

# Protótipo de Monitoramento Remoto da Saúde do Idoso

Cícero Joasyo Mateus de Moura<sup>1</sup>, Otávio Calça Xavier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento IV – Instituto Federal de Goiás (IFG)  
Goiânia – GO – Brasil

<sup>2</sup>Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)  
Goiânia – GO – Brasil

cicerojmm@gmail.com, otavio@inf.ufg.br

**Abstract.** *The aging population in the world has grown considerably, and the forecast for the year 2050 is around 22% of the world's population. People over 65 years of age tend to face some health-related problems such as falls, respiratory, cardiovascular, and other diseases. In this context, solutions that offer improvements in the quality of life are relevant. This project aims to build a health monitoring system for the elderly, in a way that is economically feasible and technologically possible. The system includes monitoring heart rate, body temperature and detection of falls. For family members or caregivers, a mobile application is offered to monitor data and receive alerts on monitoring situations.*

**Resumo.** *A população idosa no mundo vem crescendo consideravelmente, e a previsão para o ano de 2050 é que seja em torno de 22% da população mundial. Pessoas acima dos 65 anos de idade, tendem a enfrentar alguns problemas relacionados à saúde, como quedas, doenças respiratórias, cardiovasculares e outras. Neste quadro são relevantes soluções que venham oferecer melhorias na qualidade de vida. Este projeto traz o objetivo de construir um sistema de monitoramento da saúde do idoso, de forma que seja economicamente viável e tecnologicamente possível. O sistema contempla monitoramento da frequência cardíaca, temperatura corporal e detecção de quedas. Para os familiares ou cuidadores é oferecido um aplicativo móvel para acompanhamento dos dados e recebimento de alertas sobre situações do monitoramento.*

## 1. Introdução

A população idosa do Brasil tem aumentado a cada ano consideravelmente, e assim o aumento da qualidade de vida para esse grupo da sociedade, é alvo de diversos esforços. O objetivo é buscar soluções que possam trazer praticidade, independência, prevenção, auxílio e conforto para a vida das pessoas acima dos 65 anos de idade. No ano de 2010, foi constatado que são cerca de 20 milhões de pessoas que estão dentro da população idosa no Brasil, o que corresponde a cerca de 7,4% da população total [BRASIL 2012]. Segundo dados do IBGE, a expectativa média de vida do brasileiro subiu em 2012, chegando a 74,5 anos [IBGE 2012], o que tende aumentar ainda mais essa parcela da população.

Estudos apontam quais são as principais causas de atendimento e internações de idosos realizados pelos pontos de saúde [Loyola Filho et al. 2004], e dentre eles estão problemas respiratórios, cardiovasculares, ingerir remédios errados e quedas sofridas. Ainda

é importante destacar que no Brasil cerca de 70% dos idosos possuem pelo menos uma patologia crônica, ou seja, um problema de saúde que necessita de constante acompanhamento e monitoramento [Bernardo 2010].

Segundo estudo realizado no ano de 2010, as três maiores frequências de atendimentos hospitalares entre os idosos são: problemas no aparelho circulatório, que afeta 28% dos idosos brasileiros, quedas sofridas que somam 24% ao ano e doenças no aparelho respiratório que afetam cerca de 17% da população idosa [Batista de Góis and Peixoto Veras 2010].

Nesse aspecto, este trabalho apresenta uma proposta que possa reunir as principais necessidades relacionadas à saúde do idoso, provendo um sistema de monitoramento remoto para pessoas acima dos 65 anos, utilizando conceitos como a Internet das Coisas para monitorar batimentos cardíacos, temperatura corporal e detecção de quedas. Juntamente com algoritmos para analisar os dados, oferecendo uma resposta rápida e de forma automática a possíveis alterações na saúde do idoso. Assim emitir alertas para a família ou cuidadores que estejam acompanhando o monitoramento.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2 é apresentado os trabalhos relacionados com esta pesquisa. Na seção 3 encontra-se a fundamentação teórica. Na seção 4 são apresentados os materiais e métodos para a construção do projeto. Os resultados são discutidos na seção 5, seguido da conclusão e das considerações finais na seção 6.

## 2. Trabalhos relacionados

Diversos esforços em estudos têm sido realizados para criar soluções tecnológicas que possam oferecer suporte aos idosos. Ao realizar o monitoramento de sua saúde, o idoso pode ter maior independência e conforto, além de possibilitar o controle e administração das situações por parte dos familiares e cuidadores.

Em relação ao monitoramento de possíveis quedas que o idoso possa sofrer, o artigo *Fall detection algorithms for real-world falls harvested from lumbar sensors in the elderly population: a machine learning approach* [Bourke et al. 2016] aborda o conceito de tecnologia assistiva, onde sensores identificam a queda do idoso, assim o sistema envia mensagens para parentes ou médicos, para que o auxílio seja feito rapidamente. A identificação da queda é feita através de sensores e algoritmos computacionais de Inteligência Artificial.

Outra solução é descrita no artigo *IoT system for monitoring vital signs of elderly population*, que faz a utilização de sistema embarcado capaz de monitorar os batimentos cardíacos para a prevenção de arritmia cardíaca e também módulos de monitoramento da respiração e da temperatura do corpo, utilizando algoritmos computacionais para identificar padrões e possíveis alterações na saúde da pessoa em monitoramento [Banuleasa et al. 2016].

Uma outra proposta feita no trabalho *We-care: An IoT-based health care system for elderly people* é o desenvolvimento de uma pulseira baseada no conceito de Internet das Coisas, que realiza o monitoramento da frequência cardíaca, temperatura, saturação de oxigênio e sinais eletrocardiográficos, usando informações em tempo real através de sensores internos e ainda notificar os membros da família ou cuidadores sobre mudanças

inesperadas [Pinto et al. 2017].

Levando em consideração os estudos e soluções apresentadas, podemos perceber que se trata de um assunto com importância, relacionando os idosos, familiares, médicos e o sistema de saúde.

### **3. Fundamentação Teórica**

Nesta seção serão abordados conceitos que envolvem a construção deste trabalho, como frequência cardíaca (3.1), temperatura corporal (3.2), tecnologia assistiva (3.3), computação vestível (3.4), internet das coisas (3.5) e outros.

#### **3.1. Frequência Cardíaca**

A frequência cardíaca é medida com batimentos por minutos (BPM) e define a quantidade de vezes que o coração pulsa durante um período de tempo. Existem valores definidos em média para a frequência cardíaca, que variam por idade, situações temporárias e condições de saúde. A frequência cardíaca quando baixa, pode indicar problemas metabólicos, doenças cardíaca-vascular, exaustão e outras situações. Já a frequência cardíaca alta pode diagnosticar pressão alta, insuficiência cardíaca, infarto e outras situações de riscos [Viega 2017].

Normalmente um adulto saudável tem a medida entre 72 a 78 BPM como normal e pode variar de acordo com o sexo, sendo que mulheres tendem a ter frequência cardíaca maior. Através de estudo é indicado que idosos apresentam de 6 a 10 BPM menores que um adulto abaixo dos 65 anos [Fechine and Trompieri 2015]. Outra forma de realizar o cálculo da frequência cardíaca máxima (FCM) é subtrair a idade do paciente de 220, assim uma pessoa de 65 anos pode ter FCM de 155 BPM [Fechine and Trompieri 2015].

#### **3.2. Temperatura Corporal**

A temperatura corporal é uma combinação de calor gerado e perdido pelo corpo humano. O órgão responsável pela manutenção da temperatura corporal é o Hipotálamo e tem o papel de mantê-la mais ou menos com valor constante [Vinícius 2017].

Em geral, a temperatura normal média de uma pessoa adulta situa-se entre 36,7 e 37 graus *celsius* (°C), podendo variar cerca de 0,6 °C a mais, dependendo do lugar no corpo em que é medida, sendo que abaixo de 34 °C é muito baixa e acima de 37 muito alta.

Pelo valor da temperatura corporal é possível identificar algumas situações de riscos como a hipotermia, que se refere à perda de temperatura corporal, chegando a valores muito baixos. A hipertermia, que é elevação da temperatura corporal que pode caracterizar febre e situações de riscos à saúde [Vinícius 2017].

#### **3.3. Tecnologia Assistiva**

O termo *Assistive Technology*, traduzido para o português como Tecnologia Assistiva (TA), foi criado oficialmente em 1988, fazendo parte da legislação dos Estados Unidos, garantindo os direitos das pessoas com limitações físicas, especificando que devem ter acessos aos mesmos serviços e recursos como toda a população [Bersch 2008].

Com o passar dos anos, a TA ganhou maior destaque e um amplo arsenal de aplicações, expandindo as fronteiras e assim podendo ser utilizada para descrever o uso

da tecnologia como ferramenta de auxílio para pessoas com deficiências, idosos, crianças e qualquer um que tenha alguma limitação física. Soluções relacionadas ao uso da tecnologia que venham ajudar a melhorar vidas e auxiliar a execução de alguma atividade do dia-a-dia, podem ser classificadas como TA.

### 3.4. Computação Vestível

Computação vestível, ou no inglês *wearables*, são sistemas inteligentes que podem ser vestidos por uma pessoa. Estes dispositivos podem estar conectados a Internet ou a outros dispositivos em rede [Sugathan et al. 2013].

O termo surgiu em 1998, no artigo escrito por Sterve Mann [Mann 1998], que define como sendo um computador que está alocado no espaço pessoal do usuário, onde há controle do usuário, porém existe uma constância em sua operação e interação com usuário e o meio.

Dispositivos vestíveis estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, e podem ser encontrados através de relógios, roupas, pulseiras, óculos e acessórios em geral. Como o dispositivo proposto neste trabalho, que é vestível e possui um sistema de computação executando tarefas que interagem com o usuário.

### 3.5. Internet das Coisas

A Internet das Coisas, ou em inglês, *Internet of Things* (IoT), é um termo que foi criado em 1999 por Kevin Ashton, co-fundador do *Auto-ID Center* do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT).

Esse termo foi criado pois o seu autor previa que todos os objetos físicos estariam conectados a Internet, com a capacidade de capturar informações por meio de sensores que detectam o ambiente em que estão inseridos, podendo assim identificar e compreender o mundo independentemente das pessoas [Gubbi et al. 2013].

Este trabalho tem como um dos objetivos a criação de um dispositivo para a Internet das Coisas, onde se possa realizar o monitoramento remoto da saúde de pacientes idosos utilizando sensores e conexão com a Internet.

### 3.6. Microcontrolador

Microcontroladores são sistemas computacionais inteiros contidos em apenas um único chip de circuito integrado [Akyildiz and Wang 2005]. Trata-se de um *hardware* específico para executar funções dedicadas através de uma programação feita em uma linguagem suportada pelo circuito.

As grandes vantagens dos microcontroladores são o seu preço acessível, pouco consumo de energia e adequação para sistemas de tempo real, pois executam tarefas de forma dedicada. Somando essas características e seus componentes agregados, é possível o desenvolvimento de diversas aplicações, em várias áreas diferentes e com muitas funcionalidades.

#### 4. Materiais e métodos

O dispositivo de monitoramento é conectado a rede Wi-Fi local e para isso é utilizado o padrão 802.11 b/g/n<sup>1</sup>. Os dados são salvos em plataforma de armazenamento em nuvem, e para serem consultados, o *smartphone* deve estar conectado a Internet. O acompanhamento do paciente pode ocorrer de forma remota e em qualquer lugar com acesso a Internet. O protocolo de comunicação dos dados é o HTTP<sup>2</sup> e seus métodos de transmissão POST e GET são utilizados, possibilitando salvar e recuperar informações.

Conforme apresentado na Figura 1 o dispositivo deve ser vestido pelo paciente em monitoramento. Todos os dados coletados pelos sensores serão encaminhados para a nuvem, onde serão tratados, analisados e enviados para armazenamento também em nuvem, no banco de dados em tempo real. Assim os dados são acessados pelo aplicativo móvel, podendo consultar histórico e acompanhar o monitoramento.



Figura 1. Figura ilustrativa da arquitetura do sistema de monitoramento proposto

O dispositivo funciona de forma reativa, e emite alertas para o usuário sobre estados da saúde do paciente. Em caso de temperatura acima ou abaixo do normal, anormalidades no batimento cardíaco ou até mesmo quando detectado uma queda do idoso.

Todos os materiais utilizados e estudados no desenvolvimento do projeto serão descritos individualmente abaixo, evidenciando suas funcionalidades e características.

- NodeMCU: é um módulo de prototipação para a Internet das Coisas, que possui o microcontrolador ESP8266 em sua arquitetura e conta com uma plataforma de desenvolvimento nas linguagens C/C++ ou em Lua [Oliveira 2017]. O módulo utiliza a versão ESP-12 do microcontrolador ESP8266, possui conversor micro USB para serial, um regulador de tensão interno para adequar a corrente elétrica de entrada no dispositivo, arquitetura de 32 bits com núcleo de processamento com 80 MHz que pode chegar até 160 MHz e memória disponível para os dados do programa de usuário tem cerca de 50 kB. O módulo trabalha com uma tensão de 3,3 volts, conforme padrão do microcontrolador. Ainda conta com antena embutida em seu circuito para conexão com a rede Wi-Fi. O seu modo de operação em rede pode ser como *Station* (STA), *Access Point* (AP) ou com os dois modos combinados.

<sup>1</sup>Família de especificações desenvolvidas pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) para a tecnologia Wireless LAN (WLAN/Rede Sem-Fio).

<sup>2</sup>*Hypertext Transfer Protocol*, em português Protocolo de Transferência de Hipertexto, é um protocolo de comunicação na camada de aplicação segundo o Modelo OSI utilizado para transmissão de dados na rede de computadores.

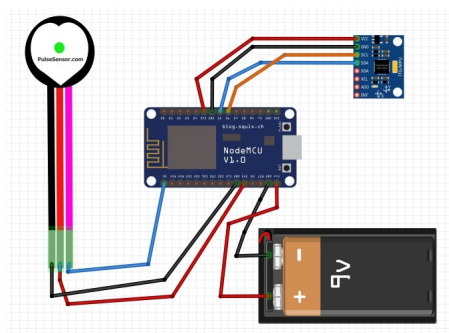
- *Pulse Sensor Amped*: é um sensor de frequência cardíaca, que realiza a coleta de dados do BPM de uma pessoa. O sensor utiliza a técnica de fotopletiografia, uma maneira não invasiva de medir a pulsação do coração e em alguns casos a oxigenação do sangue. Essa técnica faz a leitura por meios óticos, através de uma luz infravermelha, que é emitida e refletida de volta, computando assim o sinal pletiográfico, que indica o pulso e oxigenação do sangue [Leite and Lima 2017].
- MPU6050: é um módulo para Internet das Coisas que possui acelerômetro, giroscópio e um sensor de temperatura no mesmo chip. O acelerômetro faz a detecção da inclinação, movimentação e orientação no ambiente. O giroscópio identifica a direção do movimento. O sensor é capaz de fazer a leitura tridimensional (eixo x, y e z) tanto para o acelerômetro quanto para o giroscópio. O sensor de temperatura integrado, possibilita a coleta de dados sobre a temperatura ambiente, a princípio em *fahrenheit* (°F) que conseqüentemente pode ser convertida em graus *celsius* (°C) [Arduino 2016].

Os recursos computacionais utilizados para a construção deste trabalho são descritos individualmente abaixo:

- Plataforma *Heroku*: é uma plataforma de serviço em nuvem, que oferece suporte a várias linguagens de programação. O Heroku automatiza serviços de criação das máquinas virtuais para armazenar sites e aplicações Web. O serviço utiliza o conceito de *Dyno*, onde cada *Dyno* é uma pequena máquina virtual, com 4 núcleos de processamento e 512 *megabytes* de memória RAM. Utiliza-se o sistema operacional Debian, que é uma distribuição Linux gratuita [Salesforce 2017].
- Plataforma *Firebase*: é uma plataforma com serviços oferecidos em nuvem, que possui diversas ferramentas úteis e eficientes para desenvolvimento de aplicações Web e móveis. O Firebase atualmente conta com o suporte a aplicações desenvolvidas para iOS, Web e Android nas linguagens C++, Java, Javascript, Objective-C e Swift [Inc 2017].
- *Ionic Framework*: é um *framework* para desenvolvimento de aplicativos móveis na forma híbrida [Ionic 2017]. O *framework* é composto pelo Cordova [Apache 2017], que possibilita a instalação de *plugins*, onde recursos nativos dos dispositivos são disponibilizados para acesso e o Angular [Google 2017] que é outro *framework*, que utiliza a linguagem de programação JS (JavaScript), e fornece recursos para desenvolvimento Web, com HTML (*HyperText Markup Language*) e CSS (*Cascading Style Sheets*).
- *Flask Microframework*: é um *microframework* que possibilita o desenvolvimento de aplicações Web utilizando a linguagem Python. É um *microframework*, pois não define uma estrutura rígida de projeto a ser seguida, preserva a liberdade de decisão das ferramentas a serem utilizadas por parte do desenvolvedor [Ronacher 2017].

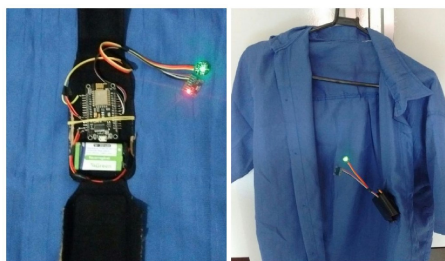
@misc{carduinobri2c, title=I2C: Protocolo de Comunicação, author=Valdinei Rodrigues dos Reis, year=2014, howpublished="http://www.arduino.br/arduino/i2c-protocolo-de-comunicacao/", note = "[Acesso em 07 de fevereiro de 2018]"}

A modelagem do protótipo realizado com a ajuda do *Fritizing*<sup>3</sup> pode ser conferida na Figura 2. No centro do sistema encontra-se o NodeMCU, fazendo a interface de conexão com o sensor de frequência cardíaca, acelerômetro, giroscópio e o sensor de temperatura. O NodeMCU ainda é responsável por realizar conexão com a rede Wi-Fi e fazer comunicação com a Internet. O sistema é alimentado com uma bateria recarregável de 9 volts.



**Figura 2. Figura ilustrativa com o protótipo do sistema embarcado**

Para transformação do sistema embarcado em computação vestível todos os componentes foram fixados em uma capa protetora. Os fios foram organizados e a costura na roupa ficou mais simples, podendo ocorrer de formas diferentes e também facilmente ser removido e costurado em outras roupas. A Figura 3 mostra a esquerda os componentes fixados na capa protetora e a direita como foi costurados em uma roupa para sua utilização.



**Figura 3. Protótipo final do sistema costurado na parte interna de uma camisa**

Para obter corretamente o BPM e a temperatura corporal, é necessário que o MPU6050 e *Pulse Sensor* estejam em contato diretamente com a pele, na posição do coração, fixados com algum tipo de fita adesiva. A forma como o dispositivo está anexado à roupa facilita a mesma ser vestida e os componentes serem fixados à pele do idoso.

O algoritmo do sistema embarcado é construído na linguagem C/C++, de forma estruturada, onde cada função deve executar apenas uma tarefa, facilitando alterações que possam ser necessárias e o desenvolvimento de novas funcionalidades.

Na plataforma *Firebase*, são utilizados os recursos do banco de dados em tempo real, a autenticação que oferece criação de usuário com senha para se conectar aos

<sup>3</sup>Software com código aberto, onde o objetivo é ajudar com os esquemas da montagem do hardware e suas conexões físicas.

serviços da plataforma e as notificações, que fornecem uma interface para *smartphones*, possibilitando receber alertas através do aplicativo.

A Web API<sup>4</sup> faz o meio entre o dispositivo de monitoramento, que é o sistema embarcado e a plataforma Firebase, desenvolvida utilizando o com a linguagem de programação Python na versão 3.5.2 e o *microframework* Flask na versão 0.12.2. O código da Web API é armazenado em nuvem com o intuito de disponibilizar o acesso de forma online, excluindo a necessidade de haver um servidor local para se comunicar com o dispositivo de monitoramento, simplificando a infraestrutura do sistema.

Além de salvar os dados recebidos, é necessário realizar o processo de análise dos dados, com o objetivo de verificar situações com possíveis quedas, frequência cardíaca e temperatura acima ou abaixo do normal. A Tabela 1 exemplifica como é feito a análise por intervalos dos dados.

**Tabela 1. intervalos de comparação para definir situações da saúde**

Variável analisada	Intervalo de Comparação	Situação da Saúde
BPM	Maior ou igual a 160	Frequência cardíaca acima do normal
	Menor ou igual a 40	Frequência cardíaca abaixo do normal
	Igual a 0	Frequência cardíaca não detectada
Temperatura	Maior ou igual a 37,4	Temperatura Corporal acima do normal
	Menor ou igual a 34	Temperatura Corporal abaixo do normal

Além das comparações mencionadas que são feitas por intervalos, é realizado o cálculo da mediana dos últimos 60 dados anteriores relacionados ao BPM, e feito a comparação com cada valor capturado da frequência cardíaca. Os últimos 60 BPM são relacionados a cerca de 3 minutos de monitoramento. pois os dados são gravados no banco em média a cada 3 segundos, ou seja, são cerca de 20 dados gravados por minuto, considerando o atraso que pode ocorrer entre a captura dos dados pelo dispositivo embarcado, o envio para Internet e o armazenamento no banco de dados.

## 5. Resultados

O objetivo desta seção é apresentar os resultados obtidos com o sistema finalizado e através dos estudos de casos em ambiente real, analisar o desempenho do sistema proposto neste trabalho.

O aplicativo possui quatro telas, sendo a de cadastro, que é apresentada apenas na primeira vez em que é usado, com objetivo de coletar dados do paciente. A tela de *dashboard* como mostrado na Figura 4, apresenta os dados relacionados ao monitoramento em tempo real da saúde do idoso. A de histórico conforme a Figura 5, apresenta detalhes do monitoramento, dividindo os dados, que são agrupados por datas e apresentados por horários. E a última tela do aplicativo, é a de perfil do usuário, que apresenta os dados do paciente que foram cadastrados anteriormente.

Para coletar dados e apresentar os resultados, foram realizados dois estudos de casos em ambiente real, com o objetivo de apresentar a viabilidade do sistema desenvolvido.

<sup>4</sup>Traduzido como Interface de Programação de Aplicativos, representa um conjunto de rotinas, funções e padrões de programação que podem ser acessados por outro *software* ou plataforma Web.



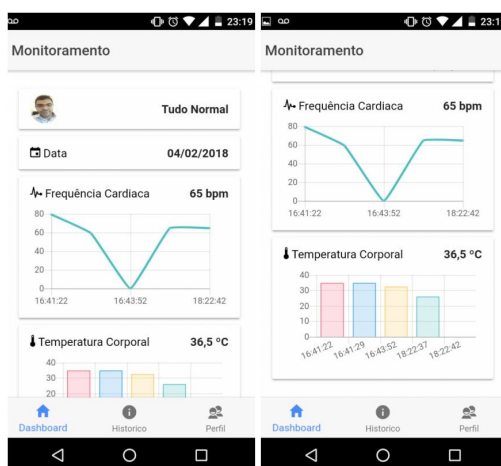


Figura 4. Página inicial do aplicativo mostrando os dados do monitoramento

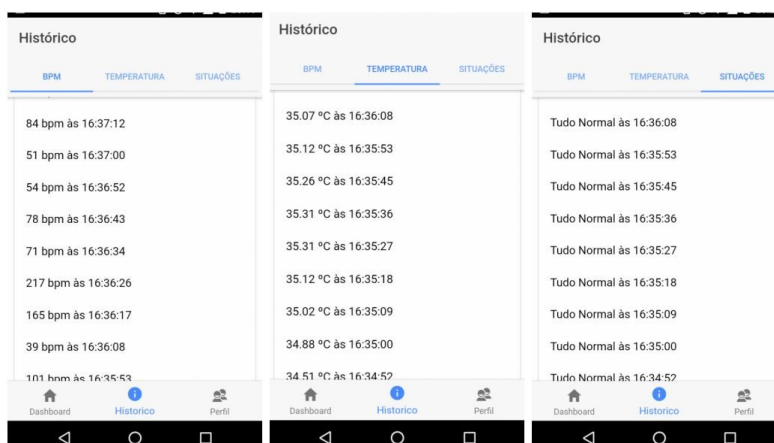


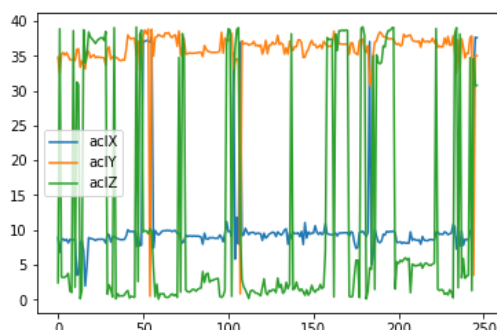
Figura 5. Página de histórico mostrando as três opções de visualização dos dados

O primeiro estudo de caso (EC1), foi realizado por uma pessoa do sexo masculino, com 22 anos de idade, 1,83 metros de altura e peso de 87 quilogramas, com objetivo de validar o funcionamento do sistema, corrigir erros e realizar testes para a implementação do algoritmo de detecção de quedas. O segundo estudo de caso (EC2), realizado por cerca de 1 hora, com uma pessoa do sexo masculino, 77 anos de idade, 1,60 metros de altura e peso de 68 quilogramas, com o objetivo de realizar a validação do sistema em ambiente real, sendo utilizado por uma pessoa idosa. As informações de altura, peso e idade são relevantes, pois a frequência cardíaca é diferente conforme a idade e o acelerômetro pode ser afetado pelo peso corporal no momento de detectar quedas.

O EC1 teve duração aproximada de três horas e trinta minutos, onde o dispositivo de monitoramento foi utilizado por este período contendo alguns minutos de intervalos para ajustes. Ao todo foram armazenadas 759 linhas de dados relacionados à saúde do paciente.

O gráfico, mostrado na Figura 6, realizado com os dados, auxiliou na construção do algoritmo que detecta quedas. O gráfico de linha mostra os dados do acelerômetro nos

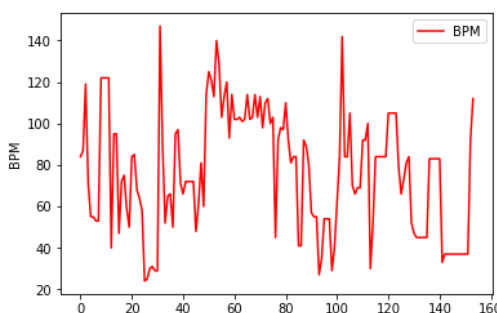
eixos X (acIX), Y (acIY) e Z (acIZ). Para coleta destes dados, foram simuladas diversas situações de queda, buscando encontrar padrões de aceleração nos eixos do acelerômetro.



**Figura 6. Gráfico do acelerômetro com os dados coletados no estudo de caso 1**

O EC2 teve 154 linhas de dados coletados, em um período de quase uma hora de realização. O teste foi executado em um idoso, com o objetivo de validar se o protótipo exerce suas funções corretamente em ambiente real.

O gráfico da Figura 7 mostra as oscilações que ocorreram nos dados da frequência cardíaca. As situações que apresentam BPM abaixo do normal, foram simuladas, afastando o sensor do corpo da pessoa em monitoramento.



**Figura 7. Gráfico do BPM do estudo de caso 2**

No caso da temperatura corporal, também houve algumas oscilações e dados que podem ser considerados *outliers*, porém na maior parte do tempo a temperatura ficou entre 34 e 36 °C, o que pode ser considerado normal para este estudo de caso. A Figura 8 mostra com detalhes como ficou o gráfico da temperatura corporal com os dados coletados no EC2.

Com relação as situações de saúde, foi possível observar que foram informadas corretamente. Em momentos que a frequência cardíaca ficou abaixo dos 40 BPM, houve o aviso de "BPM Muito Baixo", em relação a temperatura abaixo de 34 °C, foi indicado como "Temperatura Muito Baixa", e quando não houve nenhum destes casos indicado como "Situação Regular". A Figura 9 mostra como ficou a tela de modo parcial das situações na página de histórico do aplicativo móvel no momento da realização do EC2.

A Figura 10 mostra como são visualizadas as notificações, caso haja alguma situação de risco detectada.

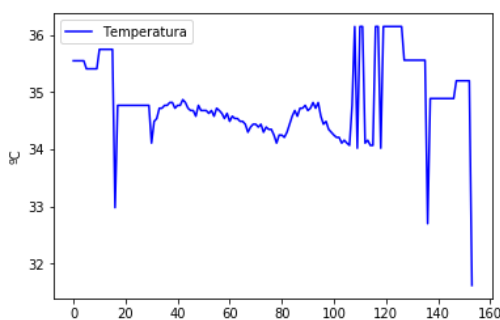


Figura 8. Gráfico da temperatura corporal do estudo de caso 2



Figura 9. Página de histórico mostrando as situações do estudo de caso 2

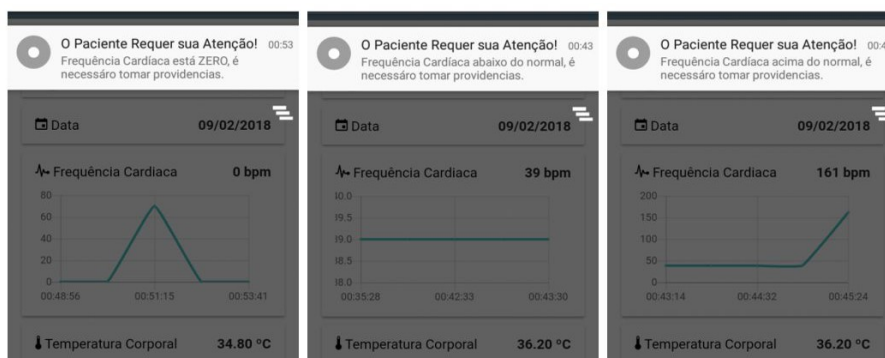


Figura 10. Notificações relacionadas ao batimento por minuto

A última notificação implementada é relacionada a mediana do BPM, podendo ser acima ou abaixo, dependendo da situação. Mesmo que o cálculo seja realizado pela mediana dos valores, é apresentado para o usuário como média, para facilitar a interpretação da informação. A Figura 11 mostra como são apresentadas essas notificações para o usuário.



Figura 11. Notificações relacionadas a média do batimento por minuto

## 6. Considerações finais

O projeto desenvolvido neste trabalho teve como objetivo principal construir um sistema de monitoramento à saúde do idoso. Podendo ser realizado de forma remota por familiares ou cuidadores, que possibilita acompanhar os dados por um *smartphone*, oferecendo monitoramento da frequência cardíaca, temperatura corporal e capaz de detectar quedas. O sistema possui ainda como funcionalidade, uma análise dos dados coletados e notificações de alertas em caso de alguma alteração que ofereça risco à saúde do idoso. Com o objetivo de contribuir com a qualidade de vida dos idosos, aumentando a sua independência e aos familiares acompanhamento da saúde de forma remota.

O sistema possui custo consideravelmente acessível na montagem do dispositivo embarcado, com o valor de US\$ 32,61 dólares americanos (levando em consideração a cotação de 07/2018), sendo que todos os componentes foram adquiridos no Brasil. Possui características de um sistema em tempo real, com a utilização de tecnologias como banco de dados em tempo real, que possibilita realizar o monitoramento com pouco atraso, em média de três segundos a cada coleta de dados. A não necessidade de um servidor local para a análise e armazenamento dos dados e a rápida resposta à alterações das situações de saúde, que são quase de modo instantâneo.

O equipamento apresentou precisão satisfatória nos seus objetivos de monitorar frequência cardíaca e temperatura corporal, apresentando algumas inconsistências na coleta dos dados em alguns momentos, porém com efetividade na maior parte do período testado nos estudos de casos. Em relação ao algoritmo para detectar quedas, apresentou algumas falhas, gerando falsos positivos e negativos, porém com acertos consideráveis. A análise dos dados pela Web API foi satisfatória, gerando notificações corretamente para todos os casos. O aplicativo móvel apresentou desempenho satisfatório, mesmo recebendo uma quantidade grande de dados por minuto, possibilita o acompanhamento personalizado e o recebimento de notificações quando necessário. O sistema ainda é facilmente expansível, desenvolvido de forma modular, fácil de agregar novos sensores e novas funcionalidades que contribuam para a sua evolução. Todas as tecnologias utilizadas são gratuitas e a maioria com código aberto.

O código completo desenvolvido neste trabalho, incluindo o sistema embarcado, Web API e aplicativo móvel, pode ser encontrado no GitHub [de Moura 2018], plataforma de repositórios para códigos fontes gratuita.

Como trabalhos futuros, deseja-se agregar novos sensores ao sistema, como o sensor de pressão arterial e oxigenação do sangue, ainda podendo agregar novos módulos, como 3G/GPRS para possibilitar o monitoramento fora de ambiente doméstico, sem rede Wi-Fi e GPS para identificar a localização do idoso. É possível melhorar as análises dos dados coletados, aplicando técnicas que possam prever situações de riscos e gerar avisos de forma preditiva com a utilização de Inteligência Artificial. Conseguir detectar movimentos bruscos do idoso, reduzindo assim os ruídos na leitura dos sensores relacionado ao contato com o corpo. Ainda deseja-se implementar maior segurança na transmissão dos dados entre dispositivo embarcado e servidor em nuvem, usando o protocolo HTTPS. O estudo dos sensores, módulos e técnicas deve ser considerado, agregando ainda o consumo de energia do sistema, que deve aumentar quando adicionado novas funcionalidades.

## Referências

- Akyildiz, I. F. and Wang, X. (2005). A survey on wireless mesh networks. *IEEE Communications magazine*, 43(9):S23–S30.
- Apache, T. S. F. (2017). Cordova documentation. <http://cordova.apache.org/docs/en/latest/>. [Acesso em 30 de dezembro de 2017].
- Arduino (2016). MPU-6050 Accelerometer + Gyro. <https://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050>. [Acesso em 11 de novembro de 2017].
- Banuleasa, S., Munteanu, R., Rusu, A., and Tonț, G. (2016). Iot system for monitoring vital signs of elderly population. In *Electrical and Power Engineering (EPE), 2016 International Conference and Exposition on*, pages 059–064. IEEE.
- Batista de Góis, A. L. and Peixoto Veras, R. (2010). Informações sobre a morbidade hospitalar em idosos nas internações do sistema único de saúde do brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 15(6).
- Bernardo, A. M. (2010). Proposta de sistema embarcado para auxílio e monitoramento do idoso.
- Bersch, R. (2008). Introdução à tecnologia assistiva. *Porto Alegre: CEDI*.
- Bourke, A. K., Klenk, J., Schwickert, L., Aminian, K., Ihlen, E. A., Mellone, S., Helbstadt, J. L., Chiari, L., and Becker, C. (2016). Fall detection algorithms for real-world falls harvested from lumbar sensors in the elderly population: a machine learning approach. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2016 IEEE 38th Annual International Conference of the*, pages 3712–3715. IEEE.
- BRASIL, P. D. R. (2012). Dados sobre envelhecimento no brasil. <http://www.sdh.gov.br/assuntos/pessoa-idosa/dados-estatisticos/DadosobreoenvelhecimentonoBrasil.pdf>. [Acesso em 07 de fevereiro de 2018].
- de Moura, C. J. M. (2018). Mirsi - repositório no github. <https://github.com/cicerojmm/mirsi/>.
- Fechine, B. R. A. and Trompieri, N. (2015). O processo de envelhecimento: as principais alterações que acontecem com o idoso com o passar dos anos. *InterSciencePlace*, 1(20).

- Google (2017). Angular get started. <https://angular.io/>. [Acesso em 30 de dezembro de 2017].
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., and Palaniswami, M. (2013). Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7):1645–1660.
- IBGE (2012). Tábua Completa de Mortalidade para o Brasil de 2012. [www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tabuadevida/2012/](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tabuadevida/2012/). [Acesso em 24 de maio de 2017].
- Inc, G. (2017). Firebase by Platform. <https://firebase.google.com/docs>. [Acesso em 14 de novembro de 2017].
- Ionic (2017). Ionic framework: Docs. <https://ionicframework.com/docs/intro/installation/>. [Acesso em 30 de dezembro de 2017].
- Leite, E. R. and Lima, R. A. (2017). Sistema não invasivo de monitorização da pressão arterial. *Anais da Mostra de Extensão, Inovação e Pesquisa*, 4.
- Loyola Filho, A. I. d., Leite Matos, D., Giatti, L., Afradique, M. E., Viana Peixoto, S., and Lima-Costa, M. F. (2004). Causas de internações hospitalares entre idosos brasileiros no âmbito do sistema único de saúde. *Epidemiologia e serviços de saúde*, 13(4):229–238.
- Mann, S. (1998). Definition of wearable computer. *International Conference on Wearable Computing ICWC-98, Fairfax VA, May 1998*.
- Oliveira, S. (2017). Internet das coisas com esp8266, arduino e raspberry pi. *São Paulo: Novatec*.
- Pinto, S., Cabral, J., and Gomes, T. (2017). We-care: An iot-based health care system for elderly people. In *Industrial Technology (ICIT), 2017 IEEE International Conference on*, pages 1378–1383. IEEE.
- Ronacher, A. (2017). Welcome to flask. <http://flask.pocoo.org/docs/0.12/>. [Acesso em 30 de dezembro de 2017].
- Salesforce, C. (2017). Heroku Dev Center. <https://devcenter.heroku.com/>. [Acesso em 14 de novembro de 2017].
- Sugathan, A., Roy, G. G., Kirthivijay, G., and Thomson, J. (2013). Application of arduino based platform for wearable health monitoring system. In *Condition Assessment Techniques in Electrical Systems (CATCON), 2013 IEEE 1st International Conference on*, pages 1–5. IEEE.
- Viega, S. (2017). Lista de batimentos cardíacos normais por idade. <https://saude.umcomo.com.br/artigo/lista-de-batimentos-cardiacos-normais-por-idade-28323.html>. [Acesso em 05 de fevereiro de 2018].
- Vinícius, M. (2017). Temperatura corporal. <http://www.enfermagemesquemematizada.com.br/temperatura-corporal/>. [Acesso em 12 de fevereiro de 2018].