

UNIVERSIDADE FEEVALE

MARIA PRISCILA ROLIM

SAÚDE MONITORADA: O USO DE VESTÍVEIS PARA O
ACOMPANHAMENTO À DISTÂNCIA DE SINAIS DO USUÁRIO

Novo Hamburgo
2016

MARIA PRISCILA ROLIM

SAÚDE MONITORADA: O USO DE VESTÍVEIS PARA O
ACOMPANHAMENTO À DISTÂNCIA DE SINAIS DO USUÁRIO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
à obtenção do grau de Bacharel em
Ciência da Computação pela
Universidade Feevale

Orientador: Marta Rosecler Bez
Coorientador: Juliano Varella de Carvalho

Novo Hamburgo
2016

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que, de alguma maneira, contribuíram para a realização desse trabalho de conclusão, em especial:

À minha orientadora Marta que me ajudou em todos os momentos deste trabalho e disse que eu conseguiria mesmo nos momentos em que pensei que não conseguiria. Ao meu coorientador Juliano que deu várias ideias que ajudaram a melhorar ainda mais o trabalho. A todos os professores da Universidade Feevale que, com seus ensinamentos, permitiram que tivesse capacidade para a conclusão deste.

Ao meu marido Fernando que esteve comigo em todos os momentos elaborando o seu próprio trabalho de conclusão e, mesmo assim, dando todo o apoio que eu necessitava, inclusive em dificuldades com programação.

À minha família que compreendeu todos os momentos de ausência e deu apoio para a conclusão deste. A todos os meus amigos que também compreenderam minha falta em chá de fraldas, aniversários e outros eventos que não pude estar presente.

Aos participantes da validação da pesquisa que dispuseram seu tempo para eu concluir com êxito, assim como disponibilizaram suas informações de frequência cardíaca.

RESUMO

A área da saúde vem se modernizando muito nos últimos anos, o que torna cada vez mais fácil e rápida uma cura ou a busca por determinado diagnóstico. É fato que nos dias atuais, uma pessoa geralmente precisa ter um determinado sintoma para ir a um médico, que buscará por sinais característicos daquele sintoma (por exemplo, sinal “febre” se a temperatura exceder 37° Celsius). Devido a isso, este trabalho propõe a utilização de vestíveis para monitorar a saúde de um usuário como forma de facilitar a análise dos sinais e agilizar uma ação preditiva. Neste caso, o vestível é algo que pode ser utilizado pelo usuário o tempo todo ou pelo menos na maior parte do tempo. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo monitorar à distância sinais de usuários utilizando um aplicativo desenvolvido para captura de dados de vestíveis. Para prova de conceito, um aplicativo foi desenvolvido para captura da frequência cardíaca utilizando a *Microsoft Band*. O aplicativo desenvolvido tem duas funcionalidades principais: enviar um alerta quando os batimentos cardíacos estiverem fora dos valores cadastrados como normais e salvar os dados em um banco de dados na nuvem o tempo todo para posterior consulta. Uma validação em ambiente real foi realizada com 12 pessoas divididas em quatro grupos: atletas, não atletas, monitoramento por uma hora e monitoramento por 24 horas. Nos atletas e não atletas, a frequência foi medida antes e depois de uma corrida de 10 minutos. Nos outros dois grupos, foi realizado uma monitoração pelo período indicado com a realização de atividades normais. Os dados colhidos mostraram que o aplicativo funciona corretamente, mas que a bateria da pulseira não dura muito. Apesar disso, pela aplicação do questionário final, foi possível perceber que a maioria das pessoas acredita que essa monitoração é importante, o aplicativo atende aos objetivos e é fácil de usar. Por fim, conclui-se que o monitoramento é possível e pode auxiliar na prevenção de doenças.

Palavras-chave: Saúde. Vestíveis. Tecnologia. Monitoração. Microsoft Band.

ABSTRACT

The health area is very modernizing in the last years, what makes it increasingly easy and fast a cure or the search for specific diagnosis. It is a fact that today, a person usually needs to have a certain symptom to go to a doctor, who will look for characteristic signals of that symptom (eg, signal "fever" if the temperature exceeds 37 degrees Celsius). Because of this, this paper proposes the use of wearable to monitor the health of a user in order to facilitate the analysis of signals and accelerate a predictive action. In this case, the wearable is something that can to be used by the user all the time or at least most of the time. Thus, the objective of this study is to monitor from a distance signals of users using an application developed to capture wearable data. For proof of concept, an application was developed for heart rate capture using the Microsoft Band. The application developed has two main functionalities: send an alert when the heart beats are out of the values registered as normal and save the data in a database in the cloud all the time for later consultation. A validation in real environment was performed with 12 people divided into four groups: athletes, non-athletes, one-hour monitoring and 24-hour monitoring. In athletes and non-athletes, the frequency was measured before and after a 10-minute run. In the other two groups, monitoring was performed for the indicated period with normal activities. The data collected showed that the application works correctly, but that the battery of the bracelet does not last very long. Despite this, by applying the final questionnaire, it was possible to realize that most people believe that this monitoring is important, the application meets objectives and it is easy to use. Finally, it is concluded that monitoring is possible and can aid in disease prevention.

Key words: Health. Wearables. Technology. Monitoring. Microsoft Band.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - a) Primeiro relógio de bolso; b) Relógio com calculadora. _____	23
Figura 2.2 - Evolução das invenções criadas por Steve Mann. _____	24
Figura 2.3 – <i>Apple Watch</i> . _____	30
Figura 2.4 – Sensores de Movimento da <i>Valedo</i> . _____	32
Figura 2.5 – Meia inteligente da <i>Owlet</i> . _____	33
Figura 2.6 – <i>Microsoft Band</i> . _____	34
Figura 3.1 – Funcionamento básico do sistema. _____	37
Figura 3.2 – Visualização da aplicação de batimento cardíaco. _____	39
Figura 3.3 – Visualização da aplicação de temperatura e umidade. _____	39
Figura 3.4 – Tela após detecção de queda. _____	40
Figura 3.5 – Menu de Monitorização do Sono. _____	40
Figura 3.6 – Aplicação em modo de transmissão da informação de identificação. _____	40
Figura 3.7 – Indicação de chamada de emergência em curso. _____	41
Figura 3.8 – Protótipo do design da pulseira – a) parte frontal; b) parte posterior. _____	41
Figura 3.9 - Respostas à pergunta: “Geralmente qual o motivo que o leva a dirigir-se ao centro de saúde?” _____	43
Figura 3.10 – Estados possíveis dos usuários _____	46
Figura 3.11 – Sistema “Dentan”. _____	47
Figura 3.12– Vestindo o “Dentan”. _____	49
Figura 3.13 – Perfil de ondas ECG. _____	50
Figura 4.1 – Diagrama de Casos de Uso do Aplicativo. _____	56
Figura 4.2 – Tela de <i>Login</i> . _____	61
Figura 4.3 – a) Tela de Cadastro; b) Continuação e Tela de Alterar Dados Cadastrais. _____	61
Figura 4.4 – Tela Principal. _____	62
Figura 4.5 – Tela de Monitoramento. _____	62
Figura 4.6 – Tela de Frequência Cardíaca Normal. _____	63
Figura 4.7 – Tela de Contato de Alerta. _____	63
Figura 4.8 – Tela de Visualizar Dados. _____	64
Figura 4.9 – Diagrama Entidade-Relacionamento. _____	65
Figura 4.10 – Permissões Necessárias. _____	68
Figura 4.11 – Método de conexão com a <i>band</i> . _____	68

Figura 4.12 – Classe de solicitação de consentimento para o sensor de batimentos cardíacos.	69
Figura 4.13 – Classe de obtenção da Frequência Cardíaca o tempo todo.	70
Figura 4.14 – Exemplo de e-mail de Alerta.	71
Figura 4.15 – Exemplo de e-mail de Exportação de Dados.	72
Figura 4.16 – Tela de Cadastro.	73
Figura 4.17 – Tela de <i>Login</i> .	74
Figura 4.18 – Tela Principal.	75
Figura 4.19 – Tela de Monitoramento.	76
Figura 4.20 – Tela de alteração de Dados Cadastrais.	77
Figura 4.21 – Tela de Frequência Cardíaca Normal.	78
Figura 4.22 – Tela de Contato de Alerta.	79
Figura 4.23 – Tela de Visualizar Dados	80
Figura 4.24 – Notificação de Alerta para o usuário.	81
Figura 5.1 – E-mail de alerta na validação simulada.	83

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente uma hora de Uma Hora 1.	90
Gráfico 5.2 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente uma hora de Uma Hora 2.	91
Gráfico 5.3 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente uma hora de Uma Hora 3.	92
Gráfico 5.4 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente 24 horas de 24 Horas 1.	93
Gráfico 5.5 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente 24 horas de 24 Horas 2.	95
Gráfico 5.6 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente 24 horas de 24 Horas 3.	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Interesse nas funcionalidades. Escala de 1 (sem interesse) a 5 (grande interesse).	44
Tabela 5.1 – Frequência Cardíaca (FC) antes e depois das corridas do grupo de atletas amadores.	86
Tabela 5.2 – Frequência Cardíaca (FC) antes e depois das corridas do grupo de não atletas.	88
Tabela 5.3 – Tabela de % de respostas afirmativas ou negativas para algumas perguntas.	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Tipos de sensores e suas utilizações. _____	28
Quadro 2.2 – Biosinais e biosensores. _____	28
Quadro 4.1 – Requisitos Funcionais do Aplicativo. _____	53
Quadro 4.2 – Requisitos Não Funcionais do Aplicativo. _____	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OMS	Organização Mundial de Saúde
TIC	Tecnologia da Informação
CFM	Conselho Federal de Medicina
HP	<i>Hewlett Packard</i>
ECG	Eletrocardiograma
EMG	Eletromiograma
EEG	Eletroencefalograma
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
RTX	<i>Real Time eXecutive</i>
ARM	<i>Advanced RISC Machine</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
SDK	<i>Software Development Kit</i>
RF	Requisitos Funcionais
RNF	Requisitos Não Funcionais
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
CSV	<i>Comma-separated values</i>
ER	Entidade-Relacionamento
PK	<i>Primary Key</i>
FK	<i>Foreign Key</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
AWS	<i>Amazon Web Services</i>
FC	Frequência Cardíaca

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 TELEMEDICINA	17
1.1 Conceitos	17
1.2 Benefícios	18
1.3 Legislação	18
1.4 Principais Modalidades da Telemedicina	19
2 DISPOSITIVOS VESTÍVEIS	23
2.1 História	23
2.2 Conceitos	25
2.3 Aplicações	26
2.4 O uso dos vestíveis na área da saúde	26
2.5 Sensores	28
2.6 Dispositivos vestíveis comerciais	29
2.6.1 Apple Watch	29
2.6.2 Valedo	31
2.6.3 Owlet Smart Sock	32
2.6.4 Microsoft Band	33
3 TRABALHOS CORRELATOS	36
3.1 Trabalho 1: Dissertação - Pulseira Inteligente para Monitorização de Funções Vitais	36
3.2 Trabalho 2: Dissertação – Serviço Móvel de Alertas Médicos para o Utente	42
3.3 Trabalho 3: Artigo - <i>Development of Wearable Heart Disease Monitoring and Alerting System associated with Smartphone</i>	47
4 O APLICATIVO	52
4.1 Requisitos	53
4.1.1 Requisitos Funcionais	53
4.1.2 Requisitos Não Funcionais	54
4.2 Modelagem UML	55
4.3 Detalhamento dos Casos de Uso	56
4.4 Protótipos de tela	60
4.5 Diagrama Entidade-Relacionamento	64
4.6 Desenvolvimento	65
4.6.1 Ferramentas e Linguagens de Programação Utilizadas	66
4.6.2 Frequência Cardíaca na <i>Microsoft Band</i>	67
4.6.3 <i>Web Service</i>	71
4.6.4 Funcionalidades do Aplicativo	72
5 VALIDAÇÕES E RESULTADOS	82
5.1 Validação em Ambiente Simulado	82
5.2 Validação em Ambiente Real	83
5.2.1 Descrição da Validação	83
5.2.2 Resultados da Validação em Relação aos Dados Capturados	85
5.2.3 Resultados da Validação em Relação ao Questionário Aplicado	97
CONCLUSÃO	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

APÊNDICE A – MATERIAIS ENVIADOS PARA O COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEEVALE	106
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO UTILIZADO NA VALIDAÇÃO	111

INTRODUÇÃO

Muitas pessoas morrem no mundo por problemas de saúde, como doenças crônicas ou até complicações em doenças simples. Ter uma boa saúde ainda é uma das maiores preocupações do ser humano. Uma pessoa geralmente só pode saber se tem determinadas doenças quando sente algo diferente no corpo e vai a um médico que fará determinadas medições, pedirá exames ou usará seu conhecimento para apresentar um diagnóstico. Mas existem doenças silenciosas que podem demorar a mostrar sinais. Além disso, algumas pessoas tendem a achar que precisam sentir algo muito forte para procurar um médico.

Diante desta realidade, a possibilidade de monitorar a saúde de uma pessoa à distância é um grande passo para antever as doenças, obter um prognóstico e começar o mais breve possível um tratamento. Uma forma de monitoramento constante, não invasivo e eficaz, é por meio dos sensores dos vestíveis que capturam dados diversos dos usuários e do meio ambiente como temperatura, frequência cardíaca, raios ultravioletas, entre outros. A vantagem dos vestíveis é que podem ser utilizados o tempo todo sem atrapalhar o usuário.

Neste contexto, o que interessa para este trabalho são vestíveis com sensores que possam coletar alguma informação relacionada à saúde do usuário ou ao cuidado com a saúde. De acordo com Vergara, Pereira e Lopez (2014), em uma pesquisa bibliográfica feita em bases de dados sobre vestíveis voltados para a saúde, os sensores mais mensurados são para monitoramento da pressão arterial, respiração, batimento cardíaco, temperatura, glicemia, marcha e movimento dos membros. Segundo este mesmo levantamento, o objetivo destes vestíveis é o monitoramento de sinais fisiológicos de pacientes e de pessoas que praticam atividades físicas.

O objetivo deste trabalho é monitorar à distância sinais de usuários utilizando um aplicativo desenvolvido para captura de dados de vestíveis. Para isto, será realizada uma pesquisa aplicada, já que visa a resolução para um problema prático (a monitoração da saúde de usuários por meio da utilização de vestíveis). De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa aplicada é uma solução prática de problemas específicos.

Os procedimentos técnicos utilizados serão bibliográfico e experimental. O caráter bibliográfico advém da necessidade do estudo de trabalhos já existentes para que se possa construir algo significativo a partir do que já existe de pesquisa na área de vestíveis. O caráter experimental é que norteia o trabalho, já que um experimento será realizado por meio do desenvolvimento de uma aplicação para resolver um determinado problema. A aplicação será

testada diante de sua viabilidade e aplicação em um contexto real, validando ou não o experimento. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), uma pesquisa experimental é a representação de como e por que algo é produzido. O desenvolvimento da aplicação simboliza o “como” e a validação representa o “por que”.

Serão utilizadas duas abordagens: qualitativa e quantitativa. A solução para o problema será avaliada de acordo com o uso para que foi proposto (abordagem qualitativa) assim como dados serão colhidos em aplicações com pessoas a fim de formar gráficos do estado de saúde dos usuários comparando com suas condições físicas e outros fatores (abordagem quantitativa).

O trabalho apresenta a proposta de desenvolvimento de um aplicativo que abrange a captura de dados de um ou mais vestíveis referentes à saúde. Como prova de conceito, o aplicativo será desenvolvido para a comunicação com um vestível e um sensor será utilizado, mas será aberto para a inclusão de mais sensores e vestíveis. O dispositivo vestível escolhido foi a pulseira *Microsoft Band*, porque contém uma série de sensores voltados para a saúde e alguns dados podem ser capturados o tempo todo. O sensor foi o de frequência, cardíaca que captura a quantidade de batimentos cardíacos por minuto. Esse, por ser um tipo de monitoramento que pode detectar sérios problemas cardíacos e um dos que podem ser ativados para monitorar o tempo todo.

A pulseira pode ser integrada com múltiplas plataformas, porém o aplicativo será desenvolvido somente na plataforma *Android*. O sistema operacional foi escolhido em função do grande número de usuários que o utiliza, o que facilitará a validação do sistema. Não será desenvolvido para todas as plataformas, porque isso demandaria um esforço que não é tão importante para uma prova de conceito e o tempo de um trabalho de conclusão não permitiria este desenvolvimento e validação.

No presente trabalho, questões como segurança e precisão dos dados dos sensores utilizados não serão avaliados, pois não fazem parte do escopo do trabalho. Além disso, a precisão dos dados pode melhorar conforme os dispositivos evoluem e questões de segurança podem ser aplicadas em um trabalho futuro.

No que tange à validação do aplicativo, a proposta de validação em um ambiente real coletando batimentos cardíacos de outras pessoas foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Feevale e foi aprovado para pesquisa de campo. Os materiais

submetidos ao comitê, assim como o termo assinado pelos participantes da pesquisa encontram-se no Apêndice A.

O trabalho divide-se em cinco capítulos, o capítulo 1 apresenta o conceito de Telemedicina que começou a mostrar como pode existir serviços de saúde à distância, inclusive monitoração. O capítulo 2 apresenta os conceitos, aplicações e outras informações referentes aos vestíveis. O capítulo 3 demonstra três trabalhos relacionados com este. O capítulo 4 exhibe o aplicativo, seus requisitos, suas telas, o processo de desenvolvimento e suas funcionalidades. O capítulo 5 apresenta a validação do aplicativo (simulada e real) com os dados recolhidos e análise das respostas do questionário aplicado. Por fim, apresenta-se a conclusão do trabalho e as possibilidades de trabalhos futuros.

1 TELEMEDICINA

O termo “Telemedicina” é uma junção da palavra medicina com o prefixo “tele”, que se refere às telecomunicações, podendo incluir qualquer meio de comunicação à distância como telefone, internet, etc. Apesar das tecnologias e avanços nos ramos das telecomunicações serem recentes, o conceito de telemedicina não é algo novo. De acordo com Amorim (2011), essa junção das telecomunicações com a medicina começou a ser aplicada efetivamente no início do século XX, utilizando, basicamente, os dispositivos telefone e rádio.

Atualmente, o avanço dos sistemas de informática e telecomunicações tem contribuído muito para o crescimento e evolução da telemedicina. Contudo, a aplicação da telemedicina precisa de equipes multidisciplinares das áreas da saúde, computação e telecomunicações e o custo para a implantação de certas tecnologias no Brasil ainda é um fator impeditivo, principalmente na rede pública de saúde (COSTA; SANTOS; BRASIL, 2008).

Além do termo clássico, começaram a surgir outros termos como: telesaúde, *e-health*, *m-health* e saúde digital (CLAVERO, 2016). Esses termos tem um conceito mais abrangente. Neste contexto, outros profissionais da área da saúde são envolvidos, como enfermeiros, nutricionistas, fisioterapeutas, psicólogos e várias outras áreas (COSTA; SANTOS; BRASIL, 2008). Contudo, no trabalho em questão, optou-se por apresentar o termo clássico devido aos vários estudos já realizados sobre o tema.

1.1 Conceitos

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a telemedicina refere-se a oferta de serviços de saúde à distância por meio de tecnologias de informação e comunicação (TIC's) (OMS, 2016). De acordo com Amorim (2011), a telemedicina é o exercício de formas de medicina à distância, sem contato físico direto entre o médico e o paciente e que, para sua concretização, necessita de um meio de comunicação. De forma resumida, Collège (2015) coloca a telemedicina como a prática da medicina à distância utilizando as Tecnologias de Informação e Comunicação.

O conceito geral de Telemedicina, então, refere-se principalmente à aplicação da medicina à distância. No Brasil, a resolução 1.643/2002, do Conselho Federal de Medicina (CFM), define a telemedicina como “o exercício da Medicina através da utilização de metodologias interativas de comunicação audiovisual e de dados, com o objetivo de assistência, educação e pesquisa em Saúde” (BRASIL, 2002).

Desta forma, todos os conceitos de “telemedicina” envolvem dois elementos primordiais para a aplicação da mesma, a separação geográfica entre as pessoas e a utilização de tecnologias para comunicação e troca de dados (COSTA; SANTOS; BRASIL, 2008). O uso de novas tecnologias tem mudado a relação entre médico e paciente e possibilitado não somente o acesso médico a comunidades distantes, mas também a troca de informações médicas e o monitoramento de pacientes para a prevenção de doenças ou acompanhamento de doenças já adquiridas.

1.2 Benefícios

A telemedicina traz inúmeros benefícios para a população. De acordo com Costa, Santos e Brasil (2008), um dos maiores benefícios é o exercício médico sem custos adicionais altos e sem a necessidade de deslocamento para o paciente. Por exemplo, um paciente pode ter a opinião de um especialista que não atende em sua região somente enviando seus dados médicos e exames realizados.

Outro ponto trata da educação médica, o que possibilita que os médicos possam atualizar-se constantemente sem a necessidade de deslocamento para grandes centros de estudos, inclusive do exterior (AMORIM, 2011). Além disso, a telemedicina também pode ajudar na prevenção e detecção precoce de doenças por meio de serviços de monitoramento (AMORIM, 2011).

1.3 Legislação

Apesar de todos os benefícios citados anteriormente, a aplicação da telemedicina no Brasil ainda é um desafio para muitas localidades. Existem leis e normas que regem o acesso e o armazenamento dos dados dos pacientes e cumprir as leis de forma exata pode ser um grande desafio.

De acordo com o Manual de Certificação para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde (leis determinam que o manual deve ser seguido para a aplicação de prontuários eletrônicos principalmente), é necessário garantir o sigilo profissional, ou seja, o acesso às informações só pode ser feito por pessoas autorizadas (CFM; SBIS, 2009). O manual traz uma série de requisitos de segurança que devem ser seguidos para que os dados dos pacientes jamais sejam divulgados e garantir todos os requisitos, muitas vezes, pode ser algo difícil e dispendioso.

De acordo com a declaração de Tel Aviv, na utilização da telemedicina alguns princípios devem ser seguidos. Na relação médico-paciente é essencial que qualquer serviço de telemedicina siga os princípios: médico e paciente precisam poder identificar-se com confiança; os pacientes que necessitam de ajuda médica devem ver seu médico pessoalmente sempre que possível; se for uma consulta de orientação direta à distância, o médico só deve dar a orientação caso já tenha uma relação com o paciente ou tenha um conhecimento claro do problema; em uma emergência, o médico é responsável legalmente por suas decisões. Nesta mesma declaração, tem-se que as regras de confidencialidade e consentimento do paciente também se aplicam na telemedicina e o médico não deve transmitir nada sem a autorização do paciente (DHNET, 1999).

A resolução 1.643/2002, do Conselho Federal de Medicina (CFM), também estabelece que os serviços prestados por meio da telemedicina deverão ter a infraestrutura adequada e obedecer às normas técnicas do CFM referentes à guarda, manuseio, envio de dados, confidencialidade, privacidade e garantia do sigilo profissional. Por último, a própria declaração de Tel Aviv, coloca que o médico assume a maior parte das responsabilidades ao decidir utilizar a Telemedicina (DHNET, 1999). Isto, por sua vez, pode dificultar na decisão dos médicos pela escolha de trabalhar com Telemedicina.

1.4 Principais Modalidades da Telemedicina

É comum a utilização do prefixo “tele” antes das especialidades médicas para referir-se à telemedicina aplicada àquela especialidade, por exemplo, teledermatologia, que simboliza os serviços de telemedicina aplicados à dermatologia. Além disso, existem alguns outros termos que se referem a modalidades da telemedicina (COSTA; SANTOS; BRASIL, 2008). Neste trabalho, serão conceituadas as principais modalidades: teleconsulta, telediagnóstico, telemonitorização, teleatendimento, teledidática e telecirurgia.

- **Teleconsulta**

A teleconsulta, como o próprio nome já sugere, refere-se às consultas realizadas à distância. Esta consulta não necessariamente se dá entre o médico e o paciente, mas pode ser uma troca de informações entre médicos situados distantes um do outro. É muito utilizada para o envio de imagens médicas (tomografias, ecografias, fotos, etc) para médicos mais especializados, situados em locais geograficamente distantes ou para trocar opiniões sobre diagnósticos com os mesmos (AMORIM, 2011).

Neste contexto, a *internet* é imprescindível e a utilização de uma rede de alta velocidade é importante para o envio de imagens e vídeos de alta resolução (COSTA; SANTOS; BRASIL, 2008). Essa modalidade facilita o acesso da população de regiões distantes à diagnósticos e/ou opiniões de médicos localizados nos grandes centros urbanos.

▪ **Telediagnóstico**

O telediagnóstico refere-se a consultas remotas sobre informações médicas de pacientes a fim de chegar-se a um diagnóstico (COSTA; SANTOS; BRASIL, 2008). Para isso, são trocados normalmente textos, imagens, áudio e vídeo. São avaliados sinais biológicos dos pacientes por meio da captura de alguns sinais capazes de serem transmitidos, além de outras informações relevantes. Os principais sinais biológicos implementados em telediagnóstico são: eletrocardiograma, eletroencefalograma, eletromiograma, eletro-oculograma, eletrogastrograma, medidor de tensão, temperatura corporal, ritmo respiratório e frequência cardíaca (AMORIM, 2011).

O telediagnóstico pode ser tanto implementado em uma região que não tenha médicos de determinadas especialidades para que um médico possa emitir um diagnóstico à distância, como pode servir como troca de informações entre médicos de uma mesma especialidade na busca de uma segunda opinião. Pode envolver tecnologias muito sofisticadas ou tecnologias pouco sofisticadas e até comunicação por telefone ou outros meios de baixo custo (COSTA; SANTOS; BRASIL, 2008).

▪ **Teleatendimento**

O teleatendimento simboliza um atendimento do paciente à distância. O objetivo do atendimento é, principalmente, a marcação de consultas, procedimentos, esclarecimento de dúvidas sobre serviços e informações gerais. Pode ser realizado por meio de computadores conectados à internet ou por meio de telefone (COSTA; SANTOS; BRASIL, 2008).

▪ **Teledidática**

A teledidática ou teleducação (ensino à distância) refere-se à educação continuada e permanente atualização dos profissionais da saúde em formação ou já formados por meio da utilização das Tecnologias da Informação. Pode ser feita por transmissão em tempo real (por exemplo, videoconferência) ou podem ser gravadas previamente. As simulações clínicas podem ser realizadas por meio das TIC's à distância e outros recursos didáticos-pedagógicos também podem ser utilizados de modo a diversificar o ensino-aprendizagem (VIANA, 2015). A teledidática é uma excelente ferramenta para a atualização e a qualificação dos profissionais da saúde.

- **Telecirurgia**

A telecirurgia é, sem dúvida, uma das técnicas mais arrojadas, inovadoras e desafiantes da telemedicina. Refere-se à realização de procedimentos cirúrgicos à distância com a utilização de robôs e tecnologias avançadas. O cirurgião controla o robô à distância e tem uma percepção do total da cirurgia e do meio ambiente onde o paciente se encontra (AMORIM, 2011). É um grande avanço da medicina, principalmente para pacientes que precisariam se deslocar para uma cirurgia e que, para isso, seriam submetidos a grandes riscos.

Alguns dos equipamentos utilizados para que a telecirurgia seja possível são: luvas de posicionamento digital, que sentem os movimentos dos dedos e a posição das mãos do cirurgião e transmitem para o computador; capacete binocular, que por meio de duas telas de computador transmite uma visão tridimensional do ambiente da cirurgia (COSTA; SANTOS; BRASIL, 2008).

A telecirurgia ainda possui muitas barreiras para atingir um nível de maturidade e que possa ser amplamente utilizada. As barreiras encontram-se nas evoluções tecnológicas ainda engatinhando (como a robótica, por exemplo), na transmissão de banda larga que ainda não é confiável e nos profissionais que ainda não estão preparados para conduzir essas operações à distância com eficiência e segurança (URTIGA; LOUZADA; COSTA, 2004).

- **Telemonitorização**

A telemonitorização refere-se à captura de sinais biológicos por um meio físico que vai do local onde o paciente encontra-se até um centro especializado. (AMORIM, 2011). Essa captura de sinais pode ser contínua ou ocasional. A captura ocasional acontece em determinados horários ou qualquer outro indicador de tempo (por exemplo, medir a temperatura a cada hora). Já na captura contínua não há interrupções de tempo, pois por um período contínuo os sinais são sempre capturados. Esse último é utilizado como uma forma de controle e determina a evolução de um sinal (COLLÈGE, 2015). Pode ser utilizado para a orientação de uma equipe de emergência durante transportes móveis de pacientes até que o paciente chegue onde o médico se encontra. Também é utilizado para a monitoração de pacientes acamados, internados em instituições de longa permanência onde nem sempre tem um médico disponível, sob cuidados domiciliares ou pacientes com problemas de locomoção (VIANA, 2015).

A obstetrícia é uma das especialidades que mais se beneficia com a telemonitorização, pois ajuda na prevenção da mortalidade perinatal e na saúde das mães em

situações de gravidez de risco. O sistema pode monitorar batimentos cardíacos do feto e as contrações uterinas na própria residência da paciente e enviar os dados para um centro especializado. (AMORIM, 2011).

A telemonitorização envolve principalmente o monitoramento de sinais vitais de pacientes à distância. Este trabalho será desenvolvido sob a ótica deste conceito, contudo, aplicando esta monitoração por meio da utilização de vestíveis e mais com uma abordagem preventiva do que propriamente corretiva, pois o acompanhamento pode ocorrer também em pessoas saudáveis, de modo a antever um prognóstico. Dispositivos vestíveis serão apresentados no próximo capítulo.

2 DISPOSITIVOS VESTÍVEIS

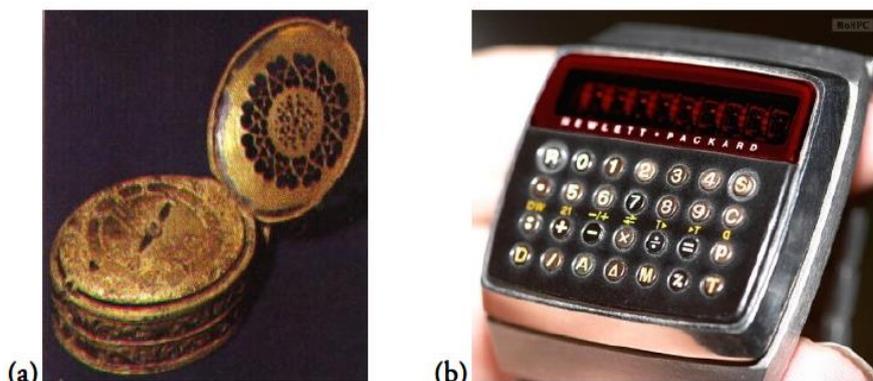
A tecnologia vem evoluindo muito nos últimos anos, o que está colaborando para a criação de computadores cada vez menores e mais ágeis. (VERGARA; PEREIRA; LOPEZ, 2014). O que tem contribuído para a criação desses novos dispositivos é a miniaturização da eletrônica (nanotecnologia). E essa evolução tem acontecido muito rapidamente, pois foi nos anos 80 que a população teve acesso à computação pessoal, nos anos 90 apareceu a internet com a *world-wide-web* e somente nos últimos anos que começou a popularização da computação móvel e, ainda mais recente, a computação vestível (SARAIVA, 2009).

O dispositivo vestível, computação vestível ou, simplesmente, vestível (do inglês *wearable*), representa uma roupa, calçado ou acessório possível de vestir e que possua algum tipo de tecnologia (SARAIVA, 2009). Essa nova tecnologia tem chamado a atenção da indústria e da academia para a pesquisa e o desenvolvimento de novos dispositivos (CHAN, 2012). Neste contexto, este capítulo apresenta a história da computação vestível, os conceitos inerentes ao tema, as aplicações da nova tecnologia, o uso na área da saúde, os sensores mais utilizados e o exemplo de alguns dispositivos vestíveis comerciais.

2.1 História

Tudo começou em 1268, quando Roger Bacon criou os primeiros óculos, são os primeiros acessórios vestíveis com o objetivo de auxiliar as pessoas (no caso, a melhora da visão) (POPAT; SHARMA, 2013). Muitos anos depois, aproximadamente em 1510, Peter Henlein inventa o primeiro relógio de bolso, cujo exemplo está na Figura 2.1, o que permite ao usuário consultar as horas a qualquer momento. O acessório evoluiu para ser utilizado no pulso somente em 1907 (SARAIVA, 2009).

Figura 2.1 - a) Primeiro relógio de bolso; b) Relógio com calculadora.



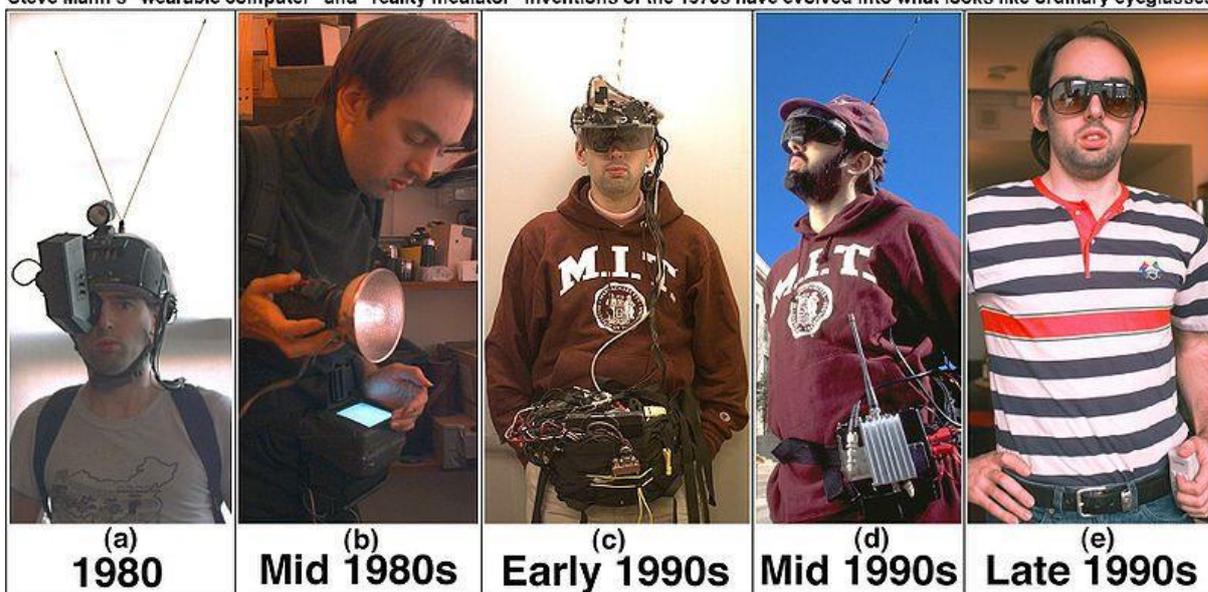
Fonte: SARAIVA, 2009.

Contudo, o primeiro computador vestível (*wearable computer*) efetivamente é inventado somente em 1966 por Ed Thor e Claude Shannon. O dispositivo era utilizado com o objetivo de definir a velocidade de uma roleta de apostas e tentar prever onde uma determinada bola pararia em jogos de azar. O dispositivo tinha o tamanho de uma caixa de cigarro com um fio indo para os sapatos e, outra pessoa, tinha uma espécie de escuta no ouvido para receber os resultados por meio de um tipo de comunicação sem fio. (STARNER, 2001).

Em 1977, a Hewlett Packard (HP) criou o primeiro relógio de pulso com calculadora, conforme mostrado na Figura 2.1. A Sony apresentou o Walkman em 1979. Nos anos 80, Steve Mann começou sua trajetória na área criando um pequeno computador acoplado em uma espécie de mochila para controlar um equipamento fotográfico (POPAT; SHARMA, 2013). Desde então, Mann tem se dedicado a estudar a computação vestível, inventar coisas novas e aperfeiçoar suas invenções (Figura 2.2).

Figura 2.2 - Evolução das invenções criadas por Steve Mann.

Steve Mann's "wearable computer" and "reality mediator" inventions of the 1970s have evolved into what looks like ordinary eyeglasses.



Fonte: GODINHO, 2013.

Com o passar dos anos, a tecnologia vem evoluindo cada vez mais, o que possibilitou a criação de inúmeros dispositivos vestíveis nas mais diversas áreas. Atualmente, existem estudos e aplicações inclusive juntando a área da moda com as tecnologias vestíveis. (SARAIVA, 2009).

2.2 Conceitos

Dispositivo vestível (ou *Wearable Device*) refere-se a pequenos computadores portáteis que estão normalmente anexados ao espaço pessoal do usuário e permitem sua utilização enquanto o usuário realiza suas atividades. Além disso, eles devem estar sempre prontos para serem utilizados e não podem incomodar o usuário nem condicionar os seus movimentos. Um vestível geralmente está integrado com objetos do cotidiano como: roupas, calçados, relógios, pulseiras, óculos, entre outros (GODINHO, 2013).

De acordo com Popat e Sharma (2013), o termo computador vestível simboliza um dispositivo computacional pequeno e leve que pode ser utilizado no corpo do usuário. Utilizando um termo semelhante, Mann (2014) coloca que computação vestível é o estudo ou prática de inventar, construir ou utilizar pequenos componentes computacionais vestíveis e dispositivos com sensores.

A diferença principal entre a computação vestível e a computação portátil (*notebooks, smartphones*) é que o objetivo da computação vestível é posicionar o computador de tal maneira que o dispositivo e o ser humano estão interligados de forma a alcançar a *Humanistic Intelligence*. Isso significa a união da inteligência artificial do dispositivo com o próprio cérebro humano, como, por exemplo, óculos que vê tudo que o olho humano vê e que pode interagir com o usuário fornecendo informações adicionais que podem ser aproveitadas pelo usuário. Um dispositivo portátil não tem essa mesma integração com a inteligência humana (MANN, 2014).

Os dispositivos vestíveis também são dotados de algumas características definidas por Rhodes (1997):

- Portátil quando está sendo usado: pode ser utilizado enquanto as pessoas caminham ou movimentam-se;
- Uso com as mãos livres: tem o conceito do uso mínimo das mãos, muitas vezes utilizando entradas e saídas de voz;
- Uso de sensores: um vestível deve ter sensores para o ambiente físico, seja para capturar dados do ambiente ou do próprio usuário;
- É pró-ativo: deve ser capaz de comunicar ou transmitir informações mesmo que não esteja sendo diretamente utilizado, por exemplo, avisar quando o usuário recebeu um e-mail;

- Está sempre ligado e sempre trabalhando: por padrão está sempre ligado e sempre funcionando, seja coletando informações, dando alertas ou outras aplicações.

2.3 Aplicações

Existem muitas aplicações para a computação vestível. Popat e Sharma (2013) citam nove grandes áreas principais para os quais os vestíveis podem ser aplicados:

- 1) realidade aumentada;
- 2) modelagem comportamental;
- 3) monitoramento da saúde;
- 4) gestão de serviços;
- 5) *smartphones*;
- 6) roupas eletrônicas;
- 7) reprodução de músicas;
- 8) design de moda;
- 9) serviços militares.

Saraiva (2009) cita ainda a aplicação da tecnologia vestível nas áreas de “bem-estar/lazer” (atividades físicas, por exemplo) e “profissional” (dentro do ambiente empresarial para facilitar o trabalho, por exemplo). Contudo, os vestíveis estão evoluindo cada vez mais e, conforme novos projetos surgem, outras áreas de aplicação também podem ser encontradas.

O foco deste trabalho é a aplicação da computação vestível na área da saúde. Neste contexto, as aplicações médicas tendem a aumentar a capacidade de monitoração do corpo e detectar informações que poderiam estar ocultas. Essa aplicação está em grande expansão com muitos projetos e estudos, alguns ainda em fase de protótipo (SARAIVA, 2009).

2.4 O uso dos vestíveis na área da saúde

Nos últimos anos, a população tem passado a dar mais importância para uma vida saudável. Com isso, há uma maior preocupação na criação de dispositivos para a monitorização da saúde de forma mais eficiente e compacta. (GODINHO, 2013). Como reflexo disso, há muitos anos já existem marcas empenhadas em desenvolver relógios e aplicativos para *smartphones* para o monitoramento de atividades físicas. E esses vêm se modernizando para ficarem cada vez mais inteligentes.

É fato que a população global está envelhecendo. Isso coloca em crescente demanda o aumento de novas técnicas de serviços médicos e cuidados com a saúde. Esse envelhecimento da população tem resultado no aumento de doenças crônicas como diabetes, câncer, osteoporose e outras (HAO; FOSTER, 2008).

Para que essas doenças possam ser prevenidas antes mesmo do envelhecimento, entre outros inúmeros fatores, a modificação do estilo de vida, adotando hábitos e alimentação saudáveis e uma vida ativa, é extremamente importante. Para atingir este objetivo, o desenvolvimento de sistemas vestíveis inteligentes ajuda a coletar dados do estilo de vida dos indivíduos para que entendam melhor seus próprios riscos de desenvolvimento de doenças crônicas e possam descobrir a ocorrência de problemas de saúde antes mesmo que eles se desenvolvam (SUN et al., 2014).

Na área da saúde, os dados obtidos por meio dos sensores incluídos nos vestíveis podem ser por meio de comunicação *wireless*, *bluetooth* ou de outra forma. Essas informações, por sua vez, podem ser apenas apresentadas ao usuário como forma de acompanhamento próprio ou de alguém próximo ou enviadas a um centro médico que analisará os dados do usuário (PANTELOPOULOS; BOURBAKIS, 2010).

O desenvolvimento de sistemas de monitoramento da saúde por meio de vestíveis (tanto o desenvolvimento do *hardware* quanto do *software*) é uma tarefa desafiadora, pois o dispositivo e o sistema em questão precisam satisfazer certos critérios médicos. A usabilidade é um dos fatores, principalmente quanto ao fator peso e tamanho, assim como, não pode limitar os movimentos do usuário. Também deve-se levar em consideração questões como a radiação emitida e a estética do dispositivo, bem como o baixo consumo de energia. A segurança e a privacidade dos dados médicos também devem ser garantidas. Finalmente, esses sistemas precisam ser acessíveis para atingir a maioria da população mundial (PANTELOPOULOS; BOURBAKIS, 2010).

Os vestíveis têm potencial para causar uma verdadeira revolução nos cuidados com a saúde, pois é uma tecnologia de baixo custo, não-invasiva, que pode ser usada em todos os momentos, pode detectar doenças precocemente, prover um melhor tratamento e acompanhar doenças crônicas. Mas, conforme citado anteriormente, ainda tem alguns desafios a serem resolvidos antes de ser utilizado por grande parte da população (PANTELOPOULOS, BOURBAKIS, 2010).

2.5 Sensores

Os avanços tecnológicos que possibilitaram a miniaturização dos sensores e o processamento embarcado trouxeram novos desafios e oportunidades para a área da computação vestível (BRUNO; MASTROGIOVANNI; SGORBISSA, 2015). Nesta área, muitas vezes, torna-se importante a criação de dispositivos capazes de reconhecer, adaptar e reagir ao seu usuário, à sua localização e à tarefa que está sendo executada. Para desempenhar essas tarefas, é necessário a incorporação de sensores aos dispositivos vestíveis (SARAIVA, 2009). O Quadro 2.1 apresenta os tipos de sensores de maneira genérica e suas utilizações:

Quadro 2.1 – Tipos de sensores e suas utilizações.

Tipo de sensor	Estímulo	Utilização
Mecânico	Posição, aceleração, força, massa, deslocamento	Detectar posição de pessoas/objetos, peso, movimentos
Acústico	Volume, frequência, fase, distância	Detectar sons, interpretar discursos
Biológico	Batimento cardíaco, temperatura do corpo, atividade cerebral, ritmo respiratório	Percepção do estado físico e mental das pessoas
Óptico	Refracção, frequência da luz, brilho, luminosidade	Detecção de visão computacional, detecção de movimento/presença com infra-vermelhos
Ambiental	Temperatura, umidade	Monitorização das condições ambientais

Fonte: SARAIVA, 2009.

De acordo com o tipo de informação que capturam, os sensores podem classificar-se como biológicos/fisiológicos ou ambientais. Os sensores biológicos/fisiológicos capturam informações do corpo do usuário como, por exemplo, pressão sanguínea. Os ambientais capturam informações do meio ambiente que os cercam como, por exemplo, temperatura ambiente (SARAIVA, 2009).

Como o trabalho em questão foca na aplicação de vestíveis na área da saúde e do monitoramento de sinais biológicos/fisiológicos, buscou-se em Pantelopoulos e Bourbakis (2010) uma lista que contém a maioria desse tipo de sensores existentes hoje, como é apresentado pelo Quadro 2.2:

Quadro 2.2 – Biosinais e biosensores.

O que mede	Tipo de sensor
Eletrocardiograma (ECG)	Eletrodos na pele e no tórax
Pressão sanguínea	Braçadeira de pressão com monitor

O que mede	Tipo de sensor
Temperatura do corpo e/ou da pele	Sonda de temperatura ou adesivo para a pele
Taxa de respiração	Sensor piezoelétrico
Saturação do oxigênio	Oxímetro de pulso
Frequência cardíaca	Eletrodos de oxímetro na pele
Condutividade da pele	Resposta galvânica da pele
Som do coração	Fonocardiografia
Glicose no sangue	Medidores de glicose
Eletromiograma (EMG)	Eletrodos na pele
Eletroencefalograma (EEG)	Eletrodos no couro cabeludo
Movimentos do corpo	Acelerômetro

Fonte: Adaptado de PANTELOPOULOS e BOURBAKIS, 2010.

Além dos sensores citados, existem outros, muitos ainda em desenvolvimento. O uso dos sensores dos vestíveis são muito importantes para a monitorização de saúde do usuário. Os dados recebidos dos sensores podem ser processados localmente para desempenhar tarefas próprias do vestível, ou remotamente, no qual são processados por terceiros como, por exemplo, a monitoração da atividade cardiovascular (SARAIVA, 2009).

2.6 Dispositivos vestíveis comerciais

Para exemplificar o uso para a monitoração de saúde, serão apresentados alguns vestíveis comerciais e suas características. Foi escolhida a apresentação de vestíveis comerciais e não os protótipos apresentados por pesquisadores, pois o foco deste trabalho é o desenvolvimento de uma aplicação para um vestível comercial que monitora a saúde do usuário.

O site da Gartner (2016) demonstra que os dispositivos vestíveis mais vendidos são *headsets*, relógios e pulseiras. Isso explica o foco das empresas no desenvolvimento de pulseiras e relógios de maneira comercial, pois outros tipos de vestíveis são poucos que se encontram disponíveis para compra, sendo que muitos ainda são protótipos que esperam colaboração para o desenvolvimento e posterior venda. Seguindo o foco do trabalho, são apresentados alguns dispositivos comerciais já disponíveis para compra.

2.6.1 Apple Watch

As informações sobre o dispositivo vestível foram todas retiradas do site do fabricante. O *Apple Watch* (Figura 2.3) é o relógio inteligente da *Apple*. É um *smartwatch*

bem completo, pois possui várias funcionalidades nas áreas de acompanhamento de exercícios físicos, acompanhamento da saúde e exibição de notificações do *iPhone*. Além disso, possui vários modelos de pulseiras e caixas podendo ser personalizado na hora da compra.

Figura 2.3 – *Apple Watch*.



Fonte: APPLE, 2016.

Na área de notificações, o relógio vibra suavemente no pulso para avisar que há notificações. Ao receber mensagens no *iPhone*, basta levantar o pulso para ler as mesmas. No caso de um e-mail, são exibidos o assunto e o remetente e, ao tocar na tela, é possível ler o e-mail completo. Além disso, ele também exibe notificações do calendário e alertas de metas de atividades físicas.

Ainda na área de notificações, em ligações telefônicas, o relógio permite que a ligação seja ignorada simplesmente colocando a mão sobre o relógio ou que a ligação seja atendida diretamente nele. Qualquer notificação pode ser respondida por meio de frases curtas predefinidas, *emojis* animados, ditando a resposta por meio de áudio, por ações rápidas, ligações podem ser respondidas com mensagens e é possível retornar à ligação utilizando a Siri (sistema de voz da Apple). E, além de tudo isso, podem ser recebidas notificações de aplicativos. É possível personalizar quais notificações quer receber.

Na área de atividades físicas, o *Apple Watch* conta com um aplicativo nativo que dá um resumo das atividades diárias por meio de um gráfico simples com três círculos: ficar em pé, movimento e exercício. Há uma meta para ficar de pé, para perda de calorías e para exercícios físicos por dia. O relógio reconhece essas atividades por meio dos seus sensores. Além disso, basta selecionar a atividade física que realizará para que o aplicativo ligue os sensores necessários e monitore a atividade de forma adequada. Além disso, o relógio mostra lembretes para atingir as metas, exibe as conquistas pessoais e mantém um histórico de tudo o que foi percebido e realizado.

Na área de saúde, o *Apple Watch* monitora a frequência cardíaca sempre em segundo plano, mesmo quando não está se movimentando. Ele armazena, na conta do usuário na

Apple, os dados de todos os aplicativos de saúde e de atividades físicas e mostra gráficos. Além de todas as funcionalidades citadas, o relógio ainda tem várias outras que facilitam o dia-a-dia ou ajudam no uso do *smartphone* sem pegá-lo na mão. O *Apple Watch* funciona somente integrado com o *iPhone*. Está disponível para venda também no Brasil. O preço varia de aproximadamente R\$ 2.889,00 até R\$ 135.000,00, dependendo do modelo da pulseira e da caixa.

Como a área de relógios e pulseiras são as duas áreas nas quais mais encontram-se dispositivos vestíveis comerciais, o relógio da *Apple* tem um preço bastante alto e não tem tantas vantagens em relação a outros relógios inteligentes de menor custo como o *Motorola Moto 360*, o *LG Smart Watch Urbane*, o *Samsung Gear S*, entre outros. Pelo custo, o relógio apresenta muitas funcionalidades, mas poucos sensores (apenas três) se comparado com a pulseira da *Microsoft* que conta com 11 sensores.

Segundo a *Apple*, o *Apple Watch* apresenta as seguintes características:

- Caixa prateada ou preta de aço inoxidável;
- Cristal safira;
- Tela Retina com *Force Touch*;
- Parte de trás de cerâmica;
- *Digital Crown*;
- Sensor de frequência cardíaca, acelerômetro e giroscópio;
- Sensor de luz ambiente;
- Alto-falante e microfone;
- *Wi-Fi (802.11b/g/n 2.4GHz)*;
- *Bluetooth 4.0*;
- Bateria com até 18 horas de duração;
- Resistência a água;
- O *Apple Watch* pode vir com o *watchOS*, mas o *watchOS 2* está disponível de graça para *download*.

2.6.2 Valedo

As informações sobre o dispositivo vestível foram todas retiradas do site do fabricante. A *Hocoma*, uma empresa suíça que desenvolve equipamentos médicos terapêuticos, colocou no mercado o *Valedo* (Figura 2.4), que são dois sensores de movimento de alta precisão que auxiliam em exercícios terapêuticos para dores nas costas por meio de

jogos e exercícios que funcionam em um aplicativo *iOS/Android*. Os sensores comunicam-se com o *tablet* e/ou *smartphone* para a realização dos exercícios/jogos com reconhecimento dos movimentos. Um sensor é colocado acima do peito e o outro na coluna lombar.

Figura 2.4 – Sensores de Movimento da *Valedo*.



Fonte: VALEDO, 2016.

O aplicativo, que funciona com os sensores, tem mais de 50 exercícios terapêuticos com *feedback* em tempo real. Os exercícios são em formato de jogos que promovem o ganho de pontos e evoluções como em qualquer jogo, mas com o objetivo terapêutico. O *Valedo* foi desenvolvido por profissionais da área médica para disponibilizar exercícios que promovam a profunda estabilização dos músculos das costas. É possível ver a precisão dos movimentos, a suavidade e a acurácia por meio de gráficos e relatórios e mostrar para o médico ou fisioterapeuta.

Os sensores são envolvidos por uma capa de fácil manuseio e remoção; os equipamentos contam com componentes para a captura de movimento, como um giroscópio 3D, um acelerômetro 3D, um magnetômetro 3D e um preciso *9-axis* de cálculo de vetor dos ângulos dos movimentos e acelerações. As informações são transmitidas por *Bluetooth* para os equipamentos compatíveis; tem uma bateria com duração de 8 horas de uso contínuo que é carregada por meio de USB (*Universal Serial Bus*). O *Valedo* ainda não está à venda no Brasil e seu custo é 299 euros.

2.6.3 Owlet Smart Sock

As informações sobre o dispositivo vestível foram todas retiradas do site do fabricante. A *Owlet Smart Sock* (Figura 2.5) é uma meia desenvolvida para bebês e tem como principal alertar sobre os níveis de oxigênio do bebê. Este vestível usa a mesma tecnologia da oximetria de pulso, utilizada nos hospitais. Atualmente funciona somente com *iOS*, mas já está sendo desenvolvido o aplicativo para *Android*.

Figura 2.5 – Meia inteligente da *Owlet*.



Fonte: OWLET, 2016.

A meia se encaixa no pé do bebê e monitora seus níveis de oxigênio e batimentos cardíacos durante o sono. Ela é projetada para emitir um alerta caso a frequência cardíaca da criança ficar muito baixa ou o nível de oxigênio cair abaixo de um limite pré-definido. Ele funciona sem o *smartphone*, a base independente também emite o alerta, mas o *smartphone* exibe as taxas mesmo que o alerta não tenha sido disparado. A comunicação com o *smartphone* funciona por meio de *wireless*. O *Owlet Smart Sock* não está à venda no Brasil e seu custo é 249,99 dólares.

Segundo a OWLET (2016), o *Owlet Smart Sock* apresenta as seguintes características:

- Monitor de batimentos cardíacos;
- Monitor de níveis de oxigênio;
- Aplicativo para *iPhone*;
- Comunicação *Wireless*;
- Bateria recarregável;
- Acesso aos sinais vitais;
- Estação base independente;
- Alarmes para a estação base e para o *smartphone*;
- Tecnologia hospitalar (oximetria de pulso).

2.6.4 Microsoft Band

As informações sobre o dispositivo vestível foram todas retiradas do site do fabricante. A *Microsoft Band* (Figura 2.6) é a pulseira inteligente desenvolvida pela *Microsoft* que tem como principal objetivo o monitoramento das atividades físicas e da saúde. A pulseira conta com um aplicativo desenvolvido pela própria *Microsoft* com o mesmo nome da pulseira, mas a *Microsoft* fornece um manual e todo o suporte necessário para quem quiser

desenvolver novos aplicativos para a pulseira. É um dos poucos dispositivos vestíveis disponíveis no mercado que funciona com três plataformas: *iOS*, *Android* e *Windows Phone*.

Figura 2.6 – *Microsoft Band*.



Fonte: MICROSOFT, 2016.

A pulseira contém um sensor de batimentos cardíacos que monitora continuamente, seja parado ou fazendo atividades físicas. Ela também possui um assistente para atividades físicas no qual a pessoa escolhe a atividade que quer realizar e ela utiliza os sensores necessários para a sua monitoração. A pulseira também monitora a qualidade do sono, as calorias gastas e o número de passos dados durante o dia e à noite. Ao conectar com o *smartphone* por meio do *Bluetooth*, a pulseira exibe as notificações dele como e-mail, mensagens de texto e notificações do calendário. É possível também controlar a música que está tocando no *smartphone* conectado à pulseira.

No caso de ligações recebidas, é possível ignorar a ligação pela pulseira ou responder com uma mensagem, inclusive ditando por meio de áudio. Os dados de saúde e de atividades físicas são coletados e salvos no aplicativo *Microsoft Health*, que exibe alguns dados inclusive por meio de gráficos.

A descrição relatada no trabalho refere-se à segunda versão da pulseira, pois a primeira não está mais à venda e não consta mais no site da *Microsoft*. As mudanças da primeira para a segunda versão foram mais em termos estéticos e em acréscimo de sensores. O trabalho em questão utilizará primariamente a *Microsoft Band*, tanto a primeira versão da pulseira como a segunda. Nenhuma das versões dela está à venda no Brasil e o custo da versão 2 da pulseira é 174,99 dólares.

Segundo a Microsoft (2016), a *Microsoft Band* apresenta as seguintes características:

- Duração da bateria: 48 horas em uso normal;
- Sensores: Sensor óptico de batimentos cardíacos, *3-axis* acelerômetro e giroscópio, GPS, luz ambiente, temperatura da pele, UV, sensor capacitivo, reposta galvânica da pele, microfone, barômetro;
- Conectividade: *Bluetooth*;

- Resistente à água.

Após a apresentação dos vestíveis, no próximo capítulo serão apresentados alguns trabalhos correlatos com a proposta deste trabalho.

3 TRABALHOS CORRELATOS

O presente capítulo apresenta três trabalhos encontrados que se relacionam com o trabalho desenvolvido nesta monografia. Os mesmos são compostos de duas dissertações de mestrado e um artigo.

A primeira dissertação de mestrado apresenta o desenvolvimento de uma pulseira para a monitoração de sinais vitais, mostrando a criação tanto do *hardware* quanto do *software* da própria pulseira e não de algum dispositivo que possa vir a comunicar-se com ela. A segunda dissertação apresenta o estudo e desenvolvimento de um aplicativo de alertas médicos para os usuários, mas utiliza apenas as próprias funções do *smartphone* para isso e não faz uso de vestíveis, contudo foi escolhido como trabalho relacionado pela criação de uma aplicação médica móvel em *Android* que dispara alertas, o que também será utilizado neste trabalho. O artigo apresenta o desenvolvimento de um vestível para o monitoramento de doenças cardíacas, propondo tanto o desenvolvimento do *hardware*, por meio de integrações de componentes prontos, quanto do *software*.

3.1 Trabalho 1: Dissertação - Pulseira Inteligente para Monitorização de Funções Vitais

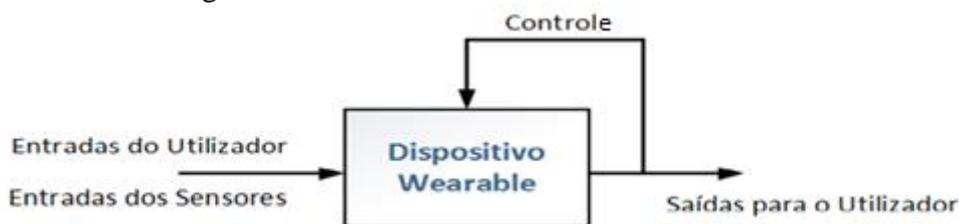
O subcapítulo em questão é todo sobre o trabalho de Godinho (2013), que apresenta a definição e a implementação de um dispositivo *wearable* para monitorização de sinais vitais. A proposta consiste na criação de uma pulseira (*hardware* e *software* que funciona na própria pulseira) que possa ser capaz de monitorar seus usuários o tempo todo que estiverem usando o dispositivo.

Os requisitos do sistema, determinados inicialmente pelo autor, instituem que o dispositivo interaja com outros sistemas e dispositivos por meio de formas de comunicação existentes. Além disso, a interface do sistema deve ser amigável, com rápida aprendizagem de utilização e interface intuitiva. O sistema necessita suportar um ambiente multi-aplicação, tolerância a falhas e validar dados colhidos em tempo real. Ele também deve permitir a transferência de mensagens, a escalabilidade de performance e a gestão dos recursos da melhor forma, aplicar a eficiência energética para melhor aproveitamento de consumo de energia, aplicar aspectos de segurança e confidencialidade da informação e permitir o diagnóstico e teste do sistema. Os cenários de aplicação definidos inicialmente são:

- Batimento Cardíaco: o sistema deve permitir a captura dos batimentos cardíacos. A informação pode ser visualizada na tela do próprio dispositivo referente a um determinado período de tempo, assim como, ser transmitido de forma segura para uma base de armazenamento;
- Temperatura e umidade corporal: a arquitetura conta com sensores para captura de temperatura e umidade corporal e deve ter a capacidade de contextualizar as medições para validá-las;
- Detecção de quedas: o sistema tem a capacidade de monitorar as acelerações e detecção de acelerações de choque, que indicam uma queda. Após a queda, será enviado um alerta com um pedido de auxílio, podendo fazer, inclusive, uma chamada de áudio de emergência.
- Monitorização de sono: é feita por meio das acelerações dos membros do corpo e de parâmetros cardíacos. Essas informações podem ser visualizadas no próprio dispositivo ou transferidas para outra forma de armazenamento e devem ser contextualizadas com outras informações.
- Chapa de identificação: o sistema permite o armazenamento de informações dos usuários. Um sistema de autenticação deve existir quando houver a adição ao sistema e a confidencialidade dos dados também deve ser garantida. As informações são tipo de sangue, porte de doenças, alergias e medicamentos continuados.

Na arquitetura de *hardware*, o dispositivo foi projetado com o intuito de receber entradas que podem ser incluídas pelo usuário ou capturadas pelos sensores, passa por um método de controle que processa as informações e devolve para o dispositivo e, por último, gera as informações da forma como devem ser mostradas e passa como saída para o usuário na tela. Essa arquitetura pode ser exemplificada pela Figura 3.1:

Figura 3.1 – Funcionamento básico do sistema.



Fonte: GODINHO, 2013.

Os componentes para o desenvolvimento do *hardware* do dispositivo foram escolhidos cuidadosamente para conciliar o tamanho reduzido com um baixo consumo de

energia, que são importantes para ter-se um dispositivo atraente. Como o *hardware* não faz parte deste trabalho, não serão detalhados os componentes nem suas características de forma específica, mas sim, mostrados os tipos de componentes utilizados para a criação do dispositivo.

Para poder interagir com outros equipamentos, foi escolhido um componente integrado para múltipla conectividade (o componente possui quatro tipos de comunicações diferentes). Ainda na área de comunicação, também faz parte dos componentes, um para comunicação *Bluetooth*. Um microcontrolador foi escolhido para colocar poder computacional no dispositivo. Também faz parte uma tela pequena o suficiente para enquadrar-se com o tipo de dispositivo. Na área de energia, foi escolhida uma bateria de polímeros de lítio. Na área de sensores, um acelerômetro tri-axial, um sensor de temperatura que mede a temperatura por meio de radiação infravermelha, dois pinos para medir a resistência da pele com a ajuda do microcontrolador e um sensor óptico para a medição de batimentos cardíacos.

A arquitetura de *software* segue uma espécie de abordagem orientada a eventos. Serão detalhados apenas alguns aspectos mais importantes do desenvolvimento do *software* do dispositivo. O desenvolvimento é feito em linguagens de nível mais baixo (como C, C++). Existem comandos para escrever na tela de LCD (*Liquid Cristal Display*) e apagar os dados na tela, tudo feito por *pixels* ligados ou desligados. A medição dos batimentos cardíacos é feita por meio da variação do volume de sangue, na qual uma luz é refletida sobre a pele e devolve a quantidade de luz refletida. Por meio de comandos essa quantidade é lida e repassada.

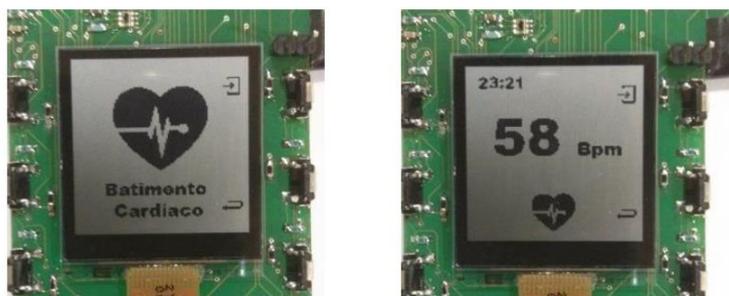
A medição de resistência da pele é feita por meio de tensão colocada nos contatos. Lê-se a tensão do primeiro contato e, em seguida, a do outro. A diferença entre as duas tensões resulta na resistência da pele ao fazer um cálculo com um valor de referência. Ao *software*, cabe a leitura dos valores e a realização do cálculo. A temperatura é uma informação obtida pelo sensor que é calculada pelo *software*, tanto do próprio objeto, quanto a temperatura ambiente.

O sistema operacional utilizado no dispositivo é o RTX (*Real Time eXecutive*), um sistema operacional de tempo real projetado para ARM (*Advanced RISC Machine*) e dispositivos *CortexM* (processadores), que permite criar programas que executam várias tarefas em simultâneo. Além disso, existe uma camada *Middleware*, que é responsável por gerenciar todos os acessos ao *hardware* para evitar concorrência e prevenir sobrecarga de

acessos. Essa camada conta com um gestor de recursos, um gestor de interface de utilizador e um gestor de eventos.

As aplicações presentes no dispositivo são Batimento Cardíaco, Temperatura e Umidade Corporal, Detecção de Quedas, Monitorização de Sono, Informação de Identificação e Chamada de Emergência. Para visualizar os batimentos cardíacos, o utilizador precisa escolher o menu “Batimento Cardíaco”, pressionar o botão de seleção e a visualização dos batimentos aparece na tela, conforme apresentado na Figura 3.2.

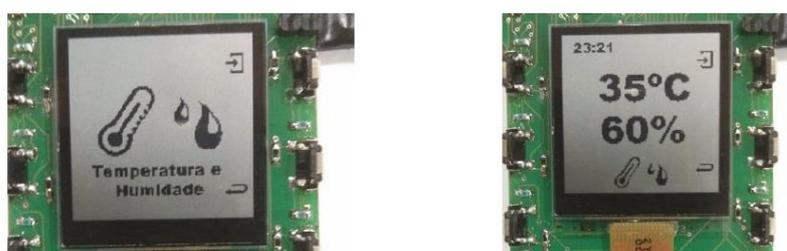
Figura 3.2 – Visualização da aplicação de batimento cardíaco.



Fonte: GODINHO, 2013.

Para todas as aplicações neste formato, o botão acima, com uma flecha e um quadrado, serve para entrar na aplicação e o botão abaixo com uma flecha em rotação, serve para voltar para a tela anterior. Para visualizar a temperatura e a umidade, o utilizador precisa escolher o menu “Temperatura e Humidade”, pressionar o botão de seleção e a visualização de temperatura e umidade aparecerão na tela conforme apresentado na Figura 3.3.

Figura 3.3 – Visualização da aplicação de temperatura e umidade.



Fonte: GODINHO, 2013.

Já a aplicação de detecção de quedas não é acessada por menu, pois é um serviço que está sempre ativo no dispositivo. Quando uma queda é detectada, o equipamento passa para um modo de alerta, conforme apresentado na Figura 3.4. Esse modo de alerta caracteriza-se por alertas de vibração e som, luz do LED (*Light Emitting Diode*) em vermelho e mensagem na tela para confirmar ou não a ocorrência da queda. Caso o utilizador não tenha reação, uma chamada de emergência é realizada para um número previamente cadastrado em uma aplicação no *smartphone* que se comunica com o dispositivo. Para que a chamada não seja

realizada, antes de 30 segundos, o utilizador precisa pressionar os dois botões da tela ao mesmo tempo.

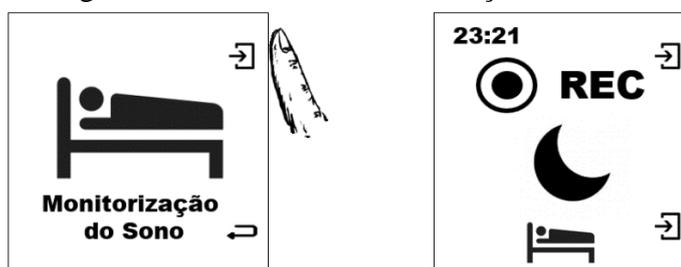
Figura 3.4 – Tela após detecção de queda.



Fonte: GODINHO, 2013.

Para a monitorização de sono, o utilizador precisa escolher o menu “Monitorização do Sono”, pressionar o botão de seleção e escolher entre as opções de gravar na memória interna ou enviar diretamente para um *smartphone* que se comunica com o dispositivo. A monitorização acontece até que os dois botões da tela sejam pressionados. O desenho das telas é apresentado na Figura 3.5.

Figura 3.5 – Menu de Monitorização do Sono.



Fonte: GODINHO, 2013.

A aplicação de informação de identificação também não consta no menu do dispositivo. Para acessá-la, é necessário pressionar o botão de SOS por cinco segundos. Neste momento, o dispositivo envia a informação armazenada para que possa ser lida por um dispositivo compatível e mostra na tela a informação de que isso está sendo feito, conforme apresenta a Figura 3.6.

Figura 3.6 – Aplicação em modo de transmissão da informação de identificação.



Fonte: GODINHO, 2013.

Por último, existe a aplicação de chamada de emergência. Esta aplicação também não consta no menu do dispositivo e pode ser acessada ao pressionar o botão de emergência por 10 segundos. Essa funcionalidade permite que o utilizador possa chamar alguém em uma situação em que ele sinta que não consegue se cuidar sozinho. Ao pressionar o botão de emergência (SOS), uma chamada é realizada para um número previamente cadastrado em uma aplicação no *smartphone* que se comunica com o dispositivo e exibe na tela uma indicação de que a chamada está em curso, conforme exemplifica a Figura 3.7.

Figura 3.7 – Indicação de chamada de emergência em curso.



Fonte: GODINHO, 2013.

O dispositivo criado no trabalho de Godinho (2013) tem a pretensão de ser uma pulseira. Ao final do trabalho, o autor apresenta um protótipo da pulseira com a localização do botão SOS e dos sensores. O protótipo pode ser visualizado na Figura 3.8.

Figura 3.8 – Protótipo do design da pulseira – a) parte frontal; b) parte posterior.



Fonte: GODINHO, 2013.

O autor não apresenta resultados de nenhum tipo de validação da pulseira, apenas apresenta a criação dela. Dessa forma, ele conclui que o desenvolvimento de um dispositivo deste tipo pode ser útil para a monitorização da saúde das pessoas de modo cômodo e prático, mas não apresenta dados concretos a respeito disso. O dispositivo foi desenvolvido de modo a permitir que futuras aplicações que venham a ser identificadas possam ser acrescentadas ao adaptar o sistema para isso. O desenho da pulseira foi bem-sucedido para um primeiro protótipo. No final, conclui-se que as funcionalidades do sistema podem ser maximizadas a fim de ser utilizado em outras situações, como, por exemplo, uma aplicação de busca e salvamento de pessoas, ou pode servir como um equipamento de monitorização independente.

3.2 Trabalho 2: Dissertação – Serviço Móvel de Alertas Médicos para o Utente

O subcapítulo em questão é todo sobre o trabalho de Velasquez (2015), que se baseia no estudo e criação de uma aplicação de alertas médicos para o usuário. O sistema proposto pelo autor baseou-se em uma pesquisa feita no mesmo trabalho para levantamento de necessidades dos profissionais de saúde e dos pacientes no que concerne a alertas médicos. A dissertação foi realizada em cooperação com a empresa *Kentra Technologies*, uma empresa europeia de *software* com enfoque na área da saúde.

No trabalho, o autor utiliza uma metodologia de *Service Design* (área de desenvolvimento de métodos e ferramentas para projetar serviços) para determinar quais fatores e alertas são mais relevantes na aplicação e trazem maior valor ao utilizador. Para isto, inicialmente foi realizado o estudo do serviço com o recolhimento de dados quantitativos e qualitativos por meio de entrevistas, observação hospitalar e questionários. A partir destes resultados, foi definido o projeto da aplicação implementada em *Android*. Por último, foi feita a validação do sistema com alguns utilizadores do mesmo.

O *Service Design* possui diversas metodologias. O autor optou pela utilização da metodologia *Multi-level service design*, que consiste em estudar a experiência do utilizador recolhendo dados por meio de entrevistas, observações, entre outras formas; desenhar o conceito do serviço utilizando, para isto, os dados colhidos no estudo; desenhar a estrutura do sistema do serviço identificando relações entre serviços e tarefas; e desenhar as interações do utilizador que identifica os pontos de contato do utilizador com as interfaces de serviço.

Na questão de experiência do utilizador, o primeiro estudo realizado foi a observação em hospitais. Foram escolhidos dois hospitais, um público e um privado e observado diversos níveis no que concerne principalmente no atendimento aos usuários dos serviços de saúde dos hospitais. Com a observação, foi possível perceber que muitas pessoas se dirigiam aos postos de atendimento para pedidos de informações, assim como, os serviços telefônicos tinham demanda de marcação ou desmarcação de consultas.

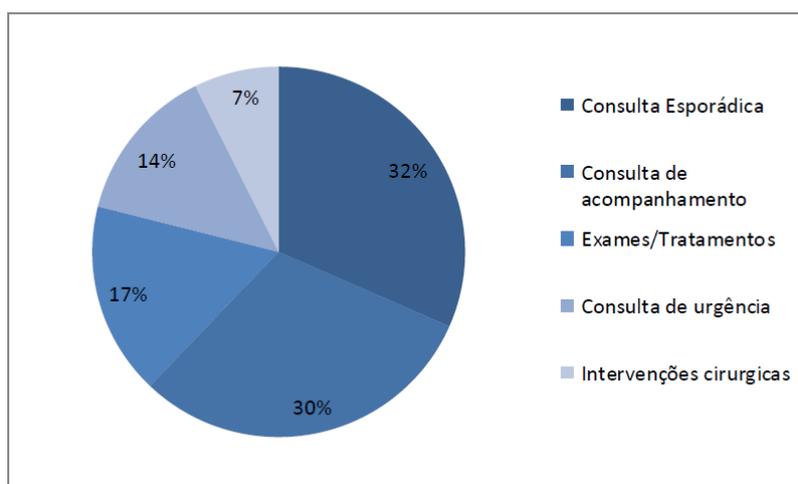
O segundo estudo realizado consistia em entrevistas tanto com profissionais de saúde quanto com os utilizadores dos serviços. Dois tipos de entrevistas foram realizados, semiestruturadas, que eram feitas a partir de um guia feito anteriormente (essas foram feitas somente para profissionais de saúde) e entrevistas espontâneas para averiguar os principais problemas dos utilizadores dos serviços.

Os profissionais de saúde apontaram como principais problemas a dificuldade dos pacientes de seguirem os tratamentos em casa e tomar corretamente as medicações, assim como, relatam que a principal queixa dos pacientes é o tempo de espera das consultas no ambulatório. Já os pacientes (utilizadores dos serviços) relatam como problemas o tempo de espera para a consulta e o tempo de espera para a marcação da primeira consulta, assim como, o preço elevado delas. Reclamam também da falta de algumas informações sobre processos ou direções dentro do hospital.

O terceiro estudo realizado consistia em um questionário para obter dados quantitativos dos problemas percebidos nos dois primeiros estudos. O questionário foi aplicado com 51 usuários dos serviços com idades entre 18 e 81 anos. Este consistia de quatro partes e foi aplicado eletronicamente. A primeira parte consistia apenas na obtenção de dados demográficos como sexo, idade e a posse de um *smartphone*. A segunda parte consistia em perguntas gerais sobre a experiência com os serviços de saúde e os motivos da visita. A terceira parte, perguntas sobre possíveis funcionalidades e o interesse nelas. E a última parte, uma seção opcional para pacientes com doenças crônicas.

No levantamento, foi possível perceber que os principais motivos que levam os usuários aos centros de saúde são consultas esporádicas e consultas de acompanhamento, conforme pode ser observado na Figura 3.9. Intervenções cirúrgicas e consultas de urgência são os motivos menos apontados.

Figura 3.9 - Respostas à pergunta: “Geralmente qual o motivo que o leva a dirigir-se ao centro de saúde?”



Fonte: VELASQUEZ, 2013.

Por meio do questionário, também foi possível verificar que 38% dos pacientes encontrava-se bastante insatisfeito com o tempo de espera, o que reforçou o resultado das entrevistas. Na questão de funcionalidades desejadas pelos usuários, houve um maior

interesse em saber o tempo médio de espera e se as consultas estão atrasadas, assim como, um grande interesse por consultar as prescrições médicas eletronicamente como pode ser verificado na Tabela 3.1. A consulta de exames e análise já não despertou tanto interesse.

Tabela 3.1 – Interesse nas funcionalidades. Escala de 1 (sem interesse) a 5 (grande interesse).

Questão	1	2	3	4	5
Saber tempo médio	0%	2%	27%	47%	24%
Saber consulta atrasada	0%	0%	8%	35%	57%
Consultar prescrição eletronicamente	6%	12%	16%	37%	29%
Consultar exames/análises	22%	29%	37%	8%	4%

Fonte: VELASQUEZ, 2013.

O questionário foi respondido, em sua maioria, por pessoas jovens e teve uma participação mais baixa do que a esperada. Nos outros estudos, foi observado que a maioria dos usuários dos serviços não são jovens, mas acredita-se que foi sua distribuição eletrônica que não alcançou os pacientes idosos. Contudo, a aplicação dele ajudou a corroborar alguns dados encontrados nos outros estudos.

A partir destas informações, observou-se que o maior número de oportunidades para alertas médicos estava na consulta médica. Isto compreende os serviços de consultas médicas e tratamentos. Com isto, na fase do desenho do conceito da cadeia de valor para o usuário, verificou-se dois pontos factuais para gerar mais valor ao utilizador dos serviços. Estes pontos concentram-se na espera pelo atendimento e na saída da consulta. Para melhorar as principais reclamações no primeiro ponto, o autor sugere algum serviço de entretenimento durante a espera pela consulta e alertas de consultas para diminuir atrasos ou faltas. Mas, para o sistema de alertas, as maiores oportunidades estão no segundo ponto, podendo gerar alertas para relembrar a posologia de um medicamento, entre outros.

Depois de realizado o estudo, constatou-se que as necessidades de alertas identificados são, principalmente:

- Posologia medicamentosa: alertas para a ingestão do medicamento indicando a dose, nome do mesmo e o número de vezes que já foi realizado. Pode ser gravado um histórico;
- Tratamentos: alertas para a realização de tratamentos semelhante ao de posologia;
- Consultas: alertas para próximas consultas, local, data/hora da consulta;

- Estado do serviço: alertas para consultas atrasadas e o estado de serviço quando estiver esperando na unidade de saúde;
- Informações genéricas: informações diversas de âmbito geral como campanhas de saúde e prevenção.

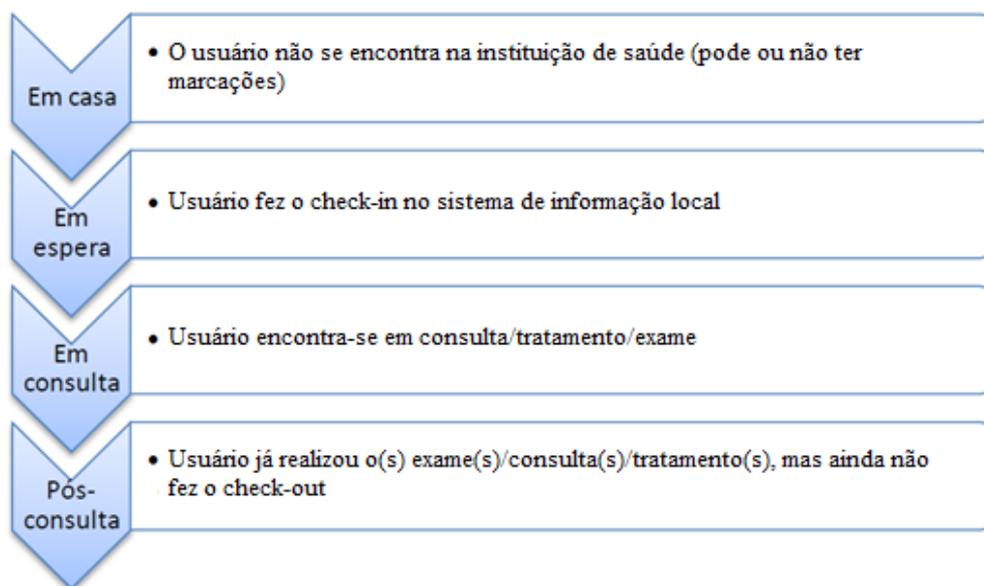
Para que os alertas possam existir, haverá a necessidade de um mecanismo de registro do usuário no serviço de alertas, que será iniciado no centro de saúde por trabalhar com dados sensíveis. Os alertas vão surgir no *smartphone* por meio de notificações que não atrapalhem o uso normal do aparelho. Ao registrar-se na unidade de saúde, o utilizador do serviço ganhará um código com o qual poderá fazer *login* na aplicação e começar a receber os alertas. Cada vez que houver uma mudança de estado, como a entrada na unidade de saúde ou a saída de uma unidade, é gerada uma sincronização destes dados.

A interação do usuário com a aplicação é mínima, já que o sistema pretende ser pró-ativo e mostrar os alertas na tela. As interações do utilizador identificadas são somente a realização do *login*, abrir a aplicação que exibe informações do estado que se encontra e expandir a notificação mostrada em cada alerta.

Para o desenvolvimento da aplicação, o sistema operacional escolhido foi o *Android*, devido à facilidade de acesso e maior disponibilidade de aparelhos para teste na validação do serviço. O servidor de alertas foi construído em *Google app engine for Java*, o que permite uma interface de comunicação para vários dispositivos móveis, caso a aplicação venha a ser expandida para outras plataformas.

Existem dois tipos de alertas principais, os alertas gerais e os alertas de mudança de estado (que não são visualizados pelo usuário). O primeiro consiste em campanhas gerais de saúde e o segundo é que determina os alertas específicos que serão exibidos para o usuário, pois em cada estado alertas diferentes podem ser mostrados. Os estados existentes podem ser visualizados na Figura 3.10.

Figura 3.10 – Estados possíveis dos usuários



Fonte: Adaptado de VELASQUEZ, 2013.

Como a conexão com a internet não está sempre assegurada, há um armazenamento dos dados persistentes para que os alertas possam ser exibidos mesmo com o *smartphone offline*. Contudo, as duas camadas de alertas principais, mudança de estado e alertas gerais necessitam de sincronização com a internet.

A validação deste serviço foi feita com um pequeno grupo de 6 pessoas com duração aproximada de uma hora. Entre os indivíduos, havia um médico, uma enfermeira e 4 pacientes de duas faixas etárias distintas. O aplicativo foi demonstrado para o grupo e pedido que classificassem de acordo com o fator de novidade, usabilidade, utilidade e observações adicionais para cada funcionalidade. Os pacientes avaliaram com notas de 1 a 5.

A validação do serviço teve êxito e as respostas foram positivas. O estado de serviço teve a menor nota no fator de novidade, visto que isso já existe nos centros de saúde em que há distribuição de senhas. Todas as funcionalidades obtiveram nota superior a 4 em usabilidade, o que mostra que a aplicação é fácil de usar. Os alertas de tratamento e os alertas de marcação foram os que receberam maior nota na utilidade, o que corrobora o estudo inicial.

No final, percebe-se que a metodologia seguida mostrou-se útil para definição de um serviço deste tipo. O autor conclui que os objetivos do trabalho foram atingidos e que estes alertas podem melhorar aspectos da experiência do usuário. Contudo, como a maioria dos frequentadores dos centros de saúde são pessoas idosas, a adesão ao aplicativo pode não obter uma taxa de sucesso a curto prazo. Como trabalho futuro, poderia haver a junção deste serviço

com outros serviços mais abrangentes, assim como, uma validação mais exaustiva da aplicação.

3.3 Trabalho 3: Artigo - *Development of Wearable Heart Disease Monitoring and Alerting System associated with Smartphone*

O subcapítulo em questão é todo sobre o trabalho de Watanabe et al. (2015), que apresenta a criação de um sistema vestível para o monitoramento e alerta de doenças cardíacas. O sistema atende pelo nome de “Dentan”, que monitora continuamente o usuário por meio de sensores ECG em suas atividades normais e alerta o paciente e as pessoas a sua volta se forem detectados comportamentos anormais do coração.

A motivação dos autores para a criação do sistema vem do fato que, atualmente, o coração só é monitorado por exames convencionais dentro dos consultórios ou por meio de acompanhamento 24 horas, quando o paciente veste um monitor de *Holter*. Contudo, algumas doenças do coração não são notadas neste momento e podem aparecer em outros momentos fora dos consultórios e, em outros dias da semana. Assim como uma pessoa pode ter um sintoma fatal fora do hospital ou após a saída do mesmo e detectar isso o mais rápido possível é importante para salvar a vida de alguém.

Basicamente, o “Dentan” é constituído de um sensor ECG sem fio que se comunica com o *smartphone* por meio de *Bluetooth*. A Figura 3.13 mostra a configuração geral do dispositivo “Dentan”.



Fonte: WATANABE et al., 2012.

O sensor ECG sem fio obtém os sinais de ECG por meio de eletrodos que são interligados no corpo do paciente através de fios de chumbo. Os dados do ECG são analisados internamente e, se alguma atividade anormal do coração é detectada, os dados relevantes são enviados para o *smartphone* utilizando *Bluetooth*.

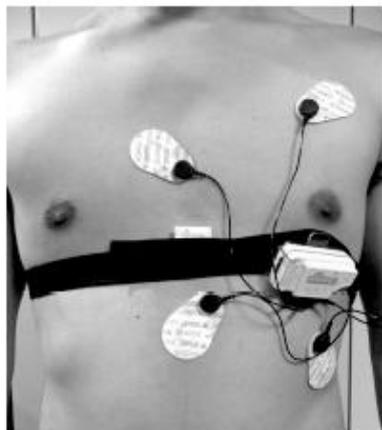
Para desenvolver o “Dentan”, os autores utilizaram um sensor ECG sem fio produzido pela empresa *Shimmer Research*, da Irlanda. Este sensor é construído com o sistema operacional *Tiny*, que é um sistema *open-source*, amplamente utilizado em sistemas embarcados e é programável como bem desejar.

O sistema “Dentan” foi programado para que o sensor ECG faça as seguintes atividades: contínua aquisição de dados ECG com frequência de 100 Hz; análise dos dados para detectar funções anormais do coração; envio dos dados e informações relevantes somente em situações anormais; e detecção de intenso movimento e fricção da roupa por meio de um acelerômetro para impedir a detecção de dados errôneos na análise do ECG. Além disso, foi utilizado como eletrodo o “*Clearode*”, da empresa *Fukuda Denshi Co.*, que é suficientemente tolerante ao movimento do usuário.

No *smartphone*, o sistema foi programado para fazer as seguintes tarefas: configuração do sistema ECG sem fio remotamente utilizando o *Bluetooth*; receber informações sobre o comportamento anormal do coração pelo *Bluetooth*; emitir um alerta para o paciente e para as pessoas ao redor por meio de som ou vibração; exibir na tela dicas de como lidar com a ocorrência; verificar a localização atual do paciente utilizando GPS; ligar para o médico ou para o sistema de emergência automaticamente; e gravar dados do ECG no momento da ocorrência.

Conforme pode ser visualizado na Figura 3.12, o sensor ECG do “Dentan” é utilizado anexando quatro eletrodos na pele e interligando-os com o sensor ECG por meio de fios de chumbo. O sensor está ligado ao corpo por meio da utilização de um cinto. Para que a comunicação com o *smartphone* funcione corretamente, o mesmo deve ser colocado até 10 metros do sensor do ECG.

Figura 3.12– Vestindo o “Dentan”.



Fonte: WATANABE et al., 2012.

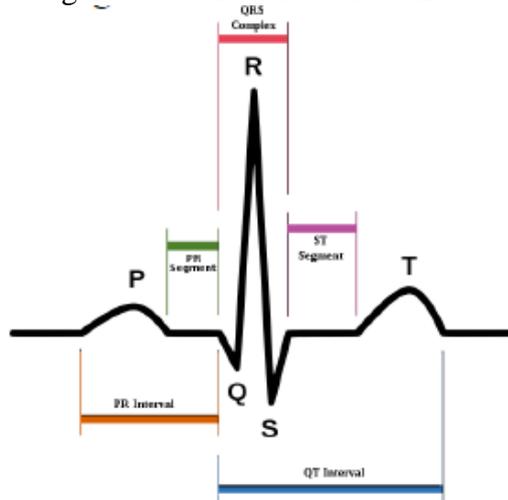
O sistema também foi programado para ter tipos de alertas diferentes dependendo da gravidade da anormalidade detectada, pois alertas simples com muito volume poderiam atrapalhar a vida do usuário. Esses quatro alertas vão desde um alerta indicando que uma ação imediata deve ser tomada, até uma simples gravação dos dados para ser visto mais tarde por um médico.

O nível urgente, quando o paciente está em uma situação que pode ser fatal, mostra medidas a serem tomadas na tela, emite um sinal sonoro ou vibra no nível máximo e faz uma chamada de emergência se nenhuma ação é tomada. O nível de alerta, quando o paciente precisa fazer alguma coisa, mostra medidas a serem tomadas e emite um sinal sonoro ou vibra no nível máximo. O nível de cuidado, quando o paciente só precisa ser informado, mostra medidas a serem tomadas e emite um sinal sonoro ou vibra no nível de alerta. O nível de gravação, quando basta gravar a situação, apenas armazena os dados para serem vistos posteriormente pelo médico. Independentemente do nível de urgência, todos os alertas são gravados para que o médico possa examiná-los mais tarde.

Para evitar falsos alertas, foi instalado um acelerômetro tri-axial acoplado ao sensor de ECG para monitorar os movimentos do paciente e excluir dados que foram gravados durante atividades de movimento do usuário. Isso é necessário porque o monitoramento é feito no dia-a-dia da pessoa e permite que ela realize todas as suas atividades normais.

A base para a captura e análise dos dados de um ECG é pautado nas ondas P, Q, R, S e T, conforme exibido na Figura 3.13. Para o sistema “Dentan”, dois tipos de algoritmos de análise de ECG foram desenvolvidos: o algoritmo de detecção de ondas R e um algoritmo para detecção de arritmia cardíaca utilizando as ondas R detectadas. A onda R apresenta a maior faixa de variação e é a mais fácil de detectar, conforme mostrado na Figura 3.13.

Figura 3.13 – Perfil de ondas ECG.



Fonte: WATANABE et al., 2012.

O primeiro algoritmo foi desenvolvido por meio de cálculos apenas para a detecção de ondas R, que serão utilizadas na identificação de arritmia cardíaca. Para detectar a arritmia cardíaca por fibrilação atrial, que é uma frequência cardíaca irregular, é medido o intervalo entre as ondas R (R-R) e é considerado anormal quando a variação dos batimentos ultrapassa um determinado nível. Para detectar arritmia cardíaca por extrassístole, que é um tipo de arritmia em que ocorre uma contração cardíaca anormal e atemporal, verifica-se que há a ocorrência de uma onda R menor que as outras, que não é detectada como onda R.

Para validar a acurácia dos algoritmos, alguns experimentos de demonstração foram realizados. O primeiro experimento consistia em analisar uma pessoa saudável em três ambientes: estado calmo (em pé, sentado, caminhando poucos metros, dentro de casa), estado ativo (correndo, andando, subindo e descendo escadas, ao ar livre) e estado de toque (troca de roupas). No estado calmo, percebeu-se uma precisão de 100% na detecção de ondas R. No estado ativo, a precisão foi de 99%, mas o pequeno erro de detecção pode ser tratado por uma avaliação médica. Já no estado de toque, a precisão foi de 84%, porque a fricção das roupas contra os fios de chumbo pode atrapalhar a detecção da onda R. Neste caso, os autores propõem uma melhoria no sistema apenas sugerindo que a medição seja feita novamente em um estado de calma.

O segundo experimento foi feito com pessoas com fibrilação atrial em estado de repouso. O experimento foi realizado com 20 pacientes. Neste experimento, o algoritmo teve uma acurácia de 100% em todos os 20 pacientes investigados com os dados do ECG acusando arritmia. O terceiro experimento foi feito com uma pessoa que experimenta extrassístole cerca

de três vezes em dois minutos. Ele vestiu o “Dentan” por 30 minutos para detectar dados do ECG. O algoritmo detectou arritmia ao não detectar a onda R em alguns momentos.

Como trabalho futuro, os autores pretendem que o “Dentan” possa detectar outras doenças cardíacas, pois atualmente ele detecta somente uma doença cardíaca não fatal como arritmia. Os autores pretendem investigar a implementação de algoritmos que possam detectar doenças graves como um infarto cardíaco, por exemplo. Também melhorar o dispositivo vestível, pois a configuração atual apresenta alguns problemas que podem ser resolvidos na adoção de um *design* exclusivo. E, por último, realizar um experimento de demonstração aplicando as funções em dispositivos autorizados para que possa ser aplicado em uma clínica de saúde. Com uma ideia parecida, este trabalho pretende demonstrar a criação de um aplicativo para a monitorização da saúde dos usuários. O aplicativo pretendido será apresentado no próximo capítulo.

4 O APLICATIVO

O trabalho em questão pretende mostrar a possibilidade de monitorar a saúde de pessoas utilizando vestíveis que capturam sinais e comunicam-se com *smartphones* para enviar os dados, além de alertar o usuário e outras pessoas quando algo está errado. O conceito do trabalho é bem amplo e pode envolver diversos dispositivos vestíveis e sensores. Contudo, como prova de conceito e trabalho inicial, o aplicativo que será apresentado neste trabalho pretende utilizar somente um vestível e capturar um sinal.

O aplicativo foi desenvolvido para *smartphones Android* que recebem a captura dos sinais do usuário por meio da comunicação com um dispositivo vestível. O dispositivo escolhido para a prova de conceito do trabalho é a pulseira *Microsoft Band*. A pulseira e suas características foram apresentadas no Capítulo 2 deste trabalho. Como a tela da pulseira é pequena, apenas funções básicas da aplicação podem ser configuradas para aparecer nela, mas o que controla a maior parte da funcionalidade geral é o aplicativo instalado no *smartphone*. Por esse motivo, esse capítulo apresenta o aplicativo, seus requisitos, diagramas e como é o sistema que captura e controla os dados.

De maneira geral, o sistema deve monitorar os batimentos cardíacos do usuário que estiver utilizando a pulseira. A aplicação mantém gráficos dos batimentos e também dispara alertas quando certos valores pré-configurados como anormais forem atingidos. Estes alertas são enviados para um *smartphone* que o usuário definirá previamente. A pulseira *Microsoft Band* possui um aplicativo próprio chamado *Microsoft Band* que pode ser instalado nos *smartphones*. A aplicação desenvolvida pela própria *Microsoft* possui também a função de capturar os dados dos batimentos cardíacos, mas com um objetivo voltado para o monitoramento de atividades físicas, assim como, não faz validação para verificar se a frequência está dentro do normal e, por este motivo, não envia alertas. Os alertas e o armazenamento da frequência cardíaca o tempo todo são os maiores diferenciais do aplicativo criado neste trabalho em relação ao nativo da pulseira.

Durante o estudo do manual do *Software Development Kit (SDK)* da pulseira, foi descoberto que o SDK disponibilizado para desenvolvimento permite a captura dos batimentos cardíacos somente no estado “em repouso”. O aplicativo nativo da pulseira, o *Microsoft Band*, dá suporte para captura de frequência cardíaca também na prática de exercícios físicos e funciona principalmente para a monitorização de esportes. Contudo, esta parte não é disponibilizada para desenvolvimento de outros aplicativos. Dessa forma, o

desenvolvimento deste trabalho tratará a frequência recolhida durante períodos de “repouso”, não necessariamente absoluto, mas sem a prática de grandes movimentos.

4.1 Requisitos

Os requisitos são as descrições dos serviços oferecidos pelo sistema e suas restrições. No geral, representam as necessidades dos clientes para resolver um problema que eles possuem como, por exemplo, controlar um dispositivo. Este levantamento de requisitos, geralmente, é validado com os clientes de forma que o produto final gerado atenda às expectativas dos mesmos. Um dos maiores problemas de engenharia de software é justamente a imprecisão na descrição dos requisitos, o que pode fazer o desenvolvedor criar algo que o cliente não quer (SOMMERVILLE, 2007).

Sommerville (2007) apresenta que uma das classificações frequentemente utilizada para os requisitos de sistema de software é a classificação em funcionais e não funcionais. A seção atual apresenta a definição desses requisitos para o aplicativo que será desenvolvido.

4.1.1 Requisitos Funcionais

Requisitos funcionais são descrições do que o sistema deve fazer, ou seja, os serviços fornecidos, a reação do sistema a determinadas entradas e como este deve se comportar em determinadas situações. Em alguns casos, também pode constar o que o sistema não deve fazer (SOMMERVILLE, 2007).

Neste trabalho, os requisitos funcionais terão a sigla RF (Requisito Funcional) seguida da numeração em ordem de exibição. Os requisitos para o aplicativo de que trata este trabalho estão definidos no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Requisitos Funcionais do Aplicativo.

ID	Nome	Descrição
RF01	Cadastrar Usuário	O usuário deve ser capaz de cadastrar-se no aplicativo informando nome, e-mail, senha e dados pessoais como altura, peso, data de nascimento, gênero e seleção de doença cardíaca se existir.
RF02	Fazer <i>Login</i>	O usuário deve ser capaz de fazer <i>login</i> no sistema.
RF03	Editar Dados	O sistema deve permitir a edição dos dados pessoais do usuário a qualquer momento.
RF04	Estabelecer Conexão com a Pulseira	O sistema deve conectar-se com a pulseira para a captura dos dados.

ID	Nome	Descrição
RF05	Cadastrar Contato de Alerta	O usuário pode cadastrar um contato para quem um alerta será enviado caso sejam identificadas condições anormais na frequência cardíaca.
RF06	Capturar Dados de Sensores	O sistema deve capturar os dados do sensor de frequência cardíaca todo o tempo que estiver ativo.
RF07	Cadastrar Valores Aceitáveis	O usuário pode cadastrar valores mínimos e máximos de frequência cardíaca “em repouso”. Valores padrões já estarão pré-definidos no sistema.
RF08	Enviar Alertas	O sistema deve enviar alertas caso o usuário apresente frequência cardíaca fora dos valores definidos como aceitáveis. Estes alertas serão enviados para um contato previamente cadastrado nos dados inseridos.
RF09	Armazenar Dados	O sistema deve armazenar os dados coletados que podem ser consultados futuramente.
RF10	Gerar Gráficos	O usuário deve ser capaz de gerar gráficos a partir dos dados armazenados, definindo um período desejado.
RF11	Exportar Dados	Os dados armazenados poderão ser exportados e enviados por e-mail para que possam ser apresentados inclusive para uma avaliação médica ou física.

Fonte: Próprio Autor.

4.1.2 Requisitos Não Funcionais

Requisitos não funcionais não estão relacionados às funções dos sistemas, mas a todas as outras questões que envolvem o *software* como, por exemplo, propriedades do sistema como tempo de resposta, confiabilidade e segurança. Geralmente definem restrições sobre os serviços ou funções do sistema. Em geral, aplica-se ao sistema como um todo e não a características individuais (SOMMERVILLE, 2007).

Neste trabalho, os requisitos não funcionais terão a sigla RNF (Requisito Não Funcional) seguido da numeração em ordem de exibição. Os requisitos para o aplicativo de que trata este trabalho estão definidos no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Requisitos Não Funcionais do Aplicativo.

ID	Nome	Descrição
RNF01	Sistema Operacional	O aplicativo deve ser suportado somente no sistema operacional <i>Android</i> .
RNF02	Comunicação	O <i>smartphone</i> suportado pelo aplicativo deve ter comunicação <i>Bluetooth</i> e rede 3G/4G para enviar os alertas.
RNF03	Coleta de Dados	A coleta deve ser realizada somente com a utilização da pulseira pelo usuário.

Fonte: Próprio Autor.

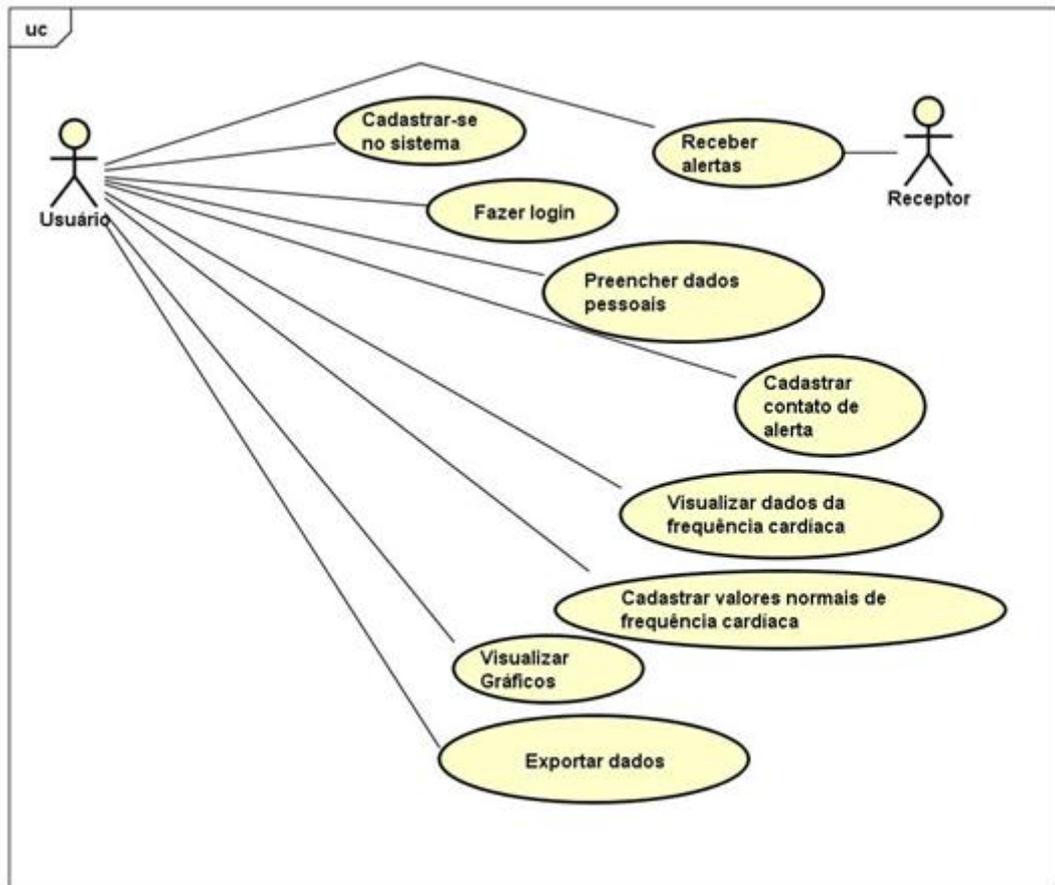
4.2 Modelagem UML

Os modelos são criados para ter-se uma ideia de como ficará o objeto real que será construído. No caso de objetos físicos, como uma casa, um carro, o modelo pode ser idêntico. Contudo, quando o que se quer construir é um *software*, o que se modela são as operações e funções que o software deve possuir (PRESSMAN, 1995).

A *Unified Modeling Language* (UML), ou Linguagem de Modelagem Unificada, em português, representa notações gráficas que auxiliam na definição e descrição de *software*, principalmente para aqueles construídos usando orientação a objetos (FOWLER, 2004). A UML consiste em vários diagramas que permitem definir diferentes formas de descrição do *software*. Neste trabalho será apresentado o diagrama de caso de uso para detalhar melhor as funcionalidades do sistema.

Os casos de uso representam uma técnica de obtenção de requisitos baseado em cenários de uso do *software*. A modelagem UML representa uma característica fundamental para a descrição das características do *software*. De forma simplificada, cada caso de uso representa uma interação com o sistema e os agentes envolvidos neste processo (SOMMERVILLE, 2007). O diagrama de casos de uso apresenta os atores envolvidos, os casos de uso e suas interações (FOWLER, 2004). O diagrama de casos de uso do sistema encontra-se na Figura 4.1.

Figura 4.1 – Diagrama de Casos de Uso do Aplicativo.



powered by Astah

Fonte: Próprio Autor.

4.3 Detalhamento dos Casos de Uso

Esta seção apresenta o detalhamento dos casos de uso com os passos envolvidos no cenário.

- **Caso de Uso 01: Cadastrar-se no sistema**

Caminho Feliz:

1. O caso de uso começa quando o usuário entra no sistema pela primeira vez. O sistema solicita que um cadastro seja realizado.

2. O usuário informa o nome, o e-mail, a senha e os dados pessoais como altura, peso, data de nascimento, gênero e seleção de doença cardíaca se existir. Em seguida, submete os dados.

3. O sistema solicita que o *login* seja realizado, através e-mail e senha.

4. O caso de uso termina.

Caminhos Alternativos:

- Usuário não informa algum dos dados: O sistema exibe um aviso de que o dado é obrigatório e permite o preenchimento do dado não informado.

- Usuário informa um e-mail inválido: O sistema exibe um aviso informando que o e-mail informado é inválido e permite a correção.

- Usuário sai da tela sem submeter os dados: Cadastro não é realizado.

• Caso de Uso 02: Fazer *login***Caminho Feliz:**

1. O caso de uso começa quando o usuário entra na tela de *login*. O sistema solicita e-mail e senha.

2. O usuário informa e-mail e senha e seleciona para realizar o *login*.

3. O caso de uso termina.

Caminhos Alternativos:

- Usuário informa um usuário não existente: O sistema exibe um aviso de que o usuário não existe e permanece na tela de *Login*.

- Usuário informa uma senha inválida: O sistema exibe um aviso de que a senha é inválida e permanece na tela de *Login*.

• Caso de Uso 03: Preencher dados pessoais**Caminho Feliz:**

1. O caso de uso começa quando o usuário solicita a edição dos seus dados. O sistema solicita dados pessoais adicionais do usuário como altura, peso, data de nascimento, gênero e seleção de doença cardíaca se existir.

2. O usuário faz as alterações necessárias e submete-os.

3. O sistema exibe a tela inicial com menu de opções.

4. O caso de uso termina.

Caminhos Alternativos:

- Usuário não informa algum dos dados: O sistema exibe um aviso de que o dado é obrigatório e permite o preenchimento do dado não informado.

- Usuário informa um e-mail inválido: O sistema exibe um aviso informando que o e-mail informado é inválido e permite a correção.

- Usuário sai da tela sem submeter os dados: Dados não são alterados.

- **Caso de Uso 04: Cadastrar contato de alerta**

Caminho Feliz:

1. O caso de uso começa quando o usuário escolhe a opção no menu. O sistema solicita os dados do contato como nome, e-mail e telefone.

2. O usuário informa os dados solicitados e submete-os.

3. O caso de uso termina.

Caminhos Alternativos:

- Usuário não informa algum dos dados: O sistema exibe um aviso de que o dado é obrigatório e permite o preenchimento do dado não informado.

- Usuário informa um e-mail inválido: O sistema exibe um aviso informando que o e-mail informado é inválido e permite a correção.

- Usuário sai da tela sem submeter os dados: Contato de alerta não é cadastrado ou, caso já exista, não é alterado.

- Usuário não cadastrou um contato de alerta: O sistema não emite alerta para o receptor.

- **Caso de Uso 05: Visualizar dados da frequência cardíaca**

Caminho Feliz:

1. O caso de uso começa quando o usuário escolhe a opção no menu. O sistema exibe os dados de frequência cardíaca e o *status* da captura.

2. O caso de uso termina.

Caminho Alternativo:

- *Bluetooth* desligado, pulseira desligada ou distante: O sistema emite um aviso de que não pode estabelecer a conexão com a pulseira.

- **Caso de Uso 06: Cadastrar valores normais de frequência cardíaca**

Caminho Feliz:

1. O caso de uso começa quando o usuário solicita o cadastramento de valores normais para a frequência cardíaca. O sistema exibe a tela com os valores pré-definidos e permite alteração.

2. O usuário informa os valores mínimos e máximos e submete-os.

3. O sistema salva os valores e retorna para a tela inicial.

4. O caso de uso termina.

Caminhos Alternativos:

- Usuário não informa algum dos dados: O sistema exibe um aviso de que o dado é obrigatório e permite o preenchimento do dado não informado.

- Usuário sai da tela sem submeter os dados: Dados não são alterados.

- **Caso de Uso 07: Visualizar gráficos**

Caminho Feliz:

1. O caso de uso começa quando o usuário solicita a visualização de gráficos. O sistema exibe tela que permite escolher o período.

2. O usuário informa o período desejado e solicita a visualização.

3. O sistema exibe os gráficos correspondentes.

4. O caso de uso termina.

Caminhos Alternativos:

- Usuário informa uma data e hora final inferior a data e hora inicial: O sistema emite um aviso de que a data e hora final não pode ser inferior a data e hora inicial e não exibe o gráfico.

- Usuário informa uma data e hora final superior a data e hora atual: O sistema emite um aviso de que a data e hora final não pode ser superior a data e hora atual e não exibe o gráfico.

- **Caso de Uso 08: Exportar dados**

Caminho Feliz:

1. O caso de uso começa quando o usuário solicita a exportação de dados de frequência cardíaca. O sistema exibe tela que permite escolher o período.
2. O usuário informa o período desejado e solicita a exportação.
3. O sistema salva os gráficos e os dados do período em um arquivo CSV (*Comma-separated values*) e envia por e-mail.
4. O caso de uso termina.

Caminho Alternativo:

- Usuário informa uma data e hora final inferior a data e hora inicial: O sistema emite um aviso de que a data e hora final não pode ser inferior a data e hora inicial e não exporta os dados.

- **Caso de Uso 09: Receber alertas**

Caminho Feliz:

1. O caso de uso começa quando o usuário apresenta frequência cardíaca fora dos valores normais. O sistema dispara um alerta para o usuário e para o receptor.
2. O caso de uso termina.

4.4 Protótipos de tela

Antes de iniciar o desenvolvimento do aplicativo, protótipos de tela foram elaborados para servirem como guia durante o processo de criação do *software*. Para a elaboração dos protótipos, foi utilizado um *software* chamado *Pencil*, que serve para a criação de telas de aplicativos para *smartphones*, páginas *web*, serviços *Desktop*, etc.

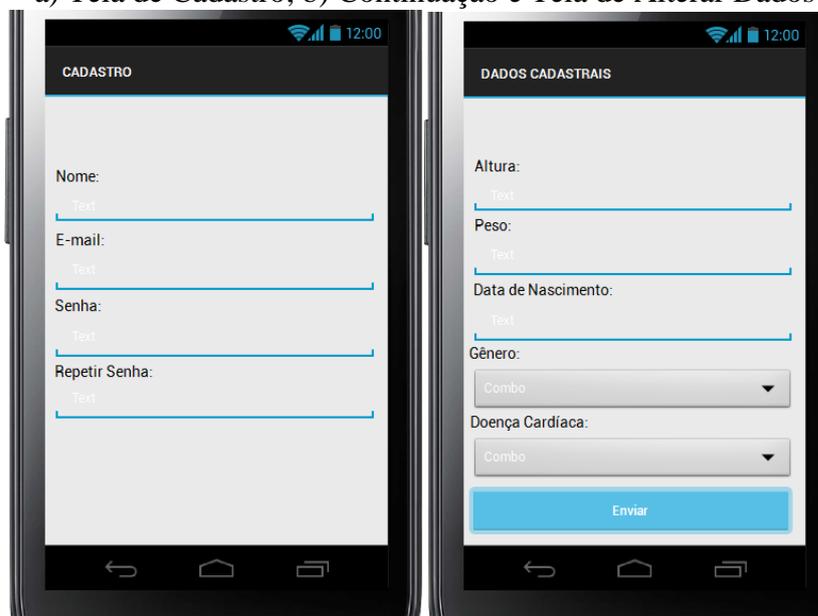
A primeira tela planejada, ao entrar no aplicativo pela primeira vez, é a de *Login*. Ela tem os campos para preencher o e-mail e a senha, o botão para fazer o *login* e um *link* para entrar na tela de Cadastro, conforme apresentado na Figura 4.2.

Figura 4.2 – Tela de *Login*.

Fonte: Próprio Autor.

A tela de Cadastro, acessada a partir da tela de *Login*, contém os campos nome, e-mail, senha e repetir senha. Uma continuação da tela de cadastro, que também compõe a de alteração de dados cadastrais e contém os campos altura, peso, data de nascimento, gênero e doença cardíaca, conforme mostrado na Figura 4.3.

Figura 4.3 – a) Tela de Cadastro; b) Continuação e Tela de Alterar Dados Cadastrais.



Fonte: Próprio Autor.

A tela principal é exibida logo após a realização do *login* ou quando abre o aplicativo já estando logado. Ela contém os menus de acesso às outras funcionalidades do aplicativo. As opções de menu são Monitoramento, Alterar Dados Cadastrais, Frequência Cardíaca Normal, Contato de Alerta e Visualizar Dados. A tela é mostrada na Figura 4.4.

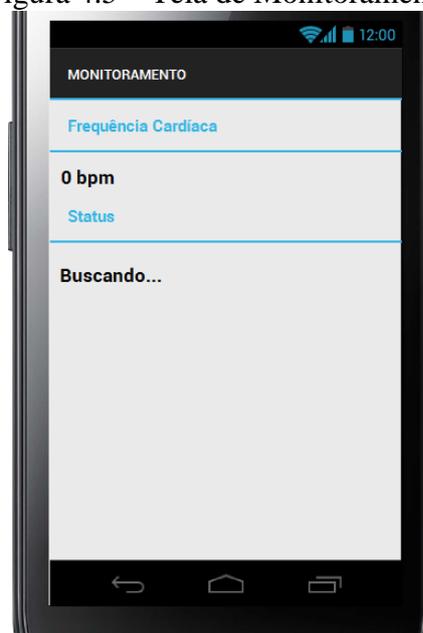
Figura 4.4 – Tela Principal.



Fonte: Próprio Autor.

A tela de Monitoramento exibe dois dados: Frequência Cardíaca e *Status*. A frequência cardíaca são os batimentos por minuto no momento em questão, capturados pela pulseira. O *status* exibe “Buscando...” se a pulseira está tentando capturar os batimentos ou “OK” se está capturando os batimentos corretamente, conforme mostra a Figura 4.5.

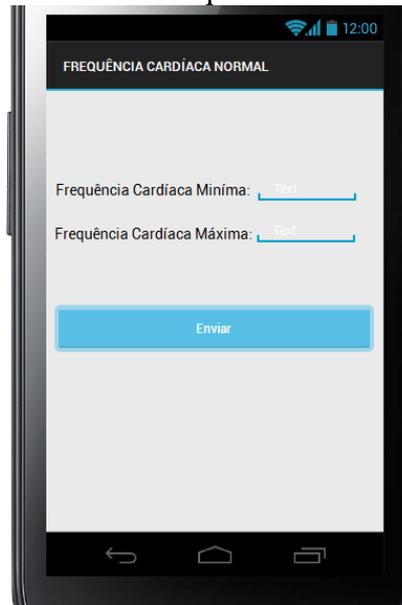
Figura 4.5 – Tela de Monitoramento.



Fonte: Próprio Autor.

A tela de Frequência Cardíaca Normal apresenta dois campos para alteração: Frequência Cardíaca Mínima e Frequência Cardíaca Máxima. Além disso, apresenta um botão para o envio das alterações, conforme mostra a Figura 4.6.

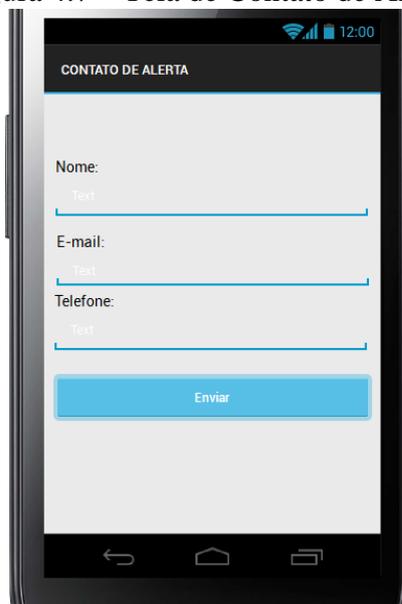
Figura 4.6 – Tela de Frequência Cardíaca Normal.



Fonte: Próprio Autor.

A tela de Contato de Alerta permite o preenchimento dos campos nome, e-mail e telefone. Se os campos já foram preenchidos anteriormente, apresenta a tela para edição. Se nunca foram preenchidos, são exibidos vazios. Abaixo, apresenta um botão para o envio dos dados do contato. Essa tela é apresentada na Figura 4.7.

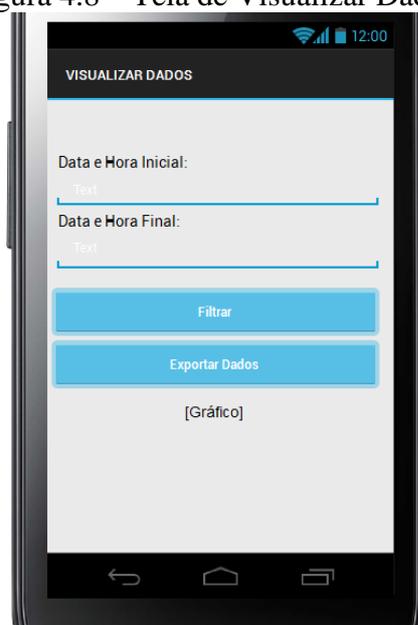
Figura 4.7 – Tela de Contato de Alerta.



Fonte: Próprio Autor.

E, por último, a tela de Visualizar Dados, conforme Figura 4.8, exibe dois campos para preenchimento: Hora e Data Inicial e Hora e Data Final. Os dois campos servem para filtrar os dados. O botão Filtrar mostrará um gráfico na mesma tela com os dados dentro dos horários escolhidos. Já o botão Exportar Dados serve para enviar um e-mail para o usuário com os dados dentro dos horários selecionados.

Figura 4.8 – Tela de Visualizar Dados.



Fonte: Próprio Autor.

Conforme citado anteriormente, os protótipos foram elaborados como guia para o desenvolvimento do aplicativo, mas não necessariamente refletem exatamente as telas reais do aplicativo que serão mostradas mais adiante. As funcionalidades dos botões e serviços que rodam por trás das telas também serão apresentadas neste trabalho.

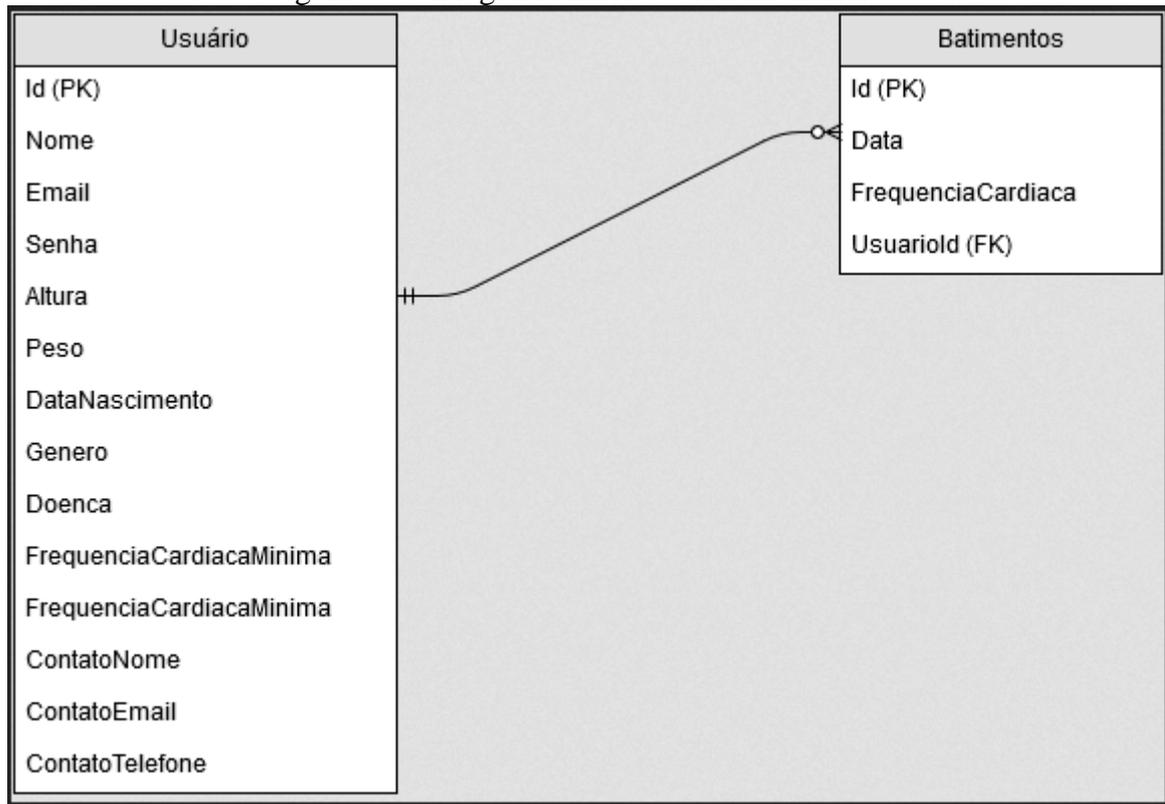
4.5 Diagrama Entidade-Relacionamento

Continuando na análise para desenvolvimento da aplicação, o planejamento de um sistema de banco de dados pode ser feito por meio de um Diagrama ER (Entidade-Relacionamento). O Diagrama ER é uma representação gráfica do Modelo Entidade-Relacionamento, que foi proposto por Peter Chan em 1970 (PUGA; FRANÇA; GOYA, 2013). Ele se propõe a apresentar um modelo conceitual que descreve entidades, relacionamentos e atributos (AMADEU, 2014).

De forma resumida, uma entidade é como uma representação de algo do mundo real que é independente, pode ser algo físico (casa, carro, por exemplo) ou algo conceitual (curso, por exemplo). Atributos são características das entidades. Um FUNCIONÁRIO pode ter um nome, um telefone e um cargo, por exemplo (AMADEU, 2014). O relacionamento é a relação ou associação entre as entidades (PUGA; FRANÇA; GOYA, 2013).

De forma simplificada, para guardar as informações de frequência cardíaca dos usuários, basta a existência de duas tabelas. O diagrama ER das tabelas do banco de dados é representado na Figura 4.9.

Figura 4.9 – Diagrama Entidade-Relacionamento.



Fonte: Próprio Autor.

Nas duas tabelas, o Id representa a *Primary Key* (PK) que é chave Primária que identifica cada elemento da tabela, por isso precisa ser única e não pode ser repetida. Na tabela Batimentos, o UsuarioId representa a *Foreign Key* (FK) que é o Id da tabela Usuário, o que identifica o relacionamento, ou seja, determina para qual usuário pertence cada batimento.

A ligação entre as tabelas tem alguns elementos que representam cardinalidade e obrigatoriedade dos relacionamentos. Os dois riscos no início da linha representam que é obrigatório que tenha pelo menos um usuário para que exista algum elemento na tabela Batimentos, mas a bolinha na outra ponta representa que não é necessário que exista algum batimento para que existam usuários. Os três riscos encostados na tabela Batimentos representam que para cada usuário podem existir vários batimentos, mas para cada batimento há apenas um usuário.

4.6 Desenvolvimento

O aplicativo desenvolvido para *smartphones Android* com os requisitos citados anteriormente é chamado de *Health Monitoring* e, inicialmente, tem como objetivo a monitoração constante da frequência cardíaca e o envio de alertas caso sejam identificadas condições anormais. Por limitações da própria pulseira *Microsoft Band*, a aplicação funciona

somente em *smartphones* com Sistema Operacional *Android 4.3* ou superior. Além disso, o telefone necessita possuir conexão *Bluetooth* e *3G/4G*.

O desenvolvimento da aplicação envolveu o uso de algumas ferramentas para a criação do aplicativo e do *web service*, o que permitiu o armazenamento dos dados de frequência cardíaca no banco de dados na nuvem. As próximas subseções apresentam as ferramentas e as linguagens de programação utilizadas, as particularidades do desenvolvimento da comunicação com a pulseira, o *web service* e as funcionalidades.

4.6.1 Ferramentas e Linguagens de Programação Utilizadas

Para o desenvolvimento do aplicativo *Android* foi utilizado o *Android Studio*, ferramenta atual para o desenvolvimento de aplicativos nativos do Sistema Operacional. Para fazer o *download* do mesmo, basta entrar no site oficial (<https://developer.android.com/studio/index.html?hl=pt-br>) e baixá-lo. Basicamente, é o *Integrated Development Environment* (IDE) oficial do *Android*, podendo ser instalado no *Windows*, *Mac* ou *Linux*.

A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento de aplicativos para o Sistema Operacional em questão é a linguagem *Java*. Ela é mantida atualmente pela *Oracle* e utilizada para o desenvolvimento não somente para *smartphones*, como também para softwares *Desktop* e sistemas *web*. Apesar da utilização do *Java*, o desenvolvimento para o *Android* depende de algumas bibliotecas específicas e alguns detalhes que são utilizados para somente esse tipo de aplicação.

A aplicação conta também com um sistema de *back-end*. Esse sistema traduz-se em um *web service*, que foi desenvolvido com duas finalidades: estabelecer conexão com um banco de dados na nuvem e armazenar os dados, assim como buscá-los quando necessário e criar a lógica de envio de e-mails, funcionalidade que será explicada mais adiante. Um *web service* é uma solução que permite integrar aplicações por meio da internet independente da linguagem em que foram escritas (BARBOSA, 2015).

O *web service* deste trabalho foi desenvolvido utilizando a plataforma ASP.NET e a ferramenta para desenvolvimento *Visual Studio*. A linguagem utilizada foi o *C#*, linguagem que também pode ser utilizada para aplicações em *smartphones*, softwares *Desktop*, além dos próprios sistemas *web*. Tanto a linguagem *Java* quanto a linguagem *C#* são linguagens orientadas a objetos e são semelhantes em vários aspectos.

Para a comunicação de dados entre o serviço *web* e a aplicação no *smartphone* foi utilizada a linguagem *Json*, que é apenas uma notação mais simplificada que a linguagem *XML* para a transmissão de dados na *web*. O objeto a ser transferido é convertido no formato *Json* para ser enviado e, ao ser recebido pela outra parte, é convertido novamente para um objeto e utilizado de acordo com sua finalidade. Isso foi muito utilizado para a transmissão dos dados que precisavam ser salvos no banco, assim como a recuperação destes dados para algum objetivo final.

O Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) escolhido para o armazenamento de dados na nuvem foi o *Microsoft SQL Server*, principalmente por sua popularidade e integração com o sistema do *web service*, o que permite a criação e a alteração dos dados por meio de comandos no próprio serviço *web*. Além disso, um SGBD local no *smartphone* foi utilizado para o armazenamento temporário de informações, o *SQLite*, que é padrão para o Sistema Operacional *Android*.

Por último, para a hospedagem do *web service* e do banco de dados utilizou-se de um serviço de infraestrutura na nuvem provido pela *Amazon Web Services (AWS)*. Foi escolhida uma máquina virtual na nuvem com *Windows Server 2012* na qual foi colocado o *web service* e criado o banco de dados.

4.6.2 Frequência Cardíaca na *Microsoft Band*

Para o desenvolvimento de aplicativos de conexão com a pulseira *Microsoft Band*, a *Microsoft* disponibiliza uma espécie de manual conhecido como *SDK Documentation*. Esse documento apresenta, de maneira geral, como desenvolver aplicativos para cada uma das plataformas suportadas, fazendo conexão com a pulseira. Para começar, o manual descreve a pulseira e cada sensor, informando que o SDK só provê recursos para a captura de batimentos cardíacos em repouso, o que já foi citado anteriormente (MICROSOFT BAND, 2016).

Além do manual, a *Microsoft* também disponibiliza o SDK para o *download* em seu site, assim como alguns exemplos para cada plataforma que servem como guia de desenvolvimento. O aplicativo deste trabalho foi desenvolvido para o sistema operacional *Android*, mas há suporte para as plataformas *Windows*, *Windows Phone* e *iOS* também.

Para o início do desenvolvimento de um aplicativo *Android*, é necessário colocar a permissão adequada para a comunicação com a *Band* e uso do *Bluetooth* no *Android Manifest*. As duas linhas de código na Figura 4.10 demonstram essas permissões.

Figura 4.10 – Permissões Necessárias.

```

6 <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH" />
7 <uses-permission android:name="com.microsoft.band.service.access.BIND_BAND_SERVICE" />

```

Fonte: Próprio Autor.

Após colocar as devidas permissões, há a necessidade de estabelecer uma comunicação com a pulseira. Na Figura 4.11, é apresentado o código que faz a conexão com a pulseira.

Figura 4.11 – Método de conexão com a *band*.

```

213 private boolean getConnectedBandClient() throws BandException, InterruptedException {
214     if (bandClient == null) {
215         BandInfo[] pairedBands = BandClientManager.getInstance().getPairedBands();
216         if (pairedBands.length == 0) {
217             appendToUI("Microsoft Band não está pareada com seu smartphone.");
218             return false;
219         } else {
220             bandClient = BandClientManager.getInstance().create(getBaseContext(),
221                 pairedBands[0]);
222         }
223     } else if (ConnectionState.CONNECTED == bandClient.getConnectionState()) {
224         return true;
225     }
226
227     return ConnectionState.CONNECTED == bandClient.connect().await();
228 }
229 }

```

Fonte: Próprio Autor.

O método apresentado na Figura 4.11 retorna um *boolean*, *true* se a conexão for estabelecida corretamente ou já foi estabelecida ou *false* se a pulseira não estiver pareada. Basicamente, primeiro é testado se não existe nenhuma conexão. Se não existir, o método procura por pulseiras pareadas e retorna a primeira que existir. Após, testa se já não existe uma conexão com a pulseira, caso não exista, o método estabelece a conexão e retorna *true* caso tenha sido feita corretamente. Esse método depois é chamado para estabelecer a conexão com a pulseira e ficar verificando se ela está conectada.

A comunicação com cada sensor exige um tipo diferente de acesso aos dados. O sensor de frequência cardíaca é um dos sensores que requerem consentimento do usuário, pelo menos a primeira vez em que é acessado. A obtenção do consentimento está ilustrada no código da Figura 4.12.

Figura 4.12 – Classe de solicitação de consentimento para o sensor de batimentos cardíacos.

```

160 ..... private class HeartRateConsentTask extends AsyncTask<WeakReference<Activity>, Void, Void> {
161 .....
162 ..... @Override
163 ..... protected Void doInBackground(WeakReference<Activity>... weakReferences) {
164 .....     try{
165 .....         if (getConnectedBandClient()) {
166 .....             if (weakReferences[0].get() != null) {
167 .....                 if (bandClient.getSensorManager().getCurrentHeartRateConsent()
168 .....                     != UserConsent.GRANTED) {
169 .....                     bandClient.getSensorManager().requestHeartRateConsent
170 .....                         (weakReferences[0].get(), new HeartRateConsentListener() {
171 .....                             @Override
172 .....                             public void userAccepted(boolean consentGiven) {
173 .....                                 }
174 .....                             });
175 .....                         }
176 .....                     }

```

Fonte: Próprio Autor.

A solicitação de consentimento para a captura de batimento cardíacos do usuário é feita por uma classe incluída dentro da classe que o executa, mas que roda uma tarefa em paralelo por meio do uso da classe *AsyncTask*, muito utilizada no *Android* para execução de tarefas paralelas. A *AsyncTask* permite que um determinado código seja executado o tempo todo dentro daquele contexto, sem atrapalhar outras atividades. Ela sempre é chamada por seu método principal que é sobrescrito no código (*doInBackground*). Neste caso, a concessão precisa rodar em paralelo, pois é necessário sempre verificar se ela foi concedida e, se não, pedir a concessão naquele momento.

Dentro do método principal, primeiro é verificado se a pulseira está conectada chamando o método explicado anteriormente. Se estiver, ele testa se a tela ainda foi removida da memória. Se não, é verificado se o consentimento não foi dado anteriormente. Assim, se é a primeira vez que está acessando a tela ou o consentimento não foi dado anteriormente pelo usuário, a concessão para captura dos batimentos cardíacos é solicitada ao usuário por meio de uma caixa de diálogo.

No aplicativo desenvolvido para este trabalho, optou-se por realizar a verificação de concessão do usuário somente na tela principal, se o usuário não der a concessão na tela principal, será avisado nas outras telas ou será solicitado quando entrar novamente nesta tela. Isso acontece somente uma vez após a instalação do aplicativo, se o usuário der a permissão, ela não será mais solicitada naquele *smartphone*.

Para a captura dos batimentos cardíacos, uma outra classe que roda em paralelo foi utilizada. Esta classe também utiliza serviços da classe *AsyncTask*, pois necessita ficar rodando assincronamente enquanto o usuário executa outras tarefas. A captura dos batimentos cardíacos está na Figura 4.13.

Figura 4.13 – Classe de obtenção da Frequência Cardíaca o tempo todo.

```

91 private class HeartRateSubscriptionTask extends AsyncTask<Void, Void, Void> {
92
93     @Override
94     protected Void doInBackground(Void... params) {
95         try {
96             if (getConnectedBandClient()) {
97                 if (bandClient.getSensorManager().getCurrentHeartRateConsent()
98                     == UserConsent.GRANTED) {
99                     bandClient.getSensorManager().registerHeartRateEventListener
100                        (heartRateListener);
101                 } else {
102                     appendToUI(txtStatus,
103                         "Você não tem permissão para acessar os dados de " +
104                         "Frequência Cardíaca ainda.");
105                 }
106             }
107         }
108     }
109 }

```

Fonte: Próprio Autor.

A classe de obtenção dos batimentos cardíacos inicia testando também a conexão com a pulseira em seu método principal, fazendo isso igualmente pela chamada do método explicado anteriormente. Caso haja conexão, faz o teste se a permissão foi concedida. Se o usuário deu a permissão na tela principal, o método faz o registro do evento de Batimentos Cardíacos, passando como parâmetro um atributo criado para este evento.

Quando o evento é instanciado no método principal da classe que o executa, um método da interface é sobrescrito e é possível manipular os dados da frequência cardíaca ao realizar também a chamada do método acima. É possível mostrar na tela a quantidade de batimentos cardíacos e a qualidade da medição. A qualidade é dividida em duas: *LOCKED* e *ACQUIRING*. O primeiro representa que a pulseira está lendo os batimentos corretamente e o segundo que a pulseira está tentando buscar os batimentos corretos. Além de mostrar na tela, também é possível salvar esses dados ou manipulá-los de forma diferente.

No aplicativo desenvolvido, a captura dos batimentos cardíacos e a execução desta classe é feita em dois momentos distintos. Em uma das telas, essa captura é feita e exibida na tela juntamente com a qualidade da medição. Além disso, após a realização do *login*, roda um serviço em segundo plano, cujos detalhes serão explicados na subseção de funcionalidades. Este serviço também faz a captura dos batimentos como a tela, mas com o objetivo de salvar no banco de dados.

Para a conexão com a pulseira e a captura da frequência cardíaca do usuário, basicamente são utilizados estes métodos e classes. Métodos e classes adicionais podem ser utilizados para manipulações específicas ou para a leitura de outros sensores, mas isso não foi feito na criação deste aplicativo.

4.6.3 Web Service

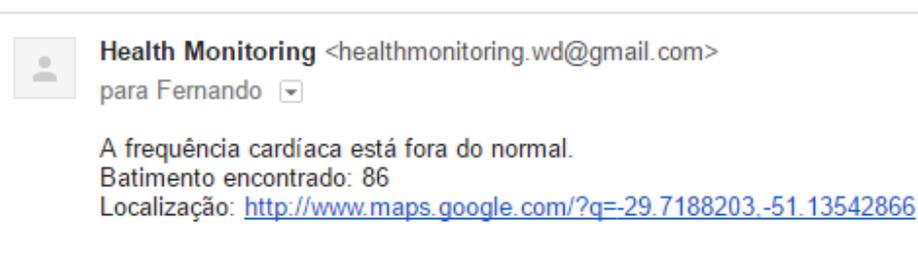
O *backend* de uma aplicação pode servir para a execução de funções mais complicadas de serem executadas localmente, assim como, para salvar os dados em um banco de dados mais robusto e poder recuperá-los em qualquer dispositivo por meio de *internet*. Um *web service* foi desenvolvido para desempenhar a função de estabelecer a comunicação com um banco de dados na nuvem e salvar os dados, assim como, executar o serviço de envio de e-mails. O envio poderia ter sido feito localmente, mas foi escolhida a utilização do *web service* para este fim.

Para a comunicação entre aplicação e servidor, os métodos *POST*, *GET* e *PUT* são utilizados. No *POST*, dados são recebidos em formato *Json*, convertidos para um objeto e salvos no banco de dados ou utilizados para o envio de um e-mail (os e-mails enviados e suas condições serão explicados adiante). No *GET*, dados que atendem uma determinada condição são recuperados do banco de dados e enviados em formato *Json* para a aplicação. No *PUT*, dados são recebidos em formato *Json*, convertidos para um objeto e salvos no banco de dados alterando as informações de um registro já existente.

Existem dois tipos de e-mails enviados, o e-mail de alerta e o e-mail de exportação de dados. No e-mail de alerta, que é enviado quando o usuário tem os batimentos cardíacos com um valor menor que o mínimo ou maior que o máximo para um contato de alerta, o método recebe a localização do usuário, conecta-se com o e-mail healthmonitoring.wd@gmail.com criado para este fim e envia um e-mail para o e-mail cadastrado no contato de alerta com o nome do usuário, a frequência cardíaca encontrada no momento e um *link* com a localização da pessoa, conforme Figura 4.14.

Figura 4.14 – Exemplo de e-mail de Alerta.

Frequência Cardíaca fora do normal - Priscila



Fonte: Próprio Autor.

O outro e-mail é o de exportação de dados. O método que envia este e-mail recebe um filtro do aplicativo com data e hora inicial e final, busca os valores no banco de dados que estão dentro destas condições, conecta-se com o mesmo e-mail citado acima e envia um e-

mail para o próprio usuário com os dados. Estes são enviados em anexo dentro de um arquivo CSV. Para a montagem do arquivo, a data e hora e os batimentos são separados por vírgula e colocados dentro do arquivo anexo. Um exemplo de e-mail é mostrado na Figura 4.15.

Figura 4.15 – Exemplo de e-mail de Exportação de Dados.

Frequência Cardíaca



Fonte: Próprio Autor.

O *web service*, então, fornece o serviço de gestão do armazenamento do banco de dados na nuvem e o envio dos e-mails necessários. Como o banco de dados conta com apenas duas tabelas mostradas anteriormente no Modelo ER, o servidor não é complexo e a maior parte do código e das funcionalidades está concentrado no próprio aplicativo *Android*.

4.6.4 Funcionalidades do Aplicativo

O aplicativo desenvolvido foi nomeado *Health Monitoring*, já pensando em uma futura evolução para monitorar outros sinais e auxiliar na saúde. Atualmente, o aplicativo monitora a frequência cardíaca dos usuários.

Quando o usuário abre o aplicativo, a primeira tela exibida depende se ele está logado ou não. Se o usuário estiver logado e não tiver feito o *logout*, abre a tela principal. Caso o usuário nunca tenha se logado ou tiver saído da sua sessão, abre a tela de *Login*.

A tela de *Login* é a primeira tela que abre logo ao instalar o aplicativo ou quando o usuário não estiver logado. Existem dois campos para preenchimento nesta tela, o campo e-mail e o campo senha. Logo abaixo, o botão para realizar o *login* é exibido. E, por fim, um *link* para realizar o cadastro. Se o usuário estiver acessando pela primeira vez e não tiver realizado o cadastro, ele vai clicar no *link*. Este direciona para a tela de cadastro.

A tela de cadastro contém vários campos para preenchimento ou seleção: nome, e-mail, senha, repetir senha, altura (em cm), peso, data de nascimento, gênero e doença. Devido ao número de informações solicitadas, a tela conta com uma barra de rolagem, conforme pode ser visto na Figura 4.16.

Figura 4.16 – Tela de Cadastro.

A imagem mostra a seguinte estrutura de campos:

- Nome:** Campo de texto com uma linha de erro em rosa.
- E-mail:** Campo de texto.
- Senha:** Campo de texto.
- Repetir Senha:** Campo de texto.
- Altura (em cm):** Campo de texto.
- Peso:** Campo de texto.
- Altura (em cm):** Campo de texto (repetido).
- Peso:** Campo de texto (repetido).
- Altura (em cm):** Campo de texto (repetido).
- Peso:** Campo de texto (repetido).

Os campos de seleção são:

- Altura (em cm):** Campo de texto.
- Peso:** Campo de texto.
- Data de Nascimento:** Campo de texto.
- Gênero:** Seleção com opções Feminino e Masculino.
- Doença:** Seleção com opção Nenhuma.

Um botão 'ENVIAR' está localizado no canto inferior direito da tela.

Fonte: Próprio Autor.

Cada campo conta com algumas regras de preenchimento validadas pelo aplicativo antes de enviar os dados e passadas como alerta para o usuário caso este digite dados que não atendam aos requisitos. Todos os campos são obrigatórios. O campo Senha deve conter entre 4 e 8 caracteres. O campo Repetir Senha é comparado com o campo Senha para validação de igualdade. O endereço de e-mail só é considerado válido se tiver “@” e “.”. A altura deve conter 3 dígitos. E, por último, o peso, deve conter menos de 6 dígitos. O campo Data de Nascimento não necessita de validação, porque foi utilizado um componente do *Android* para o usuário selecionar a data em um calendário. Os outros dois (gênero e doença) são de seleção. As doenças que constam no campo Doença foram escolhidas para exibição no protótipo levando em consideração doenças cardíacas ou com risco cardíaco citadas no artigo de Evora, Nather e Rodrigues (2014). Qualquer dado que não passar pela validação inicial, quando o usuário clicar no botão Enviar, vai retornar com um aviso ao lado.

Considerando que o usuário tenha preenchido todos os campos corretamente, ao clicar no botão Enviar, o cadastro é efetivado e os dados são enviados para um banco de

dados na nuvem. Para demonstrar que os dados foram enviados, uma mensagem de envio de dados com sucesso aparece na tela. Caso haja algum erro de comunicação, o sistema exibe uma mensagem de falha. Vale ressaltar que para qualquer transação de envio de dados com sucesso realizada no aplicativo, a internet precisa estar conectada.

Após a realização do Cadastro, o sistema direciona o usuário novamente para a tela de *Login*, que é mostrada na Figura 4.17. Como citado anteriormente, esta tela contém dois campos para preenchimento. O usuário deve informar o e-mail cadastrado e a senha. Ao clicar no botão *Login*, as mesmas validações de e-mail e de números de caracteres da senha é realizado antes da comunicação com o banco de dados. Quando estas duas validações estão corretas, o sistema busca no banco de dados primeiro um usuário com aquele e-mail. Se o usuário não existe, retorna com uma mensagem informando que o usuário não existe. Se existe, confere a senha. Quando a senha não confere com a cadastrada, retorna com uma mensagem informando esse erro. Caso confere, o *Login* é realizado e o sistema direciona o usuário para a tela principal.

Figura 4.17 – Tela de *Login*.

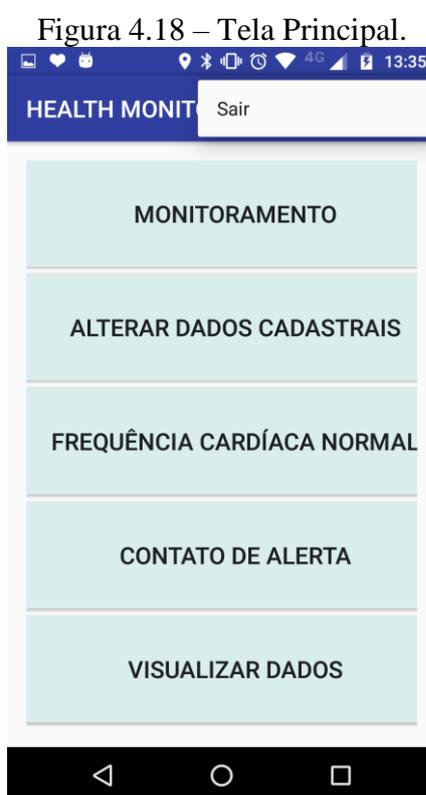


Fonte: Próprio Autor.

A tela principal do aplicativo é composta visualmente somente por menus que levam para outras telas, conforme pode ser visto na Figura 4.18. Contudo, no primeiro acesso, as permissões são solicitadas para o usuário: para a captura de batimentos cardíacos e para a realização de ligações e acesso à localização do dispositivo (o objetivo destas duas permissões será explicado mais adiante). Com a devida autorização e, a qualquer momento, a tela

principal verifica a conexão com a pulseira e emite um aviso caso não haja. O aplicativo roda em segundo plano, por isso, em todas as telas e sempre que estiver logado, independente do aplicativo estar aberto ou não, um serviço continua rodando, mas as funcionalidades deste serviço serão explicadas mais adiante.

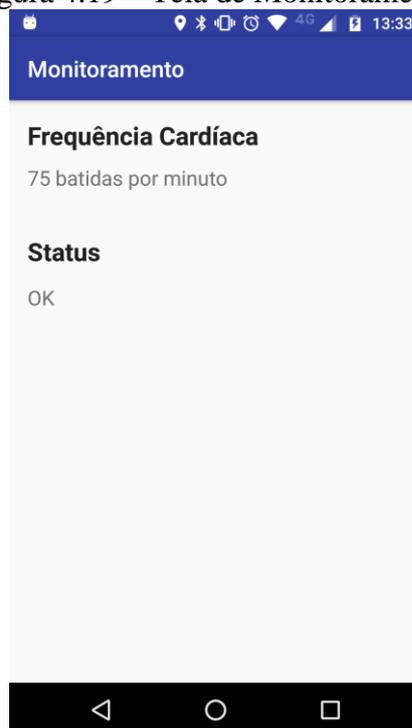
Os menus constantes na tela são os seguintes: Monitoramento, Alterar Dados Cadastrais, Frequência Cardíaca Normal, Contato de Alerta e Visualizar Dados. Ao clicar na opção, o sistema direciona para a tela correspondente. Além disso, ao clicar nos três pontos no canto superior esquerdo, aparece o menu “Sair”, que tem como finalidade o término da sessão com aquele usuário.



Fonte: Próprio Autor.

A tela de Monitoramento tem a finalidade de exibir o batimento, a frequência cardíaca do usuário e o *status* da captura, conforme exibido na Figura 4.19. O valor da frequência cardíaca diz respeito ao número de batimentos por minuto. O *status* representa se a pulseira realmente está enviando os valores corretos ou se está buscando pelos batimentos. São dois: “Buscando...” e “OK”. O primeiro simboliza que os valores mostrados na frequência não estão corretos, pois a pulseira não está capturando os batimentos. O segundo simboliza que a captura está ocorrendo normalmente.

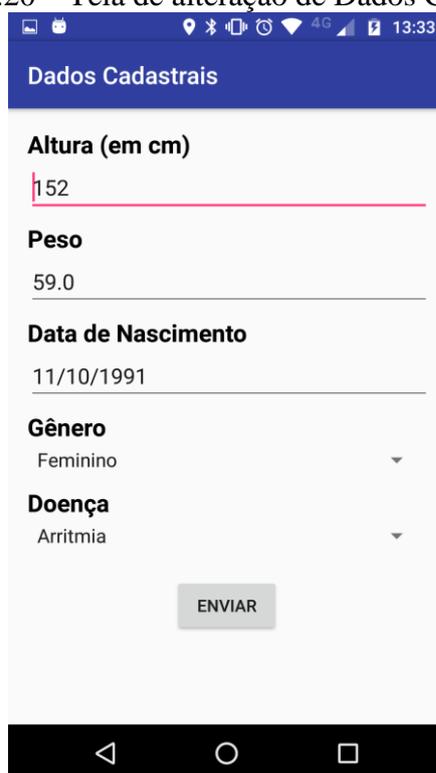
Figura 4.19 – Tela de Monitoramento.



Fonte: Próprio Autor.

A tela de Alterar Dados Cadastrais, exibida na Figura 4.20, permite a alteração de alguns dados cadastrais. Dados pessoais como nome, e-mail e senha não podem ser alterados. Os campos que constam nesta tela são: altura, peso, data de nascimento, gênero e doença. Os campos já exibem as informações cadastrais preenchidas. As validações dos campos são as mesmas que constam no cadastro inicial. Caso os dados estejam preenchidos corretamente, ao clicar no botão enviar, eles serão enviados para a nuvem, alterando os dados daquele usuário logado. Apesar da existência do banco de dados na nuvem, também é utilizado o banco de dados local do *smartphone*. Este salva apenas as informações do usuário logado naquele momento e quando o *logoff* é realizado, os dados são apagados, liberando a memória. Isso permite a exibição das informações do usuário nas telas.

Figura 4.20 – Tela de alteração de Dados Cadastrais.



Dados Cadastrais

Altura (em cm)
152

Peso
59.0

Data de Nascimento
11/10/1991

Gênero
Feminino

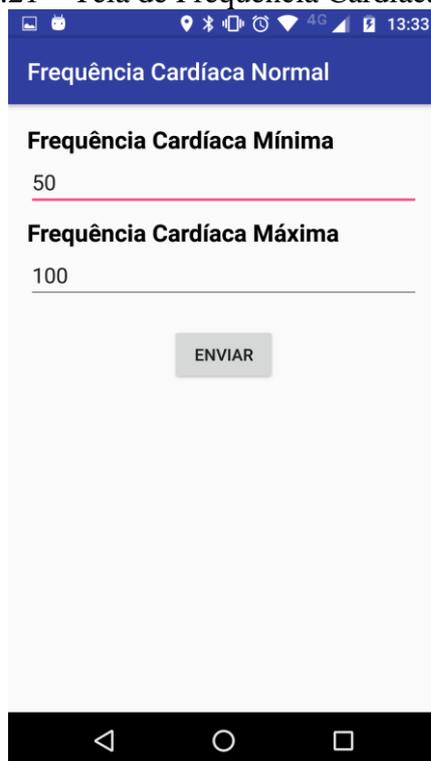
Doença
Arritmia

ENVIAR

Fonte: Próprio Autor.

A tela de Frequência Cardíaca Normal permite o preenchimento da frequência mínima e máxima para um usuário sem que um alerta seja disparado. Ele conta com esses dois campos para preenchimento, conforme Figura 4.21. Quando o usuário faz o cadastro, valores padrões já foram definidos, mas o usuário pode alterá-los caso saiba que seus valores precisam ser diferentes. Para o protótipo, os valores padrões definidos foram 40 para mínimo e 150 para máximo. Para a escolha destes valores, foi tomado como base o artigo de Solimene (1986) que considera baquicardias perigosas abaixo de 40 e taquicardias perigosas acima de 150. Contudo, é apenas uma referência, visto que esses valores são bem subjetivos e talvez demandem um estudo maior no futuro ou até a não consideração de uma só ocorrência, mas de várias. Como o alerta é disparado quando há apenas uma ocorrência menor que o mínimo ou maior que o máximo no estado “em repouso”, foram considerados valores que realmente poderiam representar algum risco em apenas uma ocorrência.

Figura 4.21 – Tela de Frequência Cardíaca Normal.



Frequência Cardíaca Normal

Frequência Cardíaca Mínima
50

Frequência Cardíaca Máxima
100

ENVIAR

Fonte: Próprio Autor.

A tela de Contato de Alerta, exibida na Figura 4.22, serve somente para cadastrar ou alterar um contato que será alertado caso a frequência cardíaca seja menor que a mínima ou maior que a máxima. O cadastro não é obrigatório. Contudo, ao enviar os dados do cadastro, todos os campos precisam ser preenchidos, obrigatoriamente, mas não é obrigatório entrar nesta tela e informar os dados. Caso não haja cadastro, somente o próprio usuário será alertado. Os campos constantes nesta tela são: nome, e-mail e telefone. Todos eles passam por validações antes do envio, o e-mail é validado da mesma forma que no cadastro do usuário e o telefone deve ter entre 8 e 12 números (o campo é somente numérico). Se forem preenchidos corretamente, ao clicar no botão enviar, as informações são enviadas para o banco de dados na nuvem, exibindo mensagem de sucesso caso os dados sejam enviados corretamente.

Figura 4.22 – Tela de Contato de Alerta.

Fonte: Próprio Autor.

A última tela visual é a tela de Visualizar Dados. Esta tela conta com dois campos para preenchimento de data e hora inicial e preenchimento de data e hora final, conforme demonstrado na Figura 4.23. Como os dados dos batimentos cardíacos são salvos na nuvem, enviados pelo serviço que roda em segundo plano (será explicado posteriormente), esses dois campos, quando preenchidos, servem como um filtro para buscar a frequência cardíaca no banco de dados dentro das datas e horas informadas.

Os campos não são preenchidos por meio de digitação. Quando o usuário clica neles, abre um calendário para escolher uma data e, em seguida, um relógio para escolher um horário. Os campos passam por duas validações quando o usuário clica em Filtrar, a data e hora final não pode ser anterior à data e hora inicial e final não pode ser posterior à data e hora atual. Ao clicar no botão Exportar Dados, apenas a primeira validação é realizada.

O botão Filtrar busca os dados de frequência cardíaca do usuário e exibe em um gráfico para que este possa ter noção dos seus picos e variações. O botão Exportar Dados recorre ao *web service* para o envio de um e-mail com os dados solicitados. O envio do e-mail e o arquivo enviado foi explicado anteriormente na subseção do *web service*.

Figura 4.23 – Tela de Visualizar Dados



Fonte: Próprio Autor.

Todas as telas do aplicativo foram explicadas até o momento. Contudo, além das telas, há um componente muito importante no aplicativo, um serviço que roda em segundo plano. O serviço é necessário para que a frequência cardíaca seja capturada o tempo todo e enviada para o banco de dados na nuvem, mesmo que a pessoa não esteja usando o aplicativo ou esteja com ele fechado. O serviço só é encerrado quando o usuário faz *logout* e reinicializado quando pessoa faz *login* novamente.

Conforme citado, a tarefa principal do serviço é capturar os batimentos cardíacos enviados pela pulseira e salvar no banco de dados. Inicialmente, o dado é capturado juntamente com data e hora da captura e salvo no banco de dados local uma vez por minuto. Caso haja conexão com a internet, os dados são enviados a cada 5 minutos para a nuvem. Quando são enviados, há uma marcação no banco de dados local e, por esse motivo, caso não haja conexão com a internet, o que está armazenado será enviado quando houver a conexão.

Além da tarefa de capturar e salvar os batimentos cardíacos, o serviço também é responsável pela emissão do alerta. Caso a frequência cardíaca seja inferior a mínima ou superior a máxima em um dado momento, o sistema emite uma notificação para o usuário, conforme Figura 4.24 e faz uma ligação para um contato de alerta, enviando o valor do batimento e a localização do usuário para que o *web service* envie um e-mail com estes dados

(o e-mail foi explicado anteriormente). Caso o usuário perceba e clique na notificação, ele verá seus batimentos e pode impedir que a ligação seja feita.

Figura 4.24 – Notificação de Alerta para o usuário.



Fonte: Próprio Autor.

As funcionalidades do aplicativo definidas para este protótipo inicial são as que foram apresentadas nesta subseção. Funcionalidades podem ser adicionadas no futuro, assim como, o acompanhamento de outros sinais. O próximo capítulo apresentará as validações realizadas com o aplicativo e seus resultados.

5 VALIDAÇÕES E RESULTADOS

Após o desenvolvimento do aplicativo, validações foram realizadas para averiguar a viabilidade do trabalho desenvolvido e o interesse das pessoas, assim como validar a captura de dados. Inicialmente, testes foram feitos principalmente para avaliar condições que não puderam ser exercitadas em um ambiente real. Por isso, é possível afirmar que houve uma validação do aplicativo em um ambiente simulado e uma validação de maior abrangência em um ambiente real com pessoas que se dispuseram a utilizar a pulseira e participar da pesquisa.

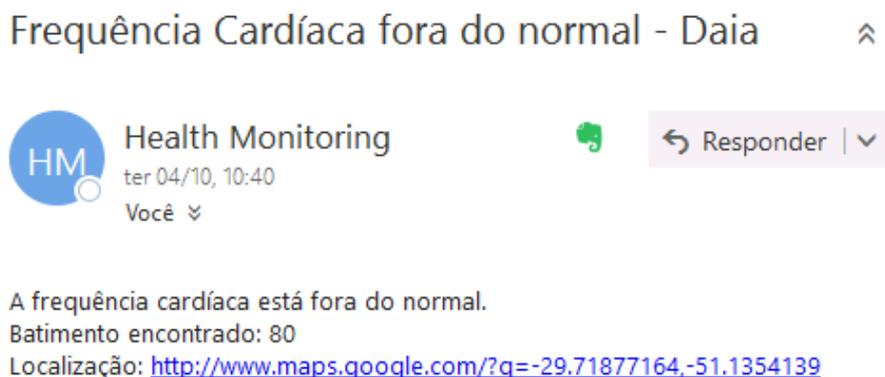
5.1 Validação em Ambiente Simulado

Para a realização de testes e validação em ambiente simulado, foi realizado um cadastro fictício no aplicativo e utilizado por algumas horas para validação inicial da captura de dados, o que funcionou corretamente. Os dados também foram alterados e salvos com sucesso no banco de dados. Além disso, um gráfico foi gerado com sucesso e os dados coletados enviados em forma CSV para o e-mail cadastrado.

Contudo, o mais importante na validação simulada foi a da funcionalidade de alerta, esta que não pode ser exercitada em um ambiente real porque necessitaria de uma pessoa com problemas cardíacos que acelerasse ou desacelerasse os batimentos mesmo estando em repouso. Por este motivo, esta funcionalidade somente foi exercitada no ambiente simulado.

Para validar os alertas, como não é possível alterar os dados que a pulseira envia, a frequência cardíaca máxima foi alterada manualmente no aplicativo para 80 batimentos por minuto. Em seguida, o aplicativo foi fechado e ficou rodando em segundo plano. Quando, em um determinado momento, o coração atingiu 80 batimentos por minuto, o alerta foi disparado. O sistema disparou uma notificação na tela, fez a ligação para o contato de alerta e enviou um e-mail com o valor dos batimentos encontrados e a localização correta (Figura 5.1).

Figura 5.1 – E-mail de alerta na validação simulada.



Fonte: Próprio Autor.

Ao abrir o *link* da localização, foi possível perceber que estava correta. Desta forma, a funcionalidade que não pode ser validada em um ambiente real mostrou-se funcionando durante a simulação.

5.2 Validação em Ambiente Real

Para a validação do aplicativo e da captura de dados, algumas pessoas foram convidadas para utilizar a pulseira por um determinado período e em uma determinada condição, assim como, fazer um cadastro no aplicativo e utilizá-lo juntamente com a pulseira, permitindo a captura de sua frequência cardíaca. Esta validação passou pela aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Feevale por envolver pesquisa com seres humanos e captura de dados relacionados à saúde.

A validação torna-se importante para perceber não somente o uso do aplicativo e a captura dos batimentos cardíacos, como também fazer uma análise de como comporta-se o coração dos usuários em momentos diferentes, mas sem conclusões totalmente confiáveis para a área da saúde, já que a precisão da pulseira não foi avaliada neste trabalho. A pesquisa realizada foi quantitativa e qualitativa. Quantitativa devido ao número de batimentos cardíacos recolhidos e qualitativa devido ao questionário respondido pelos usuários no final de sua validação. A validação foi realizada com as duas versões da pulseira, encaixando a que melhor se adequava para a situação.

5.2.1 Descrição da Validação

Apesar de possuir mais de uma pulseira para a validação, ela foi feita com um usuário por vez em todos os grupos. Para a realização da validação, foram selecionados quatro grupos distintos, necessitando no total de 12 usuários. O primeiro grupo foi o dos atletas

amadores, composto de 3 pessoas. Este grupo foi selecionado entre atletas de um grupo de corrida pertencente a uma empresa de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. Para a realização da validação, os batimentos cardíacos foram colhidos antes e após uma corrida de 10 minutos de duração. Todos utilizaram a primeira versão da pulseira. Cada usuário fez o cadastro no aplicativo, fez o *login*, utilizou a pulseira por uns momentos, praticou a corrida e utilizou novamente a pulseira logo após a corrida.

O segundo grupo foi o de não atletas, composto também de 3 pessoas. Este grupo foi selecionado entre pessoas que não praticam atividade físicas regularmente (considera-se, para este trabalho, atividade física regular, aquela praticada 3 vezes por semana ou mais). Todos os participantes deste grupo também são residentes da cidade de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul e a pesquisa foi realizada na mesma cidade. Da mesma forma que com os atletas, os batimentos cardíacos foram colhidos antes e após uma corrida de 10 minutos de duração. Todos também utilizaram a primeira versão da pulseira. A ordem das atividades foi a mesma do grupo de atletas.

O terceiro grupo foi o de monitoramento por uma hora, composto de 3 pessoas. Este grupo foi selecionado entre pessoas com nenhuma condição em especial. Neste grupo, dois participantes são residentes de Porto Alegre e um de Canoas, no Rio Grande do Sul, porém, a pesquisa foi realizada em Porto Alegre. Dois utilizaram a segunda versão e um utilizou a primeira versão da pulseira. Para a validação, cada usuário fez o cadastro no aplicativo, fez o *login* e utilizou a pulseira e o aplicativo por aproximadamente uma hora, realizando suas atividades normalmente.

O quarto e último grupo foi o de monitoramento por 24 horas, composto também de 3 pessoas. Este grupo também foi selecionado entre pessoas com nenhuma condição especial. Neste grupo, um participante é residente de Canoas, um de Novo Hamburgo e um de Campo Bom, no Rio Grande do Sul e a pesquisa foi realizada em cada uma dessas cidades e, em alguns casos, com deslocamento entre elas. Dois utilizaram a primeira versão e um utilizou a segunda versão da pulseira. Esta foi a única validação que não foi acompanhada em tempo integral, pois exigia a utilização da pulseira por um tempo maior e em seu ambiente tradicional. Para a validação, cada usuário fez o cadastro no aplicativo, fez o *login* e utilizou a pulseira e o aplicativo por aproximadamente 24 horas, realizando suas atividades normalmente.

A validação do último grupo enfrentou problemas e não foi realizada conforme o esperado em todos os casos, já que foi descoberto durante a validação que a bateria das

pulseiras juntamente com o uso do aplicativo, que fica capturando os dados o tempo todo, não dura 24 horas. Em um dos casos, foi possível realizar o carregamento da bateria e ficaram apenas lacunas de captura da frequência cardíaca durante as 24 horas. Contudo, nos outros dois casos, a bateria acabou durante a noite e não foi possível carregá-la. Talvez isso seja um problema para o monitoramento contínuo, fato que será analisado mais adiante.

5.2.2 Resultados da Validação em Relação aos Dados Capturados

Para a validação, foram capturados os dados de frequência cardíaca dos usuários pelo tempo e condições definidos para cada grupo. Nesta subseção, serão apresentados os dados recolhidos de cada usuário, assim como a comparação, na medida do possível, dentro do grupo e entre os grupos com condições parecidas.

As próximas subseções apresentam os dados separados por grupo pesquisado, assim como, traça uma análise e comparação de dados que é possível perceber. É importante destacar que toda comparação realizada tem apenas a pretensão de estabelecer uma comparação simples, já que diversas condições podem tornar os resultados diferentes, mas neste caso, elas foram ignoradas.

5.2.2.1 Grupo 1: Atletas Amadores

O primeiro grupo analisado será o grupo de atletas amadores. Os dados desse grupo foram colhidos no mesmo dia e utilizando a primeira versão da pulseira. Para tal, foi aproveitado um treino do grupo de corrida para o convite aos participantes e posterior realização da pesquisa. Todos fizeram o cadastro no aplicativo e no final responderam o questionário sobre o aplicativo. Antes do início da corrida, fizeram *login* e utilizaram a pulseira para a captura dos dados iniciais. Ao final da atividade, fizeram uso novamente da pulseira para a captura dos dados finais.

Foram realizados três minutos de captura antes da corrida e quatro minutos depois com todos os usuários, isso se deve ao fato de que antes os batimentos são mais constantes e não precisam de tantos dados para análise, já depois, demora um pouco para começar a estabilizar. O primeiro usuário participante será conhecido como Atleta 1. Este é um representante do sexo masculino com 1,72 metros de altura, 82 quilos e 48 anos. A frequência cardíaca capturada antes e depois da corrida consta na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Frequência Cardíaca (FC) antes e depois das corridas do grupo de atletas amadores.

Usuário	Período	FC Antes da Corrida	FC Depois da Corrida
Atleta 1	1	73	116
	2	85	127
	3	71	104
	4	-	88
	Média	77	109
Atleta 2	1	68	106
	2	80	95
	3	83	94
	4	-	81
	Média	77	94
Atleta 3	1	85	107
	2	83	92
	3	80	73
	4	-	96
	Média	79	92

Fonte: Próprio Autor.

Na Tabela 5.1, é possível perceber que os batimentos cardíacos do primeiro atleta tiveram uma média de 77 batimentos por minuto em repouso antes de ter realizado uma atividade física. Eles subiram logo após a corrida, ficando com uma média de 109 batimentos por minuto. Apesar da média, é possível perceber que começa mais alto e tende a reduzir no minuto 4, quando o atleta começa a recuperar-se da corrida. É esperado que logo após uma atividade física a frequência cardíaca aumente e, sabendo disso, uma monitoração frequente pode ajudar a detectar problemas no próprio relato de atividades do usuário naquele momento.

O segundo usuário participante será conhecido como Atleta 2. Esta é uma representante do sexo feminino com 1,64 metros de altura, 57 quilos e 51 anos. Conforme a Tabela 5.1, a segunda atleta apresentou a mesma média de batimentos cardíacos antes da corrida apresentada pelo primeiro. A média dos batimentos cardíacos após a corrida da segunda atleta foi inferior ao primeiro atleta, mas ainda assim, superior ao capturado antes da corrida. Os batimentos já começaram a baixar a partir do segundo minuto, começando a restabelecer-se quase aos valores anteriores no minuto 4. Esse tipo de informação pode servir para a análise de condicionamento físico dos atletas ou da capacidade do coração em voltar ao normal após uma atividade. Isso pode ser mais um benefício do monitoramento constante.

O terceiro usuário participante será conhecido como Atleta 3. Esta é uma representante do sexo feminino com 1,70 metros de altura, 65 quilos e 52 anos. Segundo a Tabela 5.1, a terceira atleta apresentou uma média de batimentos cardíacos um pouco superior aos dois primeiros atletas antes da corrida, 79 batimentos por minuto. A média dos batimentos

cardíacos da terceira atleta após a corrida foi inferior aos outros dois atletas. No terceiro minuto, há uma queda bem significativa, mas isso pode significar erros de medição ou imprecisão dos dados. Contudo, pode-se considerar que há uma possível recuperação e redução da frequência cardíaca já a partir do segundo minuto. A terceira atleta é uma das líderes do grupo de corrida, o que talvez possa explicar uma boa recuperação após a corrida.

Neste grupo, as capturas de batimentos foram poucas, mais para verificar como seria a captura e a gravação da frequência cardíaca pelo aplicativo em atletas antes e depois de uma corrida. Percebe-se que os batimentos aumentam após a corrida, o que pode indicar um sinal de que a captura está sendo feita de forma correta, apesar de não saber informar a precisão da pulseira. A nível de avaliação dos batimentos encontrados, é possível perceber que nos atletas não há uma grande elevação, assim como a recuperação, que ocorre rapidamente.

5.2.2.2 Grupo 2: Não Atletas

O segundo grupo analisado foi o grupo de não atletas. Os dados desse grupo também foram colhidos no mesmo dia e utilizando a primeira versão da pulseira. Para tal, os participantes foram convidados para a realização da experiência no final de uma tarde. Todos fizeram o cadastro no aplicativo e responderam, no final, o questionário sobre o aplicativo. Antes do início da corrida, fizeram *login* e utilizaram a pulseira para a captura dos dados iniciais. Ao final da atividade, fizeram uso novamente da pulseira para a captura dos dados finais.

Foram realizados três minutos de captura antes da corrida e quatro minutos depois com todos os usuários, pelo mesmo motivo já explicado no grupo de atletas amadores. O primeiro usuário participante será conhecido como Não Atleta 1. Este é um representante do sexo masculino com 1,91 metros de altura, 79 quilos e 32 anos. A frequência cardíaca capturada antes e depois da corrida está representada na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Frequência Cardíaca (FC) antes e depois das corridas do grupo de não atletas.

Usuário	Período	FC Antes da Corrida	FC Depois da Corrida
Não Atleta 1	1	65	51
	2	78	106
	3	70	96
	4	-	98
	Média	71	88
Não Atleta 2	1	72	144
	2	74	116
	3	76	106
	4	-	101
	Média	74	117
Não Atleta 3	1	67	54
	2	80	54
	3	69	130
	4	-	112
	Média	70	88

Fonte: Próprio Autor.

Conforme consta na Tabela 5.2, o primeiro não atleta apresentou uma média de 71 batimentos cardíacos em repouso antes da corrida. Se considerar a média depois da corrida deste não atleta parece uma média baixa, contudo, o que baixou a média foi a ocorrência dos 51 batimentos por minuto logo após a colocação da pulseira. Esse valor provavelmente está incorreto, pois algo que foi possível perceber na captura de dados pela pulseira é que logo após a colocação da pulseira, em alguns casos, ela demora um pouco até mostrar os dados corretos, mesmo já apresentando os dados como se estivessem “OK”. Lembrando que quando está no *status* que pelo aplicativo é considerado “Buscando”, os dados não são salvos.

Sendo assim, considerando que apenas a partir do segundo minuto temos dados realmente corretos, os batimentos sobem após a atividade, mas não tanto, e a recuperação também não parece tão demorada, começando a baixar no momento 3. Contudo, diferente de alguns atletas, nestes primeiros 4 minutos, os valores não baixam de 90 batimentos por minuto.

O segundo usuário participante será conhecido como Não Atleta 2. Este é um representante do sexo masculino com 1,75 metros de altura, 73 quilos e 32 anos. Conforme é possível perceber na Tabela 5.2, a média antes da corrida está um pouco superior ao primeiro não atleta. Além disso, é possível perceber que, logo após a corrida, o batimento ainda é bem elevado, vindo a recuperar-se no decorrer dos minutos. Ainda assim, mantém os batimentos acima de 100 durante os 4 minutos. Apesar de manter a frequência cardíaca elevada, a

redução dela no decorrer no tempo é dada de forma significativa. Durante os 4 minutos, há uma redução de 43 batimentos por minuto.

O terceiro usuário participante será conhecido como Não Atleta 3. Este é um representante do sexo masculino com 1,74 metros de altura, 83 quilos e 31 anos. Ao observar a Tabela 5.2, é possível perceber que o terceiro não atleta tem uma média menor que os outros dois atletas em repouso antes da corrida. Após a corrida, os primeiros dados capturados, considerando os dois primeiros minutos, provavelmente não estão corretos e devem ter relação com a pequena demora que às vezes a pulseira leva para capturar os dados corretamente logo que é colocada. Então, nesse caso, são considerados apenas os dois últimos valores, que mostram uma elevação nos batimentos cardíacos após a corrida e início da recuperação.

Ao comparar a frequência cardíaca salva dos atletas e não atletas, é possível perceber que a maioria dos não atletas apresenta valores maiores de batimentos cardíacos por minuto após a corrida, apesar do grupo dos não atletas apresentar uma recuperação rápida. Neste caso, é possível concluir que a frequência cardíaca pode estar ligada ao condicionamento físico e, assim, o aplicativo desenvolvido e as futuras evoluções do mesmo podem contribuir para acompanhar e avaliar esse condicionamento.

Como a precisão da captura da pulseira pelo sensor de frequência cardíaca não foi analisada (pois não é o foco do trabalho), não dá para ter cem por cento de confiabilidade nos dados recolhidos. Alguns erros de captura até são percebidos em momentos quando os dados são muito discrepantes, conforme foi apresentado anteriormente. Contudo, a proposta deste trabalho, colocada em prática, pode contribuir na análise dos batimentos de atletas e não atletas, principalmente com a evolução da precisão dos dispositivos vestíveis.

5.2.2.3 Grupo 3: Uma Hora

O terceiro grupo analisado foi o de monitoramento por uma hora. Estes dados foram colhidos em dois dias diferentes, aproveitando a disponibilidade das pessoas convidadas. As duas versões da pulseira foram utilizadas. A pesquisa no grupo consistia na captura da frequência cardíaca dos usuários por aproximadamente uma hora com a realização de suas atividades normais, sem a presença de prática de atividades físicas de maior intensidade.

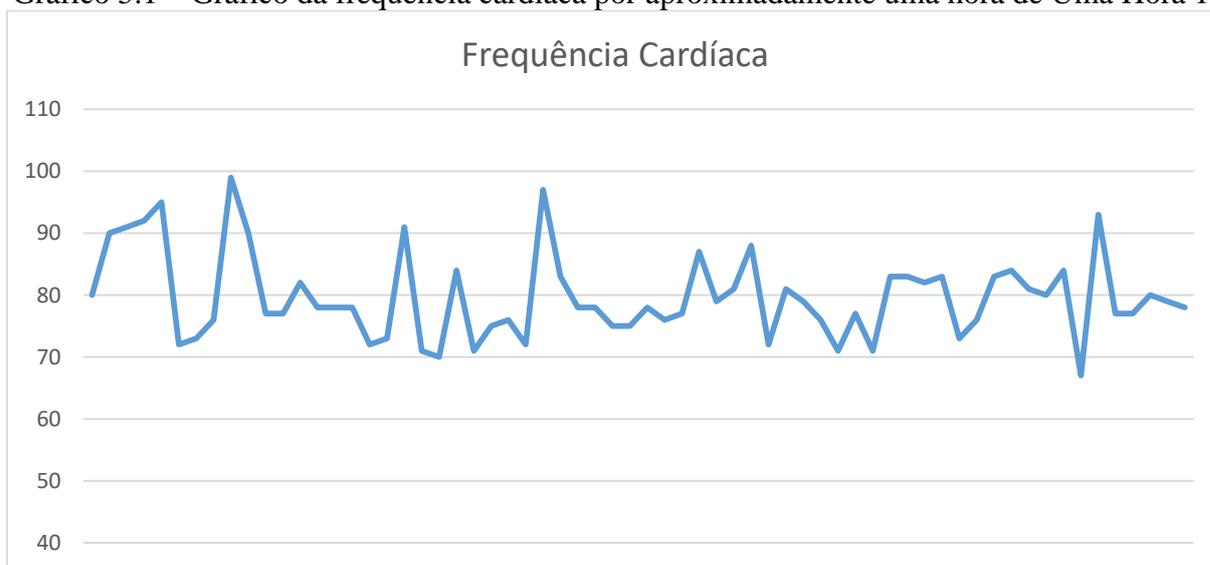
A proposta dos dois últimos grupos analisados é diferente dos dois primeiros, pois pretende analisar não só a frequência cardíaca dos participantes por um período maior, como também, a capacidade do aplicativo na captura e armazenamento dos dados, assim como a

leitura constante por parte da pulseira. Os participantes da pesquisa instalaram o aplicativo em seus próprios *smartphones*, fizeram o cadastro, o *login* e passaram a utilizar a pulseira com o aplicativo rodando por aproximadamente uma hora. Contudo, durante este período, eles podiam utilizar o telefone normalmente, já que o sistema foi preparado para rodar em segundo plano. Após, todos responderam a um questionário.

O primeiro usuário participante será conhecido como Uma Hora 1. Esta é uma representante do sexo feminino com 1,45 metros de altura, 50 quilos e 41 anos. Conforme já explicado anteriormente, os dados são capturados pela pulseira, enviados para o aplicativo e gravados no banco de dados uma vez por minuto. Por esse motivo, uma validação por uma hora tem 60 registros e fica extenso ao ser colocado em uma tabela.

Desta forma, diferente das análises anteriores, os dados dos dois últimos grupos serão apresentados por meio de gráficos. O Gráfico 5.1 apresenta as variações dos batimentos cardíacos da primeira usuária (Uma Hora 1).

Gráfico 5.1 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente uma hora de Uma Hora 1.



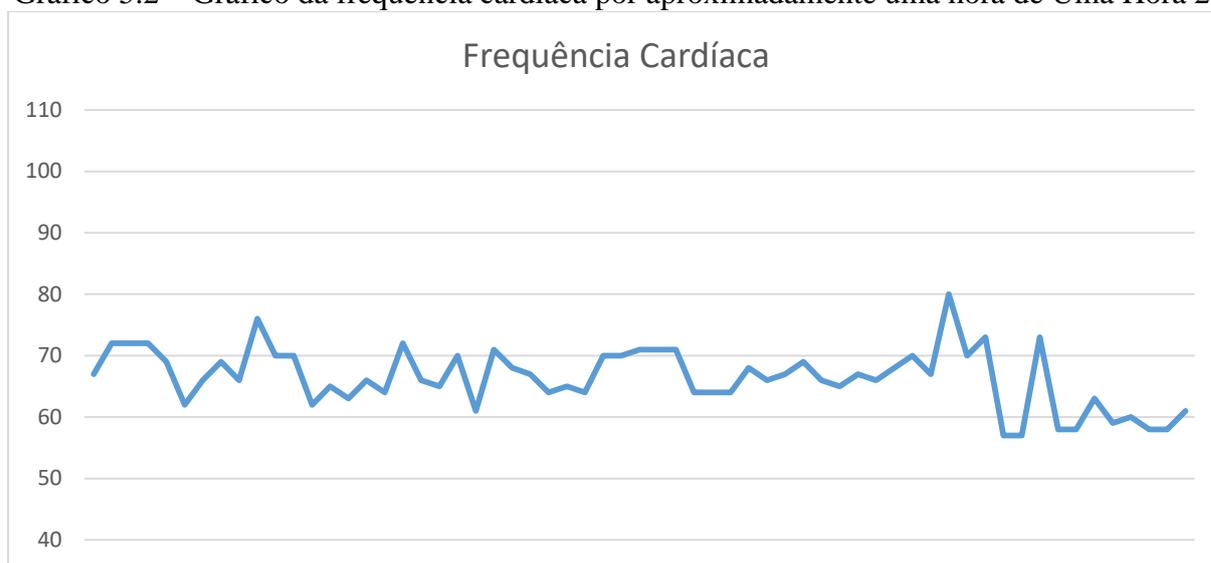
Fonte: Próprio Autor.

A primeira usuária do monitoramento por uma hora teve os dados capturados no primeiro dia do horário das 15:04 até às 16:07, passando um pouco de uma hora. Todos os minutos têm valores registrados, o que significa que a pulseira não se perdeu na captura dos dados e coletou corretamente sempre que deveria. Para isto, o *status* deve ter permanecido como “OK”. Uma Hora 1 utilizou a primeira versão da pulseira. Conforme é possível perceber no Gráfico 5.1, os batimentos cardíacos mantiveram-se, na maior parte do tempo, entre 70 e 90 batimentos por minuto, com alguns picos acima de 90 e próximos de 100 e, um pico abaixo de 70. Contudo, a maior predominância é entre 70 e 80 batimentos. Considerando

o estado “em repouso”, essa variação está dentro da normalidade, de acordo com o considerado por Solimene (1986).

O segundo usuário participante será conhecido como Uma Hora 2. Este é um representante do sexo masculino com 1,79 metros de altura, 91 quilos e 49 anos. O segundo participante da pesquisa é hipertenso, o que o coloca em um grupo cardíaco de risco para quem poderia ter maiores benefícios um monitoramento contínuo. O Gráfico 5.2 apresenta as variações dos batimentos cardíacos do segundo usuário (Uma Hora 2).

Gráfico 5.2 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente uma hora de Uma Hora 2.

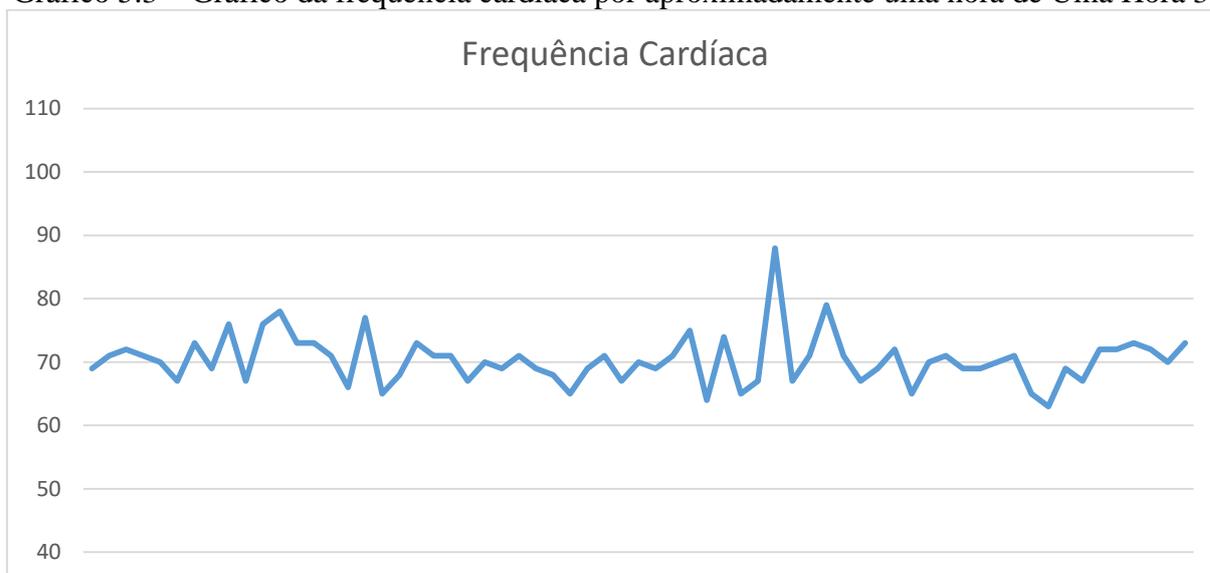


Fonte: Próprio Autor.

O segundo usuário do monitoramento por uma hora teve os dados capturados no segundo dia, do horário das 10:20 às 11:20, completando exatamente uma hora. Todos os minutos têm valores registrados, o que significa que a pulseira também não se perdeu. Uma Hora 2 utilizou a segunda versão da pulseira. O gráfico 5.2 mostra um resultado bem diferente da primeira usuária, com uma variação dos batimentos cardíacos entre 60 e 80, na maioria dos casos. Mostra apenas alguns picos abaixo de 60. Como não foi testada a utilização das diferentes versões da pulseira em uma mesma pessoa, não é possível concluir que as duas versões da pulseira teriam precisões diferentes dos dados, assim como, não foi validada a precisão, por não ser o foco do trabalho. Contudo, é possível que a mudança da versão da pulseira traga os dados de forma mais fidedigna, o que explicaria essa diferença. Ainda assim, as pessoas podem ter um ritmo diferente de seu coração, mesmo dentro da normalidade.

O terceiro usuário participante será conhecido como Uma Hora 3. Este é um representante do sexo masculino com 1,72 metros de altura, 88 quilos e 28 anos. O Gráfico 5.3 apresenta os batimentos cardíacos e as variações pelo período aproximado de uma hora.

Gráfico 5.3 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente uma hora de Uma Hora 3.



Fonte: Próprio Autor.

O terceiro usuário do monitoramento por uma hora teve os dados capturados no segundo dia, do horário das 15:13 às 16:18, completando um pouco mais que uma hora. Todos os minutos têm valores registrados, o que significa que a pulseira também não se perdeu. Uma Hora 3 também utilizou a segunda versão da pulseira. Conforme pode ser visualizado no Gráfico 5.3, os valores dos batimentos cardíacos variam entre 60 e 90 batimentos por minuto, ficando a maioria compreendida entre 60 e 80, tendo apenas um pico próximo de 90. O padrão de batimentos é mais parecido com o segundo usuário do que com o primeiro, o que pode reforçar a ideia de que a segunda versão da pulseira tenha uma precisão diferente, que pode ser melhor ou pior. Ainda assim, a variação dos valores está dentro da normalidade.

Neste grupo, foi possível perceber que o aplicativo e a pulseira comportam-se satisfatoriamente pelo período de uma hora, capturando todos os dados da frequência cardíaca e gravando no banco de dados na nuvem de forma correta. Também possibilitou aos participantes da pesquisa utilizarem normalmente seus *smartphones* durante a execução desta. Como não foram avaliadas pessoas com problemas cardíacos, os valores ficaram dentro da normalidade, conforme o esperado.

5.2.2.4 Grupo 4: 24 Horas

O quarto e último grupo analisado foi o de monitoramento por 24 horas. Estes dados foram colhidos em três dias diferentes e espaçados entre eles, aproveitando a disponibilidade das pessoas convidadas. As duas versões da pulseira foram utilizadas. A pesquisa no grupo consistia na captura da frequência cardíaca dos usuários por aproximadamente 24 horas com a

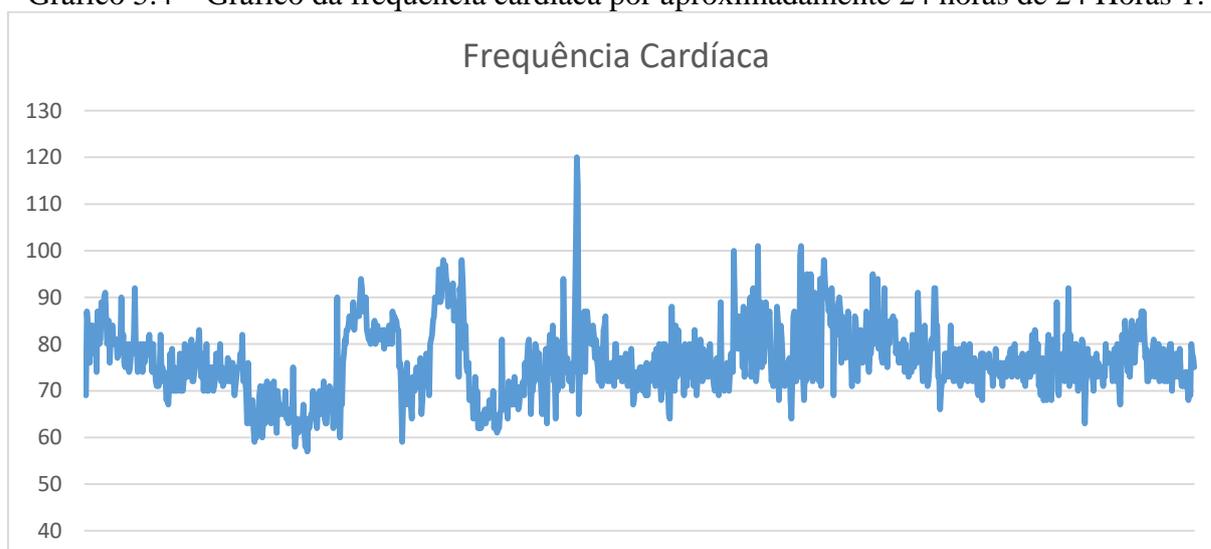
realização de suas atividades normais e utilização da pulseira e do aplicativo durante o período, mas sem a presença de prática de atividades físicas de maior intensidade.

Houve uma tentativa de recolher os dados por 24 horas, mas a duração da bateria, tanto da primeira versão da pulseira quanto da segunda, juntamente com a utilização do aplicativo, inviabilizaram a coleta dos dados pelo tempo pretendido. Em um dos casos, os dados foram colhidos por 24 horas com grandes intervalos sem dados no meio, pois o usuário conseguiu realizar a recarga da pulseira. Contudo, nos períodos de recarga, ocorrem os intervalos. Em dois casos, não houve uma captura por 24 horas, mas somente pelo período de duração da bateria, pois não havia como realizar a recarga já que a bateria terminou durante a madrugada.

Assim como no grupo de monitoramento por uma hora, os participantes do grupo de monitoramento por 24 horas instalaram o aplicativo em seus *smartphones*, fizeram o cadastro nele, efetuaram o *login* e utilizaram a pulseira pelo período que foi possível até acabar a bateria ou até completar 24 horas, conforme explicado anteriormente. O volume de dados recolhidos nesta pesquisa foi bem maior que na pesquisa de uma hora e os resultados também serão apresentados por meio de gráficos.

O primeiro usuário participante será conhecido como 24 Horas 1. Este é um representante do sexo masculino com 1,83 metros de altura, 83 quilos e 25 anos. A frequência cardíaca capturada durante o período de 24 horas pode ser conferida no Gráfico 5.4.

Gráfico 5.4 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente 24 horas de 24 Horas 1.



Fonte: Próprio Autor.

Conforme explicado anteriormente, os dados são registrados a cada minuto, por isso são muitos registros e o gráfico construído serve mais para dar uma ideia de picos e de faixas

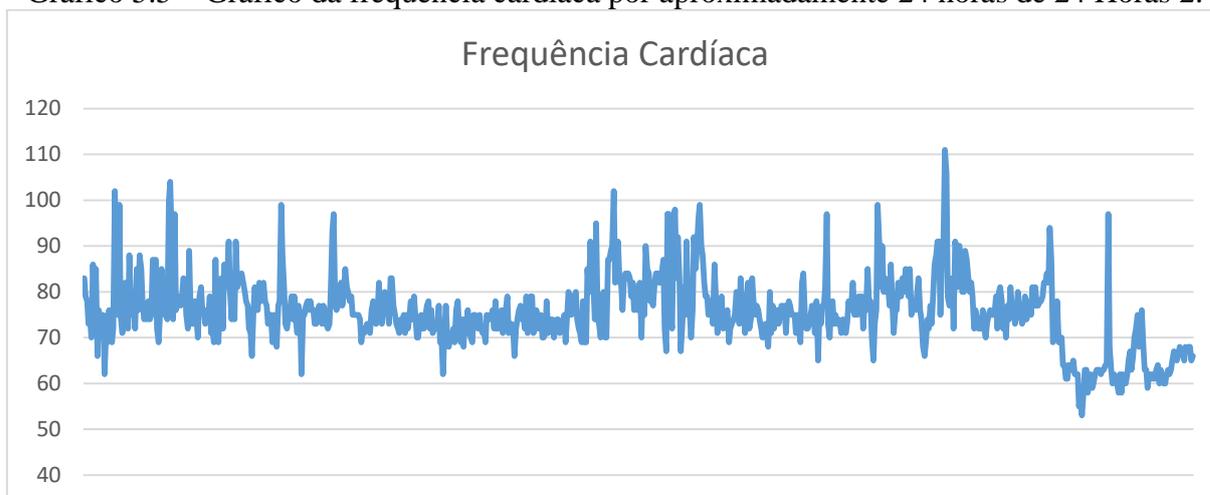
de valores. É difícil notar os valores individualmente nesse caso. O primeiro usuário deste tipo de monitoramento utilizou a pulseira no primeiro dia e terminou de ter os dados capturados ao final de aproximadamente 24 horas, mas com intervalos grandes sem captura por causa do carregamento da bateria. Ao total, foram 1158 registros de frequência cardíaca. O usuário utilizou a segunda versão da pulseira.

A validação começou às 22:19 de um dia e terminou às 22:19 do outro dia. Os batimentos não foram recolhidos no intervalo das 8:33 às 10:48 para carregamento de bateria e das 19:54 às 22:15 pelo mesmo motivo, tendo colhido somente os últimos 3 minutos deste tempo para completar o período de 24 horas. A intenção da pesquisa era ser realizada por 24 horas, independentemente de ter conseguido capturar os dados durante este tempo, justamente para validar a viabilidade disto. Contudo, nos outros dois casos, isto não foi possível devido à impossibilidade de carregamento da bateria.

Conforme o Gráfico 5.4, é possível perceber que os batimentos variam entre 60 e 100 por minuto em sua maioria, com alguns picos abaixo de 60 e acima de 100, tendo um pico maior chegando perto de 120. Em uma avaliação por um período maior, esses picos podem representar alguma caminhada mais rápida ou subindo escadas ou até mesmo emoções elevadas. Como as atividades realizadas pelo usuário não foram registradas, não é possível para concluir isso com exatidão. Contudo, de qualquer forma, apenas picos acima de 100 batimentos por minuto não representam nada anormal, conforme pode ser verificado em Solimene (1986). No geral, é possível perceber que a maior parte dos batimentos cardíacos ficaram entre 70 e 80 batimentos por minuto.

O segundo usuário participante será conhecido como 24 Horas 2. Esta é uma representante do sexo feminino com 1,66 metros de altura, 69 quilos e 32 anos. A participante é hipertensa, para quem também pode ser benéfico o monitoramento constante dos batimentos cardíacos. A frequência cardíaca capturada durante o período, que acabou sendo inferior a 24 horas, pode ser conferida no Gráfico 5.5.

Gráfico 5.5 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente 24 horas de 24 Horas 2.



Fonte: Próprio Autor.

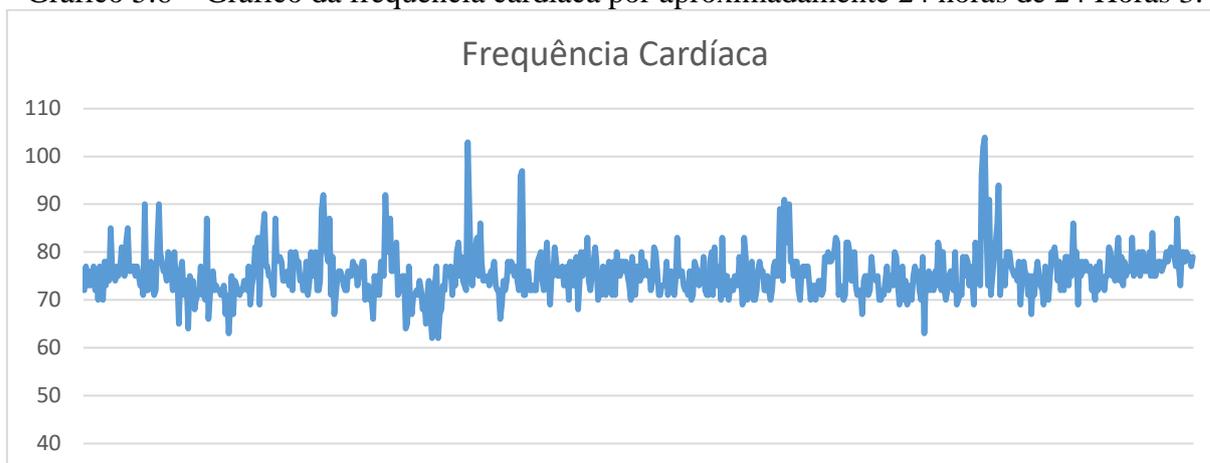
Desta usuária, foram capturados 761 registros. A validação foi aplicada em outro dia e começou às 11:44 e terminou às 01:51 da manhã, quando acabou a bateria, totalizando aproximadamente 12,68 horas de monitoramento, bem inferior ao pretendido, mas o que foi possível devido a uma limitação da própria pulseira. Isso pode tornar inviável um monitoramento contínuo utilizando este dispositivo, mas futuramente o aplicativo pode ser aprimorado e o vestível a ser utilizado trocado.

Além do monitoramento ter ocorrido somente por um período inferior, das 19:18 às 20:34, o sistema não salvou os dados dos batimentos cardíacos, o que pode ter ocorrido devido a não captura correta dos dados pela pulseira, pois os dados só são salvos quando estão com o *status* “OK”. A usuária utilizou a primeira versão da pulseira.

Conforme o gráfico 5.5, é possível perceber que a maior parte dos batimentos ficam entre 70 e 80, assim como o primeiro usuário, mas os batimentos variam de 60 a 100 em sua maioria, com alguns picos acima de 100 e abaixo de 60. Valores acima de 90 parecem ser mais comuns do que a validação com o primeiro usuário. Não há valor maior que 111, o que mostra que a usuária não teve um pico tão grande, o que poderia ser considerado caso as atividades realizadas tivessem sido registradas.

O terceiro usuário participante será conhecido como 24 Horas 3. Esta é uma representante do sexo feminino com 1,70 metros de altura, 78 quilos e 44 anos. A frequência cardíaca capturada durante o período, que também acabou sendo inferior a 24 horas, pode ser conferida no Gráfico 5.6.

Gráfico 5.6 – Gráfico da frequência cardíaca por aproximadamente 24 horas de 24 Horas 3.



Fonte: Próprio Autor.

A frequência cardíaca foi capturada das 11:18 de um dia até às 02:20 da madrugada do outro dia, quando a bateria da pulseira acabou, totalizando aproximadamente 15 horas de captura. Foram coletados 715 registros, inferior ao da usuária anterior, apesar de ter utilizado por um número inferior de horas, pois das 13:44 às 16:51, os dados não foram salvos, possivelmente por não estar coletando corretamente os batimentos cardíacos no momento.

A frequência cardíaca desta usuária parece ser a mais estável em relação aos outros dois do mesmo grupo, já que a grande maioria dos batimentos ficam no intervalo de 70 a 80, com alguns picos abaixo de 70, um número maior de ocorrências acima de 80 e poucos picos acima de 90 ou 100. Isso demonstra que cada pessoa apresenta uma estabilidade maior ou menor da sua frequência cardíaca, ainda sendo considerado normal.

A validação dos dois últimos grupos mostrou, principalmente, que o aplicativo é capaz de comunicar-se com a pulseira e salvar os batimentos cardíacos por mais tempo, mas que podem ocorrer momentos em que a captura não ocorre, o que pode estar ligado, muitas vezes, ao uso da pulseira, sua posição ou capacidade de captura. A *Microsoft Band* possivelmente não é o melhor dispositivo para um monitoramento contínuo, já que sua bateria dura pouco e demora para carregar (aproximadamente 2 horas).

Uma análise mais profunda comparando com valores reais ou comparando os dois dispositivos não foi realizada, já que não daria tempo para este trabalho que envolveu também pesquisa inicial e desenvolvimento de um aplicativo. Contudo, a validação mostrou que um monitoramento contínuo da frequência cardíaca é viável e provavelmente até de outros sinais.

5.2.3 Resultados da Validação em Relação ao Questionário Aplicado

No final de todas as validações, um questionário foi aplicado com os usuários para avaliar a percepção de cada um referente ao uso do aplicativo: conforto da pulseira, opinião sobre a importância de monitorar a frequência cardíaca e se utilizaria um ou mais dispositivos vestíveis para o monitoramento da saúde. As perguntas eram dissertativas, mas algumas podiam ser respondidas em parte apenas com “Sim” ou “Não”. O modelo do questionário encontra-se no Apêndice B deste trabalho.

Todos os participantes da pesquisa responderam o mesmo questionário, alguns de forma mais completa, outros de forma mais superficial, mas foi o suficiente para fazer uma análise qualitativa do trabalho e viabilidade de trabalhos futuros. Os questionários foram respondidos em sua maioria por meio digital.

As perguntas que poderiam ser respondidas em parte simplesmente com “Sim” ou “Não” nem sempre tiveram essas respostas de forma direta, mas, em muitos casos, foi possível interpretar um “Sim” ou “Não” como resposta. Utilizando esse nível de interpretação, a Tabela 5.13 apresenta essas perguntas e suas respostas de maneira geral.

Tabela 5.3 – Tabela de % de respostas afirmativas ou negativas para algumas perguntas.

Pergunta	Sim	Não	Depende	Sem Resposta
A pulseira é incômoda?	58,33%	33,33%	0%	8,33%
Atrapalha a execução de outras atividades?	0%	75%	0%	25%
O aplicativo atende os objetivos?	75%	0%	0%	25%
O aplicativo é fácil de usar?	75%	8,33%	0%	16,66%
Acredita que a captura constante dos batimentos cardíacos pode ajudar na prevenção de doenças cardíacas?	91,66%	0%	8,33%	0%
Utilizaria uma pulseira como essa o tempo todo ou pelo menos na maior parte do tempo?	58,33%	16,66%	25%	0%
Utilizaria mais dispositivos acoplados ao seu corpo como camisetas, brincos, palmilhas de tênis com poder computacional?	50%	8,33%	33,33%	8,33%

Fonte: Próprio Autor.

Com a Tabela 5.3, é possível tirar algumas conclusões sobre a opinião dos participantes da pesquisa em relação aos questionamentos propostos. É possível observar que 58,33% dos usuários consideraram a pulseira incômoda, o que corrobora ainda mais uma

futura troca de dispositivo vestível integrado ao aplicativo, já que existem outros relógios/pulseiras que também fazem a medição dos batimentos cardíacos e talvez não sejam tão incômodos. Contudo, a grande maioria respondeu que a pulseira não atrapalha na execução de outras atividades, característica indispensável de um vestível, conforme colocado no capítulo 2 deste trabalho. Ninguém respondeu que atrapalha, 25% apenas não responderam esse questionamento.

A grande maioria dos participantes responderam que o aplicativo atende aos objetivos e é fácil de usar, o que mostra que aprimorando algumas questões e trocando o dispositivo, ele pode ser realmente utilizado no futuro. Apenas uma pessoa colocou que não é fácil de usar, porque considerou o cadastro um pouco demorado e não tão intuitivo. A pergunta que mostra que o problema inicial deste trabalho é realmente promissor era se o usuário acredita que a captura constante dos batimentos cardíacos pode ajudar na prevenção de doenças cardíacas. Para esta pergunta, 91,66% dos participantes responderam que “Sim”.

Ao questionar se os usuários utilizariam uma pulseira como essa o tempo todo ou a maior parte do tempo, 58,33% responderam que “Sim”. Dentro dos 25% que responderam “Depende”, eles condicionam o uso da pulseira a uma melhora do conforto ou, em um dos casos, só utilizaria se já tivesse uma doença. Duas pessoas não usariam (16,66%). Ao questionar sobre a utilização de mais dispositivos, pensando na monitoração de vários sinais, a metade respondeu que utilizaria tranquilamente, 33,33% condicionam a uma doença pré-existente ou conforto de todos os dispositivos, uma pessoa (8,33%) não utilizaria e uma (8,33%) não respondeu. Neste caso, possivelmente o ideal seria ter um único dispositivo que pudesse recolher vários sinais.

Nas respostas dissertativas, alguns comentários merecem atenção. Uma das atletas relaciona a captura dos batimentos cardíacos como parâmetro para medir condicionamento físico e coloca isso como importante. Sabe-se que os atletas utilizam a medição da frequência cardíaca, principalmente durante as corridas. Atualmente, o aplicativo não é capaz de capturar a frequência em atividades físicas, contudo, isso é uma limitação da pulseira que pode ser resolvido na troca por outro dispositivo.

Um dos não atletas acredita que seria interessante um dispositivo que informasse em tempo real tudo que acontece dentro do corpo humano. Um dos usuários que utilizou a pulseira por uma hora, acredita que seria interessante monitorar a saúde, por exemplo, por meio de um tênis, de algum dispositivo que criasse uma espécie de mapa da pisada e que poderia levar para um ortopedista avaliar.

Os resultados dos questionários foram positivos, pois mostram que a maioria concorda com a monitoração da saúde para a prevenção de doenças, além de colocarem que o aplicativo é fácil de usar e atende os objetivos. A pulseira foi colocada como incômoda, mas isso pode ser resolvido em trabalhos futuros que serão apresentados na conclusão deste trabalho.

CONCLUSÃO

A telemedicina é uma área que já existe há um certo tempo. Uma nova vertente na área de telemonitorização está surgindo: o uso de vestíveis para monitorar a saúde. O uso de vestíveis é algo novo, mas oferece uma gama de possibilidades principalmente na área da saúde.

A maioria dos trabalhos encontrados sobre vestíveis propõe o desenvolvimento tanto do *hardware* quanto do *software* do dispositivo para que ele possa ser utilizado o mais corretamente possível, inclusive, muitos dispositivos surgem de projetos de pesquisa e depois são comercializados. Trabalhos interessantes de monitoramento da saúde foram apresentados nos trabalhos correlatos, mostrando que é possível monitorar a saúde à distância. A proposta deste trabalho pode ajudar na prevenção e no tratamento de doenças, sendo que em um primeiro momento pode ajudar a prevenir e controlar doenças cardíacas.

Os objetivos estabelecidos inicialmente para o trabalho foram atingidos. O objetivo geral era “Monitorar à distância sinais de usuários utilizando um aplicativo desenvolvido para captura de dados de vestíveis”. O aplicativo desenvolvido mostrou-se eficiente ao monitorar a frequência cardíaca das pessoas e, este, é apenas um protótipo para prova de conceito. Ele pode ser ampliado para a captura de outros sinais e/ou uso de outros vestíveis. Além disso, o alerta de condições anormais pode ser disparado para outra pessoa que esteja distante.

Os objetivos específicos também foram atingidos. O primeiro objetivo era “Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre vestíveis e seu uso na área da saúde”. No capítulo 2 deste trabalho são apresentados os conceitos de vestíveis, seus usos e sua aplicação na área da saúde. O segundo objetivo era “Pesquisar diferentes vestíveis e sensores existentes”. O capítulo 2 também apresenta alguns sensores existentes e quatro exemplos de vestíveis, assim como suas características.

O terceiro objetivo era “Criar um aplicativo para a captura de dados de um ou mais vestíveis que utilize os sensores relacionados à saúde”. O capítulo 4 mostra a análise, os requisitos, as telas, o desenvolvimento e as funcionalidades do aplicativo desenvolvido. O aplicativo inicialmente captura um sinal de um vestível, o que foi possível de ser desenvolvido durante este trabalho, já que demanda muito tempo e aprendizagem o acréscimo de sensores e/ou vestíveis.

O quarto objetivo era “Realizar a comunicação com outros *smartphones* para o envio de alertas e/ou gráficos que mostrem a monitoração do usuário”. Essa comunicação é realizada por meio de uma ligação realizada automaticamente quando o valor dos batimentos cardíacos dos usuários está abaixo ou acima do cadastrado como normal, assim como, o envio de um e-mail com o valor dos batimentos e a localização da pessoa. Gráficos não são enviados para outro *smartphone*, pois o aplicativo apresenta somente o alerta de algo fora do normal naquele momento, contudo, isto não era obrigatório, já que consta o termo “e/ou”. Apesar disso, ao exportar os dados, eles são enviados em anexo no formato CSV para o e-mail do próprio usuário que pode abrir em uma planilha e gerar gráficos, assim como repassar para outras pessoas.

O último objetivo era “Testar e validar o monitoramento à distância da saúde de um usuário”. O aplicativo foi validado em um ambiente simulado para a validação do funcionamento do envio de alertas, já que, em um ambiente real, os alertas dificilmente seriam disparados por não ter conseguido trabalhar com pessoas com doenças cardíacas pré-existentes e, nos períodos de validação seria difícil que uma pessoa saudável apresentasse valores de frequência cardíacas fora do normal. Ele também foi validado em um ambiente real com 12 usuários para a validação, principalmente, do armazenamento dos dados. Tudo isto consta no capítulo 5.

A versão inicial desenvolvida para este trabalho trata-se de um protótipo que precisa de melhorias de design e autonomia do próprio dispositivo vestível para ser realmente inserido no dia-a-dia das pessoas. O aplicativo desenvolvido necessita que o *smartphone* esteja próximo da pulseira o tempo todo para a captura de dados por meio do *Bluetooth*, o que torna a mobilidade um pouco reduzida ou não captura nos momentos em que o usuário estiver muito distante. Isto foi feito devido à complexidade do desenvolvimento e por não ter tempo hábil durante o trabalho desenvolvido. Um possível trabalho futuro pode avaliar a colocação da funcionalidade de captura e armazenamento no próprio dispositivo vestível e o armazenamento na nuvem somente de tempos em tempo se o *smartphone* estiver próximo.

A precisão do dispositivo utilizado não foi avaliada. Contudo, em trabalhos futuros, o vestível provavelmente não poderá ser mais utilizado, pois, ao final deste trabalho, a *Microsoft* anunciou que não venderá mais a pulseira *Microsoft Band*, assim como, retirou do site o SDK de desenvolvimento. Entretanto, o aplicativo foi desenvolvido de modo que uma substituição do código específico de comunicação com a pulseira pode ser realizada facilmente para substituí-la.

Para o protótipo, também não foi aplicado um *layout* visual. As telas foram apenas desenvolvidas de maneira simples e funcionais. Como trabalho futuro, a parceria com um *designer* pode ser feita para o *layout* das telas. A ampliação do aplicativo para que possa aceitar mais de um vestível e outros sensores é um trabalho mais longo, mas que vem de encontro a ideia geral do trabalho para que, no futuro, as pessoas pudessem ter a monitoração de sua saúde de forma ampla e fácil.

Outra coisa que é importante analisar como ampliação do trabalho é a questão da segurança dos dados. A transição dos dados entre o *smartphone* e o *web service* pode contar com mecanismos seguros e invalidar o acesso não autorizado de pessoas com más intenções, o que é muito importante para uma monitoração cotidiana amplamente utilizada. Além disso, uma validação com mais usuários e por mais tempo pode ser realizada no futuro para a coleta e comparação de um número maior e mais significativo de dados.

Por ser uma área nova e desafiante, existem outros trabalhos futuros que também podem seguir na linha de monitoração da saúde dos usuários, mas não é possível citar todos, pois com contribuições de outras pessoas e/ou grupos de pesquisa, pode-se descobrir outras ampliações que não foram pensadas. Contudo, o presente trabalho mostra que a monitoração da saúde das pessoas já é possível e só precisa de aprimoramento para ser realmente utilizado de forma confiável no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADEU, Claudia Vicci (org.). **Banco de dados**. 1 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

AMORIM, Flávio André Barreto. **Telemedicina e Telecuidados**. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Informática) - Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2011.

APPLE. **Apple Watch**. Disponível em: <<http://www.apple.com/br/watch>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

BARBOSA, Ricardo Antunes. Testes em aplicações WEB-Abordagem de testes sobre Web Services. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 6, n. 6, p. 49-68, 2015. Disponível em: <<http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/rcect/article/view/2304>>. Acesso em: 16 out. 2016.

BRASIL. Conselho Federal de Medicina. Resolução CFM nº 1.643/2002, 07 de agosto de 2002. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 ago. 2002. Seção 1, p. 205.

BRUNO, Barbara; MASTROGIOVANNI, Fulvio; SGORBISSA, Antonio. Wearable Inertial Sensors: Applications, Challenges, and Public Test Benches. **Robotics & Automation Magazine, IEEE**, v. 22, n. 3, p. 116-124, 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7214233>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

CFM (Conselho Federal de Medicina), SBIS (Sociedade Brasileira de Informática em Saúde). **Manual de Certificação para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde (S-RES)**. Brasília, DF: CFM, SBIS, mai. 2009, v. 3.3.

CHAN, Marie et al. Smart wearable systems: Current status and future challenges. **Artificial intelligence in medicine**, v. 56, n. 3, p. 137-156, 2012. Disponível em: <[http://www.aiimjournal.com/article/S0933-3657\(12\)00118-2](http://www.aiimjournal.com/article/S0933-3657(12)00118-2)>. Acesso em: 18 fev. 2016.

CLAVERO, Juan Coll. Salud Conectada – Introdução. In: **I + S: REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE INFORMÁTICA Y SALUD**, Madrid, Espanha: Editorial MIC, n. 115, fev. 2016. Disponível em: <http://82.98.165.8/jsp/base.jsp?contenido=/jsp/publicaciones/revistas/listado_revistas.jsp&id=5.1>. Acesso em: 29 mar. 2016.

COLLÈGE des médecins du Québec. **The physician, telemedicine and information and communication technologies: practice guidelines**. Québec, Canadá: Collège des médecins du Québec, nov. 2015. Disponível em: <<http://www.cmq.org/publications-pdf/p-1-2015-02-01-en-medecin-telemedecine-et-tic.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

COSTA, Karoline L. D. da; SANTOS, Nilton F.; BRASIL, Lourdes M. Telemedicina. In: BRASIL, Lourdes Mattos (org.). **Informática em Saúde**. Brasília: Universa, 2008. p. 305 – 321.

DHNET – Rede de Direitos Humanos e Cultura. Declaração de Tel Aviv: Sobre Responsabilidades e Normas Éticas na Utilização da Telemedicina. **51ª Assembléia Geral da Associação Médica Mundial em Tel Aviv**. Israel, out. 1999. Disponível em: <<http://www.dhnet.org.br/direitos/codetica/medica/27telaviv.html>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

EVORA, Paulo Roberto Barbosa; NATHER, Julio Cesar; RODRIGUES, Alfredo José. Prevalência das doenças cardíacas ilustrada em 60 anos dos Arquivos Brasileiros de

Cardiologia. **Arq Bras Cardiol**, v. 102, n. 1, p. 3-9, 2014. Disponível em: <<http://www.perc.ufc.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/09>>. Acesso em: 01 set. 2016.

FOWLER, Martin. **UML Distilled: A brief guide to the standard Object Modeling Language**. 3 ed. Boston, USA: Addison-Wesley Professional, 2004.

GARTNER. **Gartner Says Worldwide Wearable Devices Sales to Grow 18.4 Percent in 2016**. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3198018>>. Acesso em: 08 mai. 2016.

GODINHO, Pedro Manuel Araújo Santos. **Pulseira Inteligente para monitorização de funções vitais**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2013.

HAO, Yang; FOSTER, Robert. Wireless body sensor networks for health-monitoring applications. **Physiological measurement**, v. 29, n. 11, p. R27-R56, 2008. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/29/11/R01/meta>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

MANN, Steve. Wearable Computing. In: **The Encyclopedia of Human-Computer Interaction**, 2nd Ed. Denmark: Interaction Design Foundation, 2014. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/wearable-computing>>. Acesso em: 17 abr. 2016.

MICROSOFT BAND. **Microsoft Band SDK: SDK Documentation**. Disponível em: <<https://developer.microsoftband.com/bandSDK>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

MICROSOFT. **Microsoft Band**. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/microsoft-band/en-us>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

OMS: Organização Mundial de Saúde. Disponível em: <<http://www.who.int/en>>. Acesso em: 09 mar. 2016.

OWLET. **Owlet Smart Sock**. Disponível em: <<http://www.owletcare.com>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

PANTELOPOULOS, Alexandros; BOURBAKIS, Nikolaos G. A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis. **Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on**, v. 40, n. 1, p. 1-12, 2010. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/5306098>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

POPAT, Kalpesh A.; SHARMA, Priyanka. Wearable computer applications a future perspective. **International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)**. v. 3, p. 213-217, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.ijeit.com/Vol%203/Issue%201>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. São Paulo: Pearson Makron Books, 1995.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

PUGA, Sandra; FRANÇA, Edson; GOYA, Milton. **Banco de dados: implementação em SQL, PL/SQL e Oracle 11g**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

RHODES, Bradley J. The wearable remembrance agent: A system for augmented memory. **Personal Technologies**, v. 1, n. 4, p. 218-224, 1997. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/BF01682024>>. Acesso em: 21 abr. 2016.

SARAIVA, Paulo Tiago dos Santos. **VitalJacket – Actigrafia e Localização**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrónica e Telecomunicações) - Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2009.

SOLIMENE, Maria Cecília. Disritmias cardíacas: aspectos clínicos e terapêuticos. **Revista de Medicina**, v. 66, n. 1, p. 18-22, 1986. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revistadc/article/view/58274/0>>. Acesso em: 01 set. 2016.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 8 ed. São Paulo: Pearson Addoson Wesley, 2007.

STARNER, Thad. The challenges of wearable computing: Part 2. **Ieee Micro**, n. 4, p. 54-67, 2001. Disponível em: <<https://www.computer.org/csdl/mags/mi/2001/04/m4054.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

SUN, Mingui et al. eButton: a wearable computer for health monitoring and personal assistance. In: **Proceedings of the 51st Annual Design Automation Conference**. ACM, 2014. p. 1-6. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2596678>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

URTIGA, Keylla Sá; LOUZADA, Luiz A. C.; COSTA, Carmen Lúcia B. Telemedicina: uma visão geral do estado da arte. In: **IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**. 2004. Disponível em: <<http://telemedicina.unifesp.br/pub/SBIS../CBIS2004/trabalhos/arquivos/652.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

VALEDO. **Valedo Therapy**. Disponível em: <<https://www.valedotherapy.com/>>. Acesso em: 26 abr. 2016.

VELASQUEZ, António Sérgio de Castro. **Serviço móvel de alertas médicos para o utente**. 2013. 58 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.

VERGARA, L. Garcia Lupi, PEREIRA, A. Garcia, LOPEZ, M. Holdorf. Estado da arte em wearables para saúde [en línea]. In: **Interaction South America (ISA 14): 6ta. Conferencia Lationamericana de Diseño de Interacción**; nov. 2014 19-22; Buenos Aires: Universidad Católica Argentina. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/ponencias/estado-arte-wearables-saude.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

VIANA, Fernanda Martins. **Telemedicina: uma ferramenta para ampliar o acesso à assistência em saúde no Brasil**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - FGV - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP, 2015.

WATANABE, Hyuma et al. Development of wearable heart disease monitoring and alerting system associated with smartphone. In: **e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 2012 IEEE 14th International Conference on**. IEEE, 2012. p. 292-297. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6379423>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

APÊNDICE A – MATERIAIS ENVIADOS PARA O COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEEVALE

Declaração de Compromisso de Pesquisador Responsável

Eu, Marta Rosecler Bez, pesquisador responsável pelo projeto intitulado SAÚDE MONITORADA: O USO DE VESTÍVEIS PARA O ACOMPANHAMENTO À DISTÂNCIA DE SINAIS DO USUÁRIO, estou ciente e cumprirei os termos da Resolução 466 de 2012 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde e declaro: (a) que a coleta de dados não foi iniciada; (b) prever procedimentos que assegurem a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígios e/ou de aspectos econômico-financeiros; (c) tornar os resultados desta pesquisa públicos sejam eles favoráveis ou não; (d) comunicar ao CEP as alterações no projeto de pesquisa através de comunicação protocolada e atender a solicitação de informações; (e) apresentar o relatório final do presente projeto ao final do estudo via Plataforma Brasil.

Novo Hamburgo, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Pesquisador Responsável

FORMULÁRIO DE ENCAMINHAMENTO DE PROJETO DE PESQUISA PARA AVALIAÇÃO PELO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEP FEEVALE

1) Título do projeto :	
SAÚDE MONITORADA: O USO DE VESTÍVEIS PARA O ACOMPANHAMENTO À DISTÂNCIA DE SINAIS DO USUÁRIO	

2) Autores do Projeto (listar todos pesquisadores que participam do projeto, incluindo seu vínculo e suas respectivas assinaturas) - OBS.: Incluir campos necessários para descrição de todos os pesquisadores

2.1.Nome do pesquisador responsável: Marta Rosecler Bez		_____
Telefone: (51)93517930		Vínculo: (X) Professor () Aluno () outros () Feevale () Outra instituição
E-mail: martabez@feevale.br		Qual: _____
2.2.Nome do colaborador do projeto: Maria Priscila Rolim		_____
Telefone: (51)98431231		Vínculo: () Professor (X) Aluno () outros () Equipe de Pesquisa () Co-autor () Feevale () Outra Instituição
E-mail: pryrolim@gmail.com		Qual: _____

3) Local de Origem do projeto (Curso, Linha de Pesquisa ou Instituição que chancela o projeto)

Curso da Ciência da Computação, Grupo de pesquisa em Computação Aplicada.	_____
	Assinatura do responsável Nome: Juliano Varella de Carvalho

4) Local de Realização na UNIVERSIDADE FEEVALE: Incluir campos necessários para descrição de todos os PROJETOS, espaços de laboratórios ou clínicas.

Laboratório 103B do prédio verde.	_____
	Assinatura do responsável Nome: Marta Rosecler Bez

Observação: Este documento deve estar assinado e anexado na Plataforma Brasil.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado a participar do TCC de graduação intitulado: Saúde Monitorada: O Uso De Vestíveis Para O Acompanhamento À Distância De Sinais Do Usuário. O trabalho será realizado pelo acadêmico Maria Priscila Rolim do curso de Ciência da Computação da Universidade Feevale, orientado pelo pesquisador responsável, professora Dra. Marta Rosecler Bez. Os objetivos deste estudo são monitorar à distância sinais de usuários utilizando um aplicativo desenvolvido para captura de dados de vestíveis, capturar a frequência cardíaca dos usuários da pulseira Microsoft Band, alertá-los sobre comportamentos anormais e analisar gráficos com a quantidade de batimentos cardíacos em um dado período.

Sua participação nesta pesquisa será voluntária e consistirá em fazer download do aplicativo desenvolvido no trabalho no smartphone próprio, fazer o cadastro no aplicativo informando alguns dados pessoais como nome, e-mail, peso e outros, fazer o login no aplicativo, informar uma pessoa que será o contato para a emissão de alertas de batimentos fora do normal, conectar a pulseira com o smartphone por meio do Bluetooth, utilizar a pulseira Microsoft Band por um período de tempo combinado antes da pesquisa, permitir a coleta da frequência cardíaca, enviar os relatórios/gráficos gerados na pesquisa por e-mail para o acadêmico responsável pelo trabalho, responder o questionário de avaliação da pesquisa.

Garantiremos o ressarcimento de suas despesas decorrentes de participação na pesquisa, tais como deslocamento para o local da pesquisa. Os dados serão coletados apenas uma vez para cada participante. Os dados serão utilizados para validação do aplicativo de captura de informações desenvolvido no decorrer desse projeto.

O pesquisador responsável e as instituições e/ou organizações envolvidas nas diferentes fases da pesquisa proporcionarão assistência imediata e integral aos participantes da pesquisa no que se refere às possíveis complicações e danos decorrentes. Os participantes da pesquisa que vierem a sofrer qualquer tipo de dano resultante de sua participação na pesquisa, previsto ou não neste documento, têm direito à indenização, por parte do pesquisador, do patrocinador e das instituições envolvidas nas diferentes fases da pesquisa.

Não haverá riscos relacionados à sua participação na pesquisa.

A sua participação nesta pesquisa estará contribuindo para: avaliação das vantagens de monitoramento contínuo da saúde das pessoas por meio de vestíveis. Desta forma, estaremos contribuindo no sentido de disponibilizar à sociedade informações pertinentes a novas tecnologias que permitam a captura de sinais vitais e/ou comportamentais, suas vantagens e possibilidades de uso na área da saúde. Individualmente, não serão oferecidos benefícios aos participantes.

Garantimos o sigilo de seus dados de identificação primando pela privacidade e por seu anonimato. Manteremos em arquivo, sob nossa guarda, sendo disponibilizados, de forma anônima, para pesquisas futuras. Os dados obtidos a partir desta pesquisa não serão usados para outros fins além da pesquisa acadêmica. Os dados obtidos por meio do uso da pulseira pelo Sr(a). estarão disponíveis integralmente através de solicitação por escrito ao pesquisador.

Você tem a liberdade de optar pela participação na pesquisa e retirar o consentimento a qualquer momento, sem a necessidade de comunicar-se com o(s) pesquisador(es).

Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será rubricado em todas as folhas e assinado em duas vias, permanecendo uma com você e a outra deverá retornar ao pesquisador. Abaixo, você tem acesso ao telefone e endereço eletrônico institucional do pesquisador responsável, podendo esclarecer suas dúvidas sobre o projeto a qualquer momento no decorrer da pesquisa.

Nome do pesquisador responsável: Dra. Marta Rosecler Bez

Telefone institucional do pesquisador responsável: (51) 5868800 – Ramal: 9261

E-mail institucional do pesquisador responsável: martabez@feevale.br

Assinatura do pesquisador responsável

Local e data: _____

Declaro que li o TCLE: concordo com o que me foi exposto e aceito participar da pesquisa proposta.

Assinatura do participante da pesquisa

APROVADO PELO CEP/FEEVALE – TELEFONE: (51) 3586-8800 Ramal 9000

E-mail: cep@feevale.br

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO UTILIZADO NA VALIDAÇÃO

QUESTIONÁRIO

Meu nome é Maria Priscila Rolim e curso Ciência da Computação na Universidade Feevale. Você está sendo convidado a participar do projeto “SAÚDE MONITORADA: O USO DE VESTÍVEIS PARA O ACOMPANHAMENTO À DISTÂNCIA DE SINAIS DO USUÁRIO”. Por favor, responda as seguintes perguntas no sentido de avaliar a experiência.

Grata por sua participação.

- 1) Como foi a experiência da utilização da pulseira? É incômoda? Atrapalha a execução de outras atividades?
- 2) Qual foi sua percepção do aplicativo? Atende os objetivos? É fácil de usar?
- 3) Você acredita que a captura constante dos batimentos cardíacos possa ajudar na prevenção de doenças cardíacas? Explique.
- 4) Você utilizaria uma pulseira como essa o tempo todo ou pelo menos a maior parte do tempo para monitorar a sua saúde? Por quê?
- 5) Você utilizaria mais dispositivos acoplados ao seu corpo como camisetas, brincos, palmilhas de tênis com poder computacional? Quais os benefícios que vê nisso?