

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

KÁLVIN ANTUNES DE ALMEIDA

INTERNET DAS COISAS E A ÁREA DA SAÚDE:
UMA APLICAÇÃO DE MONITORAMENTO DOS SINAIS VITAIS DO PACIENTE

SÃO LEOPOLDO
2018

Kálvin Antunes de Almeida

INTERNET DAS COISAS E A ÁREA DA SAÚDE:
Uma Aplicação de Monitoramento dos Sinais Vitais do Paciente

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Sistemas de Informação, pelo Curso de
Sistemas de Informação da Universidade
do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. MSc. Alex Roehrs

São Leopoldo
2018

INTERNET DAS COISAS E A ÁREA DA SAÚDE: Uma Aplicação de Monitoramento dos Sinais Vitais do Paciente

Kálvin Antunes de Almeida *

Alex Roehrs **

RESUMO: Uma revolução tecnológica tem ocorrido nos últimos anos, no qual objetos inteligentes com capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação vêm surgindo. Com isso, a Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) vem sendo utilizada de forma abrangente, sendo possível produzir diversas soluções para um amplo domínio de aplicações dentro das mais diferentes áreas. Nesse sentido, podemos destacar a área da saúde, que possui diversos tipos de aplicações que podem ser exploradas. **PROBLEMA:** A IoT na área da saúde ainda é pouco explorada. Com isso, diversas situações-problema enfrentadas pelos profissionais da área, que poderiam ser resolvidas com essa tecnologia, continuam ocorrendo. Como foco deste trabalho, temos o problema da falta de monitoramento remoto de pacientes para verificar o seu estado de saúde a partir de qualquer local. **SOLUÇÃO:** Apresentar um estudo sobre a aplicação da IoT na área da saúde e propor um protótipo portátil para a coleta de dados sobre a frequência cardíaca de um paciente através do micro controlador Arduino e de sensores específicos. **METODOLOGIA:** Este trabalho foi dividido em duas partes. A primeira parte consistiu em realizar um estudo sobre IoT na área da saúde, mostrando a suas principais características. A segunda, em elaborar um estudo e avaliar o desenvolvimento de um protótipo portátil para a coleta da frequência cardíaca, um dos sinais vitais do corpo humano, calculando a sua acurácia em comparação a um equipamento profissional. **RESULTADOS:** Através das análises efetuadas, foi constatado que o protótipo atingiu uma acurácia de aproximadamente 98,6% na coleta dos batimentos cardíacos em comparação com um equipamento profissional. Foi constatado que o protótipo pode ser construído com dispositivos de baixo custo e implementado através de aplicativos e linguagens de programação de código aberto. **CONCLUSÃO:** Através do estudo e da construção do protótipo, juntamente com a análise dos dados coletados por este, foi concluído que é viável, utilizando tecnologias de baixo custo, construir um protótipo capaz de coletar sinais vitais de forma consistente. Além disso, como os resultados analisados atingiram os objetivos, foram analisadas melhorias como trabalhos futuros nas questões de *hardware*, interações entre dispositivos e segurança.

Palavras-chave: Internet das Coisas. IoT. Saúde. Sensores. Batimentos Cardíacos.

* Kálvin Antunes de Almeida, Graduado em Redes de Computadores, FTEC, Graduando em Sistemas de Informação, UNISINOS. E-mail: kalvin.antunes@gmail.com

** Prof. Msc. Alex Roehrs, Mestre em Computação Aplicada em atuação na área de Análise e Desenvolvimento de Aplicações para Dispositivos Móveis. E-mail: alexr@unisinos.br

1 INTRODUÇÃO

A adoção do conceito e das tecnologias de Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) vem crescendo nos últimos anos. Isso se deve aos avanços tecnológicos somados a novas necessidades cotidianas de organizações e pessoas. Conforme HASSANALIERAGH (2015), dentre as infinitas áreas de atuação, os cuidados médicos e os cuidados com a saúde são uma das mais atraentes e promissoras áreas para o emprego dessas tecnologias. Nesse sentido, a área de IoT tem o potencial de dar origem a muitas aplicações médicas (INTEL SECURITY, 2015). É uma das tecnologias que mais vem sendo estudada na área da saúde é a utilização de sensores para a coleta de dados do corpo humano e das atividades diárias e rotineiras desempenhadas pelos pacientes (ISLAM e KWAK, 2015).

1.1 Definição do Tema e Problema

Segundo a consultoria GARTNER (2014), a IoT demorará em torno de 5 a 10 anos para ser efetivamente utilizada no mercado e na sociedade. Nos últimos anos, podemos verificar na prática essa evolução. Um estudo realizado pela redação da revista especializada CIO (2016) revelou que o mercado brasileiro adota muito pouco IoT, sendo que a maioria dos entrevistados apenas discutem sobre o assunto - por falta de conhecimento sobre - ou preveem uma utilização apenas no futuro. Contudo, existe uma grande perspectiva de crescimento nas áreas de manufatura em geral, mobilidade urbana e saúde por causa da grande gama de possibilidade que essas áreas oferecem.

Dessa forma, como situação-problema deste estudo, temos a falta de pesquisas e de aplicações da IoT na área da saúde. Nessa área, um dos principais problemas enfrentados pelos profissionais da área é a falta de monitoramento de pacientes de forma remota, o que facilitaria a verificação do estado de saúde destes, em tempo real e a partir de qualquer local.

1.2 Delimitações do Trabalho

Para a resolução do problema apresentado, este trabalho propõe duas soluções: (a) uma pesquisa sobre IoT aplicada à área da saúde; e (b) um estudo para

a criação de um protótipo capaz de coletar e armazenar os registros de batimentos cardíacos de pacientes de forma efetiva. Além disso, o protótipo deve ser capaz de transformar esses dados em informações concretas e mais precisas, utilizando protocolos de código aberto.

1.3 Questões de Pesquisa

Diante da situação-problema proposta, busca-se responder duas questões de pesquisa, que fundamentam a base para a aplicação deste trabalho. A primeira constitui-se pela seguinte questão: *“Seria possível criar um protótipo, utilizando tecnologias IoT simples e de fácil implementação, capaz de coletar dados os batimentos cardíacos de pacientes?”* E a segunda por: *“Se a resposta anterior for verdadeira, quais seriam a acurácia e a precisão dos resultados obtidos pelo protótipo em comparação a um equipamento profissional para coleta de batimentos cardíacos?”*.

1.4 Justificativa

Aos poucos, a utilização da IoT vem sendo utilizada nas mais diversas áreas, seja ela empregada em projetos simples ou complexos. A consultoria GARTNER (2017) efetuou uma pesquisa que mostra a quantidade de objetos conectados à internet, conforme Tabela 1 e o valor que são investidos em IoT, conforme Tabela 2.

Tabela 1 - Unidades de IoT em uso por categoria

Unidades de IoT em uso por categoria (em milhões)				
Categoria	2016	2017	2018	2020
Consumo	3.963,0	5.244,3	7.036,3	12.863,0
Negócios Diversos	1.102,1	1.501,0	2.132,6	4.381,4
Negócios Específicos	1.316,6	1.635,4	2.027,7	3.171,0
TOTAL	6.381,8	8.380,6	11.196,6	20.415,4

Fonte: Traduzido de GARTNER, 2017

Como podemos verificar na Tabela 1, temos cerca de 8,3 bilhões de unidades conectadas na internet e estima-se que em 2020 essa quantidade ultrapasse 20,4 milhões. Somado a isso, na Tabela 2, verifica-se que foram investidos em IoT cerca

de 1,6 trilhões de dólares e estima-se que em 2020 esse valor chegue próximo à 3 trilhões de dólares.

Tabela 2 - Gastos com IoT por categoria

Gastos com IoT por categoria (em bilhões de dólares)				
Categoria	2016	2017	2018	2020
Consumo	532.515	725.696	985.348	1.494.466
Negócios Diversos	212.069	280.059	372.989	567.659
Negócios Específicos	634.921	683.817	736.543	863.662
TOTAL	1.379.505	1.689.572	2.094.881	2.925.787

Fonte: Traduzido de GARTNER, 2017

Portanto, a justificativa para a realização deste trabalho concentra-se em exibir o funcionamento e as possibilidades de utilização de IoT dentro da área da saúde, através de estudos e análises teóricas. Além disso, propõe-se o desenvolvimento de um protótipo para coleta de batimentos cardíacos dos pacientes com a tecnologia IoT, com dispositivos de baixo custo e de implementação simples, para verificar a viabilidade em coletar informações relevantes e concretas com a utilização desta tecnologia emergente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceito de Internet das Coisas e a Área da Saúde

O conceito do termo “Internet das Coisas” refere-se à capacidade dos objetos do dia-a-dia em se conectar à Internet e enviar e receber dados. (DELGADO, 2015). Com o passar dos anos e com a evolução da tecnologia, o conceito do termo IoT foi mudando. Segundo a *IEEE* (2017), citado por GENG (2017, tradução nossa):

“A Internet das Coisas é um sistema que consiste em redes de sensores, atuadores e objetos inteligentes cujo objetivo é interconectar todas as coisas, incluindo objetos cotidianos e industriais, de forma a torná-los inteligentes, programáveis e mais capazes de interagir com humanos e uns com os outros”.

ISLAM E KWAK (2015) explicam que o IoT possui uma diversa variedade de domínios de aplicação que podem ser explorados, sendo que os cuidados médicos e com a saúde representam uma das áreas de aplicação mais atraentes para o IoT. Chamados de Internet das Coisas para Cuidados com a Saúde (do inglês *IoT Healthcare* ou *Health-IoT*), essas aplicações possuem potencial para agregar diversos resultados positivos no âmbito da área da saúde. Segundo DELGADO (2015), do ponto de vista dos profissionais de saúde, essas aplicações tem o potencial de reduzir o tempo na coleta e análise de dados através dos dispositivos remotos. Do ponto de vista dos pacientes, é um facilitador na hora de coletar e distribuir os dados para médicos, parentes e cuidadores. Conforme HASSANALIERAGH (2015, tradução nossa):

“Sensores em rede, usados no corpo ou embutido em nossos ambientes de vida, possibilitam a recolha de informações ricas da nossa saúde. Capturado de forma contínua, agregado e efetivamente extraído, tal informação pode trazer um resultado positivo e mudanças transformadoras na paisagem de cuidados de saúde”.

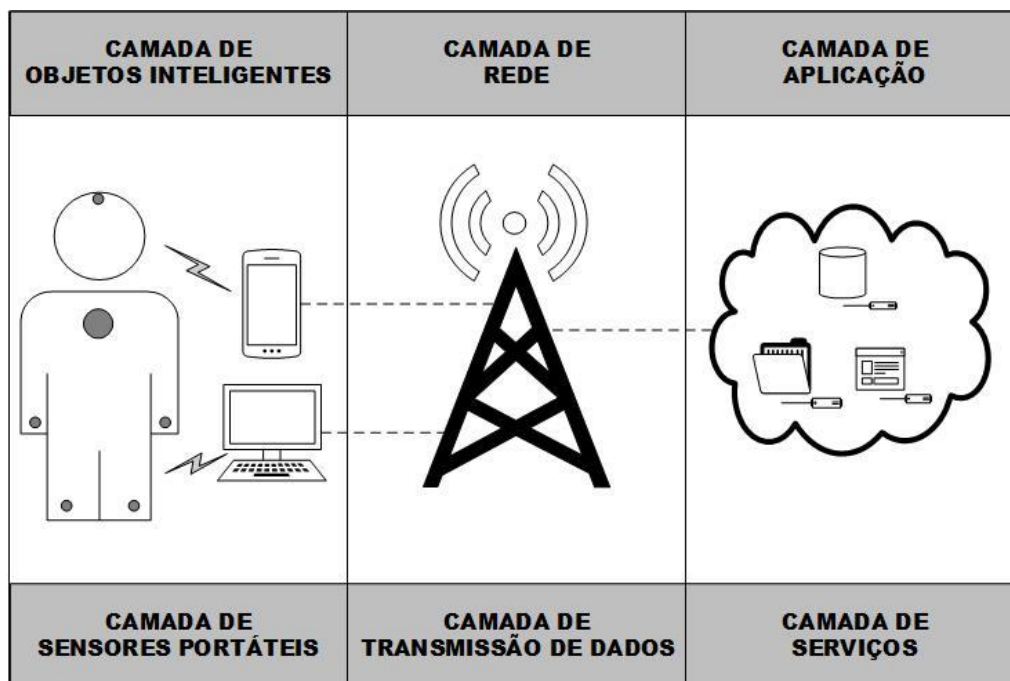
2.2 Arquitetura IoT

Segundo HASSANALIERAGH (2015), em sua maioria, a arquitetura IoT para a área da saúde é baseada em uma arquitetura de três níveis: (1) sensores portáteis ou de ambiente para aquisição de dados, (2) transmissão de dados e, por fim, de (3) serviços. Podemos visualizar os níveis na Figura 1.

- 1) **Aquisição de Dados:** é realizada por vários sensores portáteis capazes de medir vários parâmetros fisiológicos.
- 2) **Transmissão de Dados:** os concentradores são responsáveis pela transmissão dos dados adquiridos do paciente e a partir da casa do paciente (ou qualquer local remoto) para um servidor com a segurança assegurada.
- 3) **Serviços:** são divididos em três componentes distintos. São eles:
 - i. Armazenamento: os dados coletados e transmitidos pelo concentrador são transferidos para servidores e *data centers*.

- ii. Análise: através de programas específicos, os dados armazenados são processados e analisados, gerando informações relevantes.
- iii. Visualização: uma vez analisados, as informações são organizadas e apresentadas para os profissionais da saúde de forma clara, simples e intuitiva para a fácil compreensão dessas.

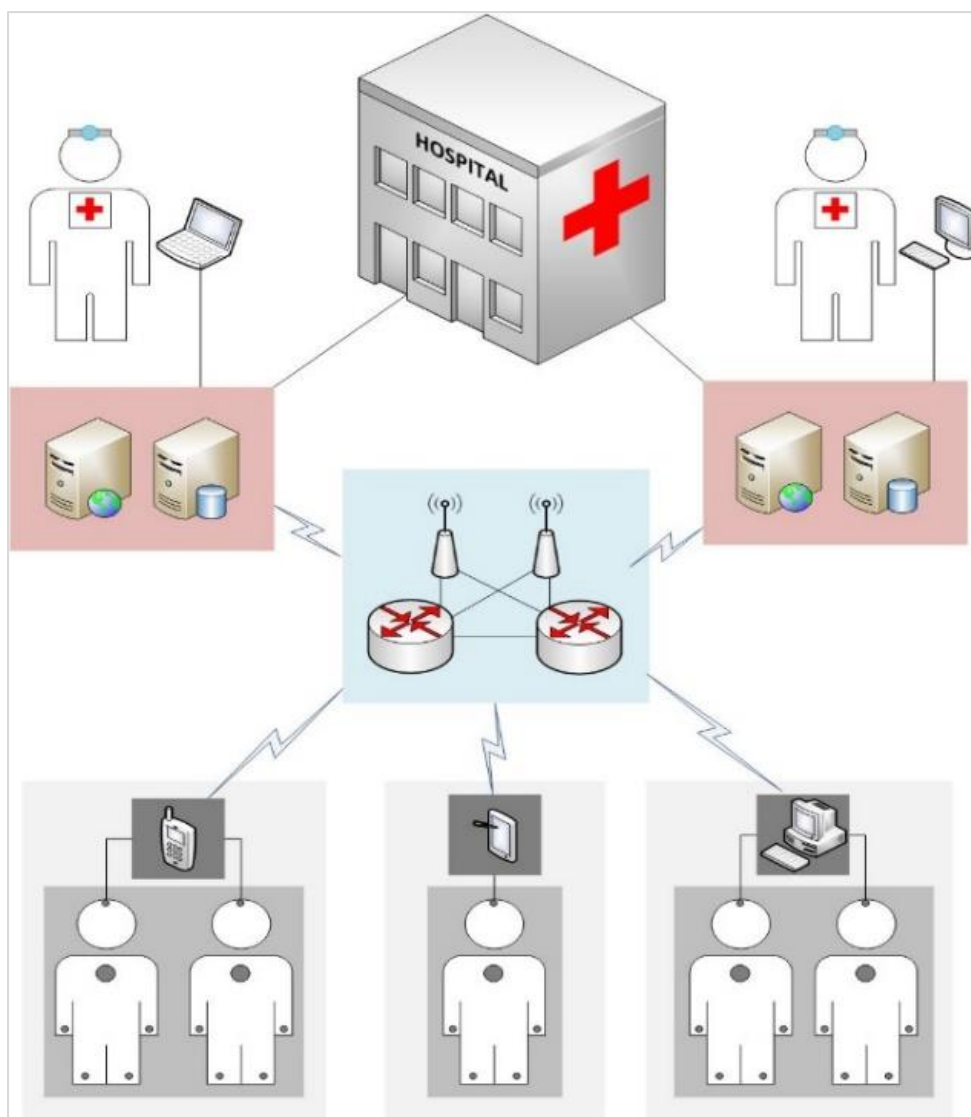
Figura 1 - Arquitetura *IoT-Health*



Fonte: Adaptado de ISLAM E KWAK, 2015

2.3 Plataforma e Topologia IoT

A Plataforma se refere ao modelo de implantação, desenvolvimento e gerenciamento da rede, serviços e dispositivos. As mais utilizadas, atualmente, são as plataformas baseadas na nuvem (*cloud computing*). Já a Topologia se refere ao conjunto de diferentes elementos de uma rede *Health-IoT*. Conforme a Figura 2, é possível visualizar um cenário em que os sinais vitais de um paciente são capturados usando dispositivos médicos portáteis e sensores conectados ao seu corpo. Após isso, os dados são captados pelos concentradores e enviados para os dispositivos de redes, que enviam esses dados para os servidores dedicados das aplicações. Nestes servidores, os dados são armazenados e analisados para que, por fim, sejam apresentados para os profissionais da saúde.

Figura 2 - Topologia *IoT-Health*

Fonte: Adaptado de ISLAM E KWAK, 2015

2.4 Sinais Vitais

São definidos como sinais vitais os indicadores do estado de saúde do corpo humano, sendo eles os batimentos cardíacos, respiração, pressão arterial e temperatura corporal. Eles recebem esse nome pela sua importância em regular os órgãos vitais. (MURTA e RUSSI, 2006). Segundo POTTER E PERRY (2013), os sinais vitais servem como indicadores da eficiência das funções circulatórias, respiratórias, neurais e endócrinas do corpo humano, em que a variação dos seus valores pode indicar diversos problemas no corpo humano. Os sinais vitais do ser humano são:

1. **Batimentos Cardíacos:** chamada também de pulsação ou frequência cardíaca, esse sinal vital é a elevação palpável do fluxo sanguíneo que pode ser percebida em artérias capazes de transmitir pulsos para a superfície da pele. (NISHIDA, 2016). A frequência cardíaca é considerada normal entre 50 e 100 batimentos por segundo para um adulto num estado de repouso, podendo variar conforme a faixa etária. (TIMBY, 2002).
2. **Respiração:** ocorre quando o oxigênio inspirado entra no sangue e o dióxido de carbono (CO₂) é expelido em frequência regular. É nesse processo que o sangue venoso se transforma em sangue arterial. A frequência respiratória em geral é mensurada através da observação da expansão torácica contando o número de inspirações por um minuto. (SILVA, 2013).
3. **Pressão Arterial:** é a pressão do fluxo sanguíneo dentro das artérias em dois momentos distintos: no primeiro é medido quando o coração está contraído em que se obtém a pressão máxima designada sistólica e o segundo é quando o coração está relaxado, no qual se obtém a aferição da pressão mínima, chamada diastólica. (VAUGHANS, 2012).
4. **Temperatura Corporal:** esse sinal vital é obtido através do equilíbrio entre a produção de calor, gerada pela combustão alimentar, fígado e músculos, e a perda calórica. “Apesar do corpo humano se adaptar em ambientes com grandes oscilações de temperatura, ele não suporta grandes variações em sua temperatura interna”. (NISHIDA, 2016).

3 METODOLOGIA

O principal tipo de pesquisa do presente trabalho é classificado como exploratório. Segundo GIL (2008, p. 46) esse método “têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideais, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.”. Contudo, também foi empregado o tipo de pesquisa aplicada, já que que o método de prototipação foi utilizado como forma de colocar o estudo efetuado na prática. Segundo GIL (2008), esse tipo de pesquisa tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, visando a solução dos problemas relatados.

Já o método de pesquisa deste trabalho é o de pesquisa bibliográfica e documental. Conforme LAKATOS E MARCONI (2010, p. 57), “a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras”. A pesquisa documental, segundo GIL (2008), assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica, porém possui a diferença desta utilizar materiais que ainda não receberam um tratamento analítico ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.

3.1 Desenvolvimento da Pesquisa

Para contextualizar este trabalho no mundo acadêmico, esta pesquisa foi dividida em sete partes interligadas, porém executadas de forma distinta. São elas:

1. **Planejar a forma de construção do trabalho:** nesta etapa ocorreu a definição do tema principal, de toda a estrutura do trabalho, os assuntos que serão abordados, a apresentação desses e qual seriam a aplicação prática a ser desenvolvida e a maneira que isto será concretizada.
2. **Desenvolver a parte teórica do estudo:** para realizar desta etapa, foram buscados diversos autores que abordaram os assuntos definidos anteriormente.
3. **Planejamento e construção do protótipo:** para a implementação do protótipo, foram estudadas diversas bibliografias que tratam especificamente sobre o assunto. Fontes alternativas como blogs e vídeos auxiliaram em dúvidas práticas sobre como desenvolver o protótipo e como coletar e tratar os dados provenientes deste.
4. **Coletar os dados e avaliar os resultados:** após a construção do protótipo, foram efetuados os testes com 20 pacientes, no qual foram coletadas e validadas as informações. Após, foi feita uma avaliação dessas informações, comparativos entre os pacientes e, por fim, uma comparação com um equipamento profissional de coleta de batimentos cardíacos para validar a acurácia e a precisão do protótipo.

5. **Realizar a comparação com os trabalhos relacionados:** para os trabalhos relacionados, foram buscados três trabalhos que possuem uma correlação com o objeto de pesquisa do presente artigo. Foi realizada uma comparação entre esses e o protótipo proposto no presente trabalho.
6. **Efetuar os ajustes finais:** na etapa final, foi efetuado ajustes de formatação de texto, imagens e tabelas, escrita da conclusão e do referencial teórico, além da revisão geral de todo o texto escrito no trabalho.

3.2 Técnicas de Coleta e Análise de Dados

A técnica de coleta de dados utilizada neste trabalho é a análise de documentos e questionário. Segundo LAKATOS E MARCONI (2010), a principal característica da análise de documentos é que a fonte de coleta de dados refere-se a documentos escritos ou não e que podem ser recolhidos no momento em que o fato ou fenômeno ocorre ou depois. Já o questionário, conforme GIL (2008, p. 159), é uma “técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre elas”, podendo ser aplicado por escrito ou de forma oral. Neste trabalho, foi aplicado o questionário de forma oral, sendo questões apenas sobre fatos (sexo e idade) e sobre atitudes e comportamentos (fumante, possui alguma doença cardíaca e quantidade de atividades físicas semanais). Além delas, foi aplicado o cálculo para encontrar a acurácia (2) do protótipo. Segundo MIKHAIL E ACKERMANN (1976), a acurácia (A) é calculada pela divisão do valor verdadeiro (X) pelo valor estatístico final (Y). O valor estatístico final (1) é encontrado diminuindo o valor verdadeiro pelo módulo da subtração do valor verdadeiro com o valor estatístico (Z). Podemos verificar esta fórmula matemática a seguir. Um exemplo desse cálculo e os resultados obtidos através dele são encontrados no Capítulo Avaliação e Resultados.

$$Y = X - |(X - Z)| \tag{1}$$

$$A = X / Y \tag{2}$$

Quanto a análise de dados, é usada a técnica de análise de dados qualitativos. Conforme YIN (2006), citado por GIL (2008), essa técnica consiste basicamente em três fases: redução de dados, apresentação dos dados e conclusões. Dentro da técnica de análise de dados qualitativos, foram utilizadas outras duas técnicas: análise documental e análise de conteúdo. A primeira, segundo BARDIN (1995), consiste em uma operação ou um conjunto dessas visando representar o conteúdo coletado sob uma forma diferente do original, a fim de facilitar a sua consulta e referência. Já a segunda técnica “busca a geração de indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) das mensagens.” (BARDIN, 1995, p. 42).

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Esta seção apresenta três trabalhos relacionados que atuam em cenários semelhantes do tema proposto. Esses artigos apresentam uma solução prática, utilizando sensores para a captura de sinais vitais do corpo humano, sendo que cada um deles detém de suas peculiaridades.

4.1 Monitoramento da Saúde Humana através de Sensores

Conforme SILVA (2016), este trabalho explora as incertezas de dados coletados através de sensores no monitoramento da saúde humana através de um processo denominado PRANINC (processo para análise de incertezas contextuais), baseado na Teoria da Evidência e no Modelo de Fatores de Certeza. Em sua fundamentação, é proposta três classes de incerteza: proveniente da tecnologia utilizada para a comunicação dos sensores, proveniente dos próprios sensores e associadas a interferências mútuas. Na prática, foram utilizados dois sensores para coleta de sinais vitais: glicômetro (medidor de glicose) e sensor de pressão arterial. Além deles, foram utilizados um sensor de movimento e um sensor de temperatura ambiente. O experimento em si não possuía um centralizador, nos quais todos os dados eram transferidos diretamente para o servidor. Esses dados eram salvos em arquivos separados por delimitadores (.csv), ou seja, tabelas contendo dados e

também em formatos dos próprios sensores utilizados. As imagens de parte da aplicação podem ser visualizadas no ANEXO A.

Foi feita uma coleta de dados em quatro situações diferentes com cinco pacientes. A primeira situação era observar os dados coletados, ignorando qualquer cálculo de incerteza. A segunda consiste em observar esses dados e interligá-los, buscando uma possível interação de variáveis. No terceiro e no quarto experimentos foram questionados algumas incertezas, aplicando os cálculos de incerteza e analisado os resultados finais. Uma vez que cada sensor produz seus próprios dados, foram analisadas as fontes de incertezas para cada um deles. Por fim, os resultados finais foram analisados pela autora e também por um profissional da saúde, comprovando que os dados se tornam inconsistentes sem a utilização de um método para calcular as incertezas.

4.2 Sistema para Monitoramento Remoto dos Sinais Vitais

Segundo TODESCO (2016), este trabalho trata-se de um projeto de implantação de um sistema para monitoramento de sinais vitais em um bebê, abordando as principais ferramentas e métodos utilizados. O sistema é composto por um sensor de temperatura e um sensor de batimentos cardíacos, que são conectados no micro controlador *ARM Cortex M3*, responsável por enviar estes dados através da rede *Wi-Fi* para um servidor. Depois de analisados no servidor, esses dados são reenviados novamente através da rede *Wi-Fi* para um aplicativo *Android* e apresentados para o usuário. O protótipo é constituído de uma faixa abdominal contendo os sensores mencionados anteriormente, o micro controlador, uma bateria e um módulo para conexão *Wireless Wi-Fi 802.11*.

Foi utilizado um servidor gratuito para a realização dos testes, o *Ubidots*, que oferece um serviço de armazenamento e controle de dados enviados por dispositivos IoT. Para a criação do aplicativo, foi utilizada a linguagem de programação Java específica para a aplicação *Android*. Já para a configuração do servidor, foi utilizada a linguagem do próprio micro controlador para o desenvolvimento das funções. Por fim, foi empregada a linguagem XML para a organização de dados coletados para o envio através da rede *Wi-Fi*. Na implementação, foi apresentado os códigos utilizados no micro controlador para a coleta de dados. A disposição da faixa abdominal pode ser visualizada no ANEXO B.

Os testes não foram realizados em bebês por causa de fatores burocráticos, mas foram realizados utilizando o próprio autor como paciente. Em suas análises finais, constatou que os dados coletados possuíam uma diferença insignificante dos dados coletados através de dispositivos profissionais, comprovando a eficiência do protótipo implementado. Também foi provada a eficiência no envio, armazenamento e apresentação dos dados coletados pelo servidor *Ubidots* e pelo aplicativo *Android* desenvolvido.

4.3 Desenvolvimento e Validação de um Protótipo para a Coleta de Sinais Vitais

Conforme ARANDA (2017), este artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo para o monitoramento de sinais vitais, no qual foi utilizado o micro controlador Arduino para executar as aplicações de monitoramento através dos sensores. Foram utilizados sensores de pressão arterial, temperatura corporal e de frequência cardíaca. As comunicações realizadas no protótipo são feitas através do módulo *Wi-Fi*. A imagem da aplicação pode ser visualizada no ANEXO C.

Os dados coletados eram armazenados no repositório de dados online *ThingSpeak* para poderem ser acessados pelo aplicativo *Android* desenvolvido pelo autor. Esse aplicativo mostra os dados coletados do atleta através de dados numéricos e gráficos. Esse protótipo foi testado com seus atletas de vôlei em duas situações: um pré-treino e outra pós-treino. Nas duas situações, foram coletados os dados, analisados e apresentados posteriormente para os treinadores destes atletas. Feito isso, foi realizado um questionário sobre os dados apresentados e realizada uma validação por parte dos treinadores sobre o protótipo, que consideraram o protótipo eficiente para ajudar em melhorias no rendimento do treino dos atletas.

5 PROJETO DE APLICAÇÃO

Esta seção apresenta as etapas do desenvolvimento do protótipo proposto no trabalho. São explicadas as ideias iniciais do trabalho, as tecnologias e dispositivos empregados, as arquiteturas adotadas, a forma de construção do protótipo e programação dos códigos necessários.

5.1 Definição do Projeto

O protótipo proposto tem por objetivo a leitura da frequência cardíaca de um paciente para a realização do monitoramento remoto. O protótipo é portátil, possuindo uma fonte de energia proveniente de uma bateria e executando a transmissão dos dados coletados através da tecnologia de comunicação *Bluetooth*. Por meio deste, será possível enviar dados para um *smartphone*, no qual deverá possuir o aplicativo desenvolvido instalado. Além disso, todos os dados coletados pelos sensores são enviados do *smartphone* para um servidor e salvos em um banco de dados, para se manter o histórico de dados do paciente.

5.2 Lista de Requisitos

Conforme SOMMERVILLE (2011), os requisitos de um sistema definem o que o sistema deve fazer, os serviços que ele oferece e suas restrições a seu funcionamento. Os requisitos funcionais declaram o que o sistema deve fornecer, como ele deve reagir a entradas específicas e de como o sistema deve se comportar em determinadas situações. Já os requisitos não funcionais são restrições aos serviços ou funções oferecidas pelo sistema, nos quais se aplicam ao sistema como um todo. A Tabela 3 apresenta os requisitos funcionais e a Tabela 4 contém os requisitos não funcionais.

Tabela 3 - Requisitos Funcionais

Requisitos Funcionais	Descrição
RF01 - Conectar Bluetooth	Ativar a conexão <i>bluetooth</i> do dispositivo, caso essa ainda não esteja ativa
RF02 - Conectar com o Protótipo	Apresentar a opção de conectar no protótipo
RF03 - Iniciar coleta, apresentação e transmissão	Inicia a coleta dos batimentos cardíacos, o apresenta na tela para o usuário e o envia estes dados para o servidor
RF04 - Mostrar informações extras	Exibir as informações secundárias processadas no servidor

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Tabela 4 - Requisitos Não Funcionais

Requisitos Não Funcionais	Descrição
RNF01 - Comunicação <i>Bluetooth</i>	A conexão entre o protótipo e o dispositivo centralizador se fará por <i>Bluetooth</i>
RNF02 - Compatibilidade com o Sistema Operacional	O sistema deve ser compatível com o <i>Android</i> 6.0 ou superior
RNF03 - Banco de Dados	O sistema utilizará o banco de dados MySQL
RNF04 - Comunicação <i>web</i>	A comunicação entre o dispositivo e o servidor se fará via PHP
RNF05 - Servidor <i>web</i>	O servidor <i>web</i> utilizado será o APACHE

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

5.3 Tecnologias Utilizadas

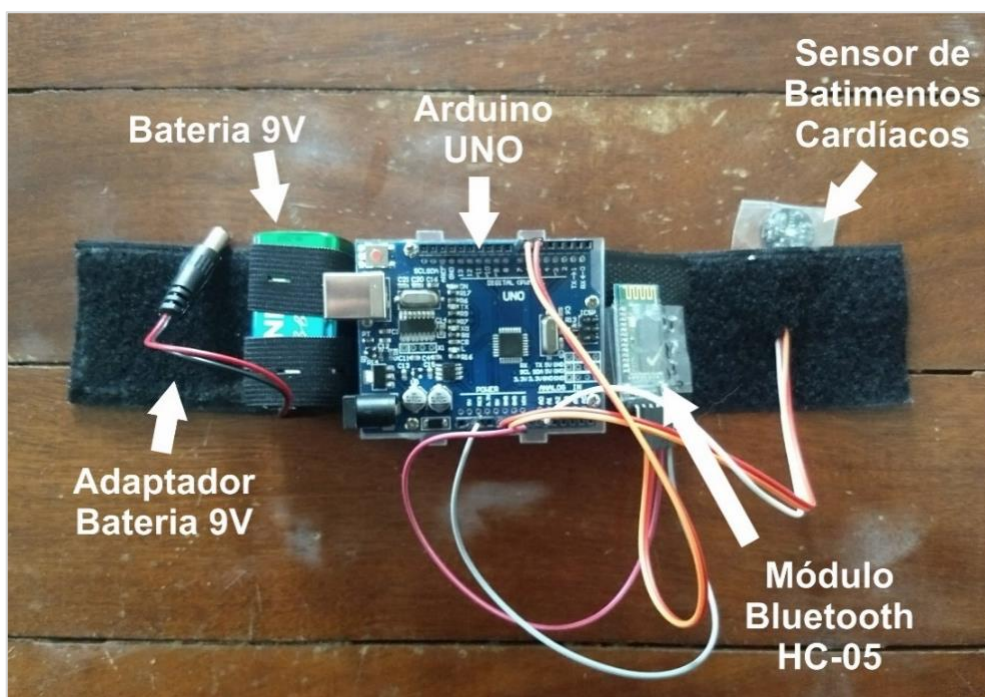
Nesta seção são abordados todos os dispositivos empregados para a implementação do protótipo, seguido de uma breve descrição de cada um.

1. **Arduino UNO:** é uma placa de micro controladora que contém diversos terminais que permitem a conexão com diversos dispositivos externos.
2. **Sensor de Frequência Cardíaca:** este módulo contém um sensor óptico e um amplificador que realizam a leitura de forma analógica dos BPM (Batimentos Por Minuto), enviando o sinal coletado por um único pino conectado à uma porta analógica.
3. **Módulo Bluetooth HC-05:** esse módulo oferece uma forma fácil e barata de comunicação com o Arduino, suportando tanto o modo “mestre” como “escravo”. Além de fácil configuração, possui também um regulador de tensão (3.3 a 5v) e um LED que indica se o módulo está pareado com outro dispositivo. Possui alcance de até 10m.
4. **Outros dispositivos:** Por fim, os “dispositivos secundários” são uma bateria de 9V para alimentar o Arduino e um adaptador entre essa bateria e a conexão de energia do Arduino.

5.4 Disposição do Protótipo

O protótipo consiste em uma pulseira de velcro, no qual são acoplados o micro controlador Arduino, a bateria 9V e o módulo Bluetooth HC-05 na parte superior e o sensor de batimentos cardíacos na parte inferior (realizando o contato direto com o paciente). Todos os componentes utilizados estão fixados através do velcro, podendo eles serem desacoplados se necessário. Isso torna o protótipo “vestível” (do inglês *wearable*) e móvel. Podemos verificar a disposição da pulseira na Figura 3 e ela sendo utilizado por um paciente no APÊNDICE A.

Figura 3 - Disposição da Pulseira (Protótipo)



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

5.5 Arquitetura do Projeto

A arquitetura do projeto é dividida em três partes: (1) a primeira é a pulseira protótipo, responsável por coletar os batimentos cardíacos através do sensor de forma analógica, transformá-los em dados digitais (valores numéricos) e enviá-los pelo módulo Bluetooth para o dispositivo centralizador. A (2) segunda parte é o dispositivo centralizador (neste caso, um *smartphone* com o sistema operacional *Android*) que

deve conter o aplicativo chamado *KLV Vital Signs* instalado. Esse aplicativo é responsável por receber os dados do protótipo, apresentá-los na tela para o usuário e enviá-los para um servidor através da internet (seja por *Wi-Fi* ou por 4G). Por fim, a (3) terceira parte é o servidor contendo o serviço *web* e o banco de dados, sendo aquele responsável por receber as informações do dispositivo centralizador e este por guardar os dados de forma consistente em um banco de dados.

5.6 Desenvolvimento do Projeto

O protótipo propriamente dito foi desenvolvido em C++ (linguagem padrão do Arduino). Neste código, temos dois métodos principais: (a) Interruptor e (b) BPM. O (a) Interruptor é responsável pela leitura efetuada pelo sensor de batimentos cardíacos, levando em consideração as hipóteses necessárias para uma melhor captura dos batimentos, enquanto o método (b) BPM é responsável por transformar os dados analógicos em digitais e realizar filtros e conversões necessárias para que o dado coletado seja o mais preciso possível. Podemos visualizar a concepção do código na Figura 4 - que resume a ideia de como funciona o algoritmo - e analisar o código completo do método BPM no APÊNDICE B.

Figura 4 – Concepção do algoritmo do Método BPM

```

//Sensor e pino disponíveis
int pulsePin = 0;

//BPM disponível
volatile int BPM;

//Sinal captado do sensor
volatile int Signal;

void loop(){
  //Se encontrar um batimento cardíaco condizente
  if (QS == true) {

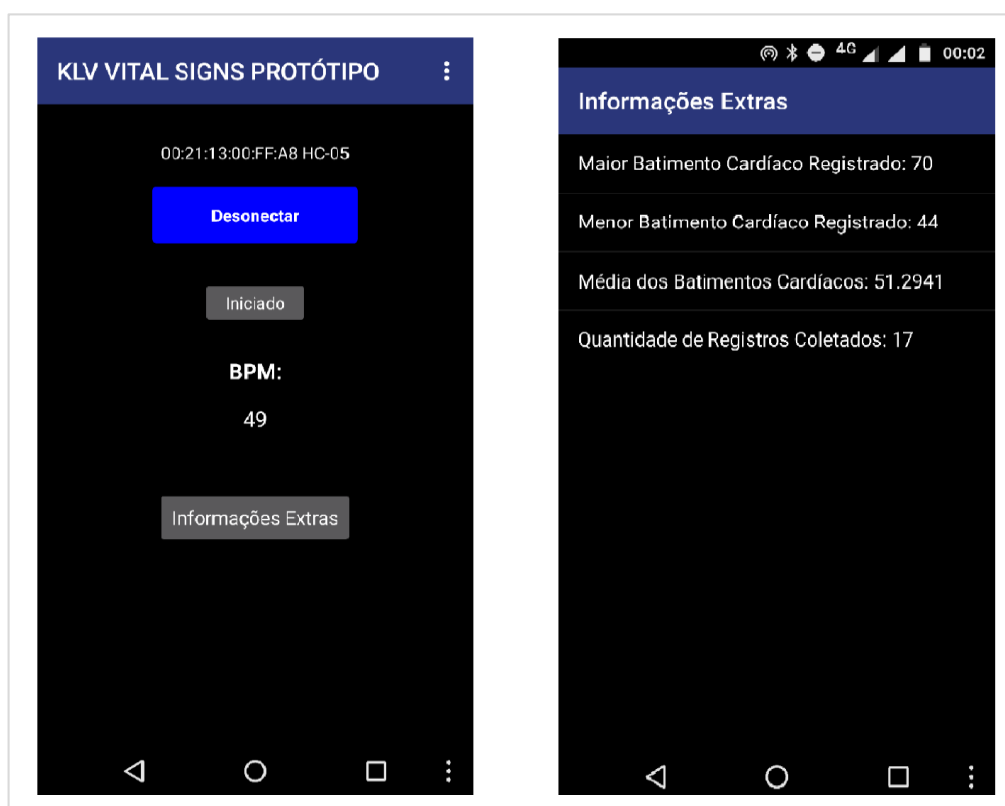
    if (BPM > 30 && BPM < 210)//Se o BPM for entre 30 e 210
    {
      BPM1 = BPM;
      delay(1000);//Aguarda 1000ms
      bluetooth.print(BPM1);//Imprime e envia o valor calculado via Bluetooth
    }
  }
  //Se a diferença for maior que 3 BPM, o valor é ignorado e o processo é iniciado novamente
  QS = false;
}

```

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O aplicativo *KLV Vital Signs* foi desenvolvido em linguagem Java com a função de programação em blocos através do *MIT App Inventor*, uma aplicação de código aberto desenvolvida pela empresa Google. Nele, temos a função *Bluetooth*, contendo os métodos responsáveis por iniciar e parar a conexão do *smartphone* com o protótipo e por receber os dados do módulo HC-05. Há também a função *IniciarBPM*, que apresenta em uma tela simples os dados coletados pelo sensor em tempo real. Nesta função há também um método responsável por enviar, através de um *WebService REST* (desenvolvido na linguagem PHP), os valores coletados para o servidor *web*. Por fim, há a função *InformarBPM* que apresenta na tela algumas informações simples sobre os dados coletados: menor batimento cardíaco, maior batimento cardíaco, média dos batimentos coletados e quantidade de registros coletados. Esses dados também são coletados do banco de dados através de requisições via *WebService*. Podemos visualizar o design do aplicativo na Figura 5. Também podemos visualizar parte do código da aplicação no APÊNDICE C.

Figura 5 - Aplicativo *KLV Vital Signs*

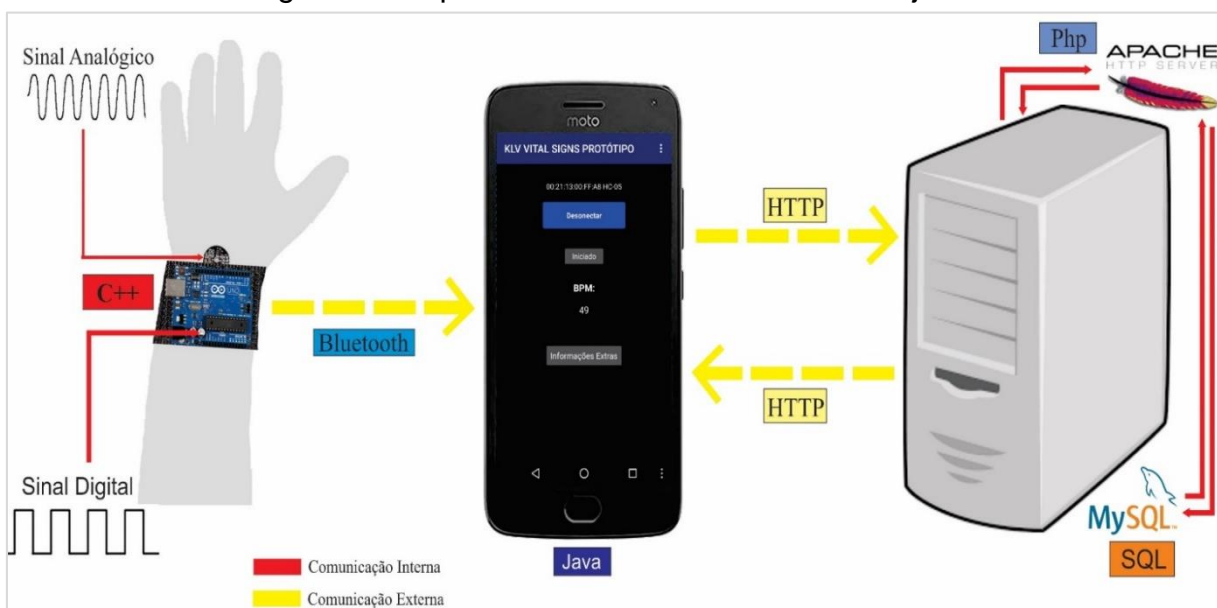


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Para o servidor foi utilizado o programa *open source WAMP Server*, que emula um servidor real em qualquer computador. Neste servidor, foi instalado o *Apache*, servidor *web* de código livre, e nele foram criadas três páginas *web*: *Verifica* (testa a conexão com o banco de dados e cria a estrutura necessária antes da coleta dos dados); *Inserir* (incrementa as tabelas do banco de dados com os dados coletados); e *Informa* (retorna algumas informações simples já armazenadas no banco de dados). Todas as páginas foram desenvolvidas na linguagem *PHP* (linguagem de *script open source*) e são executadas através dos *WebServices REST* implantados no aplicativo.

Também no servidor foi instalado o *MySQL*, um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) de código aberto. Nele, foi criado o banco “teste”. Neste banco, as tabelas são criadas no padrão “bpm_dd_mm_aaaa”, no qual “dd” se refere ao dia, “mm” ao mês e “aaaa” ao ano (EX: bpm_05_10_2018). Ou seja, todos os dados coletados durante o dia “x” ficarão salvos na tabela específica do dia “x”, para melhor controle da coleta de dados. Cada tabela possui um campo “id” (apenas para controle de numeração da coleta dos dados), o campo “bpm” (contém o valor coletado dos batimentos cardíacos daquele momento) e campo “timestamp” (contém o horário exato da coleta do dado). Podemos visualizar na Figura 6 como funciona todas as interações entre o protótipo, o dispositivo centralizador e o servidor.

Figura 6 - Arquitetura e Funcionamento do Projeto



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

6 AVALIAÇÃO E RESULTADOS

Esta seção apresenta a metodologia de coleta de informações dos usuários realizada pelo protótipo *KLV Vital Signs* para, posteriormente, realizar uma análise e discussão dos resultados obtidos, assim como sobre o uso da aplicação mobile e do servidor.

6.1 Aplicação da Metodologia Proposta

Para a avaliação do protótipo, foram convidados 20 usuários para conhecer a solução, no qual possuem uma idade dentre 21 e 57 anos de ambos sexos, além de possuírem rotinas de atividades físicas. Inicialmente, foi feita uma apresentação geral sobre o funcionamento do dispositivo para, logo após, os usuários utilizarem e testarem o protótipo, verificando suas utilidades.

O teste foi efetuado da seguinte forma: o usuário utiliza, simultaneamente o protótipo e o equipamento profissional (*CareTech KD-738* - Monitor de pressão arterial e batimentos cardíacos). Ao mesmo tempo, ambos são iniciados para termos uma coleta em tempo real e síncrona. O equipamento profissional demora em torno de 20 segundos para trazer um resultado preciso, o que pode causar diferenças pelo fato do protótipo monitorar os batimentos cardíacos em tempo real. Dessa forma, foram realizadas três análises pelo equipamento profissional enquanto o protótipo efetuava a sua leitura contínua, nas quais foram capturados o valor de BPM do protótipo e do equipamento profissional cada vez que este retornava um valor. Em nenhuma das leituras ocorreu uma diferença maior que 5 BPM entre o protótipo e o equipamento profissional. Para evitar duplicidades de dados de pacientes, foi coletado apenas um valor para o protótipo e um para o equipamento profissional - uma vez que todos os dados coletados pelo protótipo ficam salvos no banco de dados -. Todas as coletas foram realizadas durante o dia, entre às 9:00-11:30 e 13:00-15:00. Após o teste, os usuários responderam um questionário sobre a coleta de informações complementares para auxílio nas análises. No questionário foi indagado sobre a idade, sexo, quantidade de atividades físicas semanais do usuário, assim como se é fumante ativo e se possui alguma doença cardíaca.

6.2 Análise e Avaliação Geral

A principal análise deste trabalho foi medir a acurácia e a precisão do protótipo em comparação à um equipamento profissional. Conforme MIKHAIL E ACKERMANN (1976), acurácia é o grau de proximidade da estimativa com seu parâmetro ou valor verdadeiro, enquanto precisão é o grau de consistência das medições em relação com a sua média. Além disso, acrescentam que acurácia reflete a proximidade de um valor estatístico ao valor do parâmetro para o qual ela foi estimada, e precisão está diretamente ligada com a dispersão das observações. Exemplificado, conforme o cálculo já apresentado no Capítulo Metodologia, suponhamos que o BPM coletado pelo equipamento profissional seja 45 e do coletado pelo protótipo seja 46, temos: $Acurácia = 45 / [45 + |(45-46)|]$. Como resultado, temos: $= 45 / 46 = 0,9782$. Convertendo para percentual, o exemplo tem acurácia de 97,82%. Realizado este cálculo para todos os valores capturados, foi calculada a média de acurácia para termos o valor final.

Através dos testes realizados e dos dados coletados, foi verificado que a acurácia do protótipo foi de aproximadamente 98,6%, já que a média da diferença entre todas as leituras feitas pelo protótipo e pelo equipamento profissional não excederam 3%, sendo parte delas iguais. Como avaliação geral, o protótipo se mostrou praticamente todo o tempo com leituras consistentes, poucas vezes realizando leituras um pouco fora do padrão. Foi verificado que de aproximadamente 50 leituras sólidas, ocorria 1 leitura com alguma pequena inconsistência. Exemplificado, de 50 leituras do protótipo que ficaram entre 50 e 55 BPM, ocorria uma que ficava em torno de 75 BPM ou 35 BPM. Em relação ao custo do protótipo, foi despendido em torno de R\$ 90,00 para adquirir todos os dispositivos necessários para a sua montagem, enquanto o custo do equipamento profissional é de R\$ 120,00 (média de mercado).

6.3 Discussão sobre os Resultados

Inicialmente, foi verificada a diferença na média de batimentos cardíacos levando em consideração a idade do indivíduo. Conforme a SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (2017), o ritmo cardíaco fica progressivamente mais lento à medida que a idade da pessoa avança. Nos dados coletados, é possível

analisar a diferença entre homens em três diferentes faixas de idades: entre 20 e 30 anos, entre 30 e 40 anos e maior que 40 anos, no qual os batimentos vão se tornando mais lentos a medida que a idade aumenta. Enquanto a média dos homens entre 20 e 30 anos é de 78 BPM aproximadamente, dos homens com idade acima de 40 é de aproximadamente 58 BPM.

Outra análise realizada foi a diferença entre BPM dos homens e das mulheres. Sem levar em consideração a idade e as atividades físicas (uma vez que a média deles praticamente se anulam), foi possível verificar que a média de batimentos cardíacos das mulheres (aprox. 79 BPM) foi maior que a dos homens (aprox. 70 BPM). Nos dados analisados, a diferença foi de aproximadamente 12%. Segundo o INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA (2007), o coração feminino é, em média, 30% menor que o masculino e bate em torno de 10% mais rápido do que o masculino, inclusive durante o sono.

Por fim, foi analisada a diferença de BPM de praticantes e não praticantes de atividades físicas. Pacientes que praticam três ou mais atividades físicas semanais possuem em média 64 BPM, enquanto aqueles que praticam duas ou menos possuem em média 84 BPM, considerando o sexo e a idade dos indivíduos analisados (conforme BPM coletados pelo protótipo). Segundo a *AMERICAN HEART ASSOCIATION* (2018), pessoas que realizam atividades físicas regulares possuem batimentos cardíacos abaixo daqueles que não praticam pois aqueles possuem o músculo do coração mais forte e, conseqüentemente, capaz de bombear mais sangue com menor esforço, resultando na diminuição dos BPM.

Além desses resultados, outros dados puderam ser extraídos. Segundo os dados coletados pelo protótipo, a média de BPM de homens e mulheres, excluindo fumantes e pessoas com problemas cardíacos, foi de aproximadamente 71 BPM. Conforme a *SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA* (2017), o ritmo sinusal (ritmo fisiológico do coração) se caracteriza por uma frequência entre 50 e 100 BPM. Segundo *MASON* (2007), em sua pesquisa realizada com mais de 79 mil pacientes de ambulatório, a frequência cardíaca variou entre 48 e 98 BPM.

Os maiores resultados de BPM registados pelo protótipo foram de 99 (homem) e 100 (mulher) e os menores foram de 44 (homem) e 47 (mulher). Conforme os dados coletados pelo protótipo, pacientes que possuíam algum tipo de doença cardíaca possuem batimentos cardíacos menores em comparação com aqueles que não tem, levando em consideração todos os outros fatores (idade, peso e atividades físicas

semanais). Pacientes que possuíam um peso corporal maior tendem a ter os batimentos mais acelerados comparados com aqueles com peso corporal menor, no qual foi apurado que homens com peso entre 70 e 90 quilos possuíam uma média de 63 BPM enquanto aqueles que possuíam mais de 90 quilos tiveram uma média de 84 BPM. A tabela com todos os dados coletados pode ser visualizada no APÊNDICE D.

6.4 Comparação entre os Modelos

A Tabela 5 exibe um comparativo das principais características entre o protótipo desenvolvido no presente trabalho e os protótipos dos trabalhos relacionados.

Tabela 5 - Comparação entre os Modelos

CARACTERÍSTICAS	TRABALHOS			
	4.1 PRANINC (SILVA, 2016)	4.2 Baby Monitor (TODESCO, 2016)	4.3 Shield E-Health (ARANDA, 2017)	KLV Vital Signs
Forma de Armazenamento	Tabelas Excel (.csv)	Servidor <i>Ubidots</i>	Repositório de Dados <i>Thingpseak</i>	Banco de Dados MySQL
Equipamento Centralizador	Não possui	Microcontrolador <i>Spark Core</i>	Arduino Uno com <i>Shield E-Health</i>	Arduino Uno
Interface Gráfica de Integração com o Usuário	Possui	Possui	Possui	Possui
Aplicação Desenvolvida pelo Autor	Não	Sim	Sim	Sim
Quantidade de Sinais Vitais Monitorados	Dois	Dois	Três	Um
Portátil	Não	Não	Não	Sim
Disponibilidade de Dados em Servidores	Sim	Sim	Sim	Sim
Disponibilidade para Serviços de Internet	Não	Não	Não	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Por mais que o protótipo apresentado neste trabalho somente possua um sinal vital monitorado, ele apresenta dois diferenciais em relação aos trabalhos relacionados: (a) é o único protótipo portátil e (b) o único que possui integração com serviços de internet (uma vez que possui um servidor *web* e serviços *web* para a integração dos dados), características estas significantes quando se trata de IoT. Além disso, seus dados são guardados em um banco de dados *open source*, facilitando o acesso e manipulação dos dados coletados.

7 CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões finais sobre o protótipo desenvolvido e sobre os dados coletados e analisados. Também são descritas melhorias a serem efetuadas como continuidade da proposta, para futuros trabalhos de pesquisa e desenvolvimento.

7.1 Considerações Finais

Este trabalho apresentou um estudo para a implantação de um protótipo através de dispositivos de baixo custo e de implementação simples. Como conclusão, foi possível construir o protótipo com dispositivos de baixo custo usando linguagens de programação e aplicativos auxiliares de código aberto. Ainda, após a análise dos dados obtidos e comparação com um equipamento profissional, o protótipo coletou os batimentos cardíacos dos pacientes com valores próximos comparados ao equipamento profissional (acurácia de 98,6%).

Inicialmente, foi realizada uma introdução sobre o conceito de IoT e realizado um estudo sobre os sinais vitais que o ser humano possui. Após isso, foi apresentada a metodologia empregada em todas as etapas do artigo. Também foram apresentados alguns trabalhos relacionados com este artigo, bem como um comparativo entre os modelos apresentados nestes trabalhos e o protótipo construído. Na fase do projeto de aplicação, foi realizada uma avaliação inicial, que norteou o desenvolvimento deste trabalho e apresentou as tecnologias empregadas, a arquitetura do protótipo e sua implementação propriamente dita. Por fim, na fase de coleta de dados, avaliação e resultados destes, foi apresentada a metodologia de coleta de dados, a análise geral sobre os dados coletados e discussão sobre os resultados obtidos.

Com base nos estudos feitos, no desenvolvimento do protótipo e na coleta e análise de dados realizadas, foi possível concluir que ambas questões de pesquisa iniciais que guiaram todos os estudos deste trabalho foram respondidas positivamente, uma vez que os objetivos traçados foram atingidos. Ou seja, foi possível criar um equipamento para coleta de batimentos cardíacos com dispositivos de fácil implementação e baixo custo, sendo que o protótipo apresentou valores próximos em comparação a um equipamento profissional, no qual não foram realizadas leituras com mais de 2% de diferença. Além disso, a ideia do protótipo foi bem aceita pelos usuários que o testaram tornando a ideia promissora, por mais que melhorias devam ser realizadas e mencionadas a seguir.

7.2 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, alguns pontos foram observados e devem ser melhorados. O primeiro deles é a questão do hardware do equipamento que, por ter sido implementado com dispositivos simples, acabou tornando o protótipo muito grande em proporção de tamanho, dificultando o seu uso de uma forma ininterrupta. Outra questão é uma melhoria na interface e na usabilidade do aplicativo, uma vez que este foi implementado de forma simples apenas para atingir os objetivos do presente trabalho. Por fim, devem ser implementadas formas de conexão seguras, criptografias nas transmissões de dados e políticas de segurança para o banco de dados e para o uso do aplicativo.

Contudo, levando em consideração todos os testes práticos realizados, a principal melhoria seria utilizar um sistema com o sensor de coleta de batimentos cardíacos sem fio, não necessitando do aplicativo como mediador de informações entre o protótipo e o servidor. Com isso, os dados coletados pelo sensor seriam enviados direto para o servidor, tirando a responsabilidade do aplicativo e o deixando livre para outras funcionalidades. Com essa melhoria, seria possível melhorar a qualidade do *hardware* utilizado e otimizar o envio dos dados para o servidor, uma vez que o sistema não dependeria mais do dispositivo centralizador (no caso, um *smartphone* com o aplicativo instalado).

REFERÊNCIAS

AMERICAN HEART ASSOCIATION. **Know Your Target Heart Rates for Exercise and Losing Weight and Health**. 2018. Disponível em:

<<https://www.healthyforgood.heart.org/move-more/articles/target-heart-rates>>

Acesso em 28 abr. 2018.

ARANDA, Jorge Arthur Schneider. **Desenvolvimento e validação de um protótipo para a coleta de sinais vitais**. 9 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Computação Aplicada, FEEVALE, Novo Hamburgo, 2017.

ARDUINO. **Access the Online IDE**. 2017. Disponível em:

<<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>> Acesso em 02 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO/IEC 17799**: Tecnologia da informação - Técnicas de segurança - Código de prática para a gestão da segurança da informação. Rio de Janeiro, 2009.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1995.

CIO. **No Brasil, Internet das Coisas ainda é vista como evolução da automação industrial / Terra Tecnologia**. 02 dez. 2016. Disponível em:

<<http://cio.com.br/tecnologia/2016/12/02/internet-das-coisas-ainda-e-encarada-no-brasil-como-evolucao-da-automacao-industrial/>>. Acesso em 12 out. 2017.

DELGADO, Emanuel. **The Internet of Things Emergence, Perspectives, Privacy and Security Issues**. Nova York, EUA: Nova Science, 2015.

GARTNER. **Hype Cycle for Emerging Technologies Maps the Journey to Digital Business**. 2014. Disponível em: <<https://www.gartner.com/newsroom/id/2819918/>>

Acesso em 20 out. 2017.

GARTNER. **Gartner Aponta Que 8,4 Bilhões De “Coisas” Conectadas Estarão Em Uso Em 2017, Um Aumento De 31% Em Comparação a 2016**. 2017.

Disponível em: <<http://planin.com/gartner-aponta-que-84-bilhoes-de-coisas-conectadas-estarao-em-uso-em-2017-um-aumento-de-31-em-comparacao-a-2016/>> Acesso em 20 out. 2017.

GENG, Hwaiyu. **Internet of Things Handbook**. New Jersey, EUA, 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HASSANALIERAGH, Moeen. **International Conference on Services Computing. Health Monitoring and Management Using Internet-of-Things (IoT) Sensing with Cloud-based Processing: Opportunities and Challenges**. IEEE International Conference, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA. **Coração dos homens e das mulheres apresentam diferenças**. 2017. Disponível em: <<http://www.medplan.com.br/noticias/coracoes-de-homens-e-mulheres-apresentam-diferencas,1829/>> Acesso em 01 mai. 2018

INTEL SECURITY. **A Internet das Coisas na área de saúde: recompensas e riscos**. 2015. Disponível em: <<https://www.mcafee.com/br/about/news/2015/q1/20150315-05.aspx>> Acesso em 20 out. 2017.

ISLAM, Riazul; KWAK, Daehan. **The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey**. IEEE, 2015.

LAKATOS, E. Maria; MARCONI, M. de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica: Técnicas de pesquisa**. 7 ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

MASON, Jay W. **Electrocardiographic reference ranges derived from 79,743 ambulatory subjects**. Electrocardiol, 2007.

MIKHAIL, E.; ACKERMAN, F. **Observations and Least Squares**. University Press of America, 1976.

MURTA, G. F.; RUSSI, J. N. **Procedimentos Básicos de Enfermagem no Cuidar**. São Caetano do Sul: Difusao Editora, 2006.

MYSQL. **Why MySQL?**.2017. Disponível em: <<https://www.mysql.com/why-mysql/>> Acesso em 12 mar. 2018.

NISHIDA, Jonathan Ken. **Processo Interativo Para Aferição De Sinais Vitais De Pacientes: Proposta De Uma Pulseira Multiparamétrica**, PUC-RJ, Rio de Janeiro, 2016.

POTTER, P. A; PERRY, A. G. **Fundamentos de Enfermagem**. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora Mosby, 2013.

SILVA, Kátia C. N. da. **Monitoramento da Saúde Humana Através de Sensores: Análise de Incertezas Contextuais Através da Teoria da Evidência de Dempster-Shafer**. 2013. 141 f. Tese de Conclusão de Curso - Doutora em Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016

SILVA, Vinícius. Sinais Vitais. **A Enfermagem**. 13 out 2013. Disponível em: <<http://aenfermagem.com.br/procedimentos/sinais-vitais/>> Acesso em 12 mar. 2017.

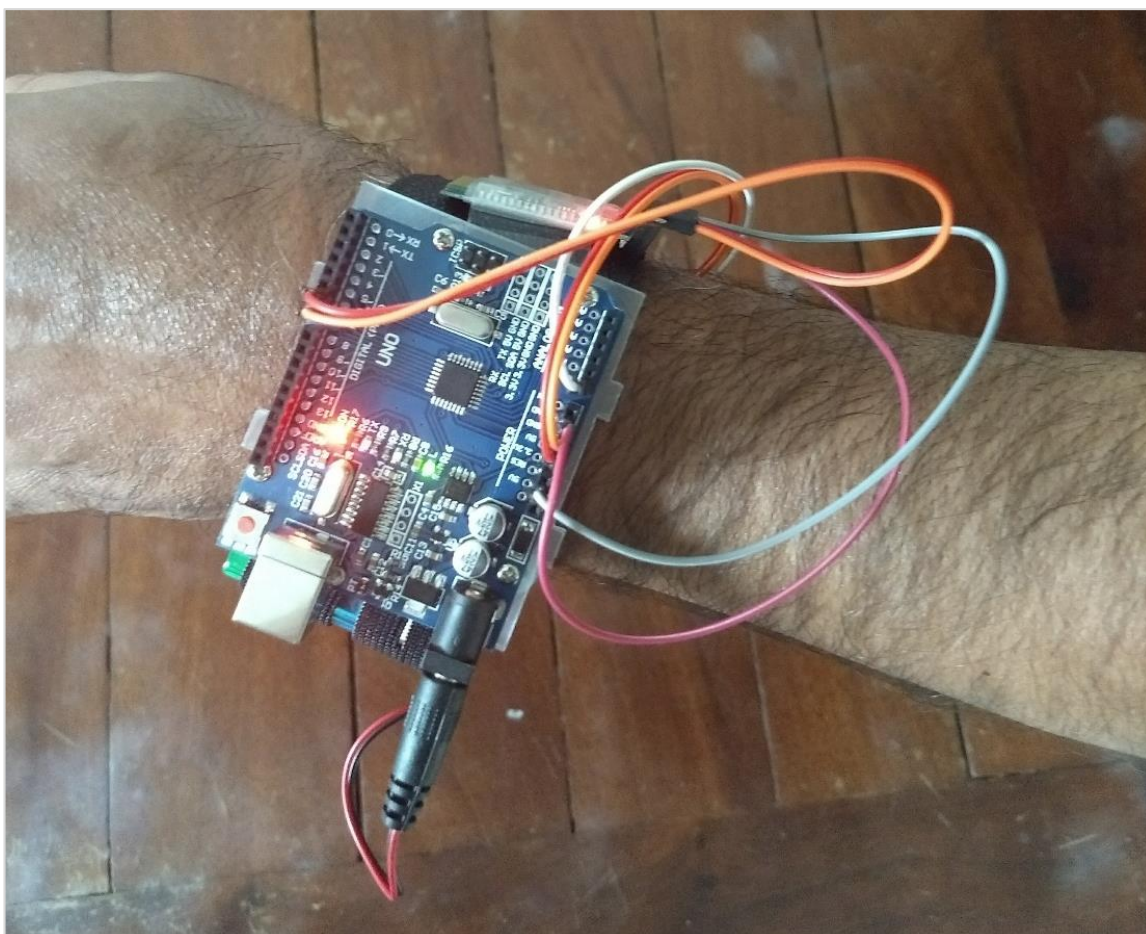
SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. **V Diretrizes De Monitorização Ambulatorial Da Pressão Arterial (Mapa) e III Diretrizes De Monitorização Residencial Da Pressão Arterial (Mrpa)**. set 2017. Disponível em: <http://publicacoes.cardiol.br/consenso/2016/diretriz_mapa_mrpa.pdf> Acesso em 01 mai. 2017.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

TIMBY, B. K. **Conceitos e habilidades fundamentais no atendimento de enfermagem**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

TODESCO, Kleisson R. **Sistema Para Monitoramento Remoto Dos Sinais Vitais De Um Bebê**. 2016. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Bacharel em Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2016.

VAUGHANS, B. W. **Fundamentos de Enfermagem Desmistificados: Um Guia de Aprendizado**. McGraw-Hill, 2012.

APÊNDICE A - PULSEIRA SENDO USADA POR UM PACIENTE

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

APÊNDICE B - CÓDIGO DO MÉTODO BPM (ARDUINO)

```

#include <SoftwareSerial.h> //Biblioteca para definir portas TX/RX diferentes das portas 0 e 1
#define RxD 7 //TX do Módulo HC-05 na porta 7
#define TxD 6 //RX do Módulo HC-05 na porta 6
SoftwareSerial bluetooth (TxD,RxD); // Declara como portas seriais TX/RX

//Sensor e pino disponíveis
int pulsePin = 0;

//BPM disponível
volatile int BPM;

//Sinal captado do sensor
volatile int Signal;

//Intervalo entre BPM
volatile int IBI = 600;

//Variável se torna V quando batimento for muito alto
volatile boolean Pulse = false;

//Variável se torna V quando o Arduino encontra um BPM
volatile boolean QS = false;

void setup(){

  //Inicial porta Serial e portas do Bluetooth
  Serial.begin(115200);
  bluetooth.begin(115200);

  //Lê a pulsação a cada 100ms
  interruptSetup();
}

void loop(){
  //Se encontrar um batimento cardiaco condizente
  if (QS == true) {

    //Inicia variáveis para verificação do batimento coletado
    //Serve para eliminar inconsistências encontradas em um periodo de 3600ms
    int BPM1, BPM2, BPM3, BPM4;

    if (BPM > 30 && BPM < 210)//Se o BPM for entre 30 e 210
    {
      BPM1 = BPM;
      delay(1000);//Aguarda 1000ms
    }

    if (BPM > 30 && BPM < 210)//Se o BPM for entre 30 e 210
    {
      BPM2 = BPM;
      delay(800);//Aguarda 800ms
    }

    if (BPM > 30 && BPM < 210)//Se o BPM for entre 30 e 210
    {
      BPM3 = BPM;
      delay(1000);//Aguarda 1000ms
    }

    if (BPM > 30 && BPM < 210)//Se o BPM for entre 30 e 210
    {
      BPM4 = BPM;
      delay(800);//Aguarda 800ms
    }

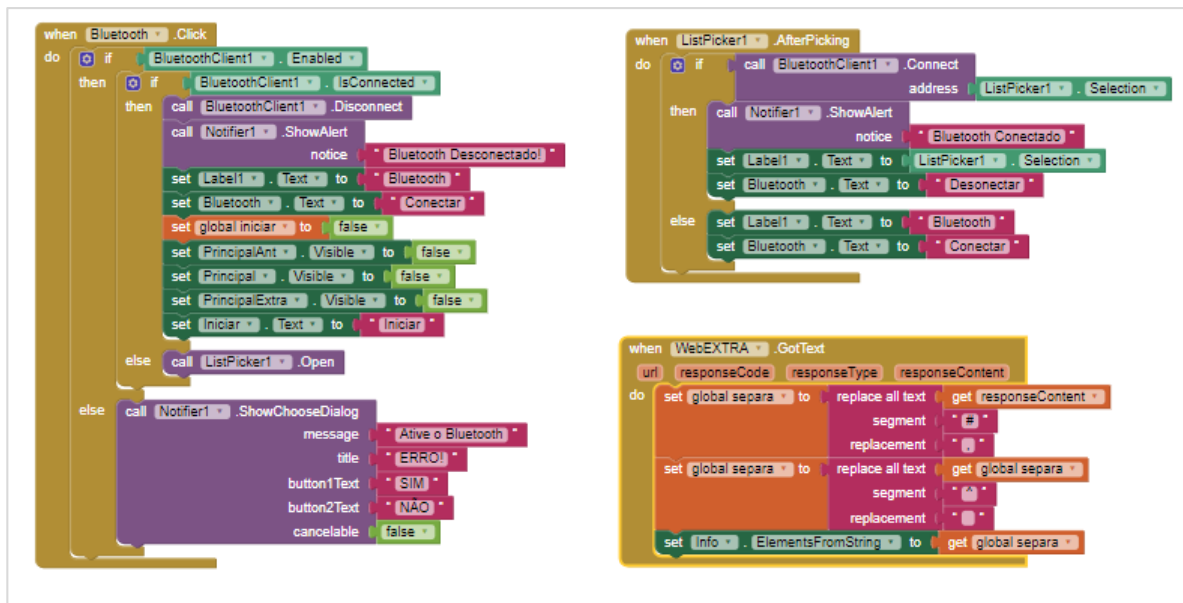
    //Se a diferença de BPM entre os quatro valores coletados em 3600ms for menor que 3
    if (abs(abs(BPM1 - BPM2) - abs(BPM3 - BPM4)) < 3)
    {
      int bpmtexto = (BPM1+BPM2+BPM3+BPM4)/4 ; //Calcula a média entre os quatro valores coletados

      if (bpmtexto > 30 && bpmtexto < 210)
      {
        bluetooth.print(bpmtexto); //Imprime e envia o valor calculado via Bluetooth
      }
    }

    //Se a diferença for maior que 3 BPM, o valor é ignorado e o processo é iniciado novamente
    QS = false;
  }
}

```


APÊNDICE C - PROGRAMAÇÃO EM BLOCO PARA O APLICATIVO (JAVA)

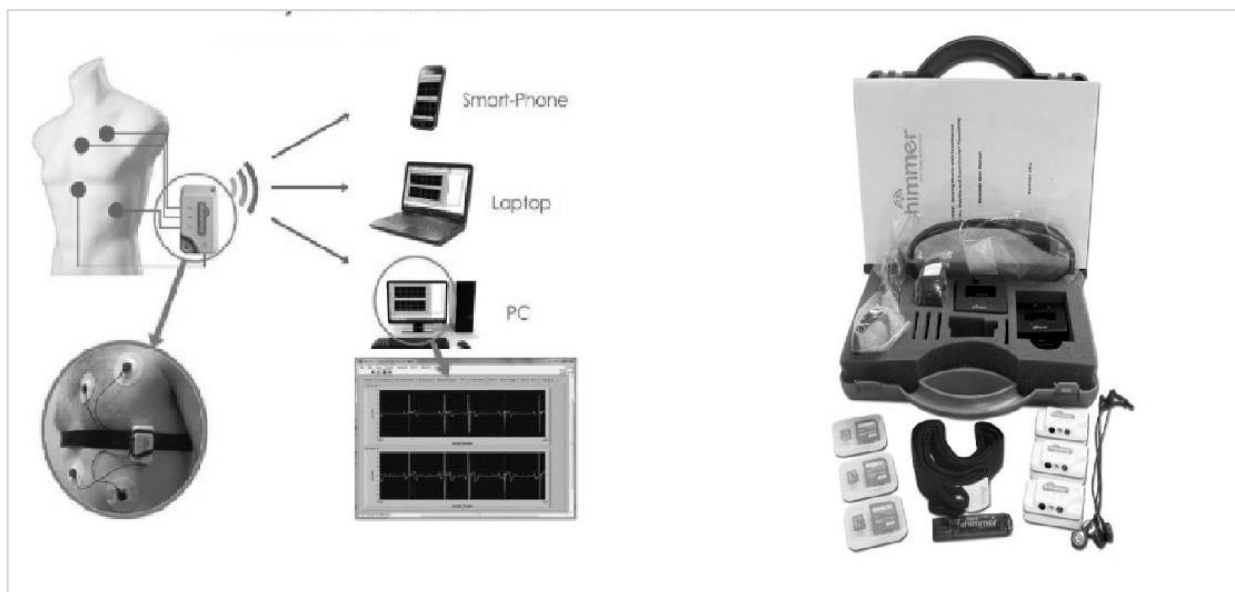


Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

APÊNDICE D - TABELA COM OS DADOS COLETADOS

IDADE	SEXO	PESO (Kg)	ATIVIDADES FÍSICAS FREQUENCIA SEMANA	POSSUI DOENÇA CARDÍACA?	FUMANTE ATIVO?	BPM PROTÓTIPO	BPM EQ. PROFISSIONAL
25	M	88	Mais que 5	Não	Não	44	43
47	F	57	Mais que 5	Não	Não	47	47
57	M	95	1 a 2	Sim	Não	64	64
29	M	66	0	Não	Sim	66	69
23	M	98	3 a 5	Não	Não	84	82
28	F	71	1 a 2	Não	Não	79	81
23	F	64	1 a 2	Não	Não	82	82
21	F	52	0	Não	Não	100	98
49	M	115	1 a 2	Sim	Não	53	53
26	F	61	3 a 5	Não	Não	89	88
36	M	81	1 a 2	Não	Não	77	77
38	M	74	3 a 5	Não	Não	59	60
39	M	92	0	Não	Não	99	101
29	F	59	1 a 2	Não	Sim	90	91
35	M	78	1 a 2	Não	Não	63	65
29	F	73	3 a 5	Não	Não	64	64
32	M	83	3 a 5	Não	Não	74	75
31	M	110	0	Não	Não	90	90
27	F	63	3 a 5	Não	Não	83	84
41	F	68	1 a 2	Não	Não	68	68

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

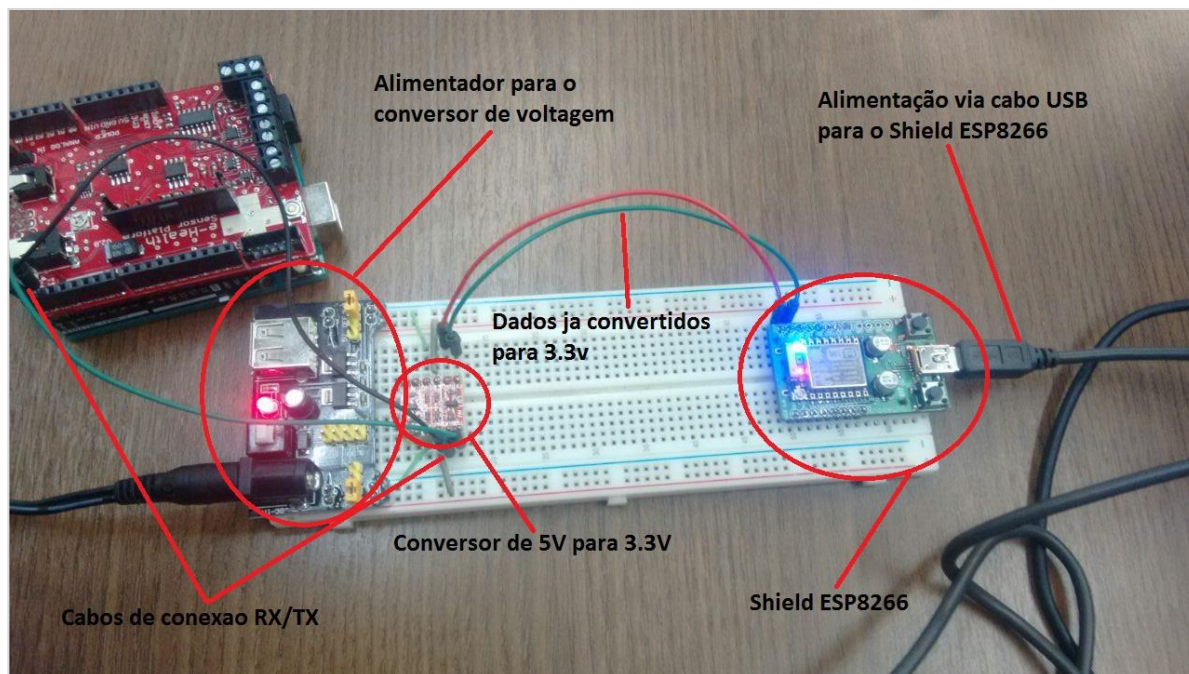
ANEXO A - MONITORAMENTO DA SAÚDE HUMANA ATRAVÉS DE SENSORES

Fonte: SILVA (2013)

ANEXO B - SISTEMA PARA MONITORAMENTO REMOTO DOS SINAIS VITAIS

Fonte: TODESCO (2016)

ANEXO C - DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA A COLETA DE SINAIS VITAIS



Fonte: ARANDA (2017)