pé, com os pés apoiados em uma superfície plana, para garantir que o peso seja distribuído uniformemente entre os dois lados. Nos idosos na cama, as pernas também serão flexionadas, de modo que o pé esteja todo apoiado na superfície. As medições serão realizadas com a mesma tiras de tecido inelástica aplicada ao redor da região que apresenta visualmente o maior perímetro, sem compressão. No caso de patologia unilateral do membro inferior, como atrofia ou linfedema, a medida foi realizada no membro saudável(30).

Os parâmetros velocidade da marcha, gasto energético, variação do equilíbrio, variabilidade da frequência cardíaca e qualidade da contração do músculo pentríceps foram obtidos por meio de um sensor multifuncional digital acoplado ao pentríceps femoral, com o paciente em movimento, executando o *Timed up and Go* (TUG teste em um corredor extenso o suficiente para realizar a medição). Os idosos foram instruídos a caminhar o mais rápido possível sem correr. Para evitar os efeitos de aceleração e desaceleração, um metro foi adicionado antes e depois dos três metros do teste. Todos os pacientes realizaram o teste três vezes, sendo considerado para registro da tentativa com menor tempo gasto para o curso. O uso de bengalas, andadores, muletas ou mesmo apoio de corrimão foi permitido em pessoas idosas incapazes de vagar sem elas (17) (18).

O nível exigido de locomoção assistencial foi registrado no momento da aplicação

do questionário: independente, com locomoção assistencial, dependente com o auxílio de locomoção. Aplicação Katz Index para avaliar AVDs. Os idosos serão classificados como independentes ou dependentes para cada uma das seis atividades de autocuidado que compõem o índice de Katz. Para cada atividade que o idoso faz sem assistência ou supervisão recebe um ponto, totalizando uma pontuação máxima de 6 pontos.

## 2.7 Equipamentos utilizados para avaliação de fragilidade

Atualmente são encontrados equipamentos para avaliação de fragilidade e sarcopenia muitos dos quais utilizam acelerômetros/giroscópios como por exemplo os equipamentos da BioSensics LLC (<http://www.biosensics.com>) de Massachusetts, Estados Unidos, basicamente um sensor leve e pequeno que pode ser adaptado no peito sobre o osso externo, no meio da coxa ou no meio da panturrilha com adaptações de coleta de dados para cada posição, avaliando as informações de forma diferente que serão avaliados por programas de computador, mas em geral são analisadas a velocidade de marcha e equilíbrio. Algumas empresas utilizam *smartphones/smartwatches* com acelerômetros e giroscópios adaptando aplicativos que podem ser utilizados da mesma forma que os sensores da BioSensics, avaliando a marcha, equilíbrio e velocidade, podendo estes comunicar com computadores onde as análises podem ser realizadas por programas específicos.

## 3 O sistema eletrônico para avaliação de fragilidade

Nesse capítulo são apresentados os detalhes da modelagem utilizada para o desenvolvimento de um aparelho eletrônico para medir características importantes dos idosos para a avaliação da fragilidade.

### 3.1 Desenvolvimento de um Sensor de Análise Multifuncional - *hardware*

Foi criado, em parceria da UNIFEI com a UNIVAS, um dispositivo eletrônico dotado de sensores de alta tecnologia, multifuncional e custo-efetivo, que permite, através da combinação de um giroscópio de 3 eixos, um acelerômetro de 3 eixos, termômetro, frequencímetro, oxímetro e um sensor de peso para medir a qualidade do movimento, gasto energético, velocidade da marcha, alteração no equilíbrio, variabilidade da frequência cardíaca durante o movimento e qualidade da contração do músculo pânticeps. Os dados serão analisados em *software* específico, a ser desenvolvido após a criação do protótipo do equipamento.

Acelerômetros são dispositivos eletrônicos sofisticados que medem a aceleração produzida pelo movimento do corpo (31). A aceleração é definida como a mudança na velocidade ao longo do tempo, sendo diretamente proporcional à rede de forças externa envolvida (32).

Basicamente, os acelerômetros usam um ou vários sensores de movimento para detectar acelerações em diferentes segmentos do corpo (33). O sensor usado por muitos instrumentos consiste em um elemento piezelétrico e uma massa sísmica dentro de uma cápsula. Os acelerômetros triaxiais, por sua vez, são capazes de medir a aceleração em cada um dos três planos ortogonais, fornecendo informações para cada plano separadamente, bem como de forma combinada de todos os planos (34).

A figura 1 mostra o diagrama de circuito do sensor de análise multifuncional (35) que é composto por cinco blocos principais:

1. ESP8266 é um kit de desenvolvimento de *firmware* e código aberto que auxilia no desenvolvimento de equipamentos que requerem comunicação WiFi e microcontroladores;

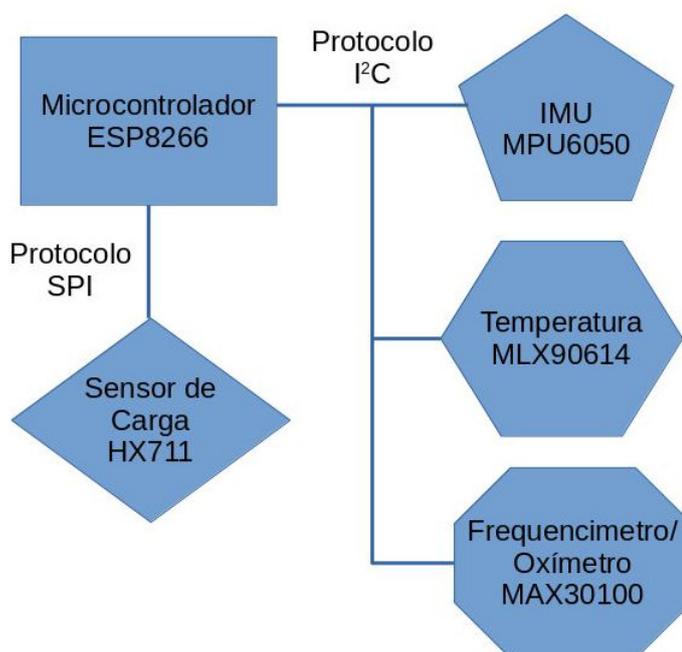


Figura 1 – Diagrama de Blocos do Sensor Multifuncional

2. Unidade de Medição Inercial da IMU, o sensor MPU6050 possui um acelerômetro de 3 eixos e um giroscópio de 3 eixos que pode medir o movimento;
3. Temperatura o MLX90614 é um sensor infravermelho capaz de medir a temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$ , com resolução de 16bits, ou seja, é capaz de medir a variação de temperatura sem entrar em contato com o objeto com resolução de  $0,02^{\circ}\text{C}$ ;
4. Pulso e O<sub>2</sub> MAX30100 é uma solução integrada de oximetria de pulso e sensor de frequência cardíaca. Ele combina dois LEDs, um fotodetector óptico otimizado e um processamento de sinal analógico de baixa intensidade para detectar sinais de oximetria de pulso e frequência cardíaca;
5. Conversor HX711 de 24 bits conectado a um sensor de carga e módulo amplificador, utilizado para amplificar o sinal de dispositivos como células de carga, fazendo a interligação entre estas células e o micro controlador;  $I^2C$  é um protocolo de comunicação entre dispositivos que "falam"  $I^2C$  (InterIntegrated Circuit).

### 3.1.1 Montagem do protótipo do *hardware*

A figura 2, mostra a montagem do aparelho e todos os componentes, as duas bases estão fixas em duas tiras de tecido inelásticas que envolve a coxa do paciente e fixa com o uso de velcros. Todos os componentes citados na figura 2 são componentes já mencionados na figura 1, exceto o regulador de 5 volts, a chave liga e desliga (L/D) e a bateria de 9 volts.

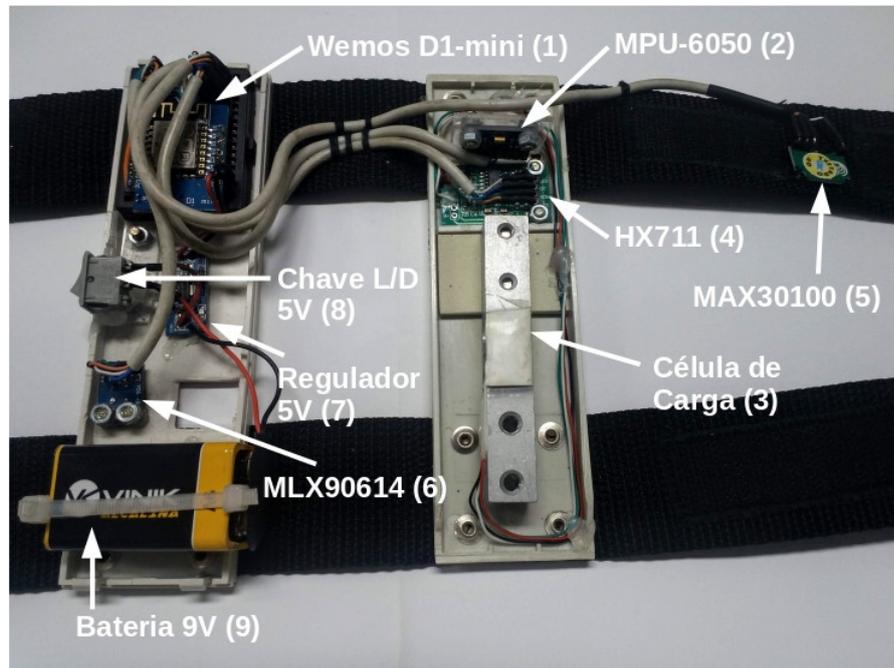


Figura 2 – Parte frontal do aparelho desenvolvido.

A figura 3 mostra a terceira faixa inflexível é fixada na célula de carga e independente de qualquer uma das bases para que seja afetada pela contração muscular do pectíneo, músculo principal da coxa.

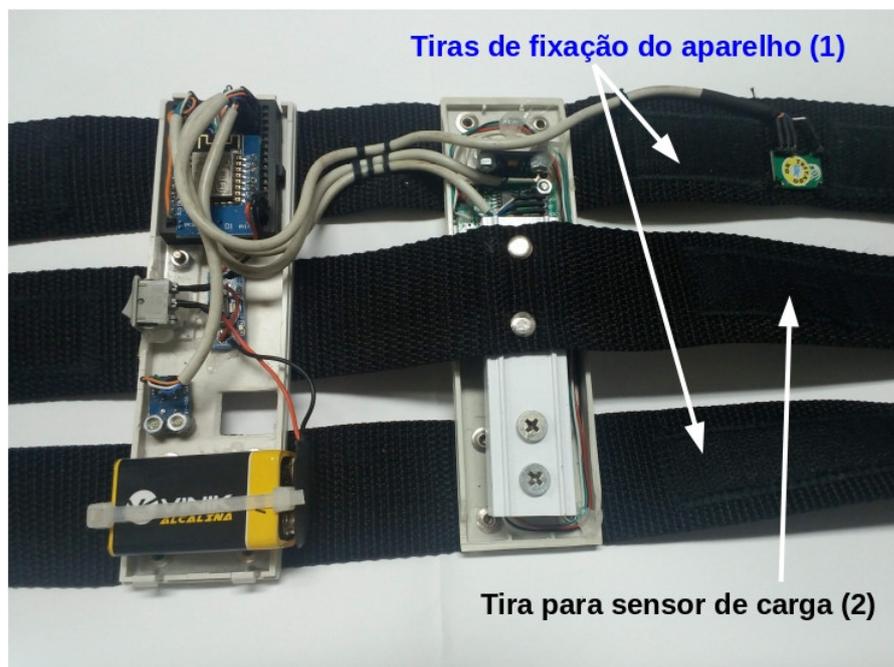


Figura 3 – Parte frontal do aparelho desenvolvido com a terceira faixa.

A figura 4 mostra o sensor de frequência cardíaca e oxigenação sanguínea (1), em destaque, para focalizar a face interna da perna, pois é onde estão localizados os vasos sanguíneos. Esta figura mostra também a localização do sensor de temperatura corporal

(2).

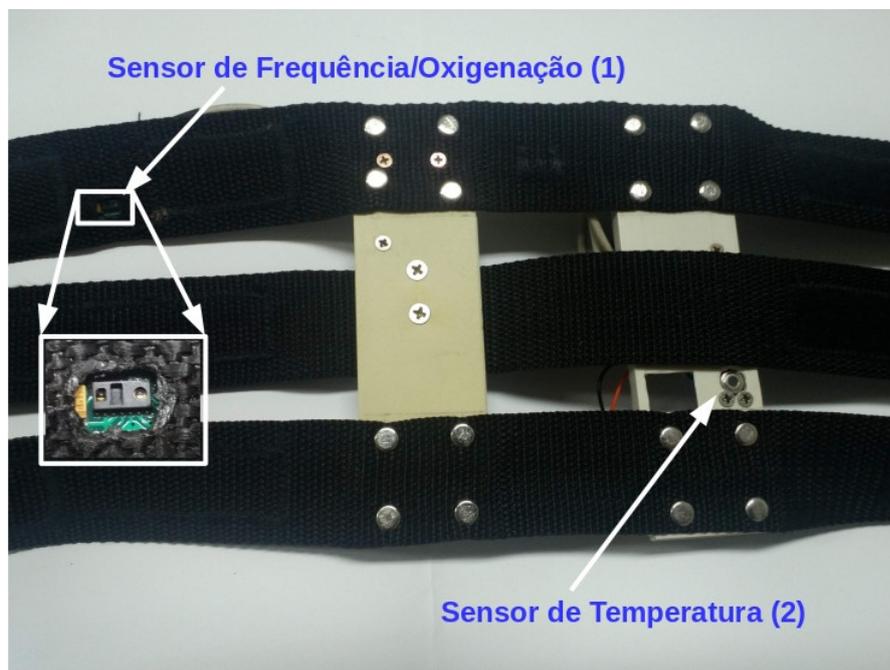


Figura 4 – Sensor de frequência cardíaca, oxigenação sanguínea e termômetro.

### 3.1.2 Configuração da rede de comunicação

A configuração WiFi adotada foi a de servidor TCP/IP com protocolo UDP facilitando a conexão entre o computador e o aparelho. Foi escolhido este tipo conexão para que esteja na rede somente os dois dispositivos, o aparelho que envia os dados e o computador que recebe, evitando tráfego de outros dispositivos ou computadores.

O envio dos dados do aparelho para o computador é realizado através de *sockets*.

### 3.1.3 Configuração da rede de comunicação

Conforme a figura 5, a montagem do aparelho é realizada fixando-o na perna do paciente para a realização do teste TUG.

## 3.2 Desenvolvimento de um Sensor de Análise Multifuncional - *Software*

Uma vez realizado o projeto e desenvolvimento do dispositivo eletrônico, fez-se necessário o desenvolvimento de dois módulos de *software*: o *software* de controle e o *software* de coleta de dados cujas características principais serão descritas nas seções seguintes.



Figura 5 – Aspecto do aparelho fixado no paciente.

### 3.2.1 Software de coleta de dados

Para a efetiva utilização do dispositivo, faz-se necessário o desenvolvimento de um programa de computador para armazenar os dados, em tempo real, fornecidos pelos sensores a partir da movimentação dos indivíduos, a figura 6 apresenta o fluxograma.

Foi desenvolvido um software de coleta de dados simples na linguagem Python, pois é uma linguagem que possui grande quantidade de bibliotecas e facilidades para desenvolvimento de *software* com interface gráfica e futuramente para o tratamento dos dados.

### 3.2.2 Software de controle

Uma vez que os dados de movimentação dos indivíduos foram devidamente coletados, estes deverão ser tratados e apresentados aos avaliadores a partir de uma interface gráfica amigável, a figura 7 apresenta o fluxograma de controle.

A compatibilidade do Wemos D1-mini com o IDE Arduino facilitou o desenvolvimento do *firmware* do equipamento, pois todos os dispositivos sensores empregados no equipamento são também compatíveis com Arduino que possui grande quantidade de *drivers* para o desenvolvimento em linguagem C/C++.

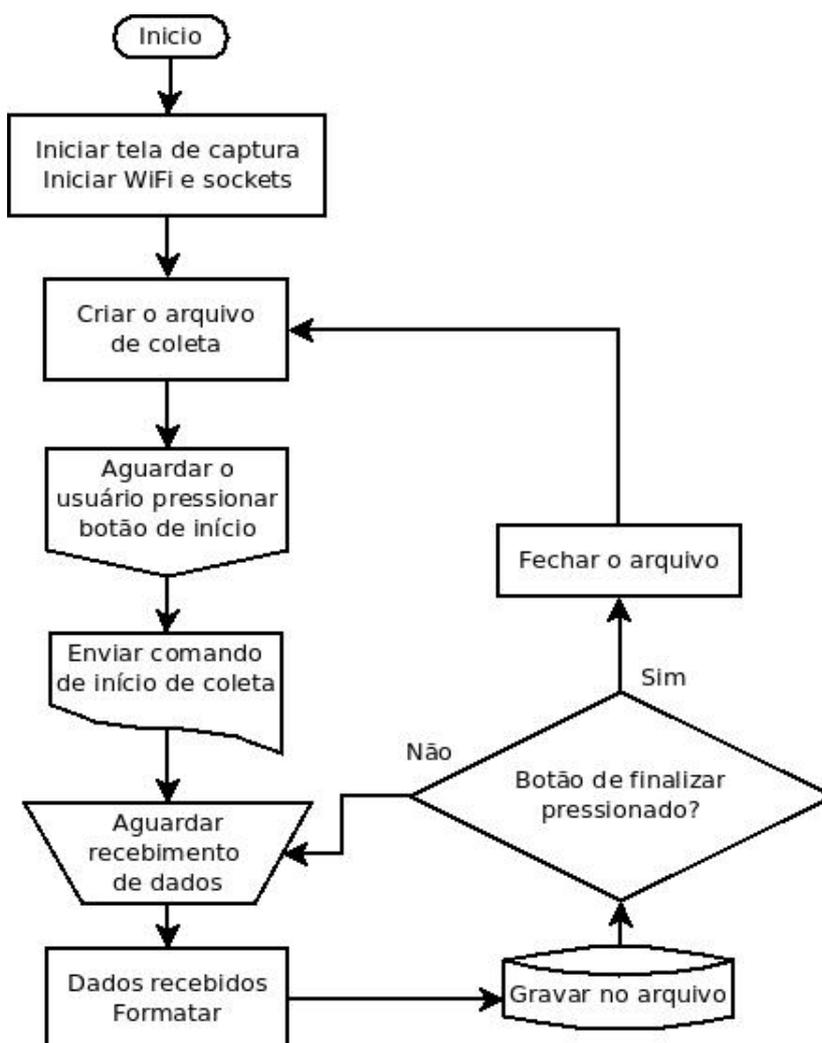


Figura 6 – Fluxograma do *software* de coleta dos dados.

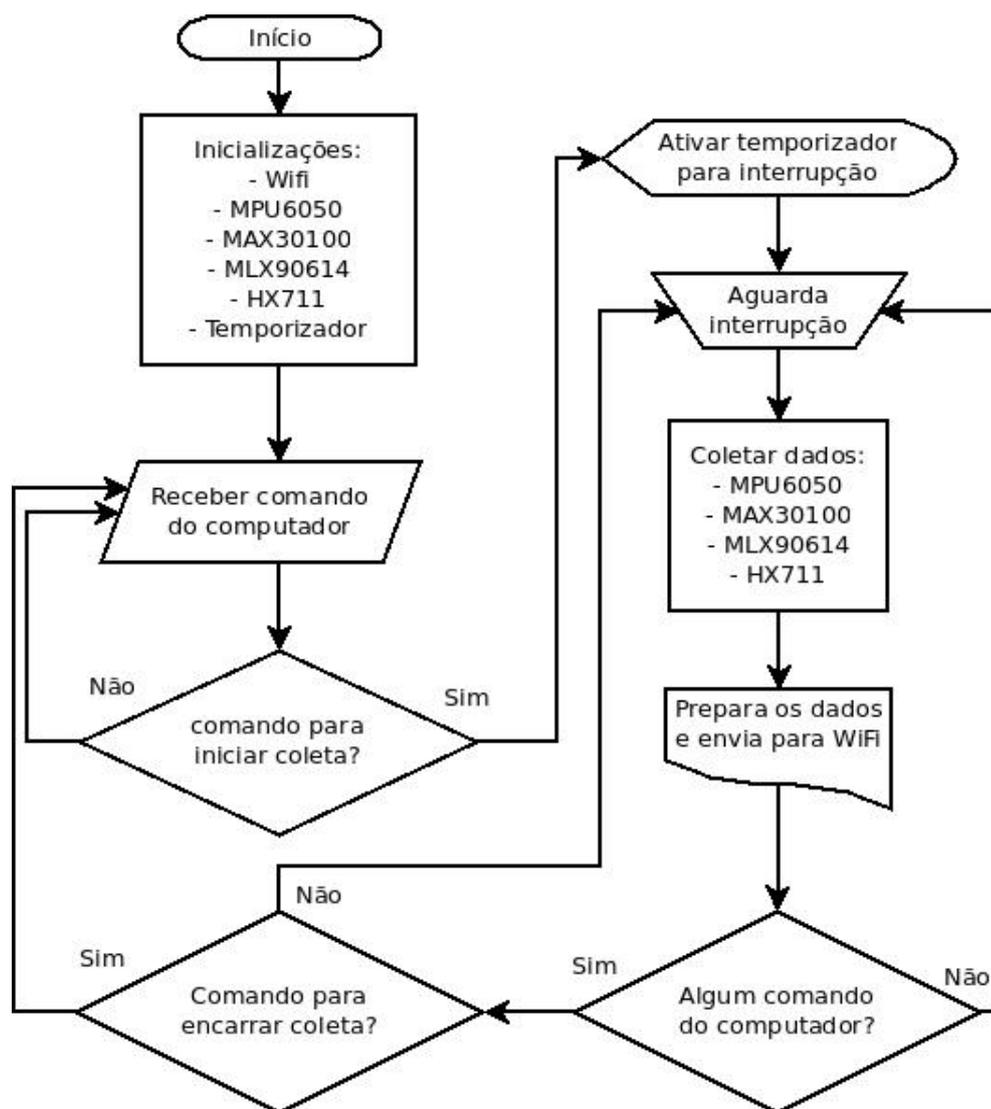


Figura 7 – Fluxograma do *software* de controle dos sensores.

## 4 Experimentos e resultados

Nesse capítulo são explicados os experimentos propostos para validar o algoritmo e são apresentados os resultados obtidos.

### 4.1 Experimentos realizados

Foram realizados testes para a validação da utilização dos sensores conforme a tabela 1 onde foram gravados pelo software de coleta de dados 3.2.1. O arquivo é gravado no formato CSV, onde os valores são separados ou delimitados por vírgulas e obedecendo a tabela ASCII de caracteres. Este arquivo pode ser aberto em editores de textos simples ou planilhas eletrônicas ou banco de dados que poderão manipular e analisar os dados.

Tabela 1 – Tabela de dados coletados.(Tabela truncada com as primeiras 35 leituras, 3,5 segundos de teste)

Ordem	AcX	AcY	AcZ	GyX	GyY	GyZ	T.Amb	T.Corp	Gramas	Pulso	Ox2
1	13,504	58,312	3,232	142	1,118	1,840	32.35	33.29	43.63	0	0
2	14,556	55,520	4,200	65,336	1,723	1,218	32.37	33.21	45.96	0	0
3	14,564	56,656	4,676	64,932	458	64,724	32.37	33.27	57.84	0	0
4	13,164	53,552	520	2,242	6,479	927	32.35	33.19	73.48	0	0
5	13,224	56,924	6,896	3,967	10,360	2,933	32.35	33.27	90.28	0	0
6	11,064	57,520	10,516	5,676	12,895	1,660	32.37	33.27	107.56	0	0
7	8,476	56,824	13,116	6,069	14,484	896	32.37	33.35	139.57	0	0
8	6,620	59,844	15,360	5,010	14,629	63,587	32.35	33.29	139.64	0	0
9	5,008	59,932	15,344	4,822	13,523	317	32.37	33.27	137.26	0	0
10	3,476	60,756	15,288	2,861	9,937	1,644	32.35	33.33	122.58	0	0
11	2,064	63,168	18,016	2,820	5,639	4,169	32.35	33.39	100.35	0	0
12	61,880	58,928	16,864	3,203	6,667	484	32.37	33.39	83.83	0	0
13	620	60,792	16,672	4,276	6,685	179	32.37	33.49	78.59	0	0
14	62,568	63,928	17,544	3,481	4,638	4,561	32.41	33.57	85.12	0	0
15	436	62,220	21,708	5,752	5,592	65,010	32.37	33.55	91.15	0	0
16	12,716	57,268	18,716	601	54,969	911	32.41	33.57	96.64	0	0
17	63,136	64,900	23,648	57,152	52,227	3,847	32.37	33.69	0	0	0
18	63,004	1,252	20,084	55,391	52,521	56,694	32.37	33.61	-8.8	0	0
19	63,608	1,384	14,232	58,636	55,380	61,969	32.37	33.55	-38.49	0	0
20	63,980	55,232	12,048	61,720	2,968	8,985	32.41	33.51	-119.25	0	0
21	11,212	55,308	16,280	62,957	1,376	434	32.41	33.49	-168.15	0	0
22	23,084	54,796	32,767	1,846	8,398	61,572	32.37	33.51	-219.37	0	0
23	61,596	47,992	17,280	4,181	10,855	408	32.35	33.41	-259.9	0	0
24	61,376	59,984	15,668	3,995	8,987	626	32.35	33.41	-284.6	0	0
25	260	60,496	17,084	4,047	8,806	64,459	32.37	33.41	-282.76	0	0
26	65,136	61,524	16,416	3,254	7,472	1,437	32.37	33.47	-237.9	0	0
27	61,708	63,792	19,372	3,591	6,017	2,689	32.37	33.47	-214.3	0	0
28	9,644	49,824	23,576	3,524	62,633	9,866	32.41	33.47	-196.58	0	0
29	55,864	59,988	22,308	55,320	50,741	11,526	32.37	33.43	-187.22	0	0
30	60,356	63,876	17,588	55,352	52,410	63,624	32.37	33.47	-184.09	0	0
31	59,740	1,956	14,736	57,826	56,391	52,931	32.35	33.47	-194.42	0	0
32	62,708	61,004	10,944	62,672	3,009	7,952	32.35	33.41	-218.08	0	0
33	10,136	52,800	16,004	63,232	3,250	2,985	32.37	33.39	-295.98	0	0
34	4,476	63,636	32,767	5,078	7,265	3,928	32.37	33.35	-319.55	0	0
35	60,480	56,700	14,616	3,653	8,767	62,192	32.41	33.39	-327.78	0	0

Dados apresentados na tabela 1:

- Ordem - número da leitura
- AcX - Aceleração na direção X, para frente do paciente

- AcY - Aceleração na direção Y, da direita para esquerda do paciente
- AcZ - Aceleração na direção Z, para cima do paciente
- GyX - Rotação horário na direção X
- GyY - Rotação horário na direção Y
- GyZ - Rotação anti-horário na direção Z
- T.Amb - Temperatura do ambiente
- T.Corp - Temperatura do corpo na coxa do paciente
- Gramas - Peso equivalente a força de expansão do pentríceps
- Pulso - Pulsação do paciente
- Ox2 - Taxa de oxigênio do paciente

As informações do acelerômetro e giroscópio são difíceis de analisar através da tabela pois são valores brutos obtidos dos sensores que são convertidos em valores inteiros de 16 bits não sinalizado, isso significa que os valores podem variar de 0 a 65.535.

A pedido do médico que orientou os testes, o sensor de pulso e oxímetro foram desligados, pois o percurso de 6 metros, 3 metros de ida e 3 metros de volta, seria muito curto para poder detectar algo significativo nos dois sensores e possibilitou reduzir a quantidade de informação a ser analisada nesta fase de testes.

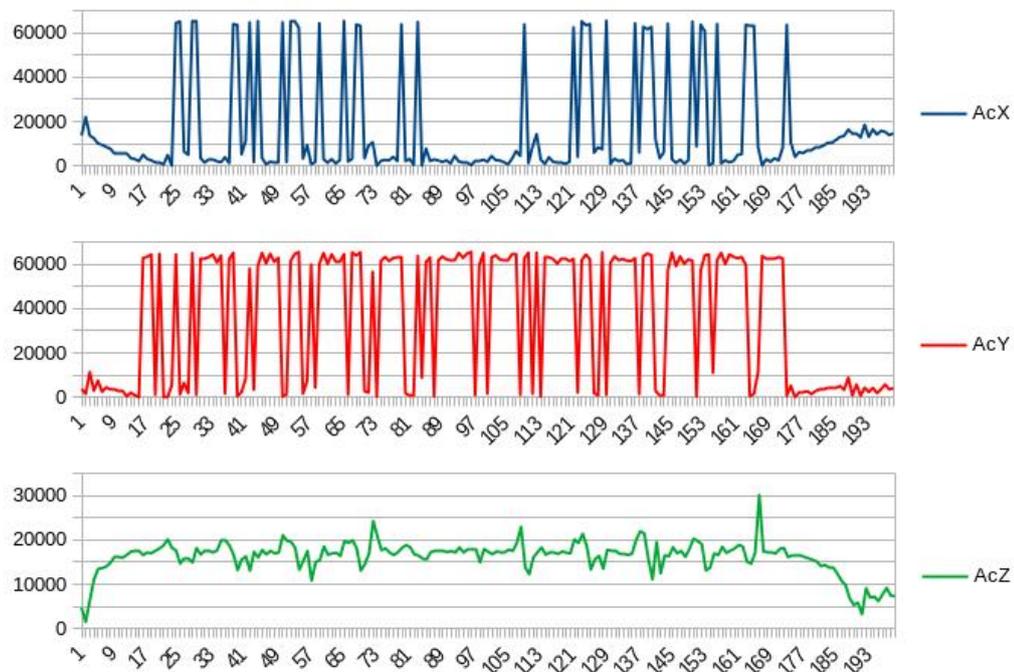


Figura 8 – Gráficos dos sensores de aceleração do teste do paciente 1

Vemos nos gráficos da figura 8 as variações de aceleração nos eixos X, Y e Z.

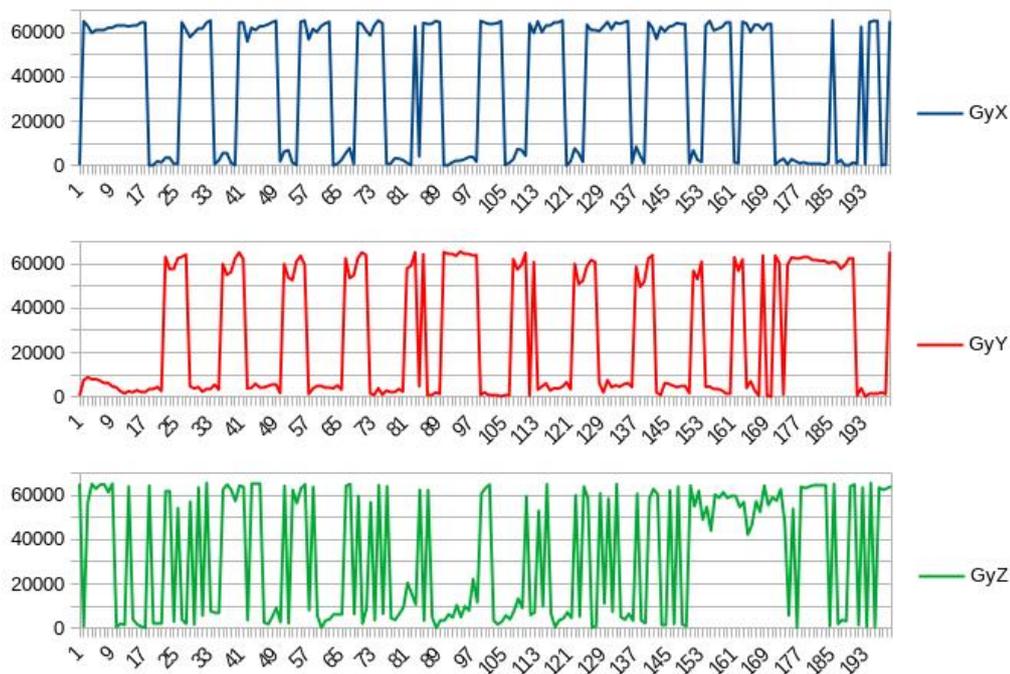


Figura 9 – Gráficos dos sensores de giro do teste do paciente 1

Nos gráficos da figura 9 notamos as variações dos movimentos de rotação, mas não é possível identificar os movimentos realizados pela coxa do paciente mesmo analisando em conjunto com os gráficos da figura 8 os movimentos não são visíveis sem um tratamento das informações, pois esses são valores brutos fornecidos pelo sensor MPU6050.

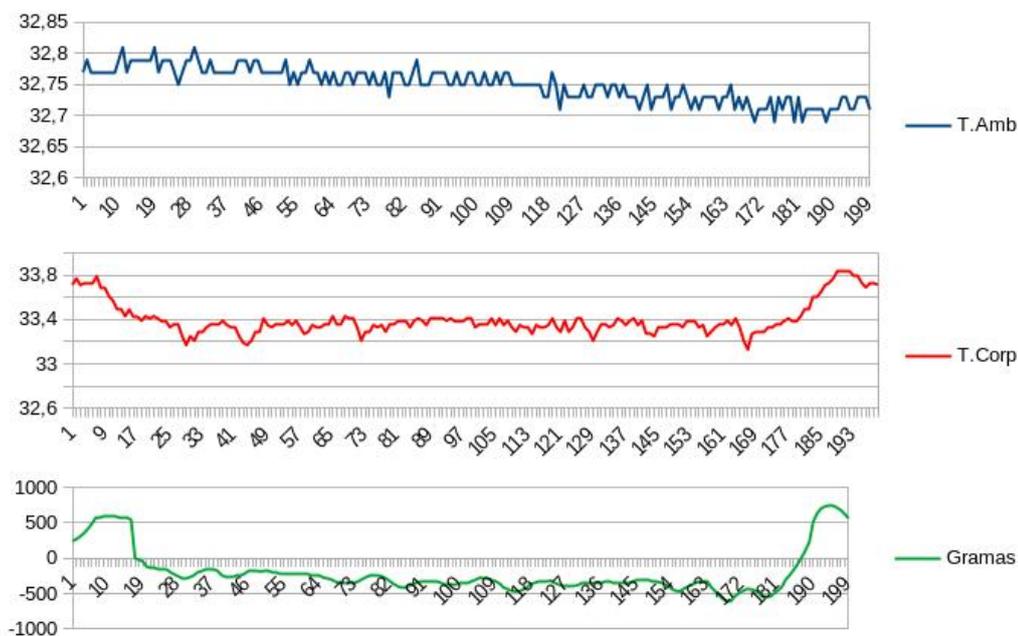


Figura 10 – Gráficos dos sensores de temperatura e massa do teste do paciente 1

Apresentamos na figura 10 os valores lidos dos sensores de temperatura ambiente, temperatura corporal e do sensor de contração muscular.

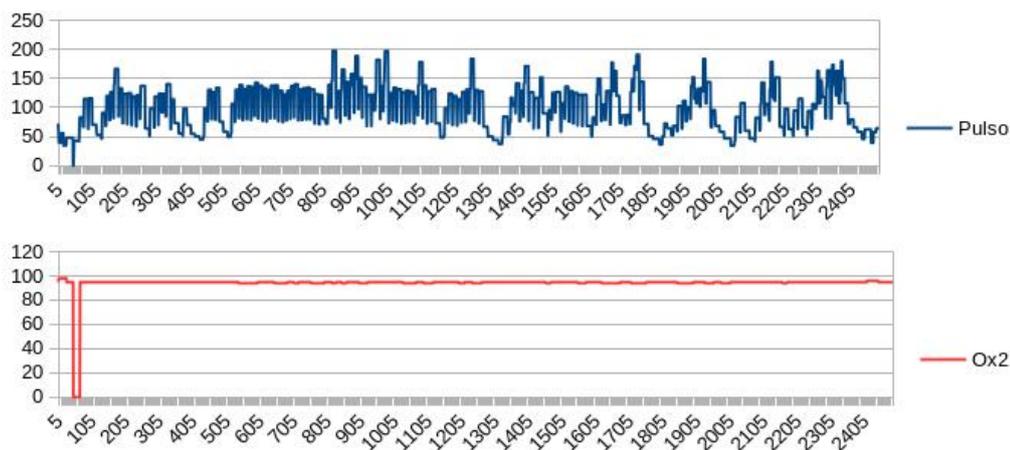


Figura 11 – Gráficos dos sensores de frequência cardíaca e oxímetro do teste de 6 minutos de caminhada do paciente 3

Conforme mencionado anteriormente o sensor de pulso foi ativado no exame de 6 minutos de caminhada e os gráficos mostrados na figura 11 apresentam a variação da frequência cardíaca e a oxigenação do sangue durante este exame.

## 4.2 Discussão dos valores obtidos

Observando a tabela 1 e os gráficos das figuras 8 e 9 não vemos com clareza os movimentos da pessoa que realiza o teste, se é um caminhar normal ou com alguma dificuldade ou deficiência.

Os sinais dos acelerômetros e giroscópios devem ser convertidos e filtrados (36) para que seja possível estimar as informações necessárias para um diagnóstico do movimento do idoso.

Alguns sinais são visíveis como as temperaturas, a frequência cardíaca e a oxigenação, figuras 10 e 11, observamos também que o valor da contração muscular que estava positiva quando a pessoa estava sentada se torna negativa ao se levantar para realizar o teste e quando o idoso se senta ao final do teste passa a ter valores positivos novamente, isto provavelmente ocorre devido à posição do músculo pânticeps, sentado ele está relaxado e expandido e com o paciente em pé o músculo contrai ocupando uma circunferência menor.

Todos os sinais mencionados anteriormente devem ser filtrados por filtros passa baixa para a eliminação de ruídos e variações bruscas e indesejáveis.

Após os teste realizados verificou-se que ocorreram perdas de amostras pontuais ou em blocos de leituras devido a comunicação entre aparelho e computador com a utilização do WiFi com protocolo UDP, pois quando a comunicação USB foi utilizada em testes de bancada, não ocorreram perdas na velocidade de amostragem de 10 amostras por segundo.

No protocolo UDP o emissor não verifica o recebimento da mensagem pelo receptor, conseqüentemente não é muito seguro para algumas atividades de comunicação em que é necessário uma confiabilidade maior.

## 5 Conclusões e trabalhos futuros

Esse capítulo traz conclusões a respeito dos resultados e discute possíveis trabalhos futuros.

### 5.1 Conclusão

A presente pesquisa mostrou-se viável, pois os idosos, de ambos os sexos, com diferentes níveis de atenção foram recrutados na comunidade desde que não possuam imobilidade. Como o teste é a aplicação de questionários e um sensor multifuncional, não houve riscos à integridade física ou psicológica dos sujeitos envolvidos, pois não foram realizados procedimentos invasivos ou que exponham explicitamente os participantes. Assim, a pesquisa foi realizada com risco mínimo para os idosos levando em conta as restrições decorrentes de dificuldades de locomoção do sujeito ou mesmo da colocação do aparelho, que deve ser fixado na coxa do sujeito o que, em certos casos, causou algum tipo de desconforto.

Os resultados dos testes foram tabulados e representados em forma gráfica de modo a facilitar o entendimento das leituras dos sensores e seu relacionamentos com as características de mobilidade do idoso em teste. Nesse contexto faz-se necessária a realização de mais testes de modo a ampliar o banco de dados referente as variáveis dos sensores utilizados no estudo e sua melhor compreensão.

Durante os testes ficou evidenciado que o sistema de hardware e software desenvolvido pode ser adaptado a outros tipos de indivíduos, por exemplo, pessoas de meia-idade, pessoas jovens, ou mesmo atletas bastando para isso que o banco de dados seja caracterizado para aquele tipo de indivíduo.

### 5.2 Trabalhos futuros

- Realizar mais testes com idosos para mais coletas de dados visando o desenvolvimento de técnicas para identificar claramente se o mesmo está caminhando normalmente ou com alguma dificuldade.

- Melhorar o software de controle que será instalado no microcontrolador, implementando vários recursos sobre os sensores

- Melhorar o software coletor de dados com a implementação de filtros para sinais coletados e conversores dos sinais do giroscópio e acelerômetro para quaternions possibilitando a análise do movimento do paciente em tempo real

- Alterar o método de comunicação entre o aparelho e o computador que atualmente utiliza o protocolo UDP, pois este protocolo não é comprometido com a entrega da informação, deve-se configurar com o protocolo TCP explicitado em Tanenbaum (37) e Kurose (38).

- Após as melhorias mencionadas acima será interessante realizar um projeto de desenvolvimento de produto para comercialização do aparelho.

# Referências

- 1 WHO. *Ageing and health*. 2018. World Health Organization. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>>. Acesso em: 27 abr 2018. 15
- 2 MAIA, F. de O. M. *Vulnerabilidade e Envelhecimento: Panorama dos idosos residentes no município de São Paulo - Estudo SABE*. Tese (Doutorado) — Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/7/7139/tde-24102011-080913/pt-br.php>>. 15
- 3 FRIED, L. P. et al. Frailty in Older Adults: Evidence for a Phenotype. *The Journals of Gerontology: Series A*, v. 56, n. 3, p. M146–M157, 03 2001. ISSN 1079-5006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.M146>>. 15, 17, 18
- 4 MCDERMID, R. C.; STELFOX, H. T.; BAGSHAW, S. M. Frailty in the critically ill: a novel concept. *Critical Care*, v. 15, n. 1, p. 301, Feb 2011. ISSN 1364-8535. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/cc9297>>. 15
- 5 SHOON, Y. et al. Gait speed as a test for monitoring frailty in community-dwelling older people has the highest diagnostic value compared to step length and chair rise time. *Eur J Phys Rehabil Med*, Bethesda MD, 20894 USA, v. 6, n. 50, p. 693–701, Dezembro 2014. 15, 17
- 6 ROCKWOOD, K. et al. A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *CMAJ*, CMAJ, v. 173, n. 5, p. 489–495, 2005. ISSN 0820-3946. Disponível em: <<http://www.cmaj.ca/content/173/5/489>>. 16
- 7 ENSRUD, K. E. et al. A comparison of frailty indexes for the prediction of falls, disability, fractures, and mortality in older men. *Journal of the American Geriatrics Society*, v. 57, n. 3, p. 492–498, 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1532-5415.2009.02137.x>>. 16
- 8 UNICOVSKY, M. A. R. Idoso com sarcopenia: uma abordagem do cuidado da enfermeira. *Revista Brasileira de Enfermagem*, scielo, v. 57, p. 298 – 302, 06 2004. ISSN 0034-7167. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-71672004000300008&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-71672004000300008&nrm=iso)>. 16
- 9 MARTINEZ, B. P.; CAMELIER, F. W. R.; CAMELIER, A. A. Sarcopenia em idosos: Um estudo de revisão. *Revista Pesquisa em Fisioterapia*, Bahia - Brasil, v. 4, n. 1, p. 62–70, Janeiro 2014. 17
- 10 KAWAKAMI, R. et al. Calf circumference as a surrogate marker of muscle mass for diagnosing sarcopenia in japanese men and women. *Geriatr Gerontol Int*, 8600 Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA, v. 15, n. 8, p. 969–976, Agosto 2015. 17
- 11 ROLLAND, Y. et al. Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women: A cross-sectional study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 8600 Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA, v. 51, n. 8, p. 1120–1124, Julho 2003. 17

- 12 LANDI, F. et al. Calf circumference, frailty and physical performance among older adults living in the community. *Clinical Nutrition*, Roma, Italy, v. 33, n. 3, p. 539–544, Julho 2013. 17
- 13 MELLO, A. de C.; ENGSTROM, E. M.; ALVES, L. C. Fatores sociodemográficos e de saúde associados à fragilidade em idosos: uma revisão sistemática de literatura. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, Brasil, v. 30, n. 6, p. 1–25, Junho 2014. 17
- 14 CASTELL, M.-V. et al. Frailty prevalence and slow walking speed in persons age 65 and older: implications for primary care. *BMC Family Practice*, USA, v. 86, n. 14, p. 1–9, Junho 2013. 17
- 15 STUDENSKI, S. et al. Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, USA, v. 305, n. 1, p. 50–58, Janeiro 2011. 17
- 16 TINETTI, M. E. et al. A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *New England Journal of Medicine*, Massachusetts - USA, v. 331, n. 13, p. 821–827, Setembro 1994. PMID: 8078528. Disponível em: <<https://doi.org/10.1056/NEJM199409293311301>>. 18
- 17 MATHIAS, S.; NAYAK, U.; ISAACS, B. Balance in elderly patients: the "get-up and go" test. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, v. 67, n. 6, p. 387–389, June 1986. ISSN 0003-9993. Disponível em: <<http://europepmc.org/abstract/MED/3487300>>. 18, 21
- 18 PODSIADLO, D.; RICHARDSON, S. The timed "up & go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, v. 39, n. 2, p. 142–148, 1991. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x>>. 18, 21
- 19 SAVVA, G. M. et al. Using Timed Up-and-Go to Identify Frail Members of the Older Population. *The Journals of Gerontology: Series A*, v. 68, n. 4, p. 441–446, 09 2012. ISSN 1079-5006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/gerona/gls190>>. 18
- 20 GREENE, B. R. et al. Frailty status can be accurately assessed using inertial sensors and the TUG test. *Age and Ageing*, v. 43, n. 3, p. 406–411, 11 2013. ISSN 0002-0729. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/ageing/aft176>>. 18
- 21 MUNIZ, D. L. B.; ANDRADE, M. C. de. Análise biomecânica das fases da marcha por acelerômetros. 2011. 18
- 22 NAJAFI, B. et al. Assessing postural control and postural control strategy in diabetes patients using innovative and wearable technology. *Journal of Diabetes Science and Technology*, v. 4, n. 4, p. 780–791, 2010. PMID: 20663438. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/193229681000400403>>. 18
- 23 AMINIAN, K. et al. Spatio-temporal parameters of gait measured by an ambulatory system using miniature gyroscopes. *Journal of Biomechanics*, v. 35, n. 5, p. 689 – 699, 2002. ISSN 0021-9290. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929002000088>>. 18
- 24 Najafi, B.; Khan, T.; Wrobel, J. Laboratory in a box: Wearable sensors and its advantages for gait analysis. In: *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 6507–6510. ISSN 1558-4615. 18

- 25 SCHWENK, M. et al. Wearable sensor-based in-home assessment of gait, balance, and physical activity for discrimination of frailty status: Baseline results of the arizona frailty cohort study. *Gerontology*, v. 61, n. 3, p. 258–267, 2015. Disponível em: <<https://www.karger.com/DOI/10.1159/000369095>>. 18
- 26 BISCHOFF, H. A. et al. Identifying a cut-off point for normal mobility: a comparison of the timed ‘up and go’ test in community-dwelling and institutionalised elderly women. *Age and Ageing*, v. 32, n. 3, p. 315–320, 05 2003. ISSN 0002-0729. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/ageing/32.3.315>>. 18, 19
- 27 DUARTE, Y. A. d. O.; ANDRADE, C. L. d.; LEBRÃO, M. L. O Índice de Katz na avaliação da funcionalidade dos idosos. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, scielo, v. 41, p. 317 – 325, 06 2007. ISSN 0080-6234. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0080-62342007000200021&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342007000200021&nrm=iso)>. 20
- 28 FOLSTEIN, M. F.; FOLSTEIN, S. E.; MCHUGH, P. R. “mini-mental state”: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, v. 12, n. 3, p. 189 – 198, 1975. ISSN 0022-3956. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022395675900266>>. 21
- 29 PALLONI, A.; PELÁEZ, M. Histórico e natureza do estudo. *O Projeto SABE no Município de São Paulo: uma abordagem inicial*. Brasília: OPAS/MS, p. 15–32, 2003. 21
- 30 FLEG, J. L. et al. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, v. 112, n. 5, p. 674–682, 2005. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.545459>>. 21
- 31 INNES, E.; STRAKER, L. Validity of work-related assessments. *Work*, IOS Press, v. 13, n. 2, p. 125–152, 1999. 23
- 32 EVENSON, K. R. et al. Calibration of two objective measures of physical activity for children. *Journal of Sports Sciences*, Routledge, v. 26, n. 14, p. 1557–1565, 2008. PMID: 18949660. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02640410802334196>>. 23
- 33 CHEN, K. Y.; BASSETT, J. D. R. The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, LWW, v. 37, n. 11, p. S490–S500, 2005. 23
- 34 VANHELST, J. et al. New validated thresholds for various intensities of physical activity in adolescents using the actigraph accelerometer. *International Journal of Rehabilitation Research*, v. 34, n. 2, 2011. Disponível em: <[https://journals.lww.com/intjrehabilres/Fulltext/2011/06000/New\\_validated\\_thresholds\\_for\\_various\\_intensities.11.aspx](https://journals.lww.com/intjrehabilres/Fulltext/2011/06000/New_validated_thresholds_for_various_intensities.11.aspx)>. 23
- 35 MELLO, J. L. C. et al. Application of an effective methodology for analysis of fragility and its components in the elderly. In: LATIFI, S. (Ed.). *Information Technology - New Generations*. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 735–739. ISBN 978-3-319-77028-4. 23
- 36 Kim, A.; Golnaraghi, M. F. A quaternion-based orientation estimation algorithm using an inertial measurement unit. In: *PLANS 2004. Position Location and Navigation Symposium (IEEE Cat. No.04CH37556)*. [S.l.: s.n.], 2004. p. 268–272. 33

- 
- 37 TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. *Redes de Computadores*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2011. 36
- 38 KUROSE, J. F.; ROSS, K. W.; ZUCCHI, W. L. *Redes de Computadores ea Internet: uma abordagem top-down*. [S.l.]: Pearson Addison Wesley, 2007. 36