

UNIVERSIDADE FEEVALE

AUGUSTO CÉSAR RODRIGUES DE OLIVEIRA

DISPOSITIVO VESTÍVEL PARA ATLETAS: UMA  
ABORDAGEM EM ESPORTES INDIVIDUAIS E COLETIVOS

Novo Hamburgo  
2017

AUGUSTO CÉSAR RODRIGUES DE OLIVEIRA

DISPOSITIVO VESTÍVEL PARA ATLETAS: UMA  
ABORDAGEM EM ESPORTES INDIVIDUAIS E COLETIVOS

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

Orientador: Juliano Varella de Carvalho

Novo Hamburgo  
2017

## AGRADECIMENTOS

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

Aos familiares, pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência.

Ao orientador Professor Dr. Juliano Varella de Carvalho pelo incentivo, empenho e sabedoria aplicados a este trabalho.

A professora Dra. Marta Rosecler Bez pelas inúmeras e valiosas contribuições de conhecimento e apoio.

E aos demais integrantes do grupo de pesquisa em Computação Aplicada, em especial aos participantes do projeto de pesquisa *Wearable Devices* e suas aplicações na área da saúde.

Aos amigos e demais pessoas que convivem comigo, minha gratidão.

## RESUMO

Dispositivos computacionais móveis cada vez mais potentes e miniaturizados têm sido utilizados em diversas áreas. Seguindo essa tendência, os *wearable devices* (dispositivos vestíveis) desenvolvem-se e atuam em diversos nichos. Caracterizam-se como um equipamento inteligente, dotado de sensores e/ou componentes de envio de sinais, em forma de vestuário ou acessório, utilizado junto ao corpo do usuário. Dentre os domínios que se beneficiam dessas ferramentas, observa-se a área relacionada aos esportes. A exigência por alta *performance* dos atletas se torna uma constante nas mais diversas modalidades. Dentre os fatores que estão interligados ao rendimento do esportista, encontra-se a sua própria saúde. Poder visualizar os dados acerca desses fatores se torna importante, à medida que ações podem ser tomadas com base nessas informações, porém, diversos dispositivos coletam e disponibilizam apenas individualmente um conjunto de informações. Dessa forma, não possibilitam uma visualização macro de grupos e equipes. Assim, este trabalho tem como objetivo a construção de um protótipo de vestível para a captura dos dados do atleta através de sensores. Em conjunto, um protótipo de sistema capaz de evidenciar informações, atendendo demandas de esportes individuais e coletivos, configurando-se como uma plataforma pertinente para avaliação dos parâmetros aferidos. Para isso, as metodologias de pesquisa bibliográfica e pesquisa experimental são empregadas. No decorrer do trabalho serão explorados os conteúdos bibliográficos já publicados acerca do tema, fornecendo conhecimento teórico para o desenvolvimento da proposta e execução do experimento. A construção do protótipo se deu utilizando sensores (Polar H7) e uma placa eletrônica (Raspberry Pi Zero W) acomodados em torno do corpo dos voluntários durante a prática da atividade física proposta. Posteriormente, visou-se a atuação e validação de profissionais da área da saúde no aplicativo desenvolvido, acerca dos dados obtidos nos experimentos realizados. Pretende-se, assim, possibilitar o monitoramento de atletas e/ou praticantes de esportes, individuais e coletivos, utilizando tecnologias vestíveis inteligentes, em conjunto com o aplicativo desenvolvido para *smartphones* Android. Para que assim, o aplicativo demonstre as informações de forma eficiente, para que o praticante e os profissionais envolvidos possam tomar decisões, a fim de que a saúde e o desempenho dos desportistas possam ser aperfeiçoados ou mantidos. A partir do experimento realizado com a plataforma proposta e os voluntários, conclui-se que a plataforma teve seu correto funcionamento, capturando os dados, armazenando-os em nuvem e disponibilizando-os ao profissional de saúde para sua validação através do aplicativo.

Palavras-chave: Atletas. Esportes. Desempenho. Saúde. *Wearable devices*.

## ABSTRACT

Increasingly powerful and miniaturized mobile computing devices have been used in many areas. Following this trend, the wearable devices develop and operate in various niches. They are characterized as an intelligent device, equipped with sensors and/ or with sending signs components, in the form of clothing or accessories, used in the user's body. Between the domains about the benefit of these tools, there is a special observation about the sports's area. The requirement for high performance of the athletes becomes a constant in the most diverse modalities. Between the factors that are intertwined with the performance of the sportsman, is his own health. Being able to visualize the data about these factors becomes important, as actions can be taken based on this information, however, several devices collect and make available only one set of information individually. In this way, they do not allow a macro view of groups and teams. Thus, this work has as objective the construction of a prototype of wearable for the capture of the data of the athlete through sensors. Together, a prototype system capable of presenting information, meeting the demands of individual and collective sports, is configured as a pertinent platform for the evaluation of the benchmarked parameters. For this, the methodologies of bibliographic research and experimental research are employed. During the work will be explored the bibliographic contents already published about the subject, providing theoretical knowledge for the development of the proposal and execution of the experiment. The prototype was built using sensors (Polar H7) and an electronic board (Raspberry Pi Zero W) accommodated around the body of volunteers during the practice of proposed physical activity. Subsequently, it was aimed the performance and validation of health professionals in the developed application, about the data obtained in the experiments performed. The aim is to enable the monitoring of athletes and/ or sports practitioners, individual and collective, using smart wearable technologies, in conjunction with the application developed for Android smartphones. So that, the application demonstrates the information efficiently, allowing the practitioner and the professionals involved can make decisions, so that the health and performance of the sportsmen can be improved or maintained. From the experiment carried out with the proposed platform and the volunteers, it was concluded that the platform had its correct operation, capturing the data, storing them in the cloud and making them available to the healthcare professional for their validation through the application.

Key words: Athletes. Sports. Performance. Health. Wearable Devices.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Estrutura organizacional para esportes _____	25
Figura 2.1 - Evolução das invenções de Steve Mann _____	28
Figura 2.2 - Aplicações para os esportes _____	30
Figura 2.3 - Fitbit Surge, um dos produtos da linha da empresa Fitbit _____	31
Figura 2.4 - XMetrics Pro _____	31
Figura 2.5 - XMetrics Fit e o fone de ouvido acoplado ao dispositivo _____	32
Figura 2.6 - Visão por baixo do Revolution IQ HITS _____	32
Figura 2.7 - Cinto proposto e os componentes eletrônicos _____	34
Figura 2.8 - Utilização da CRPGlove _____	34
Figura 2.9 - Sproutling em uso _____	35
Figura 2.10 - Smartwatch Y3 _____	36
Figura 2.11 - Cirurgia filmada em RV _____	37
Figura 2.12 – Óculos Microsoft HoloLens _____	38
Figura 2.13 - Visualização HoloLens em parceria com a Case University _____	38
Figura 2.14 - Regiões do corpo, sensores e forma de transmissão _____	40
Figura 2.15 - Gastos anuais de atletas com dispositivos vestíveis _____	45
Figura 3.1 - Visão geral da arquitetura da plataforma proposta em forma de protótipo _____	46
Figura 3.2 - Comparação do tamanho da Raspberry Pi Zero e uma moeda _____	48
Figura 3.3 - Destaque ao chip da placa Raspberry Pi Zero _____	48
Figura 3.4 - Raspberry Pi Zero e a conexão mini HDMI _____	49
Figura 3.5 - Conexão mini HDMI da placa Raspberry Pi Zero vista lateralmente _____	49
Figura 3.6 - Sistema Operacional Raspbian em execução _____	50
Figura 3.7 - Receptor GPS EM-506 _____	51
Figura 3.8 - Polar H7 _____	51
Figura 3.9 – Componentes do protótipo _____	52
Figura 3.10 - Visão geral tecnologias utilizadas _____	54
Figura 4.1 – Ciclo dos dados de treinamentos dos atletas ao passar pela plataforma proposta _____	58
Figura 4.2 - Protótipo da interface de login, construída na ferramenta Pencil _____	59
Figura 4.3 - Protótipo da tela de informações do atleta, composta por diversificados tipos de elementos de tela. Em destaque, gerenciamento de abas do Pencil. _____	60
Figura 4.4 - Console de Gerenciamento do Firebase Realtime Database _____	62

Figura 4.5 – (a) Tela de Login no aplicativo; (b) Tela de Cadastro de Novo Usuário e as informações solicitadas	66
Figura 4.6 - (a) Exemplificação da tela de Lista de Atletas; (b) Tela de Gerenciamento do atleta através de abas	67
Figura 4.7 - (a) Aba de Informações do Atleta; (b) Aba com o Histórico das atividades do atleta	69
Figura 4.8 - Relatório de treino compartilhável com o atleta	70
Figura 5.1 - Protótipo do dispositivo e o bracelete	73
Figura 5.2 - Trecho de código utilizado para gerar o arquivo.	74
Figura 5.3 - Janela do terminal com o comando para iniciar o monitoramento.	75
Figura 5.4 – Voluntária usando o protótipo.	76
Figura 5.5 - Primeira questão, em relação ao conhecimento sobre dispositivos vestíveis	77
Figura 5.6 - Segunda questão, em relação a aderência a tecnologia vestível para monitoramento de atividades físicas	77
Figura 5.7 - Terceira questão, em relação ao uso de tecnologia vestível na prática de atividades físicas	78
Figura 5.8 - Quarta questão, em relação a confiança nos wearable devices	79
Figura 5.9 - Quinta questão, em relação ao conforto	80

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1.1 - Relação de algumas Variáveis e suas Unidades de Medida ou Descritores \_\_\_\_ 21

Tabela 2.1 - Desempenho dos dispositivos no monitoramento da frequência cardíaca \_\_\_\_\_ 41

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 - Classificação em função da relação de cooperação e oposição _____	18
Quadro 2.1 - Plataformas de prototipagem, suas dimensões e preços (valores aproximados)	43
Quadro 5.1 - E-mails utilizados durante a pesquisa _____	72

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Aplicativo
BAN	<i>Body Area Network</i>
CCC	Coefficiente de Correlação de Concordância
CE	Carga Externa
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Feevale
CI	Carga Interna
DV	Dispositivos Vestíveis
EMG	Eletromiografia
FC	Frequência Cardíaca
FCMáx	Frequência Cardíaca Máxima
FCRec	Recuperação da Frequência Cardíaca
GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
HR	<i>Heart Rate</i>
IC	Intervalo de Confiança
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LBS	<i>Location Based Services</i>
NIRS	<i>Near-InfraRed Spectroscopy</i>
RV	Realidade Virtual
SO	Sistema Operacional
WD	<i>Wearable Devices</i>

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1 ESPORTE</b>	<b>17</b>
1.1 ESPORTES INDIVIDUAIS E COLETIVOS	17
1.2 TECNOLOGIAS NO ESPORTE	19
1.3 AFERIMENTO DE PARÂMETROS	20
1.4 AVALIAÇÃO DOS ATLETAS	24
<b>2 WEARABLE DEVICES</b>	<b>27</b>
2.1 CONCEITO	27
2.2 APLICAÇÕES	29
2.2.1 Esportes	29
2.2.2 Saúde	33
2.2.3 Educação	36
2.3 SENSORES E COMPONENTES	39
2.4 PLATAFORMAS DE PROTOTIPAGEM ELETRÔNICA	41
2.5 VISÃO GERAL DO MERCADO DE WD DIRECIONADO PARA ESPORTES	44
<b>3 PROTOTIPAGEM DO DISPOSITIVO VESTÍVEL</b>	<b>46</b>
3.1 PLACA ELETRÔNICA UTILIZADA: RASPBERRY PI ZERO W	47
3.2 SENSORES UTILIZADOS: POLAR H7	50
3.3 ETAPAS DA PROTOTIPAÇÃO	52
3.3.1 Planejamento	53
3.3.2 Montagem	53
3.3.3 Testes	54
<b>4 PROTOTIPAGEM DOS SISTEMAS DA PLATAFORMA</b>	<b>56</b>
4.1 PROPOSTA GERAL DE APLICATIVO	56
4.2 TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS	58
4.2.1 Pencil	58
4.2.2 Android Studio	60
4.2.3 Firebase	61
4.2.4 FirebaseUI	62
4.3 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO	63
4.4 APRESENTAÇÃO DO APLICATIVO	65
4.4.1 Login	65
4.4.2 Cadastro de Novo Usuário	66
4.4.3 Lista de Atletas	67
4.4.4 Gerenciamento de Atleta (abas)	68
4.4.5 Atleta	68
4.4.6 Treinos	69
4.4.7 Modelo mensagem enviada	70
<b>5 VALIDAÇÃO DA PLATAFORMA</b>	<b>71</b>
5.1 O EXPERIMENTO	71
5.2 AVALIAÇÃO E RESULTADOS	76
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>82</b>

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE A – FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISAS ENVOLVENDO SERES HUMANOS</b>	<b>93</b>
<b>APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE C – ARQUIVO CSV COM OS DADOS COLETADOS A PARTIR DA POLAR H7</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS VOLUNTÁRIOS</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE E – RESUMO PUBLICADO NA FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DE 2016 – INOVAMUNDI (UNIVERSIDADE FEEVALE)</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE F – RESUMO PUBLICADO NA XXIV MOSTRA UNISINOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE 2017</b>	<b>101</b>

## INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos que nos dias atuais já se fazem presentes em diversos contextos da sociedade, como comunicação, educação, negócios, entre outros, também são aplicados no âmbito esportivo. Dentro dessa área de esportes, as competições, que são os objetivos finais de um atleta, de forma geral, utilizam os equipamentos tecnológicos para tentar aumentar o nível de precisão e acerto de decisões determinantes, promovendo um resultado mais justo e correto. Porém, as fases anteriores, de treinamento e preparação dos atletas são de extrema importância. Nesse momento de aprimoramento, a tecnologia é usualmente empregada para avaliar o desempenho na modalidade praticada e apurar sinais vitais sobre a saúde do esportista.

Fatores como componentes eletrônicos cada vez menores e mais potentes e novas possibilidades em Internet das Coisas, contribuem para a expansão e diversificação do uso da tecnologia. Diante desta realidade, criou-se a possibilidade da construção de dispositivos realmente portáteis e capazes de prover informações, até mesmo em tempo real, aos seus usuários. Isso permite que conceitos relacionados a Internet das Coisas também fossem aplicados com grande perspectiva na prática de modalidades esportivas ou atividades físicas.

Dentre as tecnologias utilizadas atualmente para acompanhamento dos esportistas, destacam-se os *Wearable Devices* (Dispositivos Vestíveis). Caracterizam-se pela utilização de dispositivos computacionais e sensoriais, miniaturizados, junto ao corpo, sendo sob ou sobre a roupa, na própria vestimenta ou ser o próprio vestuário como dispositivo (MANN, 2014). Estes dispositivos cada vez mais se diversificam, trazendo novos recursos e modelos. Assim, podem assumir diversas formas, ou integrar artefatos do cotidiano como: relógios, pulseiras, roupas, entre outros exemplos de artigos vestíveis que são usados comumente no dia a dia das pessoas (GODINHO, 2013).

Embora a evolução dos dispositivos vestíveis ocorra rapidamente, consolidando cada vez mais esse tipo de tecnologia no mercado, existem algumas barreiras que ainda impedem a difusão destes produtos. Para algumas equipes, a falta de recursos de tempo, financeiros ou de recursos humanos para manipulação dos dados são razões para o não monitoramento dos atletas (HALSON, 2014).

Atualmente, grande parte das soluções disponíveis encontram-se no mercado norte-americano e europeu. Esse fator encarece a chegada desses aparelhos em países como o Brasil, em virtude da desvalorização da moeda frente a esses países detentores dos

equipamentos. Em uma listagem promovida por Waltz (2015), contendo cinco *wearables* utilizados em esportes, apenas dois possuíam valores abaixo de US\$ 200,00. Ainda se observa que algumas das fabricantes listadas, possuem um sistema de cobrança mensal ou anual, além de outras especificarem um número mínimo de dispositivos a serem adquiridos. Além disso, possivelmente a própria distância poderia ser um entrave para a aquisição dessas tecnologias, principalmente em casos de suporte e acompanhamento de uso por parte das empresas e seus clientes. Isto faz com que esses recursos pareçam distante da realidade de algumas equipes ou atletas atualmente.

Outra parte fundamental do uso de vestíveis para monitoramento de praticantes de atividades físicas, atletas e equipes é a visualização das informações coletadas. A forma da apresentação dos elementos coletados deve ser passível de utilização com eficiência e eficácia (HORN, 1999). Diferentemente dos dispositivos comercializados para usuário final comum, nos quais os dados são obtidos individualmente e comumente enviados para um *smartphone*, onde visualizam-se apenas as informações singularmente por usuário, os *wearable devices* para esportes coletivos precisam fornecer uma visualização dos dados de toda a equipe. Além disso, a utilização da disposição desses dados para fins de tomada de decisão não possui estudos de grau elevado sobre o tema (KAZMI; O'GRADY; O'HARE, 2011). Avanços nestes aspectos de disponibilização de informações podem auxiliar comissões técnicas, equipes médicas e outros profissionais envolvidos com esportes a melhorar o desempenho e aspectos de saúde dos atletas.

Durante os treinamentos, inúmeros dados devem ser observados, algumas vezes, em um curto espaço de tempo e com vários desportistas paralelamente. Dessa forma, o acompanhamento de todos os movimentos e lances de todos os atletas, por parte de técnicos, pode não ser uma tarefa fácil, ainda mais se tratando de equipes. Halson (2014) descreve alguns aspectos que podem ser usados para o acompanhamento da carga de trabalho, dentre eles, a frequência, tempo, intensidade, esforço máximo, repetições, volume de treinamento, além de outros mencionados. Tratando-se de atletas de alto nível, a observação dessas variáveis poderá resultar em planejamentos de treino mais personalizados e adequados, o que permitirá aprimorar o desempenho dos atletas em questão.

Além de monitorar aspectos do treino do atleta, quanto ao seu comportamento técnico e tático, parâmetros relacionados a saúde também podem ser acompanhados para avaliação dos esportistas. Düking et al. (2016) elencam algumas possíveis medidas coletadas de forma não-invasivas que poderiam ser utilizadas para o monitoramento da saúde do

desportista. Citadas pelo autor estão variáveis como: a frequência cardíaca, o estado de hidratação, temperatura corpórea, radiação ultravioleta, quantidade de oxigênio no sangue dentro do sistema circulatório, sono, entre outros. Justifica-se a monitorização desses aspectos, visto que, diferentemente da prática de atividades moderadas, atletas de elite podem ter sua saúde em risco em virtude do nível de seus treinamentos (DIJKSTRA et al., 2014).

Atletas, médicos, técnicos e demais envolvidos com esportes estão adotando soluções científicas para monitorização de treinamentos, verificando a adaptação do desportista ao programa de treinamento e a tentativa de minimizar riscos para a saúde (HALSON, 2014). Diante das informações já expostas, este estudo visa criar um protótipo a partir do conceito de vestíveis, uma tecnologia para a utilização na prática esportiva, proporcionando avaliação da *performance* e monitoramento de parâmetros referentes a saúde do praticante. Os dados obtidos poderão ser analisados posteriormente pelo próprio esportista ou por profissionais da área, através do desenvolvimento de um sistema que possibilite a visualização das informações de forma individualizada ou de um grupo de atletas, para acompanhamento das suas atividades dentro da modalidade praticada.

Para a criação do protótipo, questões pertinentes a placas eletrônicas e sensores foram exploradas. Verificou-se opções de placas para prototipagem disponíveis no mercado, assim como, a partir do estudo realizado, os sensores pertinentes para o contexto de atividades físicas no qual se daria a validação. Dessa forma, fez-se uso da Raspberry Pi Zero W, atuando em conjunto com a cinta Polar H7 para monitoramento da frequência cardíaca.

Em relação a tarefa de visualização e armazenamento dos dados obtidos, desenvolveu-se um aplicativo para *smartphones*, tendo como alvo a plataforma móvel Android. A pesquisa proporcionou que observações acerca da visualização e disponibilização dessas informações contribuíssem no resultado final do app. Além disso, explorou-se tecnologias para armazenamento em nuvem dos dados coletados, utilizando o *Firebase* para isso.

Na construção da base de conhecimento para a elaboração deste trabalho, fez-se uso de pesquisa bibliográfica, analisando publicações acerca do tema de esportes e *wearable devices*. A investigação dos conteúdos supracitados favorece o desenvolvimento e aplicação da plataforma proposta mencionada anteriormente, acerca do problema dos vestíveis, inclusive em atividades coletivas e, disponibilização das informações coletadas de forma adequada. Esses fatores fazem com que essa pesquisa seja definida como aplicada. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), essa natureza de pesquisa caracteriza-se como a busca pela

produção de conhecimentos a serem empregados de forma prática, direcionando-os a problemas específicos.

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo são abordadas questões acerca das modalidades esportivas e a monitorização de atletas por meio do uso de tecnologias. No capítulo dois é apresentado o conceito de *wearable devices*, abordando principalmente as suas características e seus componentes. Também discorre sobre placas de prototipagem e uma visão geral sobre o mercado de vestíveis. No terceiro, são expostas as propriedades, com foco nos atributos de *hardware*, da plataforma proposta para o dispositivo. O quarto capítulo expõe as questões do *software* desenvolvido, caracterizando-se como um aplicativo de *smartphone* para visualização das informações coletadas com o vestível idealizado. No quinto e último capítulo, descreve-se a validação da plataforma, os processos realizados e, a partir disso, os resultados obtidos com os testes.

## 1 ESPORTE

Este capítulo contextualiza os esportes, apresentando classificações sobre a prática esportiva, em relação aos desportistas. Além disso, retrata as tecnologias utilizadas no meio esportivo, evidenciando posteriormente informações relevantes para aperfeiçoamento e cuidados em relação a saúde dos atletas.

### 1.1 ESPORTES INDIVIDUAIS E COLETIVOS

Em seu estudo sobre o termo esporte, Barbanti (2012) define que: “Esporte é uma atividade competitiva institucionalizada que envolve esforço físico vigoroso ou o uso de habilidades motoras relativamente complexas, por indivíduos, cuja participação é motivada por uma combinação de fatores intrínsecos e extrínsecos”. É possível notar também que o esporte está cada vez mais presente na vida em sociedade, relacionando-se com diversas esferas sociais, como a vida em família, política, economia, artes e religião (BARBANTI, 2012).

A diversidade de modalidades esportivas fica explícita ao acompanhar, por exemplo, os jogos olímpicos que ocorreram no Rio de Janeiro em 2016, com um total de 42 (quarenta e dois) esportes diferentes (RIO 2016, 2016). Este número é ainda maior, visto que não são todos os desportos existentes que são disputados em uma olimpíada. Ainda é possível somar os exercícios físicos que não possuem um grande número de praticantes fora do seu país de origem. São, assim, praticamente desconhecidos em outros lugares, porém, com apelo tradicional em seus lugares de criação, onde sua prática se faz mais difundida. Exemplos desses esportes são o corfebol, onde aproximadamente 300 mil praticantes, mas apenas 7 equipes no Brasil (INTRUDER, 2007). Além do corfebol, o *sepak takraw*, que conta com cerca de 300 praticantes em quatro estados brasileiros (ESPORTES, 2009). Independentemente dos resultados obtidos, não há o mesmo apelo desses esportes no Brasil, quanto outros esportes, porém, sua prática em outros lugares, principalmente nas regiões onde foram criados, se torna mais difundida.

Como meio de classificação das modalidades existentes, González (2004) em seu trabalho<sup>1</sup> elenca 4 (quatro) critérios: a cooperação, a relação com o adversário, a forma de

---

<sup>1</sup> GONZÁLEZ, F. J. **Sistema de classificação de esportes com base nos critérios:** cooperação, interação com o adversário, ambiente, desempenho comparado e objetivos táticos da ação. *Lecturas: Educación física y deportes*, n. 71, p. 3, 2004. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=832295>>. Acesso em: 14 set. 2016.

avaliação de desempenho e o ambiente da disputa. Em relação a cooperação, observam-se duas categorias, os esportes individuais e os esportes coletivos. O primeiro, onde o sujeito praticante disputa sozinho a modalidade, apenas contra o seu oponente. Já em esportes coletivos, existe a colaboração entre indivíduos, 2 (dois) ou mais atletas em disputa com seus adversários.

Divide-se ainda esses dois grandes grupos citados em relação a interação com o oponente, onde pode haver atuação direta com o(s) adversário(s), na tentativa de alcançar o objetivo do jogo sem que o outro grupo ou sujeito o faça, ou caracterizar-se como sem relação com o(s) rival(is), onde não há ação direta do(s) opositor(es) nas atividades motoras desenvolvidas pelo(s) atleta(s).

**Quadro 1.1 - Classificação em função da relação de cooperação e oposição**

Esporte	Com interação com o adversário	Sem interação com o adversário
Coletivo	Basquetebol Futebol Futsal Softbol Voleibol	<i>Acrosport</i> Ginástica rítmica desportiva (grupo) Nado sincronizado Remo
Individual	Badminton Judô Paddle Peteca Tênis	Atletismo (provas de campo) Ginástica olímpica Natação

Fonte: adaptado de González (2004)

Outro dos quesitos elencados por González (2004) é em relação ao ambiente, onde indica se há modificações no espaço onde a modalidade é disputada ou não. Também cita como critério a lógica de comparação, relacionando com resultados do atleta, ou aos princípios táticos do jogo. Ambiente e avaliação dos resultados não serão considerados para este trabalho sobre dispositivos vestíveis, não sendo objetos de estudo relacionados com a plataforma proposta. Assim, ficam pertinentes para o presente trabalho apenas a relação entre companheiros e a interação com o adversário. Avaliar os esportes, classificando-os em individuais ou coletivos poderá proporcionar uma análise macro dos cenários que se pretende observar, visto que as ações do desportista podem ser influenciadas pelos seus próprios parceiros de equipe em esportes coletivos, comportamento que não ocorre em esportes individuais.

## 1.2 TECNOLOGIAS NO ESPORTE

A tecnologia, ou aplicação da ciência prática no âmbito dos esportes não é algo recente, porém, a forma com que isso ocorre sofreu algumas mudanças. A preocupação passou de apenas ser um simples conforto dos atletas com os trajes, para que não atrapalhasse a *performance* durante as provas oficiais ou seus treinamentos, para soluções mais avançadas, que pudessem elevar sua capacidade na modalidade e até mesmo prevenir lesões (IGLESIAS, 2009).

É possível observar ainda, abordagens diferentes de utilização da tecnologia quando aplicada a esportes coletivos ou esportes individuais. Quando há relação com companheiros de equipe, a análise das táticas de jogo, o modo de posicionamento dos atletas e o deslocamento em comparação com o colega de time são alguns fatores que podem ser avaliados para aperfeiçoamento do esportista. Em modalidades individuais, onde os movimentos dos praticantes não estão associados a um grupo, as características citadas não são correspondentes a este tipo de esporte. Porém, a análise pode ser feita levando-se em consideração as comparações com marcas já obtidas, a fim de superá-las, sejam estas do próprio desportista ou de outro que tenha obtido um resultado expressivo e também avaliar a precisão do movimento. Além disso, a contribuição de artefatos tecnológicos no segmento esportivo pode contribuir na produção de conhecimento científico, para concepção de novos e melhores materiais esportivos utilizados durante a prática das modalidades e o auxílio para a arbitragem (PRÊMIO JOVEM CIENTISTA, 2012).

Independentemente do que se pretende apurar, um dos processos necessários para avaliar o desempenho de um atleta é fazer inicialmente uma coleta de seus dados. Essa tarefa, não obrigatoriamente necessita do uso de um dispositivo tecnológico para ser realizada. O uso de algum *software* pode ser empregado para registrar de forma manual os valores observados durante a prática esportiva, sendo estes *softwares* denominados de *scout*. Assim, de posse de informações sobre o desenvolver da atividade do esportista, as mesmas podem ser trabalhadas, a fim de que possam auxiliar na tomada de decisão para o aprimoramento do praticante. Segundo Okazaki et al., (2012), a análise de estatísticas de desempenho tem como objetivos a caracterização do esporte para adequação dos treinamentos e encontrar relações de causa-efeito que possam implicar na *performance*. O uso deste tipo de recurso é bastante difundido no voleibol, apesar de praticamente todas as modalidades empregarem à sua maneira este tipo de análise, tanto em esportes amadores quanto em âmbito profissional.

Ao que tangencia a área de arbitragem no meio esportivo, a tecnologia possui papel importante em diversas modalidades. Em Katchborian (2016), Carlos Toledo Martins menciona que na esgrima, antes do uso de artefatos tecnológicos, a pontuação era definida apenas pelos juízes ou com o auxílio do uso de giz, para marcar o toque da espada no adversário, o que poderia deixar uma margem maior para erros. Atualmente, a esgrima conta com sensores nas armas e nos trajes utilizados, fazendo com que o toque seja então percebido por esses equipamentos, validando ou não a pontuação, além disso, a pista também possui tecnologia empregada.

Outra maneira difundida em vários esportes para dirimir as dúvidas em relação à algum lance de difícil resolução ocorrido durante a partida, são os recursos visuais, utilizando-se de câmeras e similares para obter a precisão necessária, normalmente em alguma jogada com alta velocidade empregada. Um dos exemplos é o tênis, que conta com um sistema para capturar o trajeto da bola, sendo este enviado para um computador central capaz de recriar este movimento em 3D, exibindo com precisão o lugar onde a bolinha toca o chão e assim definir acertadamente o ponto. Esse sistema é utilizado normalmente no momento em que o atleta sente-se prejudicado por uma decisão (SCHATTENBERG, 2013). Sistema semelhante a este do tênis pode ser observado também no voleibol<sup>2</sup>. Além dos exemplos já citados, o futebol conta com um recurso para indicação de gol marcado (*Goal-Line Technology – GLT*, Tecnologia da Linha de Gol, tradução nossa), experimentado pela primeira vez na Copa do Mundo de Clubes de 2012, ocorrida no Japão (FIFA, [entre 2013 e 2016]).

### 1.3 AFERIMENTO DE PARÂMETROS

A avaliação do desempenho de um atleta ou de parâmetros relacionados à sua saúde, passa pela análise de métricas propícias e inerentes às suas necessidades e modalidade praticada. Da mesma forma, os dados acerca do praticante precisam ter acurácia suficiente para um resultante de informações confiáveis e válidas para a tomada de ações. Além disso, o processo de coleta/ obtenção desses elementos deve aproximar-se ao máximo de situações reais, ou seja, a medição deve interferir o mínimo possível nas ações e movimentos executados em momentos de competição ou treino livre.

É importante compreender ainda as características pertinentes aos dados obtidos dos desportistas. O aferimento dessas características está dividido em dois tipos: Carga Externa

---

<sup>2</sup> Challenge System.

(CE) e Carga Interna (CI). A carga externa é responsável por indicar quais os tipos de informações obtidas, estando ligadas a tarefas, movimentos e/ou ações realizadas pelos atletas, remetendo a uma concepção de desempenho. A carga interna refere-se às medições de estados e níveis de parâmetros que são intrínsecos a saúde do atleta.

Os sistemas atuais de monitoramento de atletas têm priorizado o uso das unidades de cargas externas como sendo a fonte das informações acerca dos desportistas. Porém, a relação dessas duas categorias de cargas quantificadas pode ser um dos fatores determinantes no diagnóstico de apontar um atleta que está fadigado ou um que está com plenas condições (HALSON, 2014). Uma divisão dos tipos de aferimentos, descrita por Wallace, Slattery e Coutts (2009 apud HALSON, 2014) é apresentada a seguir:

Carga externa é definida como o trabalho realizado pelo atleta, medida independentemente das suas características internas [6]. Um exemplo de carga externa no ciclismo de estrada seria a potência média mantida durante um determinado período de tempo (isto é, 400W durante 30 min). Enquanto a carga externa é importante para entender o trabalho concluído, recursos e capacidades do atleta, a carga interna, ou o relativo *stress* fisiológico e psicológico imposto, também é fundamental para determinar a carga de treinamento e adaptação posterior (HALSON, 2014, p. 1, tradução nossa).

Dentro do grupo de CE e do grupo de CI existem as variáveis a serem coletadas. Elas serão a base para formalizar métricas, a citar como exemplo a fadiga do atleta. Serão essas informações geradas a partir do aferimento que darão um *feedback*, sendo capaz de fornecer aos profissionais designados auxílio para ajustes e aprimoramentos no desempenhar das funções dos esportistas. A Tabela 1.1 lista variáveis que podem ser acompanhadas durante a prática esportiva, relacionando-as com unidades de medição.

**Tabela 1.1 - Relação de algumas Variáveis e suas Unidades de Medida ou Descritores**

(continua)

<b>Variável</b>	<b>Unidades / descritores</b>
Frequência	Sessões por dia, semana, mês
Tempo	Segundos, minutos, horas
Intensidade	Absoluta, relativa
Tipo	Modalidade, ambiente
Esforço Máximo	Potência média máxima, altura do salto
Repetição de Esforços	Número de esforços, a qualidade dos esforços
Volume de Treinamento	Tempo, intensidade

(conclusão)

<b>Variável</b>	<b>Unidades / descritores</b>
Percepção de Esforço	RPE <sup>3</sup>
Percepção de Fadiga e Recuperação	Questionários; REST-Q <sup>4</sup> , VAS <sup>5</sup>
Indisposição	Incidência, duração
Doença	Tipo, duração
Análise Bioquímica e Hormonal	Patamar, resposta ao exercer
Técnica	Desvios de movimento
Composição do Corpo	Total de peso corporal, massa gorda, massa livre de gordura
Dormir	Qualidade, quantidade, rotina
Psicologia	Estresse, ansiedade, motivação
Sensações	Esperançoso, neutro, sem esperança

Fonte: adaptada de Halson (2014, tradução nossa).

Uma das medições comuns, e que auxiliam os atletas é a Frequência Cardíaca (FC), explicada por Lima (2016) como sendo “a quantidade de vezes que o coração bate por minuto e o seu valor normal varia entre 60 e 100 batimentos por minuto”.

Estudos sobre esse ritmo – a frequência cardíaca – em condições de repouso e de exercício fornecem informações relevantes sobre o funcionamento do coração, que podem ser úteis no treinamento de atletas de diferentes esportes e no desenvolvimento de novas formas de diagnóstico e de tratamento para disfunções e doenças desse órgão. (ARAÚJO, p. 1, 2010).

Além da FC, pode-se medir a Recuperação da Frequência Cardíaca (FCRec) e a Variação da Frequência Cardíaca (FCVar). A FCRec é a ocorrência da diminuição da frequência cardíaca que ocorre em um determinado período após o exercício (CORNFORTH et al., 2014).

[FCRec] está fortemente correlacionada à atividade parassimpática no início do período de recuperação e, portanto, a regulação autonômica da frequência cardíaca pode fornecer informações importantes sobre o estresse psicológico do atleta, fadiga, aptidão física e excesso de alongamento. (CORNFORTH et al., p. 194, 2014).

Já a FCVar refere-se as mudanças que ocorrem nos intervalos dos batimentos cardíacos, denominados intervalos R-R, além das oscilações que acontecem entre as frequências cardíacas instantâneas consecutivas.

<sup>3</sup> RPE - Classificação de Esforço Percebido.

<sup>4</sup> REST-Q - Questionário de Estresse e Recuperação.

<sup>5</sup> VAS - Escala Visual Análoga.

Mudanças nos padrões da VFC fornecem um indicador sensível e antecipado de comprometimentos na saúde. Uma alta variabilidade na frequência cardíaca é sinal de boa adaptação, caracterizando um indivíduo saudável, com mecanismos autonômicos eficientes, enquanto que, baixa variabilidade é frequentemente um indicador de adaptação anormal e insuficiente do SNA, implicando a presença de mau funcionamento fisiológico no indivíduo. (VANDERLEI, p. 205, 2009).

Ainda em relação a medição de batimentos por minuto, outro valor utilizado é a de Frequência Cardíaca Máxima (FCMáx). Algumas fórmulas de predição para encontrar essa medida foram propostas, a citar Tanaka et al. (2001, apud CAMARDA et al., 2008), formulando  $208 - 0,7 \times \text{idade}$  (208, menos o produto do valor 0,7 com a idade) e a equação proposta por Karvonen et al. (1957, apud CAMARDA et al., 2008), caracterizada por  $220 - \text{idade}$  (220 menos a idade). Sendo esta última utilizada no aplicativo proposto para este trabalho. Testes físicos de campo também podem ser usados para encontrar a FCMáx.

Alguns casos de problemas de saúde em atletas, principalmente relacionados ao coração já ocorreram. Citando exemplos do futebol brasileiro, o jogador Washington, apelidado posteriormente de “Coração Valente”, passou por problemas quando jogava na Turquia. O esportista relata em entrevista: os sintomas que precederam o diagnóstico da lesão da artéria esquerda e o exame de esteira ao qual foi submetido e posteriormente avaliado antes da cirurgia pelo qual passou (WASHINGTON..., 2015). Após a recuperação, o jogador voltou a exercer sua profissão, o que motivou o apelido.

Outro caso foi o do jogador Paulo Sérgio Oliveira da Silva, conhecido como Serginho. No dia 27 de outubro de 2004, quando atuava pela equipe da Associação Desportiva São Caetano, sofreu uma parada cardiorrespiratória em campo enquanto jogava contra a equipe do São Paulo Futebol Clube, vindo a óbito (ALEIXO, 2014). Para este caso fica pertinente a questão de que se o acompanhamento dos parâmetros relacionados à saúde do atleta, através de tecnologias como, por exemplo, os vestíveis, poderia auxiliar no diagnóstico de problemas a fim de evitar situações como a mencionada?

Além de medições que demonstram o atual estado do atleta, como as já mencionadas anteriormente, dados referentes ao posicionamento dentro do ambiente do esporte praticado podem ser úteis. Utilizando-se algumas vezes de sistemas de navegação global por satélite<sup>6</sup> para ser obtida, a posição de cada esportista indicará questões inclusive de ordem tática. Além disso, em esportes coletivos, o posicionamento de cada atleta poderá ser monitorado para fins

---

<sup>6</sup> Conjunto de 3 ou mais satélites que orbitam a Terra que, calculando o tempo que os sinais de rádio emitidos pelo satélite levam até chegar a um receptor e a distância a que está de cada um dos satélites, obtendo a localização geográfica do receptor no globo (MANO, 2012).

de averiguar o sucesso ou não da aplicação do modelo tático, disposição da formação em diversos momentos e adaptabilidade ao modelo do adversário.

#### 1.4 AVALIAÇÃO DOS ATLETAS

O monitoramento dos atletas, tanto em modalidades coletivas, praticadas em equipe, quanto em atividades individuais, sem cooperação direta, precisa gerar informações significativas para que decisões acerca do atleta e seus treinamentos sejam relevantes. A adequação dessas informações ao esporte praticado é algo fundamental para a obtenção de melhores resultados aos objetivos traçados pelo esportista. Além disso, se faz necessário observar o comportamento de forma individualizada, mesmo em esportes coletivos, considerando respostas diferentes aos estímulos de treino, competição e cargas de trabalho (HALSON, 2014).

A partir das informações pertinentes a cada esporte e ao seu praticante, pode-se caracterizar a variabilidade evolutiva do atleta. Para tal, um acompanhamento contínuo se faz necessário, a fim de que se possa realizar comparativos e predições. Dessa forma, será possível encontrar parâmetros monitorados e que eventualmente estejam fora dos valores esperados e, a partir do fato, buscar a motivação para a ocorrência, e a solução, se necessária a adequação aos valores esperados.

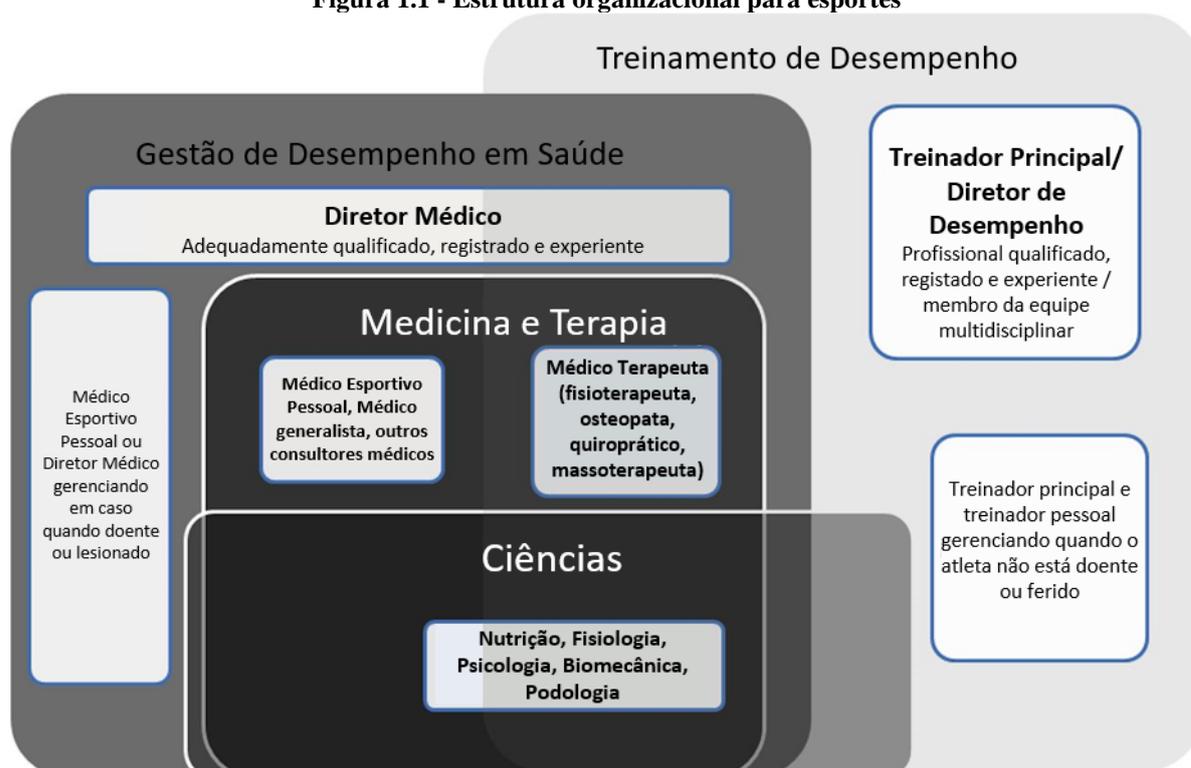
Têm-se as situações descritas, por exemplo, ao utilizar o caso de atletas em fase de pós-lesão, com cargas de trabalho diferenciadas por conta da contusão sofrida, mencionados em livro por Barbanti et al. (2002, p.252) que expressam que "só um acompanhamento contínuo do estado físico permite um reajustamento constante das cargas, não só em termos de volume e intensidade, mas também em termos de capacidade física a treinar". Assim, o histórico de avaliações poderá contribuir para a indicação se as condições atuais do praticante se assemelham as já registradas em períodos considerados normais, sem influência de lesões ou outros fatores.

A busca pelo melhor desempenho, ou de indicadores que levem a isso, torna-se uma constante para atletas, treinadores e demais profissionais ligados a ciência esportiva (KAZMI; O'GRADY; O'HARE, 2011). Busca-se um alinhamento entre a saúde do esportista e o desempenho, mantendo o equilíbrio entre essas duas áreas.

Na Figura 1.1, apresenta-se um modelo de Gestão Integrada de Saúde Desempenho e Treinamento, cuja proposta tem por base a integração operacional dos dois departamentos-

chave: saúde e treinamento, para melhorar o desempenho do desportista. Inicialmente, o quadro em cinza mais claro, denominado “Treinamento de Desempenho”, seria conduzido por um treinador principal (Treinador Principal/ Diretor de Desempenho), capacitado a gerenciar outros treinadores com funções mais específicas. Relacionado a questões de saúde, como lesões e doenças, está o quadro em cinza mais escuro “Gestão de Desempenho em Saúde”, o qual seria conduzido por um Diretor Médico experiente, além do suporte de outros profissionais com conhecimentos em medicina esportiva. Ainda no departamento de saúde, estariam médicos terapeutas, que teriam conhecimentos em terapias para o auxílio aos atletas. Ainda poderiam ter o apoio de cientistas capazes de analisar a biomecânica e o contexto funcional da lesão. Os dois quadros acabam por representar os dois segmentos, em contextos distintos, mas que trabalhariam em conjunto para benefício dos praticantes da modalidade desempenhada. (DIJKSTRA et al., 2014).

**Figura 1.1 - Estrutura organizacional para esportes**



Fonte: adaptada de Dijkstra et al. (2014, tradução nossa).

A avaliação por profissionais adequados das informações monitoradas dos praticantes de exercícios físicos torna-se importante para a tomada de decisões futuras. A multidisciplinaridade, identificada através de profissionais especializados em suas áreas tem a oportunidade de avaliar o esportista dentro dos seus conhecimentos, porém, devendo interagir com outras áreas, à fim da construção de uma visão holística sobre, abordando as questões pertinentes a medicina e a *performance* do atleta. No entanto, em uma abordagem

multidisciplinar individualizada, ou seja, sem a interação entre as áreas, pode contribuir de forma negativa para a saúde e a *performance* quando o esportista está com problemas de saúde ou lesionado (DIJKSTRA et al., 2014).

De forma a contribuir com a evolução dos atletas, o retorno sobre as atividades exercidas a partir da avaliação de profissionais constitui-se uma fase importante do processo. O esportista precisa estar atualizado sobre o seu desempenho e possíveis aspectos à serem melhorados e de que forma pode-se obter essa melhoria. Este fator está diretamente interligado com a estrutura de monitoramento adotada, onde deverá ser possível a informação coletada do desportista ser encaminhada aos especialistas, e o mesmo possa receber novamente informações dos profissionais responsáveis pela sua análise.

Após discorrer sobre esportes e os atletas, o próximo capítulo apresentará conceitos, aplicações e composições sobre os *wearables devices*. Além disso, a associação da tecnologia ao uso pelos esportistas estará presente na sequência desta pesquisa.

## 2 WEARABLE DEVICES

Este capítulo apresenta o conceito de *Wearable Devices* (WD) e as características dessa tecnologia. Na sequência, expõe alguns sensores e suas propriedades, comumente usados na construção dos *Wearables*. Descreve ainda aplicações que fazem uso desses dispositivos, abordando as diversas áreas em que são empregados com os diferentes objetivos pertinentes a cada uma delas. Por fim, o capítulo ainda mostra o mercado dos WD voltados para a área de esportes, exibindo exemplos e casos de uso para esses artefatos.

### 2.1 CONCEITO

A forma dos dispositivos vestíveis apresentados atualmente está ligada à dois importantes fatos: a miniaturização de componentes eletrônicos e a evolução da Internet de forma geral. Em conjunto, esses dois avanços proporcionaram conceber essa tecnologia, com equipamentos pequenos em tamanho, capazes de serem usados como vestimenta, comunicando-se com outros equipamentos.

Uma das características mais comuns encontradas nos DV é a sua portabilidade. Isso faz com que possam ser transportados sem maiores dificuldades por seus utilizadores. Diante disso, é imprescindível que sejam adotados elementos eletrônicos de tamanho reduzido, que mantenham os *wearables* portáteis. Assim, inúmeros produtos relacionados a computação vestível puderam ser projetados e comercializados, mediante os avanços ocorridos a partir do ano 2000, em relação a miniaturização dos componentes eletrônicos (GIANNETTI, 2011). Além disso, o fato dos vestíveis serem portáteis, estando associados, quanto a sua forma, à roupas e acessórios naturalmente já usados no dia-a-dia e sem requerer a atenção do seu utilizador, permitem que esses dispositivos sejam caracterizados como Computação Ubíqua<sup>7</sup>.

Essa portabilidade permite um acompanhamento mais frequente de sinais do seu usuário, gerando um volume maior de dados. Esses dados precisam ser transmitidos a fim de que possam ser processados e transformados em informações úteis, sendo disponibilizados às pessoas pertinentes em cada caso. Mediante isso, a comunicação também se tornou aspecto importante para a tecnologia vestível. Novas possibilidades surgiram com o conceito de *Internet of Things* (IoT), ou Internet das Coisas. Em Evans (2011), o *Cisco Internet Business Solutions Group* (IBSG) estima o surgimento da IoT entre os anos de 2008 e 2009, definindo-

---

<sup>7</sup> Computação Ubíqua foi descrita por Mark Weiser (1991), em seu trabalho “*The computer for the 21st century*”, como sendo o uso da tecnologia em qualquer momento e lugar, sendo invisível dentro do contexto em que se faz presente, ocorrendo seu uso de forma natural ao seu usuário (O QUE..., 2016).

a como o momento em que existem mais “coisas ou objetos” conectados à Internet do que pessoas.

Embora como citado, os avanços tecnológicos que contribuíram para o desenvolvimento da tecnologia dos vestíveis tenham acontecido com maior impacto nos anos mais recentes, a pesquisa em DV é recorrente de datas mais antigas. Principalmente, ao lembrar do pesquisador Steve Mann, considerado “o pai da computação *wearable*”<sup>8</sup>. No ano de 1998, Mann definiu da seguinte forma esses dispositivos:

Um computador vestível é um computador que está englobado no espaço pessoal do utilizador, controlado pelo usuário, e tem tanto constância de operação e interação, ou seja, está sempre ligado e sempre acessível. Mais notavelmente, é um dispositivo que está sempre com o usuário, e para o qual o utilizador pode sempre introduzir comandos e executar um conjunto de tais comandos digitados, e no qual o usuário pode fazê-lo durante uma caminhada ou outras atividades. [...] O computador vestível é mais do que apenas um relógio de pulso ou óculos normais: ele tem a funcionalidade completa de um sistema de computador, mas além de ser um computador com todos os recursos, também é intrinsecamente entrelaçado com o utente. Isto é o que define o computador vestível de outros dispositivos portáteis, como relógios de pulso, óculos de grau, rádios portáteis, etc. Ao contrário destes outros dispositivos portáteis que não são programáveis (reconfiguráveis), o computador vestível é tão reconfigurável como o *desktop* familiar ou um *mainframe*. (MANN, 1998, tradução nossa).

Desde o ano supracitado, Mann seguiu publicando suas pesquisas. Em uma delas, mais recente, definiu a computação vestível como a utilização de dispositivos computacionais e sensoriais, miniaturizados, junto ao corpo, sendo sob ou sobre a roupa, na própria vestimenta ou ser o próprio vestuário como dispositivo (MANN, 2014). A Figura 2.1 exibe o professor Steve Mann com seus *wearables*, em diferentes períodos de tempo.

**Figura 2.1 - Evolução das invenções de Steve Mann**

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



Fonte: Wearcam, (2016).<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Clarke, P. *ISSCC: "Dick Tracy" watch watchers disagree*. **EE Times**, 2007. Disponível em: <[http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1141227](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1141227)>. Acesso em: 1 nov. 2016.

<sup>9</sup> WEARCAM. 2016. Disponível em: <<http://www.wearcam.org/steve5.jpg>>. Acesso em: nov. 2016.

No decorrer do trabalho de Pedro Manuel Araújo Santos Godinho, no ano de 2013, intitulado “Pulseira inteligente para monitorização de funções vitais”, o autor resgata algumas características e um breve histórico sobre a tecnologia dos vestíveis. Os estudos referentes aos *wearable devices* feitos por Godinho, o fizeram definir um vestível como:

Um dispositivo *wearable* é por norma um dispositivo pequeno, portátil e interativo que está sempre pronto para ser utilizado. Este encontra-se, geralmente integrado em objetos do quotidiano como: as roupas, pulseiras, relógios, óculos entre outros. Para a definição de um dispositivo *wearable* pode recorrer-se aos principais modos de operação e atributos. (GODINHO, p.2, 2013).

Por fim, em Viegas, Abreu e Pedrosa (2016), os autores definem que “o conceito de *Wearable Technology* consiste na incorporação de componentes tecnológicos em peças de roupa ou acessórios que possam ser vestidos pelos utilizadores”. Além do uso dessa tecnologia através dos artefatos vestíveis, eles enfatizam o uso dos acessórios tecnológicos de forma onipresente, fazendo parte da vida dos indivíduos (VIEGAS; ABREU; PEDROSA, 2016).

## 2.2 APLICAÇÕES

Ao decorrer desta seção, serão listados alguns domínios onde os DV são aplicados. Além disso, os principais objetivos dentro de cada nicho de uso, a forma de atuação e alguns exemplos serão descritos na sequência do texto.

### 2.2.1 Esportes

Em relação à área esportiva, os *wearables* têm como um dos seus principais objetivos a melhora no desempenho do atleta. Seu uso normalmente está condicionado aos treinamentos, a fim de que através das informações coletadas, ações possam ser executadas na tentativa de aprimoramento de *performance* e melhores resultados sejam alcançados nas competições, em cada modalidade disputada. Porém, além do uso citado, os DV são empregados no monitoramento de parâmetros relacionados à saúde do atleta. Na Figura 2.2 é possível observar algumas aplicações que podem ser empregadas no âmbito esportivo, demonstrando os vestíveis para pulso, os que são embutidos nos equipamentos utilizados em cada modalidade esportiva, além da própria peça de vestuário.

**Figura 2.2 - Aplicações para os esportes**



Fonte: Anzaldo (2015).<sup>10</sup>

Por serem dispositivos portáteis e coletarem de forma individualizada os dados dos esportistas, uma análise personalizada por atleta pode ser feita a partir disso. Dessa forma, características pessoais de cada praticante monitorado podem ser respeitadas, promovendo uma melhor adequação à cada atividade proposta. Isso possibilita que as reais necessidades sejam analisadas por treinadores, técnicos, equipe médica, entre outros profissionais e assim, supridas, ao contrário de um método que generalize resultados individuais para um coletivo. Assim, justifica-se o que Reske (2006, apud SZEREMETA, 2013) descreve ao afirmar que treinadores precisam estar atualizados com os métodos de treinamento e adaptá-los de acordo com as necessidades individuais de cada atleta.

Em 2007, Eric e James fundam a empresa Fitbit, trazendo soluções para *fitness* e saúde (FITBIT, 2016a). Seguindo com essa proposta, em sua linha de produtos encontra-se o Fitbit Surge, um relógio inteligente com o objetivo de aprimoramento e melhoria no cotidiano do seu utilizador. É constituído por diversos sensores e componentes eletrônicos, como: GPS, acelerômetros de 3 eixos, giroscópio de 3 eixos, bússola digital, monitor óptico de frequência cardíaca, altímetro<sup>11</sup>, sensor de luz ambiente e motor de vibração, possibilitando a coleta de diversas informações sobre o seu utente, ainda possui uma tela LCD sensível ao toque para interação com o usuário. Além disso, o praticante da atividade física poderá ser monitorado e ter seus dados sincronizados diretamente com um *smartphone* ou computador. Na Figura 2.3 é possível ver o Fitbit Surge, inclusive em seu visor com a demonstração de algumas informações possíveis de serem coletadas sobre o exercício, dando uma breve demonstração sobre o seu funcionamento (FITBIT, 2016b).

<sup>10</sup> ANZALDO, D. *Wearable Sports Technology Market Landscape and SoC Trends. International SoC Design Conference 2015, Technology for Sports*, nov. 2015. Disponível em: <<https://www.maximintegrated.com/content/dam/files/design/technical-documents/white-papers/wearable-sports-technology.pdf>>. Acesso em: nov. 2016.

<sup>11</sup> Equipamento que mede a pressão atmosférica convertendo em valores referentes a altitude.

**Figura 2.3 - Fitbit Surge, um dos produtos da linha da empresa Fitbit**



Fonte: Fitbit (2016b)

Outro dispositivo vestível com foco em esportes, mais precisamente natação, é o XMetrics Pro (Figura 2.4), fabricado pela empresa XMetrics, que possui em sua linha de produtos o XMetrics Fit. Ele tem como propósito principal o acompanhamento do desempenho do atleta, sem interferir nos movimentos no decorrer deste processo. Consiste em um módulo de aproximadamente 50 gramas, que conta com acelerômetro, giroscópio e magnetômetro como sensores, para ser utilizada na parte traseira da cabeça do nadador. Além disso, incluso nos itens está um fone de ouvido à prova d'água, permitindo o *feedback* em tempo real da atividade desenvolvida. A Figura 2.5 registra a utilização do fone de ouvido conectado com o *wearable* XMetrics Fit (XMETRICS 2016b). Os dados coletados proporcionam informações acerca de tempos, contagem de voltas, uma combinação de voltas e tempo, ritmo, pausas e calorias queimadas. Além disso, o XMetrics Pro disponibiliza o XMetrics Link, um sistema para visualização dessas informações através de gráficos e tabelas, oportunizando a maximização do desempenho do esportista (XMETRICS, 2016a).

**Figura 2.4 - XMetrics Pro**



Fonte: Xmetrics (2016a)

**Figura 2.5 - XMetrics Fit e o fone de ouvido acoplado ao dispositivo**



Fonte: Xmetrics (2016b)

Com o objetivo de cuidado com a saúde do atleta, o dispositivo Revolution IQ HITS, da empresa Riddell, configura-se como um capacete utilizado no futebol americano. O vestível é responsável por monitorar os impactos sofridos na cabeça do esportista, através da tecnologia *Head Impact Telemetry System* (HITS)<sup>12</sup>. Dados como: localização, magnitude, hora, duração e direção de uma colisão sofrida são aferidos através de seis acelerômetros localizados na parte interna do vestível. O *wearable* pretende ajudar profissionais do esporte a evitar danos permanentes que choques como os citados podem ocasionar no cérebro de um desportista (PATEL, 2007 apud SZEREMETA, 2013). A Figura 2.6 exibe a visão por baixo do capacete Revolution IQ HITS.

**Figura 2.6 - Visão por baixo do Revolution IQ HITS**



Fonte Riddell (2016).<sup>13</sup>

<sup>12</sup> “O sistema HITS fornece dados de medições para estimar a magnitude da aceleração linear e direção da cabeça. Foi aplicado inicialmente dentro de um capacete de futebol americano” (GREENWALD et al., [2003?]).

<sup>13</sup> RIDDELL Revolution® IQ HITS™ Helmet. Riddell. 2016. Disponível em: <[http://team.riddell.com/?post\\_type=rid\\_helms&p=585](http://team.riddell.com/?post_type=rid_helms&p=585)>. Acesso em: nov. 2016.

### 2.2.2 Saúde

Na área da saúde, a computação vestível é aplicada aproveitando-se da possibilidade de maior tempo de monitorização do paciente. Dessa forma, pode-se obter um histórico maior dos sinais que se pretende observar. O médico ou profissional da área da saúde, responsável pelo atendimento deste paciente, poderá ter um diagnóstico mais preciso, visto o acompanhamento, mesmo que à distância, dos aferimentos promovidos pela utilização de um *wearable*. De forma geral, os dispositivos neste nicho aferem sinais vitais, fisiológicos, e atividades diárias, além de fornecer acesso aos dados médicos e funcionalidades de comunicação de emergência (MCFADDEN; INDULSKA, 2014; ALTINI et al., 2011 apud VERGARA; PEREIRA; LOPEZ, 2014).

Outro fator importante para que se desenvolva ainda mais a área de vestíveis aplicados à saúde está ligado a mudança na pirâmide etária mundial. Na publicação das Nações Unidas (ONU, 2015) sobre a população mundial, a revisão de 2015 aponta aumentos substanciais na expectativa de vida em relação aos anos anteriores. Mundialmente, a tendência de vida ao nascer, em 2000-2005, elevou-se de 65 anos para homens e 69 anos para mulheres, passando para 68 anos para pessoas do sexo masculino e 73 anos para pessoas do sexo feminino nos anos de 2010-2015. Ao considerar o aumento da expectativa de vida, somado com a queda acentuada na taxa de fertilidade, obtém-se como resultado o rápido envelhecimento da população mundial (OMS, 2015).

O idoso é um dos principais públicos-alvo de *wearables*, principalmente porque esta faixa de idade tem uma maior necessidade de cuidados e assistência; o uso de *wearables* auxilia os médicos, cuidadores, ou familiares no acompanhamento contínuo dos pacientes. (VERGARA; PEREIRA; LOPEZ, 2014).

Um dos motivos que justificam o uso de dispositivos vestíveis por idosos é o fato da probabilidade de quedas durante esse período da vida. No trabalho desenvolvido por Barros e Bertoti (2013), os autores apresentam um cinto com o objetivo de através do monitoramento, em caso de quedas, avisar um responsável sobre o ocorrido. Utilizam para a construção um Arduino LilyPad, um acelerômetro, um módulo *bluetooth*, placa de interface de comunicação, campainha e bateria. A comunicação entre o *wearable* e o responsável ocorre por meio de mensagens de texto, que são enviadas para o celular do encarregado do idoso. Observa-se na Figura 2.7 os componentes eletrônicos costurados com uma linha condutiva no cinto.

**Figura 2.7 - Cinto proposto e os componentes eletrônicos**



Fonte: Barros; Bertoti (2013).

O monitoramento em relação à saúde nem sempre possui a necessidade de estar ligado diretamente ao paciente. Como exemplo, cita-se a CRPGlove, uma luva inteligente para auxílio na correta aplicação da técnica de ressuscitação cardiopulmonar, não utilizada pela pessoa que necessita de cuidados, e sim, pela pessoa que prestará assistência. Os sensores contidos neste dispositivo coletam informações como a força aplicada, ângulo e frequência (MIAZAKI, 2008). A partir disso, informações podem ser geradas para guiar o processo de reanimação, na tentativa de maior efetividade e maiores chances de sucesso. Um exemplo de utilização pode ser visto na Figura 2.8, localizada abaixo, onde o aplicador é quem está com o dispositivo vestível.

**Figura 2.8 - Utilização da CRPGlove**



Fonte: CRPGlove (2007).<sup>14</sup>

<sup>14</sup> CRPGlove™ Making Inroads. Medgadget, 5 nov. 2007. Disponível em: <<http://www.medgadget.com/2015/07/microsoft-and-case-western-reserve-introduce-hololens-augmented-reality-for-medical-education.html>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

Tendo as crianças recém-nascidas ou com poucos meses como foco, a empresa Sproutling desenvolveu um monitor para bebês. Configura-se na forma de tornozeleira, sendo capaz de monitorar a frequência cardíaca, movimento e posição. Um de seus diferenciais está na capacidade de aprender sobre a criança, o que possibilita melhorias no decorrer do tempo. O dispositivo Sproutling ainda promete o fornecimento de *insights* sobre alguns padrões do sono do usuário e sobre o ambiente, o que auxiliaria a garantir um sono melhor. Com esse monitoramento através desse *wearable*, os pais de bebês poderiam ter maior tranquilidade quanto a saúde do filho (SPROUTLING, [ca. 2016]). A Figura 2.9 apresenta a tornozeleira em uso por um bebê.

**Figura 2.9 - Sproutling em uso**



Fonte: Tornozeleira... (2014).<sup>15</sup>

No segmento de produtos desenvolvidos para crianças, encontra-se o *smartwatch*<sup>16</sup> Y3. Seu foco está voltado principalmente para a segurança e saúde do seu utente. Ele contém um botão de emergência, onde um número de telefone pré-definido pode ser facilmente acionado, além de questões de posicionamento e rota. No que tangencia a área da saúde do seu usuário, o relógio inteligente possui um pedômetro para contabilizar os passos, além de ser capaz de monitorar o sono. Suas dimensões são de aproximadamente 54 milímetros de altura e 34 milímetros de largura (GPS..., 2015).

Para a função de localização, o vestível possui três modos para determinar o posicionamento, sendo através do GPS, *Location Based Services* (LBS)<sup>17</sup> e *Wi-fi*<sup>18</sup> (GPS..., 2015). Desta forma, ao combinar as tecnologias, o vestível seria capaz de determinar o lugar que seu usuário se encontra, independentemente de estar em um lugar aberto, ou dentro de

<sup>15</sup> TORNOZELEIRA que monitora bebês chegará às lojas em março nos EUA e no Canadá. **O Globo**, 8 ago. 2014. Disponível em: < <http://oglobo.globo.com/sociedade/tecnologia/tornozeleira-que-monitora-bebes-chegara-as-lojas-em-marco-nos-eua-no-canada-13532385>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

<sup>16</sup> Relógio que possui muitas características ou funcionalidades de um *smartphone* ou um computador (CAMBRIDGE, 2016).

<sup>17</sup> Serviços Baseados na Localização do dispositivo (LEOPEDRINI, 2014).

<sup>18</sup> Conjunto de especificações que se baseiam no padrão IEEE 802.11, utilizadas em redes locais sem fio (WLAN - *Wireless Local Area Network*) (ALECRIM, 2008).

alguma construção. Este modo de operação justifica-se pelo fato de apenas o sistema GPS não ter um bom funcionamento e precisão ao ser utilizado dentro de lugares fechados. Na Figura 2.10 têm-se algumas características do relógio Y3, sua tela e botões. É possível observar o botão de emergência localizado na lateral.

**Figura 2.10 - Smartwatch Y3**



Fonte: Paragon (2015).<sup>19</sup>

### 2.2.3 Educação

O uso de DV na educação cria novas possibilidades de ensino, sendo passíveis de serem adotados e promoverem benefícios desde os anos primários até o ensino superior (REDAÇÃO O FUTURO DAS COISAS, 2015). Entre outros usos, ambientes virtuais podem ser criados, aproximando o aluno do conteúdo por meio do uso da tecnologia, alterando assim, os meios tradicionais de aprendizagem.

Estas atividades [que usam computador] podem ser feitas tanto para continuar transmitindo a informação para o aluno e, portanto, para reforçar o processo instrucionista, quanto para criar condições para o aluno construir seu conhecimento por meio da criação de ambientes de aprendizagem e facilitando o desenvolvimento dos conteúdos. (SILVA et al., p.1, [2007-2016])

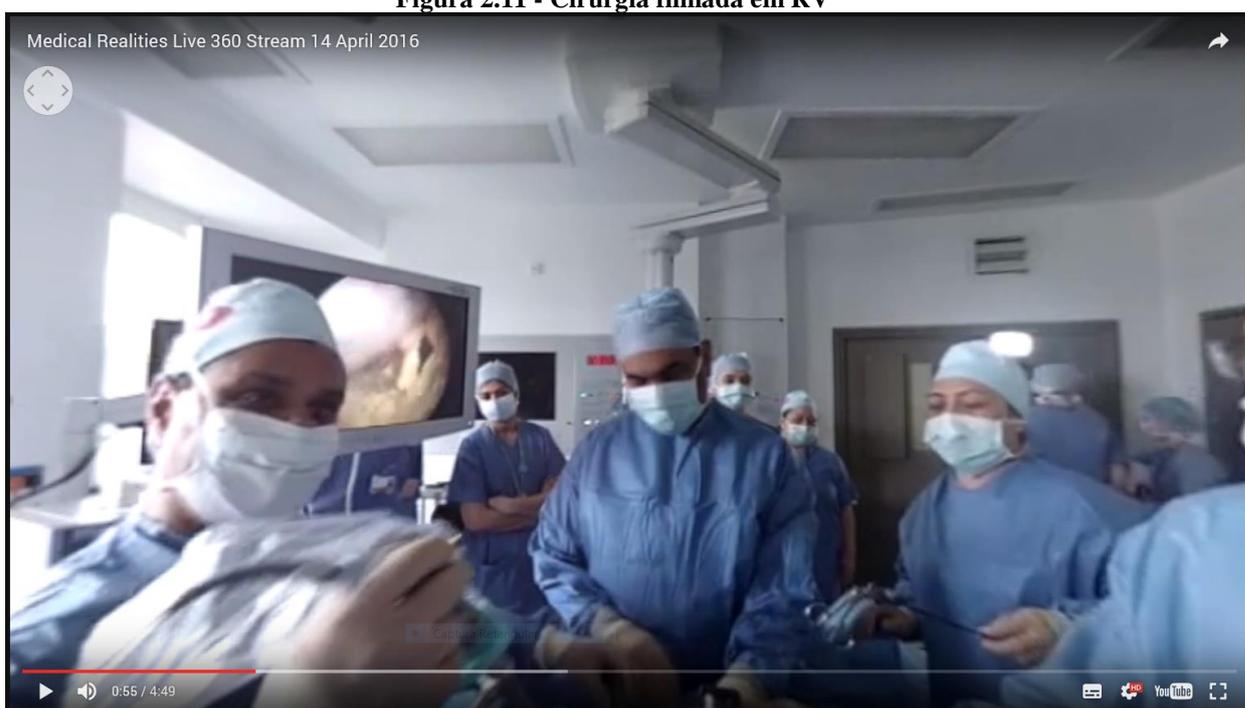
Um dos conceitos utilizados em algumas aplicações na área de ensino, principalmente na área de ambientes cibernéticos e simulações, é o conceito de Realidade Virtual. Esta é caracterizada por Rodrigues e Porto (2013) como “uma imersiva e interativa experiência que se baseia em imagens gráficas 3D geradas por computador em tempo real.” Dessa forma, torna-se uma ferramenta no ensino, para diversas áreas, tal como a medicina, no

<sup>19</sup> PARAGON Anti Lost GPS Tracker Watch For Kids SOS Emergency GSM Smart watch Wifi Tracker Watch Y3 Smartwatch Wristband moto 360. *Digiplots*, 2015. Disponível em: <<https://digiplots.com/products/paragon-anti-lost-gps-tracker-watch-for-kids-sos-emergency-gsm-smart-watch-wifi-tracker-watch-y3-smartwatch-wristband-moto-360/>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

momento em que visa-se seu uso para o processo de aprendizagem sobre anatomia e simulação de operações (RODRIGUES; PORTO, 2013).

Uma das experiências de uso da realidade virtual no ensino da medicina foi proporcionada pelo médico Shafi Ahmed, do hospital Royal London. Sendo pioneiro, filmou em RV, uma transmissão ao vivo de um procedimento cirúrgico. A prática constituía-se da retirada de um tumor no cólon de um paciente com mais de 70 anos. Este procedimento destina-se a estudantes e demais interessados, tendo ocorrido no dia 14 de abril de 2016, sendo possível assistir também sem o uso de dispositivo para realidade virtual (PELA..., 2016). A Figura 2.11 é apenas um quadro do vídeo produzido pelo doutor Ahmed durante a cirurgia, sendo possível ver os controles no canto superior esquerdo para movimentar o ângulo do vídeo. Esse recurso se faz necessário para quando não há, por exemplo, óculos de RV. Porém, de posse do dispositivo, apenas o movimento da cabeça do usuário basta para alterar o posicionamento do vídeo.

**Figura 2.11 - Cirurgia filmada em RV**



Fonte: *Medical...* (2016).<sup>20</sup>

Outro exemplo de tecnologia utilizada no ensino de medicina, principalmente anatomia, é o dispositivo da Microsoft, o HoloLens. Utilizando-se de realidade aumentada, este óculos permite a combinação do mundo real com imagens gráficas em 3D geradas a partir de um computador (MICROSOFT..., 2015). O projeto faz parte de uma parceria entre a

<sup>20</sup> MEDICAL Realities Live 360 Stream 14 April 2016. 2016. Disponível em: <<http://www.medicalrealities.com/livestream/>>. Acesso em: nov. 2016.

empresa e a *Case Western Reserve University*, uma universidade privada, localizada em Cleveland, Ohio, Estados Unidos da América. Esta plataforma permitirá que os estudantes visualizem em 3D a anatomia do corpo humano. Uma das vantagens apresentadas é o fato de ser possível ver órgãos simulando o seu próprio funcionamento. Abaixo, a Figura 2.12 exibe o Microsoft HoloLens.

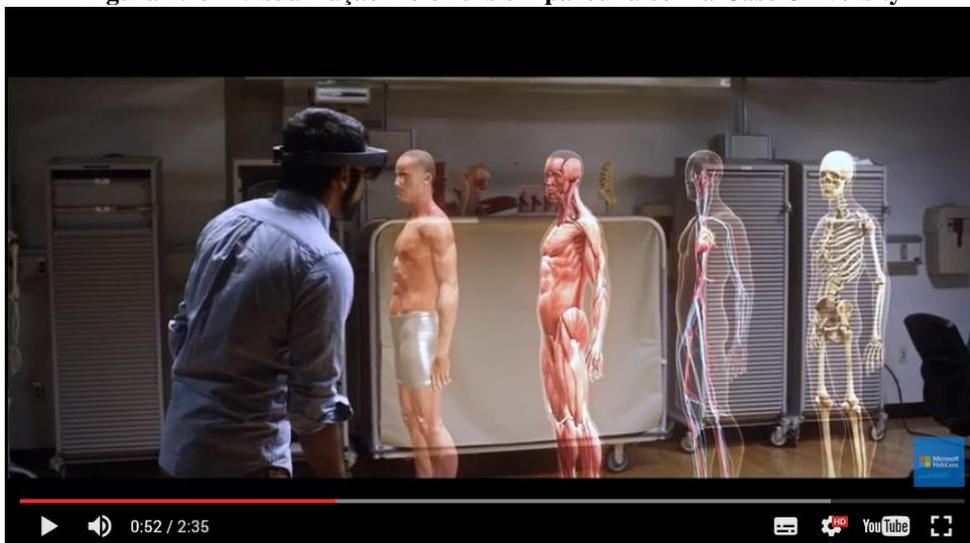
**Figura 2.12 – Óculos Microsoft HoloLens**



Fonte: Microsoft (2016).<sup>21</sup>

Já a Figura 2.13 exibe um trecho do vídeo introdutório sobre o projeto em parceria com a universidade, onde é possível ver a projeção humana e o usuário com o HoloLens interagindo.

**Figura 2.13 - Visualização HoloLens em parceria com a Case University**



Fonte: Microsoft Hololens... (2015)<sup>22</sup>

A aplicação da tecnologia vestível não se limita a estes nichos apresentados. Grupos de pesquisa em universidades, empresas e projetos independentes estão sendo desenvolvidos.

<sup>21</sup> MICROSOFT. **Microsoft HoloLens**. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us/hardware>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

<sup>22</sup> MICROSOFT HOLOLENS. **Microsoft HoloLens: Partner Spotlight with Case Western Reserve University**, 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=SKpKlh1-en0>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

No Brasil, a Universidade Feevale, localizada na cidade de Novo Hamburgo, no estado do Rio Grande do Sul, possui o Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada e, entre os seus projetos de pesquisa, encontra-se o de *Wearable Devices* e suas aplicações na área da saúde. O grupo é constituído por professores e alunos de graduação e pós-graduação, de cursos diversos, relacionando-os com a tecnologia em questão.

### 2.3 SENSORES E COMPONENTES

A incorporação de sensores em peças de vestuário ou acessórios têm obtido sucesso (FLETCHER; POH; EYDGAHI, 2010). Dessa forma, estes equipamentos encontram-se bem próximos ao corpo do usuário. Caracterizando a *Body Area Network* (BAN), um sistema de dispositivos utilizados próximo ao corpo, cooperando em benefício do seu usuário (KARULF, 2008).

[...] Padrão de comunicação otimizado para dispositivos de baixa potência e operação em, ou em torno do corpo humano (mas não limitado a seres humanos) para servir uma variedade de aplicações, incluindo médicos, eletrônicos de consumo/ entretenimento pessoal e outros. (IEEE 802.15, 2011).

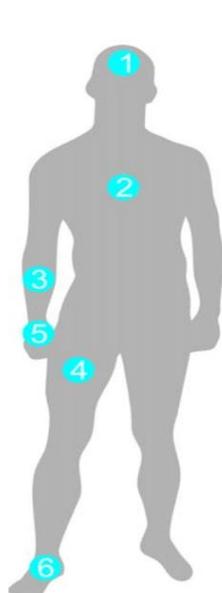
Vários dispositivos que coletam dados do seu utente estão disponíveis. No estudo realizado por Vergara, Pereira e Lopez (2014) aponta-se como principal uso destes vestíveis, o monitoramento dos sinais vitais e fisiológicos de pacientes e praticantes de atividades físicas. No trabalho de Düking et al. (2016) é possível observar a relação entre o sensor e o parâmetro aferido por ele. Algumas destas relações, com foco no monitoramento de atletas, são descritas em relação a sua saúde e treinamento.

- **Sistemas Globais de Navegação por Satélite - *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) e *Global Positioning System* (GPS):** São utilizados para indicar a posição do corpo, a velocidade de movimento, a distância percorrida e informações de aceleração empregada.
- **Acelerômetros (Piezoelétrico, Piezoresistivo, Capacitivo, Medidores de tensão):** Responsáveis por medições como: distância coberta em treinamento, e parâmetros relacionados ao sono, como tempo e qualidade.
- **Oxímetro:** O nível de saturação de oxigênio do sangue arterial pode ser obtido através dos oxímetros.

- **Faixas peitorais, fotopletismografia, sensores na roupa:** Configuram-se normalmente como medidores da frequência cardíaca, em inglês, descrito como *Heart Rate* (HR).
- **Eletromiografia (EMG):** Comumente utilizados na aferição da atividade muscular.
- **Near-InfraRed Spectroscopy<sup>23</sup> (NIRS):** Indicam os limiares de lactato, metabolismo muscular oxidativo<sup>24</sup>.

Outro fator intrínseco aos DV é o local do corpo onde atuarão. Como mencionado anteriormente, existem cintos, capacetes, luvas, tornozeleiras, entre outros modelos de *wearable*, o que demonstra sua utilização em diversas partes do corpo. Novamente, no trabalho apresentado por Vergara, Pereira e Lopez (2014), cita-se que: “O monitoramento da pressão arterial, respiração, batimento cardíaco, temperatura, glicemia, marcha, movimento dos membros, são os mais mensurados”. As autoras relacionam esses parâmetros com as possíveis regiões do corpo onde são utilizados, sendo: “a região do tórax, no antebraço, na orelha, no joelho, no pé, no tornozelo, e, principalmente, no pulso” (VERGARA; PEREIRA; LOPEZ, 2014). A Figura 2.14 esquematiza a relação entre a parte do corpo onde o *wearable* é utilizado, o tipo de sensor empregado e a forma para transmissão dos dados obtidos.

**Figura 2.14 - Regiões do corpo, sensores e forma de transmissão**



1 - CABEÇA/GARGANTA	2 - CORAÇÃO	3 - ANTEBRAÇO	4 - COXA	5 - MÃOS / PULSO	6 - PÉS
Sistema Nervoso Autônomo Sensores: Fibras têxteis com propriedades mecânicas, elétricas e óticas conectadas a pele.	Frequência respiratória Fonte do sinal: Sinais biométricos, cinta em torno do tórax. Sensores: Sensor sensível a pressão, sensores têxteis.	Sinais Vitais ECG Fonte do sinal: Faixa e cinto, pulso, respiração, frequência cardíaca, atividade eletrodérmica. Sensores: sensor de ECG sistema debiomonitoramento pessoal (PBS)	Sistema Circulatorio Fonte do sinal: anel Sensores: anel photoplethysmograf (PPG) photo detectors (PD)	Estado Motor Fonte do sinal: perna, ombros e costas. Sensores: Sensores MEMS análises do movimento/sensores giroscópio e acelerômetro.	Deteção de queda Fonte do sinal: Monitoramento nos tornozelos, sacro, cintura, pulso, cabeça, tronco e coxa. Sensores: sensores de inclinação para monitorar a orientação do corpo.
Sistema Nervoso Simpático Fonte de sinal: Problemas no sono, atividades eletrodermal. Sensores: EDA sensores, PPG.		Frequência Cardíaca Fonte do sinal: Antebraço, adesivo, faixa e cinto. Sensores: HRV monitor		Temperatura do corpo Fonte do sinal: Peito, pulso. Sensores: Colete inteligente feito com sensores têxteis.	
Estresse mental Fonte de sinal: Cinta ao redor do peito Sensores: Análise VFC (Variações de batimento)					
Problemas na voz Fonte do sinal: Cinta no pescoço verifica as vibrações na garganta. Sensores: Acelerômetro miniatura com sensor de voz e uma plataforma de aquisição de dados.					

Fonte: Vergara; Pereira; Lopez (2014)

<sup>23</sup> Espectroscopia de infravermelho próximo (tradução nossa).

<sup>24</sup> “[Uma das] vias de transformação da energia química estocada para utilização pelo trabalho muscular, [onde] já na presença de oxigênio, o ácido pirúvico formado pela glicose vai até Acetil-coenzima A, que por meio das etapas do ciclo de Krebs, ou do ácido cítrico, dará origem a 38 moléculas de ATP, água e gás carbônico” (MATSUDO, 2008).

Os dispositivos usados na comparação do estudo de Wang et al. (2016) foram, além do eletrocardiograma, o Polar H7, o Fitbit Charge HR (Fitbit), Apple Watch (Apple), Mio Alpha (Mio Global), e o Basis Peak (Basis). Os resultados encontrados podem ser vistos na Tabela 2.1, demonstrando os níveis de acurácia de cada um dos equipamentos utilizados em relação ao eletrocardiograma.

**Tabela 2.1 - Desempenho dos dispositivos no monitoramento da frequência cardíaca**

Dispositivo	Em acordo com o eletrocardiograma
	Coefficiente de Correlação de Concordância <sup>25</sup> (95% IC <sup>26</sup> )
Polar H7	.99 (.987-.991)
Apple Watch	.91 (.884-.929)
Mio Fuse	.91 (.882-.929)
Fitbit Charge HR	.84 (.791-.872)
Basis Peak	.83 (.779-.865)

Fonte: adaptada de Wang et al. (2016, tradução nossa).

Após a apuração dos dados obtidos nos testes, Wang et al. (2016) descrevem a precisão variável ocorrida entre os monitores. Os autores observaram também o declínio da eficiência das pulseiras ao aumentar o exercício proposto. Além disso, dois dos quatro dispositivos de pulso testados foram definidos com desempenho abaixo de ótimo durante os exercícios moderados. E finalmente, em contextos em que a precisão na medição de FC seja algo fundamental, deve-se priorizar o uso de monitores de tórax compostos por eletrodos.

A evolução nos sensores de uma forma geral proporciona novos modelos e formas de utilização. Inevitavelmente, os equipamentos que se prontificam na obtenção de dados tão significativos devem ser validados e averiguados, visto a importância do seu uso e suas implicações. Além disso, os contextos em que cada um será aplicado deverá ser analisado também, para o correto emprego e uso dos dispositivos.

## 2.4 PLATAFORMAS DE PROTOTIPAGEM ELETRÔNICA

A tecnologia está sempre avançando, nesse sentido, novos DV são criados e projetados. Alguns desses candidatos ao mercado de *wearables* encontram-se em fase de projeto e/ou prototipagem. Não é incomum encontrar projetos de vestíveis em sites do tipo

<sup>25</sup> “O coeficiente de correlação de concordância (CCC) avalia a concordância entre duas leituras da mesma amostra, medindo a variação da linha de 45 graus desde a origem (linha de concordância)” (LIN LI-K, 1989 apud (LUQUETTI; LAGUARDIA, 2009). O CCC varia de -1 a +1 (LUQUETTI; LAGUARDIA, 2009).

<sup>26</sup> Intervalo de Confiança: são usados para indicar a confiabilidade de uma estimativa (INTERVALO..., [2014?]).

*Crowdfunding*<sup>27</sup>, como o Kickstarter e Indiegogo. Alguns projetos obtiveram sucesso dessa forma. O editor Sung (2016) lista alguns, para citar os três primeiros da lista, em ordem decrescente estão: o Pebble que arrecadou \$10,266,845, o Pebble 2, Time 2 + Pebble Core, arrecadando \$12,799,843 e em primeiro lugar o Pebble Time com \$20,338,986.

O início de um projeto, independentemente se participará desse tipo de campanha, ou se terá sucesso, costuma constituir-se de um protótipo. Para auxiliar na criação desses equipamentos, uma das soluções são as plataformas de prototipagem eletrônica de *hardware*. De prototipagem por serem uma espécie de formulário original, que servirá de base para construção de outros projetos. Eletrônica pelo fato do emprego da tecnologia que controla os movimentos dos elétrons através de meios de comunicação. Em alguns casos, podem ser *open-source*, ou seja, *software* ou *hardware* que, de forma gratuita, podem ser usados e redistribuídos (CULKIN, 2011).

Os sensores já mencionados neste trabalho são componentes que podem estar conectados nas placas de prototipagem. Isso faz com que novos dispositivos sejam criados, com novas formas e objetivos. Ainda permitem o uso simultâneo com um *proto-board*, conhecido também como matriz de contato, possibilitando a formação de circuitos elétricos para ensaio. Finalmente, na parte de *software*, podem executar rotinas, controlar os sensores e realizar ações a partir de valores obtidos ou de entradas feitas por usuários.

Atualmente, no mercado existem várias opções dessas plataformas. Entre as placas, o Arduino UNO é a mais popular dentre a família de placas da empresa fabricante (BITTENCOURT, 2017). Algumas outras placas possuem um viés quanto ao formato mais adequado a incorporação em algum vestuário, são os casos da Flora e o LilyPad. A Raspberry Pi Zero pode ser considerada um computador, possui algumas conexões facilmente encontradas em computadores habituais utilizados em empresas e casas, porém, miniaturizadas, como uma entrada mini-HDMI e Micro USB 2.0. Em sua versão mais recente, datada de 28 de fevereiro de 2017, possui também *wireless LAN* e *bluetooth* 4.1, chamando-se Raspberry Pi Zero W. Além disso, suas configurações técnicas apresentam semelhanças com *desktops* ou *notebooks*. Já o LinkIt One caracteriza-se pelas opções de comunicação já oferecidas de forma embarcada, sem a necessidade de inclusão de novos componentes com essa funcionalidade serem incluídos nos projetos desenvolvidos. O Quadro 2.1 exemplifica

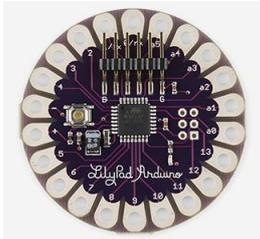
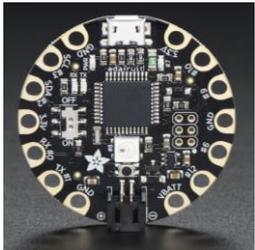
---

<sup>27</sup> “*Crowdfunding* é um método de coleta de muitas pequenas contribuições, por meio de uma plataforma *on-line* de financiamento, para financiar ou capitalizar uma empresa ou projeto.

*Crowdfunding* ganhou visibilidade nos Estados Unidos quando Brian Camelio, um músico de Boston e programador de computador lançou ArtistShare em 2003” (FREEDMAN, NUTTING, p.1, 2015).

algumas plataformas de prototipagem, exibindo seus preços e dimensões aproximadas. A data de referência para as informações é de novembro de 2016.

**Quadro 2.1 - Plataformas de prototipagem, suas dimensões e preços (valores aproximados)**

Plataforma	Dimensões	Preço estimado
 <p>Arduino UNO<sup>28</sup></p>	68.6 mm 53.4 mm	€22.00
 <p>LilyPad Arduino<sup>29</sup></p>	50 mm de diâmetro	\$19.95
 <p>FLORA - v3<sup>30</sup></p>	44.45 mm de diâmetro	\$14.95
 <p>Raspberry Pi Zero<sup>31</sup></p>	65 mm 30 mm	\$ 5.00
 <p>LinkIt ONE<sup>32</sup></p>	83,82 mm 53,34 mm	\$59.00

Fonte: elaborado pelo autor.

<sup>28</sup> Arduino UNO: <http://www.arduino.org/media/k2/galleries/90/A000073-Arduino-Uno-SMD-1front.jpg>.

<sup>29</sup> LilyPad Arduino: [https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/A000011\\_featured.jpg](https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/A000011_featured.jpg).

<sup>30</sup> FLORA - v3: <https://cdn-shop.adafruit.com/970x728/659-01.jpg>.

<sup>31</sup> Raspberry Pi Zero: <https://www.raspberrypi.org/wp-content/uploads/2016/05/straightened.jpg>.

<sup>32</sup> LinkIt ONE: <https://statics3.seeedstudio.com/seed/img/2016-08/xcv7qJAOHs6IJ1WJf0769NZF.jpg>.

## 2.5 VISÃO GERAL DO MERCADO DE WD DIRECIONADO PARA ESPORTES

Os *wearables* ocupam uma fatia comercial em expansão, visto que no ano de 2015, 232 milhões de dispositivos foram vendidos, estimando até o final do ano de 2016 a venda de 274,6 milhões, configurando um aumento de 18,4% (GARTNER, 2016). Além disso, espera-se que para o ano de 2017, a comercialização dessa tecnologia alcance a marca de 322,69 milhões de equipamentos vendidos (GARTNER, 2016). A movimentação de mercado desses equipamentos voltados para *fitness* em 2014 foi de US\$ 3.5 bilhões, com previsão de movimentação de US\$ 14.9 bilhões de dólares no ano de 2021 (MARKET REPORTS HUB, 2015).

Os dispositivos vestíveis estão mudando a forma que atletas de elite de todo o mundo acompanham os seus treinamentos. Provavelmente, um dos maiores motivadores para que isso ocorra é o fato da portabilidade. O tamanho dos DV facilita a medição sem que haja a necessidade de utilização de equipamentos de laboratório volumosos e dispendiosos para executar as aferições durante a atividade do esportista (WALTZ, 2015).

Outro fator importante a ressaltar no texto de Waltz (2015) é a pluralidade de esportes que utilizam vestíveis na sua preparação. São citados o beisebol, ciclismo, basquete, pugilistas, patinadores no gelo, corredores, triatletas, futebol, futebol americano, entre outros. Isso demonstra também a adaptabilidade do mercado de *wearables*, adequando-se às necessidades e demandas específicas de cada modalidade. Ainda sobre Waltz (2015), é possível perceber equipes de ligas importantes em nível mundial, que adotam o uso dos DV na sua preparação. Do basquete, a NBA<sup>33</sup>, no hóquei no gelo, a NHL<sup>34</sup> e do futebol americano, a NFL<sup>35</sup>, possuem agremiações que utilizam a tecnologia vestível.

Por fim, outro fator importante para a aderência dos vestíveis ao uso dos atletas está relacionado ao valor. Desportistas amadores, ou semiprofissionais, ou de regiões menos desenvolvidas podem ainda encontrar barreiras financeiras para a aquisição da tecnologia. A AthleteIQ, [2016?], uma comunidade *on-line* para atletas compartilharem experiências, realizou uma pesquisa envolvendo 763 esportistas a respeito dos *wearable devices*. Em um de seus levantamentos, observou-se o valor anual destinado à DV, onde valores de cem dólares a duzentos e noventa e nove dólares foi a categoria com o maior número de esportistas representados. Relacionando estes valores de gastos anuais, com os valores dos cinco

---

<sup>33</sup> *National Basketball Association*: liga de basquete norte-americana.

<sup>34</sup> *National Hockey League*: times de hóquei no gelo dos Estados Unidos e Canadá.

<sup>35</sup> *National Football League*: maior liga de futebol americano.

dispositivos apresentados por Waltz, (2015), apenas um estaria na faixa de recursos gastos. O que talvez indique nichos específicos de dispositivos à cada realidade financeira. O resultado completo do estudo da AthleteIQ é demonstrado na Figura 2.15, localizada na sequência.

**Figura 2.15 - Gastos anuais de atletas com dispositivos vestíveis**



Fonte: adaptada de AthleteIQ

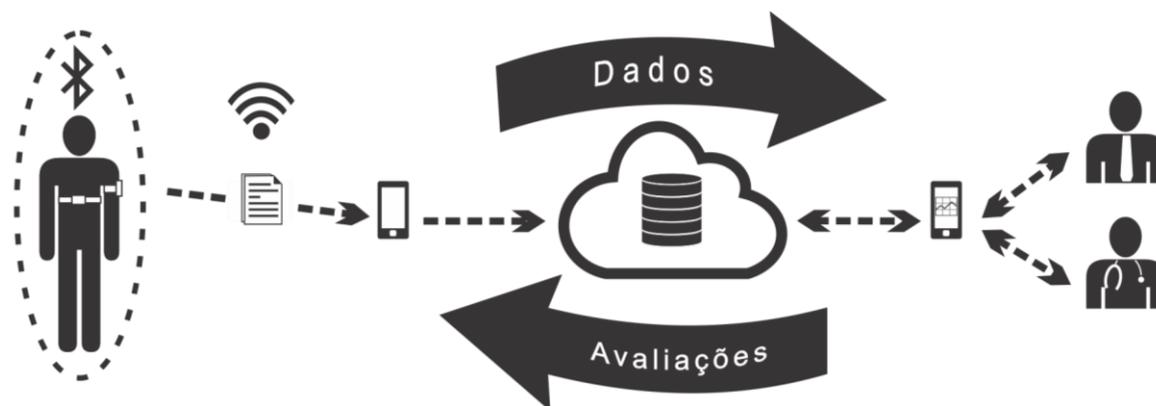
Até o presente ponto desta monografia, as duas grandes áreas que constituem o projeto proposto, sendo elas o esporte e os dispositivos vestíveis, foram apresentadas. O próximo capítulo demonstra, com foco em *hardware*, a plataforma a ser construída neste trabalho.

### 3 PROTOTIPAGEM DO DISPOSITIVO VESTÍVEL

A partir desta parte do trabalho, será apresentada a proposta de criação de uma plataforma para monitoramento de atletas, que possa contemplar esportes individuais e coletivos, com a criação de um protótipo<sup>36</sup> de *hardware* e *software* para desempenhar as atividades de acompanhamento e avaliação do esportista.

Propõe-se uma arquitetura que possa fornecer as informações a profissionais envolvidos e que os mesmos possam intervir e analisar os dados recebidos e retornar aos atletas as suas ponderações. Na Figura 3.1 é possível ter uma visão macro desta arquitetura e o fluxo da informação. Em um dos lados, encontra-se o próprio esportista onde, através do uso do dispositivo vestível e do sensor, será monitorado. Os dados obtidos dos sensores poderão ser transmitidos via *wireless* (maneira mais prática) para um *smartphone* que enviará os dados já formatados em gráficos para uma arquitetura em nuvem. Na outra ponta estarão os profissionais que acompanharão os desportistas, que poderão avaliar e retroalimentar o sistema com seus pareceres. O atleta poderá visualizar o que foi monitorado e também o que foi ponderado, através de um dispositivo, como um *smartphone*, com sua conta de *e-mail* configurada.

**Figura 3.1 - Visão geral da arquitetura da plataforma proposta em forma de protótipo**



Fonte: elaborada pelo autor.

No decorrer deste capítulo será abordado o projeto proposto, com foco na parte de *hardware*, incluindo os sensores e componentes utilizados na construção do protótipo de vestível para monitoramento de atletas.

<sup>36</sup> “Em Informática: versão preliminar, geralmente reduzida, de um novo sistema de computador ou de um novo programa, para ser testada e aperfeiçoada” (GOOGLE, 2016).

### 3.1 PLACA ELETRÔNICA UTILIZADA: RASPBERRY PI ZERO W

A escolha da placa de prototipagem eletrônica torna-se importante à medida que os demais aspectos pertinentes a plataforma proposta estão diretamente ligadas a ela. Os sensores deverão ser compatíveis, assim como os outros componentes necessários e o próprio sistema a ser construído posteriormente. Além disso, seu tamanho e formato são fatores inerentes para a construção do dispositivo vestível com o objetivo de monitorar atletas durante o desempenho de suas tarefas. Estes fatores foram avaliados, onde optou-se pela escolha da placa Raspberry Pi Zero. Ressalta-se neste ponto que, no decorrer deste trabalho, utilizou-se em algumas sessões de validação a Raspberry Pi 3, por já conter *bluetooth* 4.1 e diminuir o número de componentes a serem conectados. Após isso, o uso da Raspberry Pi Zero W, já com módulo *bluetooth* embutido foi utilizado.

Ela diferencia-se das placas de prototipagem mais comuns como o Arduino ou LilyPad, sendo definida como um computador, apesar do seu tamanho. Assim, justifica-se também a Raspberry Pi Zero por ser um computador de \$5 (cinco dólares), referência ao seu valor de venda (UPTON, 2015). Em sua versão W, seu valor é de \$10 (10 dólares) em março de 2017. Este modelo faz parte da família de produtos oferecidos pela Fundação Raspberry Pi<sup>37</sup>, que conta com outros modelos, como o Raspberry PI 3 – Modelo B, o Raspberry Pi 2 – Modelo B, o Raspberry Pi 1 – Modelo A+, entre outros.

O projeto de construção da Raspberry Pi Zero é datado do início do ano de 2015. Seu lançamento e anúncio ocorreu no dia 26 de novembro do mesmo ano. Sua finalidade é reduzir ainda mais os custos com computação, principalmente em relação aos aspectos de *hardware*. Dessa forma, reduziu-se ainda mais os custos em relação a outros modelos dos produtos da fundação, como por exemplo o Raspberry Pi – Modelo B, ou seus sucessores, que custavam de \$20 à \$35 (UPTON, 2015).

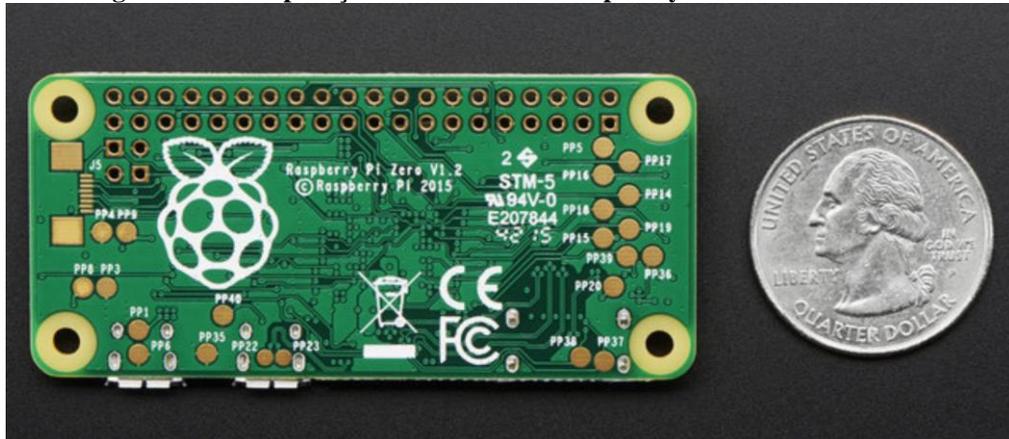
Seu tamanho é o menor dentre os outros computadores de baixo custo produzidos pela fundação Raspberry Pi. Suas dimensões são de 65 milímetros em seu maior lado, tendo 30 milímetros no outro lado e apenas 5 milímetros de altura. O fato de ter dimensões pequenas, facilita o seu uso em dispositivos vestíveis. Essa característica se faz pertinente diante do uso de *wearables* por atletas, a fim de que possam desempenhar seus treinamentos sem sofrer influência pelo uso dos WD durante as atividades, o que gerará dados mais precisos sobre o esportista. Na Figura 3.2 é possível ter uma melhor noção de seu tamanho ao

---

<sup>37</sup> Fundação com o propósito de estender a digitalização para todos, através de computadores de baixo custo e ótimo desempenho (ABOUT US..., [2016?]).

ser comparado ao lado de uma moeda de um quarto de dólar, a qual é ligeiramente menor, se comparado com o menor lado da placa.

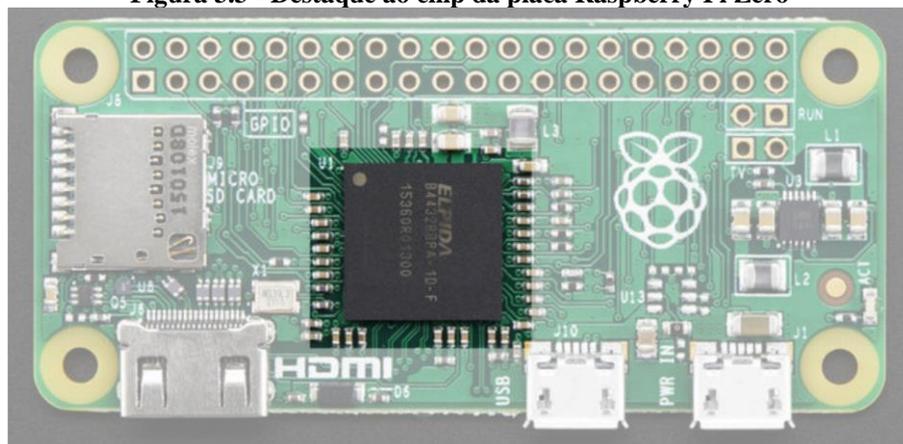
**Figura 3.2 - Comparação do tamanho da Raspberry Pi Zero e uma moeda**



Fonte: Ada (2015).

Sobre as especificações técnicas que compõem a placa Raspberry Pi Zero, encontra-se um processador Broadcom BCM2835, arquitetura ARM11<sup>38</sup>, de um núcleo e frequência de 1 Gigahertz. Embora existam outros modelos com processadores de desempenho melhor, a escolha deste componente para a Raspberry Pi Zero se deu pelo fato de manter baixo o custo. Ressalta-se ainda que a placa conta com 512 Megabytes de memória RAM, localizada em cima do processador principal (ADA, 2015). Em destaque, na Figura 3.3, encontra-se o *chip* que compõe a Raspberry Pi Zero.

**Figura 3.3 - Destaque ao chip da placa Raspberry Pi Zero**



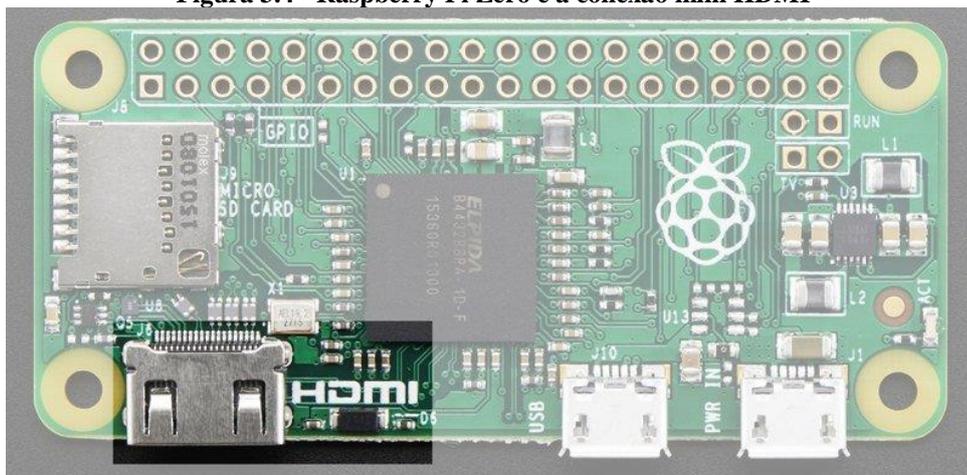
Fonte: Ada (2015).

Em relação às conexões existentes na placa, encontra-se um compartimento para cartões micro-SD, sendo justificado pelo tamanho e a facilidade de uso (ADA, 2015). Quanto a saídas de vídeo, a Raspberry Pi Zero está equipada com uma conexão mini HDMI, o que

<sup>38</sup> “ARM significa *Advanced RISC Machine* e é uma arquitetura de processadores desenvolvida para oferecer boa *performance* sem aumentar o gasto de energia ou o tamanho” (ARM..., 2016).

pode proporcionar vídeos em qualidade de 1080 *pixels* em tela cheia. Sua utilização necessita de adaptadores do tipo mini HDMI para HDMI e o próprio cabo HDMI. (ADA, 2015). Saídas de áudio não foram incluídas no projeto da placa por questões de manter baixo o valor da mesma. Apesar disso, através da conexão mini HDMI é possível obter os sons caso seja conectado a monitores com alto-falantes (ADA, 2015). A Figura 3.4 apresenta a conexão mini HDMI utilizada na placa Raspberry Pi Zero.

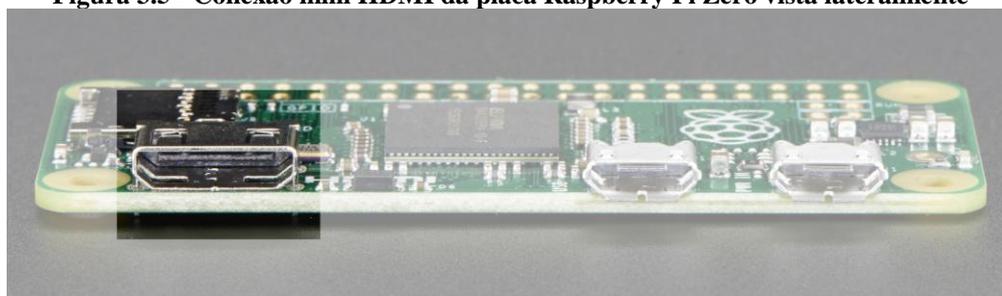
**Figura 3.4 - Raspberry Pi Zero e a conexão mini HDMI**



Fonte: Ada (2015).

A Figura 3.5 demonstra a mesma conexão, porém de outro ângulo, exibindo o seu formato.

**Figura 3.5 - Conexão mini HDMI da placa Raspberry Pi Zero vista lateralmente**



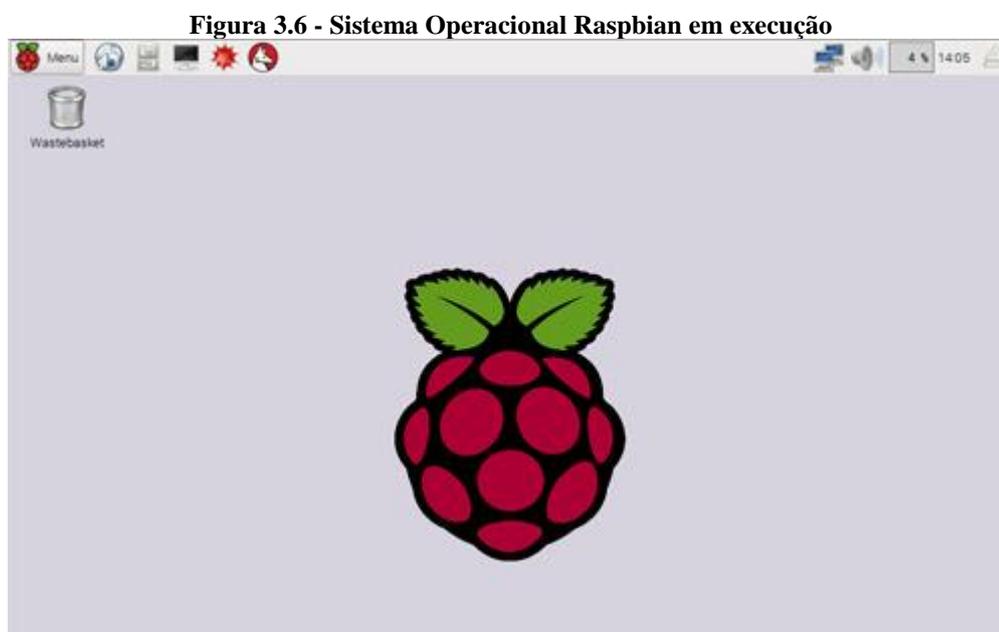
Fonte: Ada (2015).

Duas conexões micro-USB estão presentes na Raspberry Pi Zero, sendo destinadas para dados e alimentação (UPTON, 2015). Além disso, o cabeçalho GPIO<sup>39</sup> de 40 pinos foi deixado vazio, para que o tamanho fosse diminuído sem esse componente, além de promover uma certa liberdade para o uso dessa parte da placa (ADA, 2015).

Na parte de *software* da Raspberry Pi Zero, existem diversas imagens para fazer a instalação do sistema operacional (SO) a ser utilizado. Embora o SO oficial seja o Raspbian,

<sup>39</sup> “GPIO (*General Purpose Input/Output*), ou seja, são portas (pinos do microcontrolador) para uso geral, como acionamento de algum circuito eletrônico ou leitura lógica (0 ou 1) de algum sensor, comando ou mesmo o pressionar de um botão” (OLIVEIRA JÚNIOR; DUARTE, 2010).

outras opções estão disponíveis através de terceiros. Ubuntu Mate, Snappy Ubuntu Core, Windows 10 IoT Core, OSMC, LibreELEC, Pinet, RISC OS e Weather Station são as opções referenciadas pelo site da fundação Raspberry Pi (DOWNLOADS..., [2016?]). É possível observar na Figura 3.6 o SO Raspbian em sua tela principal.



Fonte: Singla (2016)<sup>40</sup>

### 3.2 SENSORES UTILIZADOS: POLAR H7

Para a monitorização dos atletas, sensores serão incorporados ao protótipo, além da placa Raspberry Pi Zero W. Estes, por sua vez, coletarão os dados que posteriormente serão transferidos para o sistema proposto. Para a utilização destes sensores, alguns outros componentes foram também incorporados ao projeto, assim como um cartão micro-SD.

Na concepção original do protótipo estava o EM-506, um receptor de sinal GPS, fabricado pela empresa Globalsat Technology Corporation<sup>41</sup>. Suas dimensões são de um quadrado de aproximadamente 30 milímetros de cada lado e, de altura aproximada de 10,7 milímetros, além de pesar, com o cabo incluído, 16 gramas (GPS..., [2014?]). Sua acurácia é de 2,5 metros e sua alimentação principal é de 4,5 a 6,5 Volts. Seu receptor é formado por 48 canais. É capaz de funcionar até a 18 mil metros de altitude e temperaturas de -40° até 85° *Celsius*, possuindo alta sensibilidade de rastreamento de -163 dBm<sup>42</sup> (GLOBALSAT, 2013). A Figura 3.7 mostra uma comparação entre o tamanho do receptor de sinal GPS e uma moeda

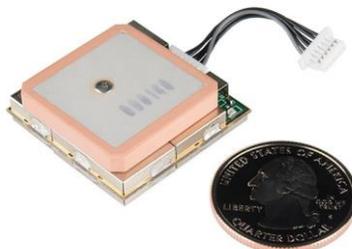
<sup>40</sup> SINGLA, A. *Installing Raspbian Jessie On Your Raspberry Pi*. 2 set. 2016. Disponível em: <<http://csharpcorner.mindcrackerinc.netdna-cdn.com/article/installing-raspbian-jessie-on-your-raspberry-pi/>>. Acesso em: nov. 2016.

<sup>41</sup> <http://www.globalsat.com.tw>.

<sup>42</sup> Decibel milliwatt.

de um quarto de dólar. Demonstra assim, o tamanho miniaturizado do sensor, o que facilita sua aderência a projetos de vestíveis, sem perturbar o utente.

**Figura 3.7 - Receptor GPS EM-506**



Fonte: GPS..., [2014?]

O uso deste sensor não foi realizado devido a limitações relacionadas a logística. A compra do sensor GPS, mesmo sendo feita com antecedência, não permitiu que o mesmo estivesse a disposição para seu uso e testes. Desta forma, optou-se pelo uso de apenas o sensor de batimentos cardíacos.

Para acompanhamento da frequência cardíaca, foi utilizado o monitor Polar H7, da empresa Polar<sup>43</sup>. Consiste em uma tira elástica que possui eléctrodos responsáveis por capturar a FC do utilizador. É a área dos eléctrodos que deve ficar em contato com a pele do utente, e fixa-se através da tira elástica presa em volta do peito, abaixo dos músculos peitorais. O conector então pode ser fixado na tira, sendo o responsável pela transmissão dos dados ao dispositivo receptor. A tira é composta de 38% poliamida, 29% poliuretano, 20% elastano e 13% poliéster. Além disso, o Polar H7 utiliza pilha do tipo CR 2025 (POLAR, 2016). O Sensor de frequência cardíaca Polar H7 é exibido na Figura 3.8.

**Figura 3.8 - Polar H7**



Fonte: Polar (2016)

Um dos fatores que levaram a escolher a Polar H7, foi sua acurácia. No estudo já apresentado de Wang et al. (2016), é possível verificar esse fator. Em comparação com pulseiras, sua precisão foi maior, principalmente em momentos de aumento do nível de

<sup>43</sup> <https://www.polar.com/us-en>.

atividade. Apesar de seu custo mais elevado em vista aos dispositivos comparados no estudo mencionado, sua localização de uso e, principalmente, acurácia obtida, justificam sua utilização neste trabalho.

Para a construção do dispositivo, alguns componentes extras necessitariam ser utilizados. A cinta Polar H7 comunica-se através de *bluetooth*. Nativamente, a Raspberry Pi Zero, em sua primeira versão, não possui este tipo de conexão. Portanto, para criar um canal de comunicação entre estes dois dispositivos, seria utilizado um *Dongle*<sup>44</sup> *Bluetooth* USB. Por sua vez, este seria conectado a um cabo adaptador, tendo em uma extremidade uma conexão USB fêmea e em outra uma conexão micro USB, para conectar a placa. Como em sua versão W, a Raspberry Pi Zero já traz consigo o *bluetooth* 4.1 como uma forma de comunicação, o *dongle* e o cabo adaptador não foram necessários, dispensando assim, sua utilização. Já o cartão micro-SD foi usado, sendo destinado para a instalação do sistema operacional Raspbian. Além de armazenar o SO, o cartão de memória será utilizado para armazenar os dados obtidos dos atletas. Na Figura 3.9 é possível ver estes três componentes, o *dongle* à esquerda, ao centro o cartão micro-SD e o cabo adaptador, que fazem parte do protótipo original idealizado.

**Figura 3.9 – Componentes do protótipo**



Fonte: elaborada pelo autor

### 3.3 ETAPAS DA PROTOTIPAÇÃO

Como mencionado anteriormente, reforça-se a ideia de se tratar de um protótipo. Segundo Preece (1994 apud LAMPERT; BEHNCK; SILVEIRA, 2009), as ferramentas de prototipação podem ser utilizadas nas fases iniciais de concepção de algum produto, onde

---

<sup>44</sup> Dispositivos pequenos conectados ao computador em portas de comunicação.

podem ocorrer avaliações sobre o uso do produto ou parte dele. Estas ferramentas também podem ser utilizadas para testes de novas ideias de forma rápida e informal. Os processos envolvendo o protótipo de vestível proposto são descritos a seguir, não havendo necessariamente sequência cronológica entre elas.

### **3.3.1 Planejamento**

A construção do protótipo iniciou-se com a fase de planejamento, mais precisamente, com uma revisão da literatura a respeito de dispositivos vestíveis para a área de esportes. Esta parte inicial foi fundamental para familiarizar-se com alguns conceitos, principalmente ao que tangencia a parte eletrônica. A partir dessa revisão, houve o planejamento acerca do que se pretendia construir em termos de DV. Assim, levantou-se os requisitos necessários para a confecção do protótipo idealizado.

Com o conhecimento adquirido, a partir da visão geral obtida da revisão da literatura, e o projeto engendrado, inicia-se a avaliação sobre os itens que irão compor o dispositivo. Um dos fatores considerados nas escolhas supracitadas foi a dimensão dos componentes e o possível acomodamento do que poderia ser feito. Dessa forma, ponderou-se o uso por atletas no desempenhar de suas funções, de modo a não os prejudicar nos seus treinamentos. Questões de ordem técnica foram consideradas também, como compatibilidade entre os componentes eletrônicos envolvidos e possíveis implicações advindas de escolhas, como o fato de adaptadores ou conversores que tivessem que ser incluídos na montagem.

### **3.3.2 Montagem**

Tendo todos os componentes definidos, o processo de montagem do dispositivo vestível pode ser iniciado. Algumas diretrizes foram adotadas, visando o melhor enquadramento para o contexto proposto de monitoramento de atletas. Para isso, visa-se a organização dos componentes de forma que o menor tamanho seja alcançado para o dispositivo. Considera-se também a localização de uso do dispositivo.

O processo de montagem foi facilitado a partir de que a versão mais recente da Raspberry Pi Zero traz consigo, já embutido, formas de comunicação, a citar o *wi-fi* e o *bluetooth*. Além disso, não houve necessidade de planejamento para acomodação destes insumos desnecessários que seriam utilizados em caso de uso da primeira versão da Raspberry Pi Zero.

### 3.3.3 Testes

Os testes realizados serviram para avaliar o correto funcionamento do dispositivo. Isso inclui, a verificação do sensor utilizado e a comunicação entre os componentes. O sensor deverá captar os dados propostos, sendo assegurado um nível adequado de precisão, além de responderem corretamente nos momentos em que forem acionados. A comunicação também será avaliada, a fim de que informações não sejam perdidas durante o uso do DV. Por este motivo, optou-se pela gravação de forma *off-line* dos dados na Raspberry Pi Zero W. Apenas posteriormente, estes dados gerados em formato .csv são transferidos para o *smartphone* via conexão de rede, sendo o aplicativo desenvolvido o encarregado de transferir estes dados para a nuvem, no melhor momento que se achar oportuno.

Apesar do foco de uso para o protótipo ser durante a prática de esportes, nos testes optou-se por atividades de menor intensidade e impacto, servindo assim para validar a operação do dispositivo, garantindo sua integridade e a de quem o portasse. Durante estes testes, comportamentos de funcionamento observados no dispositivo podem implicar em ajustes a serem realizados. Dentre os comportamentos observados, percebeu-se o problema de desconectar a conexão *bluetooth* da Polar H7 com o Raspberry Pi Zero W após um minuto de execução do código. Esta questão foi solucionada a tempo, para que os últimos momentos de validação do equipamento, períodos maiores de conexão entre o sensor e a placa pudessem ocorrer. A Figura 3.10 exibe as tecnologias empregadas.



Fonte: elaborada pelo autor

Neste capítulo apresentado, o foco esteve em questões de *hardware* do protótipo, mostrando sua composição. Especifica os seus elementos e as fases constituintes do processo de construção. Dessa forma, o capítulo seguinte demonstra os aspectos pertinentes a parte de *software* da plataforma proposta. As seções subsequentes evidenciam as ferramentas e tecnologias utilizadas na concepção do sistema, os dados processados e informações acerca visualização dos dados.

## 4 PROTOTIPAGEM DOS SISTEMAS DA PLATAFORMA

Complementando a plataforma para monitoramento das atividades esportivas realizadas pelos atletas, sistemas computacionais foram desenvolvidos, atuando paralelamente ao dispositivo vestível proposto. Primeiramente, a necessidade de um *software* executado pela Raspberry Pi Zero W, responsável por receber os dados dos sensores e realizar o seu armazenamento no cartão de memória da placa de prototipagem. Além disso, um aplicativo (app) para *smartphones* foi criado, que será responsável pela exibição das informações dos atletas e o seu gerenciamento.

O sistema usado para a coleta dos dados advindos do esportista não possui inicialmente necessidade de interação com usuários. Sua função é específica, através dos sinais enviados dos sensores vestíveis, organizá-los para que fiquem corretamente disponíveis para serem encaminhados a uma nova fase, que realiza o recolhimento dos dados obtidos para um dispositivo móvel. Estes, por sua vez, são enviados para uma base de dados em nuvem, para disponibilização, podendo ser sincronizados com outros vários dispositivos.

### 4.1 PROPOSTA GERAL DE APLICATIVO

A obtenção dos dados dos treinamentos é uma tarefa importante, porém, disponibilizar estes dados em forma de informações eficientes, que possam trazer contribuições tanto para atletas quanto para profissionais envolvidos, também é fundamental. Para isso, o aplicativo desenvolvido neste trabalho, intitulado de WDAp, foi projetado para ser uma ferramenta utilizada por técnicos e/ou outros profissionais envolvidos com as rotinas de treinos dos atletas, como médicos, fisioterapeutas, nutricionistas, entre outros. Isso para que possam ter de forma ágil as informações necessárias sobre a preparação dos esportistas, podendo ponderar sobre elas e transmitir seus pareceres, gerando um *feedback* aos praticantes de esportes, individuais ou coletivos, e prover subsídios para o progresso dos atletas.

Um estudo da Gartner (2017) aponta que o número de *smartphones* vendidos no ano de 2016, aumentaram em 5% com relação ao ano anterior, caracterizando-se em 1,5 bilhão de unidades vendidas a usuários finais em todo o mundo. O app desenvolvido foi projetado para ser utilizado nessa tecnologia, mais precisamente em *smartphones* com o sistema operacional Android. Busca-se, a partir disso, aproveitar-se da difusão desses dispositivos, além da portabilidade e disponibilidade dos dados de forma rápida e em qualquer lugar e momento,

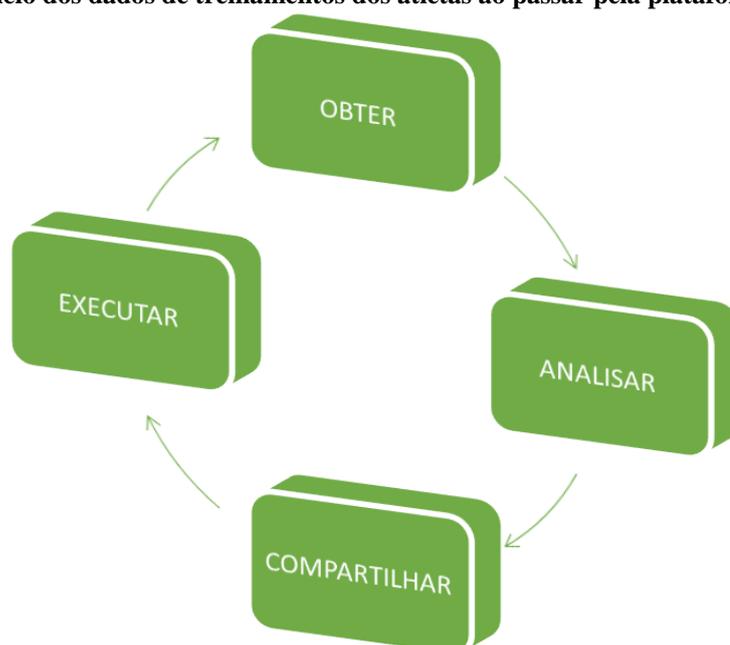
para tornar-se uma ferramenta de apoio a decisões aos profissionais, baseando-se no histórico disponível de cada atleta.

Para o aplicativo proposto, projetou-se contemplar o uso para esportes coletivos, além dos esportes individuais. Desta forma, múltiplos atletas, como os que compõem uma equipe, podem ter suas informações a disposição de técnicos e demais profissionais. O usuário poderá cadastrar diversos atletas que estão sob sua observação e a partir disso vincular os dados obtidos do dispositivo vestível ao seu respectivo desportista. Assim, poderá manter um acompanhamento ao mesmo tempo individualizado, além de relacionar e comparar dados com os demais atletas cadastrados, para uma visão mais macro sobre times e/ou equipes e, portanto, melhores avaliações.

Além do gerenciamento deste volume de informações, é necessário agir sobre ele. Para isso, o aplicativo tem o intuito de proporcionar uma resposta sobre o treinamento e o parecer do seu *staff* para o atleta. Para tanto, espaços para as observações dos profissionais sobre cada treino foram dispostos para uso. Na tentativa de agilizar esse *feedback*, o usuário do app conta com a opção de compartilhamento dos seus pareceres para o esportista, enviando-lhes e-mails com as informações pertinentes, sem a necessidade de sair do aplicativo e redigir uma mensagem.

Diante desta modelagem, é possível observar um ciclo para a informação. Inicialmente, os dados são obtidos por meio de um *wearable* utilizado nos treinamentos pelo atleta. Posteriormente, com estas informações no dispositivo, elas podem ser analisadas e ações podem ser planejadas. Estes planos, por sua vez, são compartilhados aos esportistas envolvidos, para que assim possam ser executados e novamente analisados os novos dados a partir da coleta nesta nova execução. Uma ilustração deste ciclo pode ser observada na Figura 4.1.

**Figura 4.1 – Ciclo dos dados de treinamentos dos atletas ao passar pela plataforma proposta**



Fonte: elaborada pelo autor

Caracteriza-se assim o aplicativo proposto, para que possa efetivamente ser uma ferramenta de apoio à tomada de decisões de treinadores e afins, gerindo todo o controle da informação, a fim de gerar melhores desempenhos e manter os cuidados com a saúde dos atletas.

## 4.2 TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS

Esta seção tem por objetivo apresentar as tecnologias utilizadas para a construção do aplicativo. Inicialmente, para a prototipação da *Graphical User Interface* (GUI)<sup>45</sup>, utilizou-se o *software* Pencil<sup>46</sup>. Como ferramenta de construção do app, o *Integrated Development Environment* (IDE)<sup>47</sup> Android Studio<sup>48</sup> e os recursos disponíveis nela foram utilizados. Como banco de dados, o *Firebase*<sup>49</sup> foi escolhido, assim como, empregou-se o uso da biblioteca *FirebaseUI*<sup>50</sup> para conectar a base de dados com os elementos da interface do usuário.

### 4.2.1 Pencil

<sup>45</sup> Em português, a Interface Gráfica do Usuário, permite a interação entre o utente e o dispositivo por meio de elementos gráficos, sendo utilizada pela primeira vez pela Xerox (O QUE..., s.d.).

<sup>46</sup> <http://pencil.evolus.vn/>

<sup>47</sup> Em português, ambiente de desenvolvimento integrado.

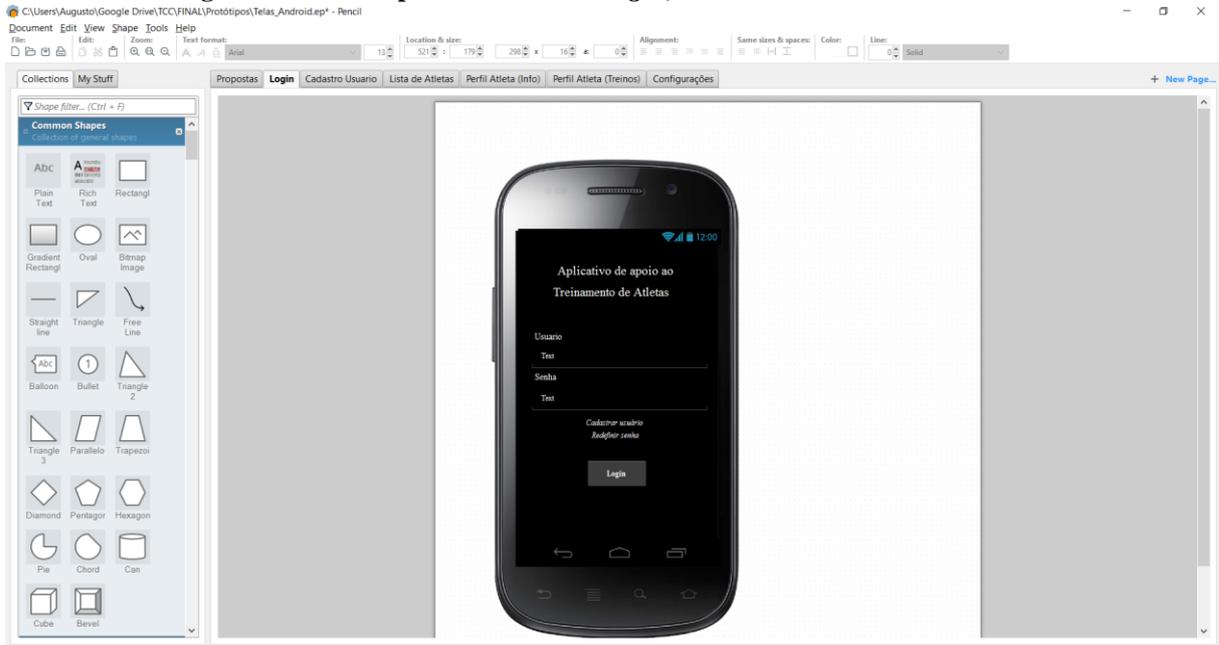
<sup>48</sup> <https://developer.android.com/studio/index.html?hl=pt-br>

<sup>49</sup> <https://firebase.google.com/?hl=pt-br>

<sup>50</sup> <https://github.com/firebase/FirebaseUI-Android>

Inicialmente, antes da programação efetiva do aplicativo, a prototipação das telas do *software* foi realizada na ferramenta Pencil. Com o seu uso, objetivou-se analisar a viabilidade e as necessidades requeridas em cada interface de interação com o usuário. Dessa forma, retrabalhos puderam ser evitados no momento do desenvolvimento. O Pencil fornece uma coleção dos principais componentes de tela utilizados não somente em aplicações desenvolvidas para o sistema Android, mas também para o iOS, além de *web* e *desktop*. A Figura 4.2, mostra a interface da ferramenta e o protótipo da tela de *login*.

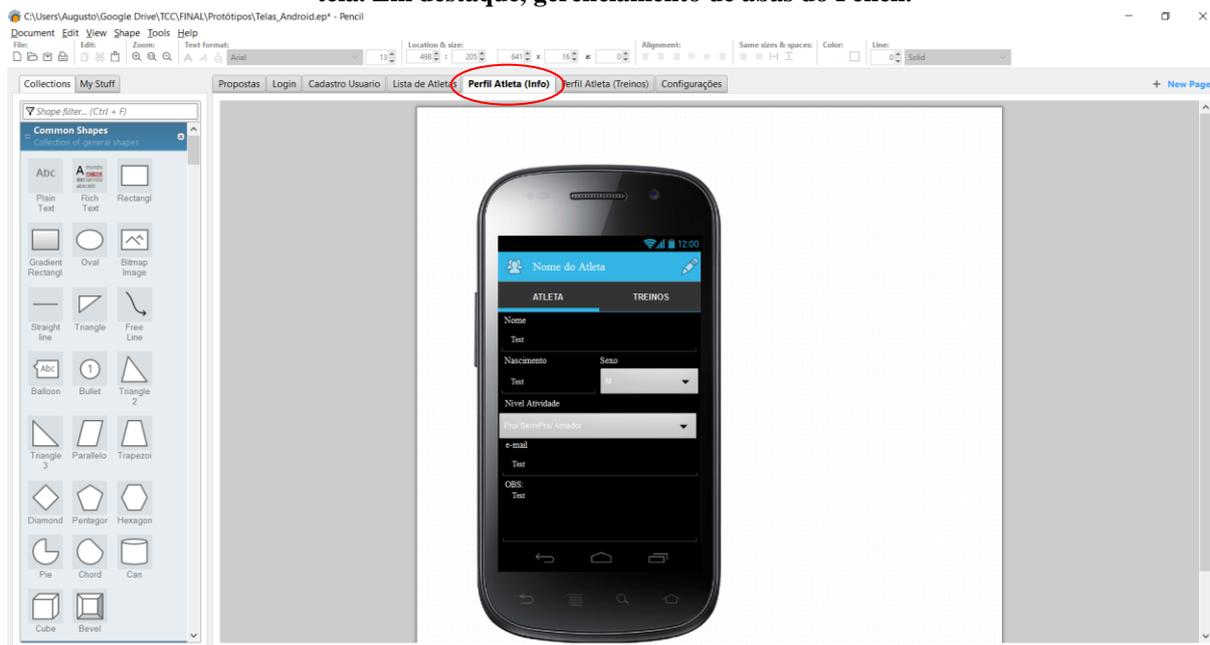
**Figura 4.2 - Protótipo da interface de *login*, construída na ferramenta Pencil**



Fonte: elaborada pelo autor

Além dos componentes de tela, o Pencil fornece um conjunto de outros elementos que podem ser utilizados. Formas para a construção de fluxogramas e formas mais comuns estão à disposição do usuário. O *software* utiliza abas, agilizando e organizando o trabalho. Na Figura 4.3, outra aba do documento criado exibe o protótipo da tela de informações do atleta, composta por duas abas (atleta e treinos), que pode ser previamente construída utilizando-se de outros componentes disponíveis pelo Pencil.

**Figura 4.3 - Protótipo da tela de informações do atleta, composta por diversificados tipos de elementos de tela. Em destaque, gerenciamento de abas do Pencil.**



Fonte: elaborada pelo autor

#### 4.2.2 Android Studio

Para a tarefa de desenvolvimento do aplicativo para *smartphones*, utilizou-se do IDE Android Studio. Como o próprio nome sugere, designada para dispositivos com o sistema operacional Android, possui uma gama de ferramentas para as várias etapas da construção de um app. Tendo recursos para a edição de código, de depuração, compilação e criação/implantação instantâneas (ANDROID STUDIO, 2017).

Algumas funcionalidades disponíveis foram utilizadas com maior frequência durante o processo de programação, dentre elas, cita-se o editor de código inteligente, o emulador, o *Instant Run* e o sistema de compilação. Porém, outros recursos interessantes encontram-se disponíveis, como a possibilidade de desenvolvimento para televisões (Android TV), vestíveis (Android Wear) e automóveis (Android Auto), além da integração com outros serviços como o *GitHub*.

**Editor de código inteligente:** Este recurso, disponível no IDE do Android Studio, é baseado no IntelliJ<sup>51</sup>, da empresa JetBrains. Seu principal objetivo é trazer agilidade nesta etapa de desenvolvimento. Baseia-se em recursos que completam o código, evitando uma massiva digitação e, conseqüentemente, reduzindo o tempo despendido para esta tarefa.

<sup>51</sup> <https://www.jetbrains.com/idea/>

Além disso, auxilia na manutenção da organização do código-fonte, proporcionando maior facilidade na interpretação do código.

**Emulador:** Este recurso está diretamente ligado com a parte de testes do aplicativo. Trata-se da possibilidade de executar o aplicativo em um dispositivo virtual, sem a necessidade de um dispositivo físico real. Permite, dessa forma, que o app seja testado nos mais variados tipos de *smartphones* ou outras tecnologias, com diversas configurações possíveis para cada um. Embora possua o emulador, o IDE permite executar testes diretamente em aparelhos físicos.

**Instant Run:** Este mecanismo permite que os códigos refactorados possam ser executados mais rapidamente no emulador ou dispositivo físico. Independentemente da primeira execução, poder levar um tempo maior para compilação e execução, o *Instant Run* enviará as atualizações ocorridas após está execução, sem a necessidade de compilar um novo APK<sup>52</sup> (ANDROID STUDIO, 2017).

**Compilador Gradle:** Permite ao desenvolvedor configurar o processo de compilação e executá-lo de forma automatizada. No Android Studio isso é possível pelo uso do *kit* de ferramentas *Gradle*. Ao fim do processo de compilação, todos os arquivos necessários para a aplicação são adicionados a um pacote APK, que fica disponível para instalações.

**Variedade de plataformas:** O sistema operacional Android está disponível em diversos nichos de dispositivos. *Smartphones*, *tablets*, televisões, vestíveis e até mesmo em automóveis. O IDE Android Studio é um ambiente que suporta o desenvolvimento para todos estas tecnologias.

**Integração com GitHub:** O *GitHub* é um serviço *web*, utilizado em projetos que estão sobre o controle de versão de arquivos *Git*. O Android Studio permite a integração com este serviço. Além disso, o Google, empresa responsável pelo IDE em questão, mantém exemplos e modelos disponíveis no *GitHub*.

### 4.2.3 Firebase

O *Firebase* é uma série de recursos à disposição de desenvolvedores, com o propósito de auxiliar o profissional a criar aplicações com qualidade, usufruindo das

---

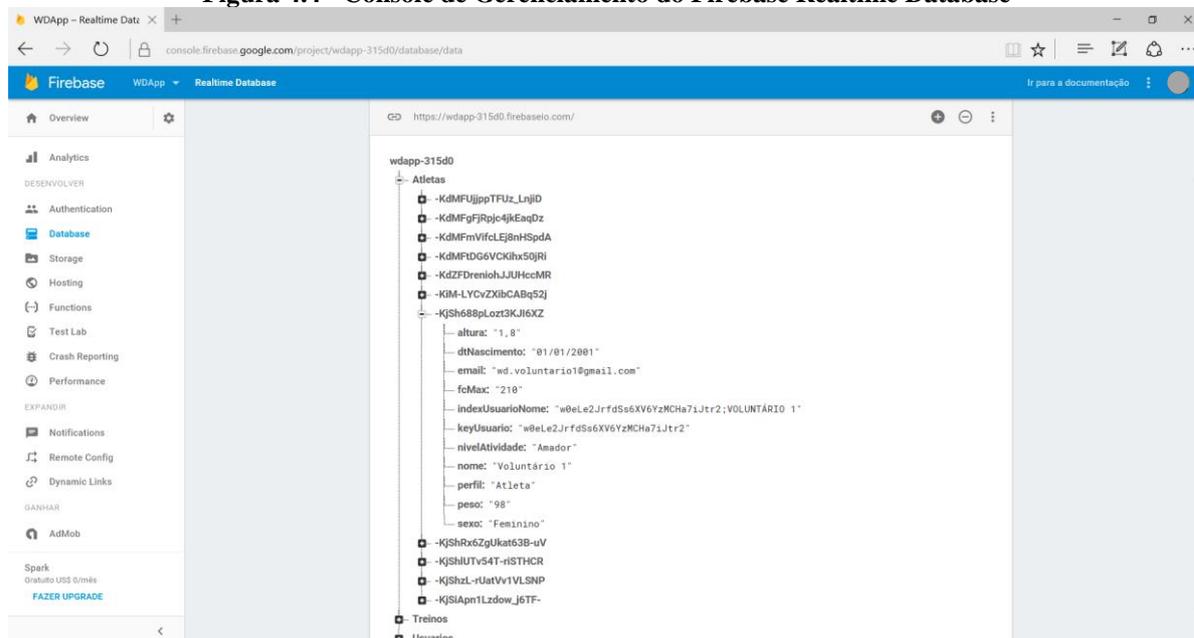
<sup>52</sup> Android *package*, caracteriza-se como um conjunto de arquivos necessários para a execução de aplicações para o referido sistema operacional.

ferramentas individualmente, ou juntas (FIREBASE, 2017). São aproximadamente 15 ferramentas que formam esta infraestrutura, para uso em plataforma Android, iOS e *web*.

Para análise encontra-se o *Firestore Analytics*, a fim de verificar o comportamento do usuário. Em relação ao desenvolvimento, o *Firestore Authentication* fornece suporte para processos de autenticação, com disponibilidade de vários serviços. Sobre desenvolvimento, tem-se o *Firestore Realtime Database*, um banco de dados NoSQL em nuvem, para armazenar dados e sincronizar entre dispositivos. Sobre expansão, é disponibilizado o *Firestore Notifications*, para enviar mensagens a usuários, como campanhas, por exemplo. O *Firestore AdMob* fornece a possibilidade de monetização e lucro do aplicativo por meio da exibição de anúncios dos próprios anunciantes do Google (FIREBASE, 2017).

Em relação ao aplicativo proposto neste trabalho foram utilizados os seguintes recursos: *Firestore Authentication*, *Firestore Storage* e *Firestore Realtime Database* em sua composição. Na Figura 4.4 é possível observar o console de gerenciamento, e a estrutura dos dados armazenados no *Firestore Realtime Database*.

**Figura 4.4 - Console de Gerenciamento do Firestore Realtime Database**



Fonte: elaborada pelo autor

#### 4.2.4 *FirestoreUI*

No desenvolvimento do aplicativo, fez-se o uso da biblioteca *FirestoreUI*. Caracteriza-se como uma biblioteca de código aberto, ou seja, gratuita para uso e possibilitando alterações por qualquer pessoa. Sua principal função é facilitar para o desenvolvedor a integração entre alguns recursos do *Firestore*, como autenticação e base de

dados, com elementos comuns da interface de usuário. Na aplicação, seu uso se deu principalmente na criação das listas de atletas, assim como na lista de treinos realizados por cada desportista, facilitando a tarefa de sincronização dos elementos em tela, em caso de alterações no banco de dados.

### 4.3 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

Nesta seção serão apresentadas as etapas que compuseram o desenvolvimento do aplicativo. É exposto o processo inicial para apropriação de conhecimento sobre algumas tecnologias utilizadas, além da compreensão teórica de fatores inerentes a sistemas com foco em gerenciamento esportivo. Detalha-se também as fases de prototipação, desenvolvimento e testes da aplicação.

Tendo como definição a construção de um app para dispositivos móveis que utilizam o sistema operacional Android, o uso do Android Studio torna-se automaticamente uma alternativa de uso, sendo confirmada como a IDE utilizada para esta tarefa. Por mais que não houvesse o hábito de utilização desta ferramenta, conhecimentos de usos prévios contribuíram para que fosse essa a escolha. Estas práticas foram suficientes para a execução das tarefas pertinentes ao *software* e as que necessitaram de estudo e pesquisa puderam ser compreendidas sem impeditivos.

O fato de conhecer a tecnologia empregada, como mencionada acima, não ocorreu com o *Firebase*. Tratava-se de uma tecnologia sem nenhuma vivência. Sabendo-se disso, antes do efetivo desenvolvimento, buscou-se estudar a mesma através de livros, tutoriais, vídeos, fóruns e artigos. Além disso, a documentação própria da ferramenta foi extensivamente utilizada, contribuindo para o seu domínio. Um período inicial foi utilizado para a prática das informações pesquisadas a respeito do *Firebase*.

Para a compreensão das necessidades que os usuários de uma aplicação nestes moldes poderiam ter, artigos e documentos científicos foram pesquisados e utilizados. Estas referências bibliográficas auxiliaram na elaboração dos protótipos das telas e funcionalidades. Foram uma espécie de “linhas-guia” neste processo, objetivando realmente atender as possíveis demandas dos usuários envolvidos e proporcionar uma interação mais agradável de um aplicativo que traga benefícios.

Esportes que envolvem equipes podem ser considerados atividades complexas, pelo fato do conjunto de dados envolvidos e os perfis de envolvidos, como atletas, treinadores,

árbitros, entre outros (MITCHELL PAGE, 2006). Este grande volume de informações que pode ser coletado foi um dos pontos considerados no protótipo de aplicativo. Para o gerenciamento deste fator, foi proposto o uso de abas, para reunir um conjunto grande de informações, mas organizando-o em subdivisões, ou seja, as próprias abas. Pretende-se, desta forma, ter os dados necessários, sem navegação excessiva.

Outro fator importante relacionado aos dados é a forma que se dará a apresentação e com quais elementos isso ocorrerá. Segundo S. Card, J. Mackinlay e B. Shneiderman (1999, apud MITCHELL PAGE, 2006, tradução nossa), “A visualização de informação é a representação de dados abstratos para amplificar a cognição”. A aplicação utilizará alguns recursos de elementos em tela para facilitar o aprendizado. Dentre os citados por Page (2006), optou-se pelo uso de gráficos para promover ao usuário do app a análise os dados coletados dos atletas. Pretende-se com isso gerar aferições mais precisas, com maior agilidade e facilidade, transformando-se em *feedbacks* aos atletas.

Apesar da significativa pesquisa no que diz respeito a visualização dos dados fisiológicos, obtidos de um usuário através de *wearable devices*, não há um estudo maior no que tangencia a área esportiva. Além disso, o uso deste recurso como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão não tem sido explorada volumosamente (KAZMI; O’GRADY; O’HARE, 2011). Para essa questão, o aplicativo foi projetado com os recursos já citados, tendo este propósito de ser um importante instrumento, servindo de base a profissionais envolvidos com esportes, para que possam ponderar sobre os dados e buscar soluções, agindo perante suas análises. As avaliações dos *staffs* ainda poderão ser compartilhadas aos atletas por meio da função disponível no app.

Com o escopo do aplicativo definido, o passo seguinte foi o uso da ferramenta Pencil. No processo de desenvolvimento, a construção dos protótipos de interface do usuário previamente, proporcionou maior objetividade na programação, pelo fato de se conhecer o resultado que se buscava. Não houve, assim, a necessidade de se pensar em quais componentes utilizar e a melhor disposição para eles, no mesmo momento em que se programava o app. Evitou-se assim, possíveis retrabalhos com reconstruções e ajustes na GUI.

A programação de todo o aplicativo se deu de forma incremental, dividindo as tarefas de acordo com os recursos necessários para a construção de cada parte que o compõe. Assim, iniciou-se com os componentes ligados a autenticação de usuário no app, onde foi utilizado o *Firebase Authentication*, gerenciando a criação de usuários, *login* e *logout*, além de redefinição de senha. Tendo esta parte concluída, seguiu-se para a construção dos itens

relacionados ao *Firebase Realtime Database*, envolvendo a armazenagem dos dados e as operações sobre os mesmos, como inserção de atletas, a leitura posterior dessas informações, bem como alterações e até exclusões destes registros. A parte do aplicativo envolvendo as sessões de treinamentos, foi elaborada apenas após a efetiva construção do dispositivo, conhecendo-se exatamente o formato dos dados produzidos e suas particularidades. Fez-se o uso do *Firebase Storage* para esta tarefa, armazenando em nuvem os gráficos produzidos.

Para validar o que se desenvolvia, o aplicativo foi testado em dois meios, um deles, com dois dispositivos reais e, outro, com um dispositivo emulado. Os dispositivos reais tratam-se de um *smartphone* Sony Xperia L e um Vernee Apollo, com a versão 4.2.2 e 6.0 do Android, respectivamente, conhecidas também como Jelly Bean e Marshmallow. Já o dispositivo emulado possui a versão 7.1.1 (Nougat) do sistema operacional. Com este processo de testes pretendeu-se verificar comportamentos diferentes do app construído em diferentes versões do SO. As validações ocorriam de acordo com a conclusão de pequenas tarefas, executando-se testes para que se pudesse ter certeza do correto funcionamento da programação. Por fim, observa-se então, que os testes foram concomitantes com a programação.

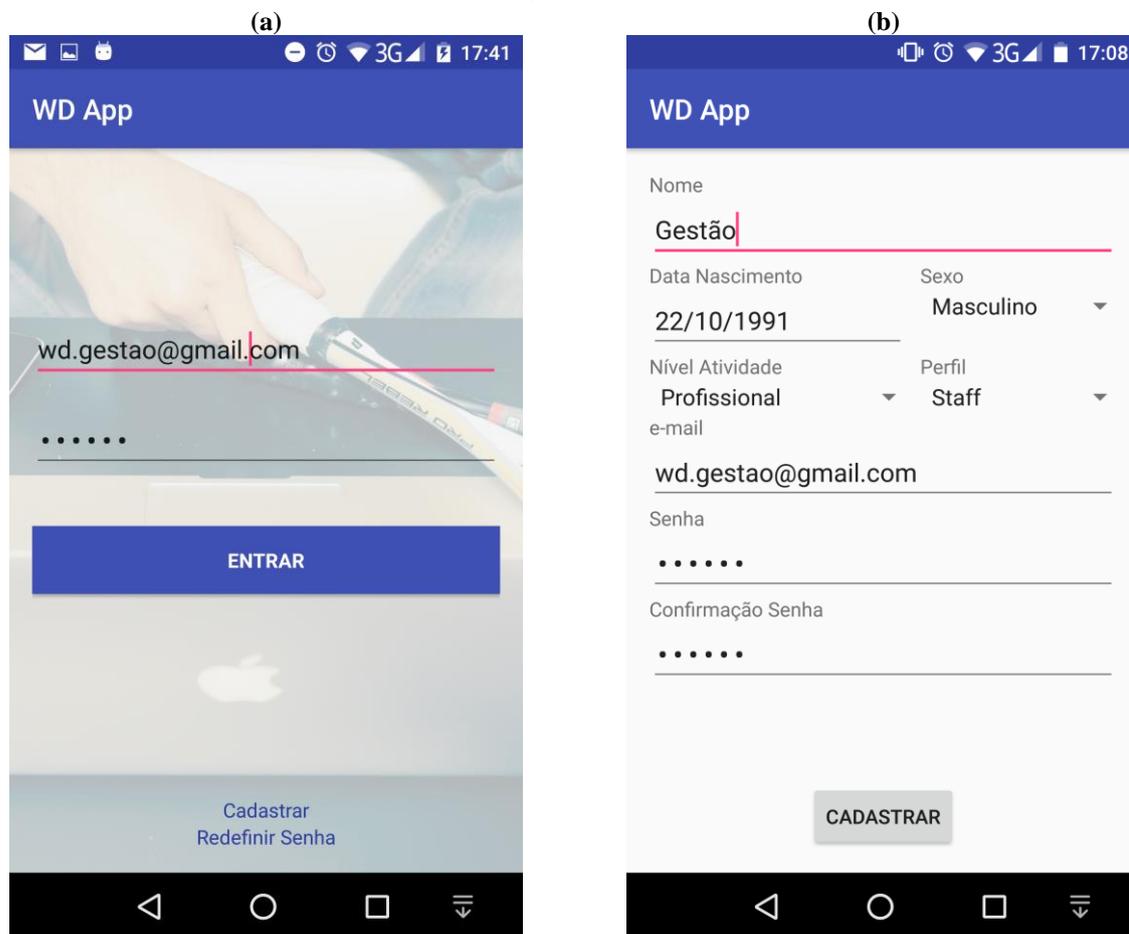
#### 4.4 APRESENTAÇÃO DO APLICATIVO

Esta seção dedica-se a apresentação do aplicativo desenvolvido, demonstrando as características já mencionadas anteriormente. Em conjunto, a descrição das funcionalidades desenvolvidas e o funcionamento do app serão detalhados a seguir.

##### 4.4.1 Login

Como tela inicial, com interação do usuário, o aplicativo apresenta uma tela de *login*. Esta é composta pelos campos para autenticação e o botão da própria ação, sendo fornecida a opção de autenticação por e-mail e senha aos utilizadores. Além disso, duas opções foram adicionadas, permitindo o cadastro de um usuário novo, assim como a opção de redefinição de senha. Esta última, a própria ferramenta *Firebase Authentication* encarrega-se de enviar um e-mail ao destinatário informado no primeiro campo, para que o mesmo possa recuperar seu acesso ao app. A mensagem do e-mail ao usuário pode ser definida pelo desenvolvedor da aplicação. A Figura 4.5 (a) apresenta a tela de *login*.

**Figura 4.5 – (a) Tela de Login no aplicativo; (b) Tela de Cadastro de Novo Usuário e as informações solicitadas**



Fonte: elaborada pelo autor

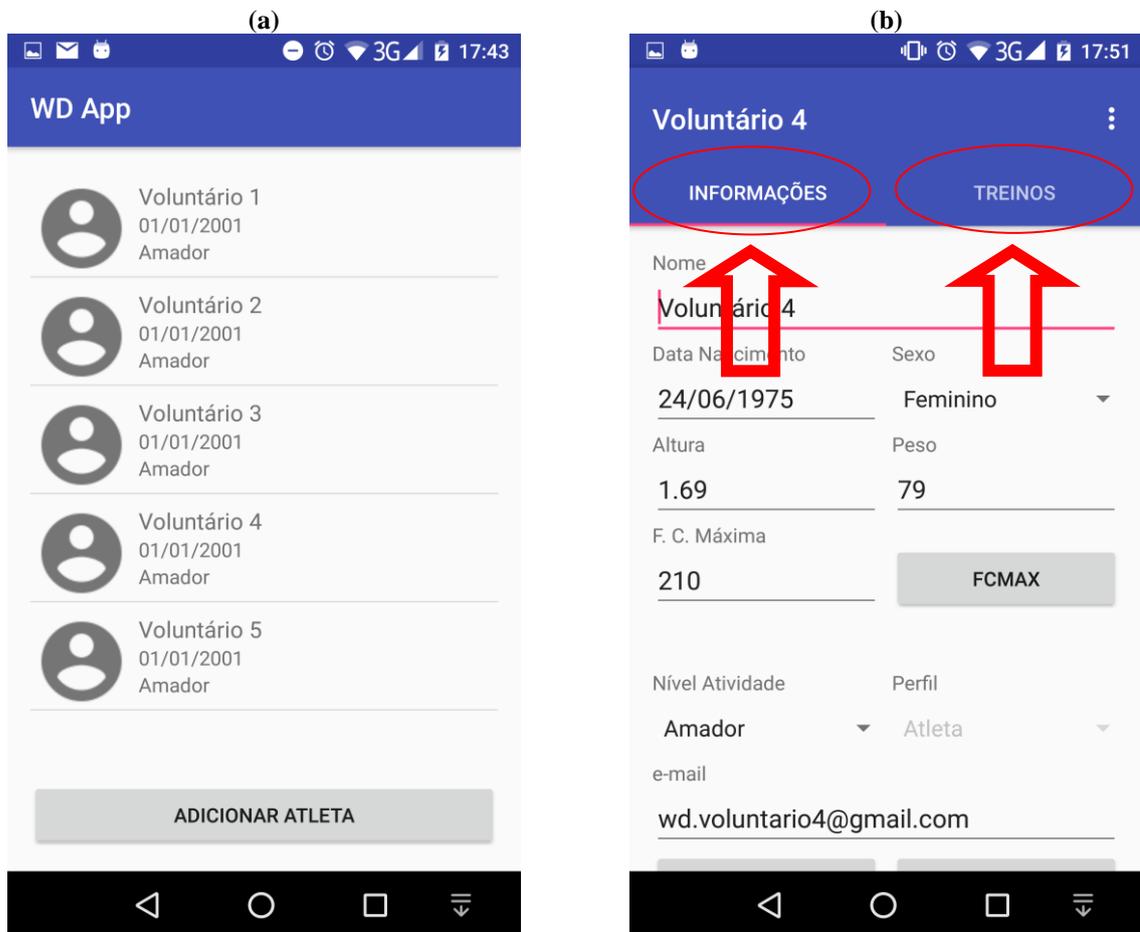
#### 4.4.2 Cadastro de Novo Usuário

Em caso de usuário novo no aplicativo, não possuindo os dados de *login* cadastrados, o próprio utente poderá realizar o seu cadastro. Através do botão de Cadastrar apresentado na tela anterior, o mesmo será redirecionado para a área de registro. Suas informações deverão ser preenchidas para que possa haver o arquivamento dos dados e permitir sua posterior entrada no aplicativo. Estando as informações de acordo, o registro é efetuado e o utilizador voltará a ter a tela de *login* em seu *smartphone*, onde poderá efetuar sua autenticação com os mesmos dados de e-mail e senha por ele informado, mas que agora estarão registrados no *Firebase*, o que deverá permitir seu acesso ao app. As informações necessárias para o cadastro podem ser observadas na Figura 4.5 (b), que se encontra acima.

### 4.4.3 Lista de Atletas

Efetuada o *login* com sucesso, o usuário terá a lista de atletas cadastrados como próxima interface. Constituída de uma lista com rolagem vertical e ordenada lexicograficamente através do nome do atleta, além de um botão para adição de novos esportistas. Cada registro do catálogo é formado por três linhas de informações, dessa forma, caso o profissional que esteja operando o app necessite de alguma informação rápida, talvez a encontre diretamente na lista, sem a necessidade de adentrar ao cadastro de atletas para consegui-la. Na Figura 4.6 (a) encontra-se a apresentação da tela de listagem de atletas, já com alguns atletas fictícios cadastrados para melhor exemplificação do *layout* e demonstração da exibição das informações.

Figura 4.6 - (a) Exemplificação da tela de Lista de Atletas; (b) Tela de Gerenciamento do atleta através de abas



Fonte: elaborada pelo autor

#### 4.4.4 Gerenciamento de Atleta (abas)

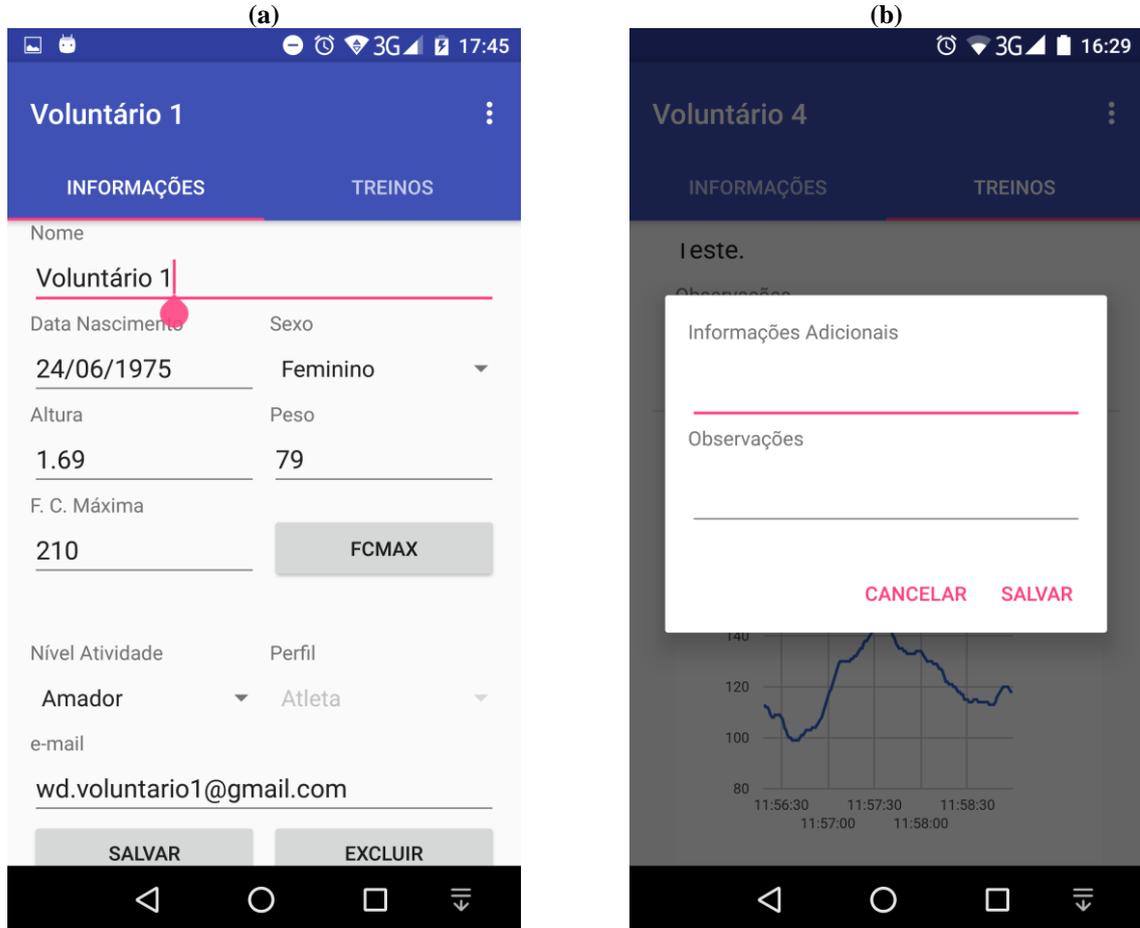
Para o gerenciamento do atleta, incluindo o próprio cadastro de um novo, alterações de informações, exclusão e as sessões de treinamentos, fez-se o uso de abas. Dessa forma, a tela de gerenciamento é composta pela aba com as informações de cadastro do atleta e a outra contendo o histórico de treinos. Na primeira, é permitida a atualização das informações existentes e exclusão dos dados de cadastro, na segunda, permite-se a inclusão de novos dados das atividades esportivas. As ponderações e a função de compartilhamento das informações para os atletas são realizadas também na aba de treinos. As abas podem ser observadas na Figura 4.6 (b).

#### 4.4.5 Atleta

A partir do botão para Adicionar Atleta, visto na tela de Lista de Atletas, é possível realizar o cadastro de um novo, para que seja feito o seu gerenciamento. São informações acerca dos desportistas, devendo ser preenchidas pelo usuário e, através do botão Salvar, armazenadas na nuvem utilizando o *Firebase*. Esta mesma interface também permite a atualização das informações de atletas já cadastrados, caso o usuário tenha acionado algum registro da listagem. Também há o botão para exclusão do atleta, removendo-o da base de dados, não sendo mais listado ao usuário.

Nesta tela também fica à disposição para uso, o botão responsável por calcular a Frequência Cardíaca Máxima do atleta. Optou-se pela implantação do método de Karvonen, explicado anteriormente, visto sua difusão. Apesar de disponibilizar esta função para predição do FCMax, o campo permite ser editado manualmente. Isto significa que, caso o atleta tenha um valor diferente do calculado pelo aplicativo, seja pelo uso de outra fórmula, ou até mesmo, outro método, o responsável pelo app poderá preencher essa informação com o valor utilizado habitualmente. Os campos preenchidos com dados obtidos dos voluntários, mantendo o anonimato de cada um, assim como os botões com as ações de gerenciamento, podem ser vistos na Figura 4.7 (a), que apresenta a tela de cadastro de atleta.

Figura 4.7 - (a) Aba de Informações do Atleta; (b) Aba com o Histórico das atividades do atleta



Fonte: elaborada pelo autor

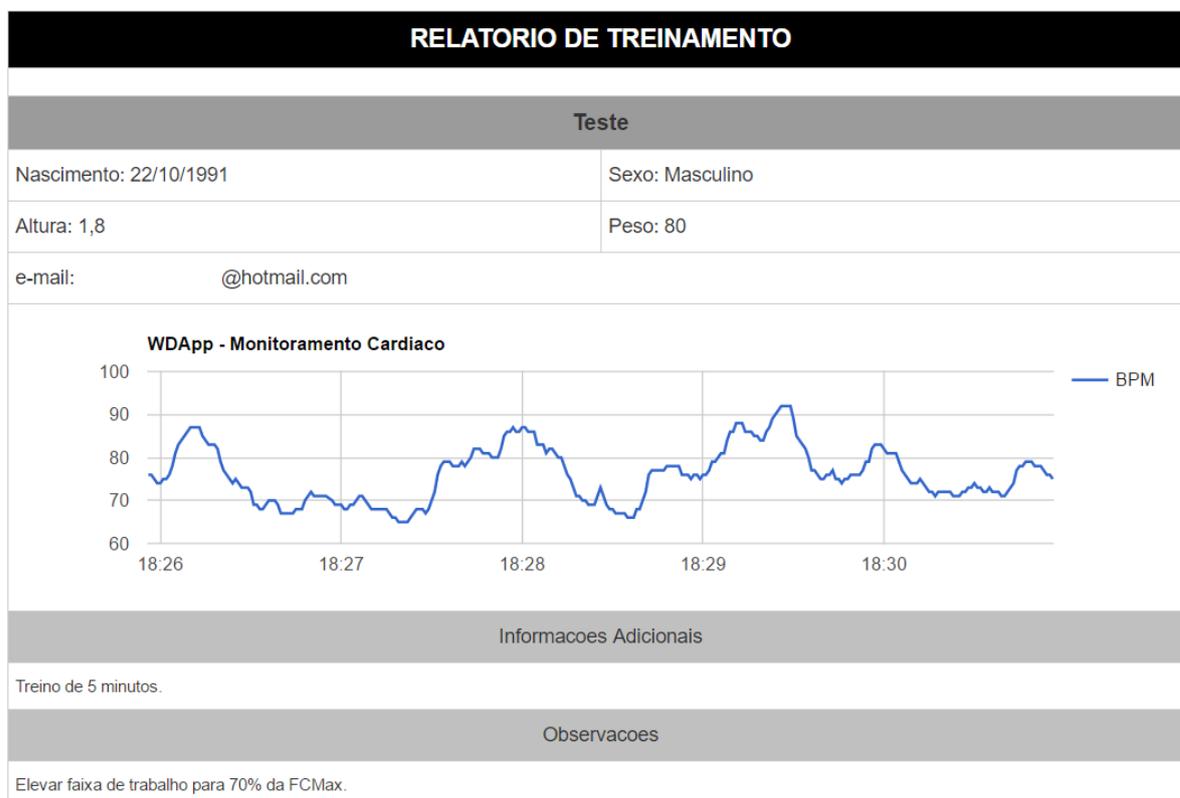
#### 4.4.6 Treinos

Trata-se da segunda aba, onde um histórico com todos os treinos do atleta escolhido é demonstrado, também em forma de lista. Nesta interface, os dados obtidos através do WD são exibidos em forma de gráficos para melhor cognição. As inferências dos *staffs* do desportista também são exibidas, porém, são registradas em uma janela *pop-up*, após escolha de qual treino pretende-se detalhar. A possibilidade de compartilhamento das informações das atividades praticadas, enviando uma mensagem para o e-mail cadastrado para o esportista é vista no canto superior direito de cada sessão. Na figura 4.7 (b), é possível notar ao fundo, a listagem dos treinamentos, e em primeiro plano, a janela *pop-up* para as observações referentes as análises do treino.

#### 4.4.7 Modelo mensagem enviada

Com o intuito de gerar um *feedback* ao atleta, a funcionalidade de compartilhamento de dados de treinamentos foi desenvolvida no app. Esta função enviará uma mensagem com as ponderações feitas e os dados obtidos sobre seus treinos. Isso permitirá agilizar esta tarefa. A Figura 4.8 exemplifica uma destas mensagens criadas pelo aplicativo e que será enviada ao desportista em questão.

Figura 4.8 - Relatório de treino compartilhável com o atleta



Fonte: elaborada pelo autor

Este capítulo abordou os detalhes pertinentes ao contexto do aplicativo desenvolvido para ambiente Android. Descrevendo assim, o conceito e objetivo, as etapas de construção, as observações sobre o desenvolvimento, além das ferramentas utilizadas. E, finalmente, apresenta efetivamente o app criado. O capítulo seguinte refere-se aos experimentos realizados com a plataforma, servindo com validação para a mesma e apresentando os resultados obtidos.

## 5 VALIDAÇÃO DA PLATAFORMA

Neste último capítulo, aborda-se todos os processos desenvolvidos para a validação da plataforma, tanto no que tangencia a parte de *hardware*, enquanto os sensores e a placa, quanto em relação ao *software*, caracterizado pelo aplicativo para visualização das informações. Descreve ainda os procedimentos adotados para a execução dos testes com voluntários. Além disso, apresenta as limitações encontradas e aperfeiçoamentos adotados durante esta fase da pesquisa. Por fim, os resultados obtidos são expostos, assim como suas avaliações.

### 5.1 O EXPERIMENTO

Para que se obtivesse o uso na prática da plataforma proposta, podendo validar seu uso, um experimento foi elaborado e executado. Dessa forma foi possível observar a atuação do dispositivo elaborado, fazendo a validação com voluntários sobre o seu uso. Além disso, para validação do aplicativo, um profissional da área da saúde foi entrevistado para que pudesse analisar o *software* após o seu uso.

Antes da execução do experimento, a fim de obter a autorização para os testes com voluntários, a submissão deste trabalho ao Comitê de Ética da Universidade Feevale (CEP) fez-se necessária. O processo de submissão iniciou-se no dia 20 de março de 2017, sendo aprovado na data de 27 de abril de 2017. A documentação relacionada a esta etapa encontra-se nos apêndices A e B.

Os cinco voluntários escolhidos fazem parte do Grupo de Pesquisa em Computação Aplicada, no projeto de *Wearable Devices* e suas aplicações na área da saúde. Conforme estipulado ao CEP, o anonimato dos voluntários foi respeitado. Para tal, não se utilizou os nomes reais, sendo definidos nomes de “Voluntário” e um sequencial de 1 a 5 para cada um, além de e-mails criados com esta nomenclatura, evitando o uso dos e-mails pessoais. Os e-mails criados para os voluntários foram utilizados como endereços para posterior envio das informações observadas e os gráficos de suas atividades. Para o profissional da área da saúde, também integrante do grupo de pesquisa, escolhido para avaliar o app, assim como poder averiguar os dados coletados a partir do dispositivo, também se criou um e-mail específico. Este mesmo endereço de e-mail foi utilizado para autenticação no aplicativo desenvolvido, sendo usado como *login*, mantendo certo nível de segurança para as informações coletadas e fazendo o vínculo dos voluntários com o profissional que estaria com a tarefa de observar os

treinos. Para elucidar esta situação, o Quadro 5.1 aponta os e-mails criados e utilizados durante o experimento.

**Quadro 5.1 - E-mails utilizados durante a pesquisa**

<b>Participante</b>	<b>E-mail</b>
Profissional da saúde	wd.gestao@gmail.com
Voluntário 1	wd.voluntario1@gmail.com
Voluntário 2	wd.voluntario2@gmail.com
Voluntário 3	wd.voluntario3@gmail.com
Voluntário 4	wd.voluntario4@gmail.com
Voluntário 5	wd.voluntario5@gmail.com

Fonte: elaborado pelo autor

O experimento consiste na utilização da cinta Polar H7 pelo voluntário, comunicando-se via *bluetooth* com a Raspberry Pi Zero W, encontrado em um bracelete para treinos, onde acomodava-se também um carregador portátil de 4000 mA para alimentação. Os dados de frequência cardíaca obtidos são enviados até a placa, onde a mesma, tendo um *software* em execução, gera um arquivo (um exemplo do arquivo está no Apêndice C) e salva em sua memória secundária. Após o monitoramento pelo tempo estipulado, o arquivo é transmitido para o celular, conectado a um computador, onde pelo aplicativo desenvolvido, rotinas de importação deste arquivo foram desenvolvidas. Assim, após o processo de importação, os treinos estavam disponíveis, já em forma de gráficos, no app, para visualização e uso.

Para que se pudesse iniciar a coleta, um *notebook* foi utilizado, para que, através da conexão de área de trabalho remota, pudesse ser acessado o sistema operacional da Raspberry. Em uma primeira execução, antes das coletas oficiais, utilizou-se um cabo RJ-45, entre o computador e a placa, com isso, este acesso remoto poderia ser efetuado. Ressalta-se neste ponto que, para esta execução e as duas primeiras validações oficiais, utilizou-se o modelo Raspberry Pi 3 model B no experimento, visto que possuía todos os recursos necessários sem adicionar componentes eletrônicos.

Uma vez acessado o dispositivo através de conexão cabeada, o código responsável por conectar-se a cinta e salvar os dados em arquivo poderia ser executado. Este procedimento tornava-se dispendioso, visto que, após o início da execução, necessitava-se desconectar o cabo RJ-45, para que o voluntário pudesse fazer o percurso da atividade. Diante disso, um dos aperfeiçoamentos foi o uso de um *smartphone* como ponto de acesso, onde uma conexão

prévia com o cabo se fazia necessária apenas para a conexão da Raspberry na rede compartilhada do aparelho, identificava-se o IP<sup>53</sup> atribuído. Com isso, a conexão com a placa já poderia ser feita através deste endereço, dispensando o uso do cabo. Na Figura 5.1 encontra-se o dispositivo, com a Raspberry Pi 3 Model B, acomodado no bracelete, assim como o carregador portátil. Em destaque, o cabo necessário no primeiro teste.

**Figura 5.1 - Protótipo do dispositivo e o bracelete**



Fonte: elaborada pelo autor

Conforme mencionado anteriormente, não fez parte do experimento o módulo GPS previsto no início deste trabalho. Esta limitação foi ocasionada pelo atraso na entrega deste componente após a sua compra. Desta forma, não foram coletados dados referentes a este sensor, sendo aferidos os batimentos cardíacos provenientes da Polar H7.

Para a coleta, já tendo procedido com o passo de estabelecer conexão remota com a Raspberry (independentemente do modelo), o próximo passo caracteriza-se pela execução do programa para comunicação com a cinta. O código-fonte utilizado como base faz parte de uma biblioteca desenvolvida pela Paypal<sup>54</sup>, disponibilizada no *github* da empresa<sup>55</sup>, sendo construído em linguagem Go<sup>56</sup>. Nestas adaptações, referências da captura de frequência cardíaca foram observadas em Freeman (2016), corroborando no funcionamento do código. Adaptações foram feitas para atender as necessidades deste trabalho, dentre elas, o fato de gerar um arquivo em formato csv, separado por vírgula, com o registro dos dados coletados de

<sup>53</sup> IP: *Internet Protocol*.

<sup>54</sup> <https://www.paypal.com/br/home>

<sup>55</sup> <https://github.com/paypal/gatt>

<sup>56</sup> <https://golang.org/>

data, hora e batimentos por minuto, além de permitir executar por um tempo pré-estabelecido a rotina. A Figura 5.2, mostra o trecho do código responsável por gerar o arquivo, o qual é iniciado com o e-mail do voluntário, para que o vínculo possa ser feito posteriormente.

**Figura 5.2 - Trecho de código utilizado para gerar o arquivo.**

```

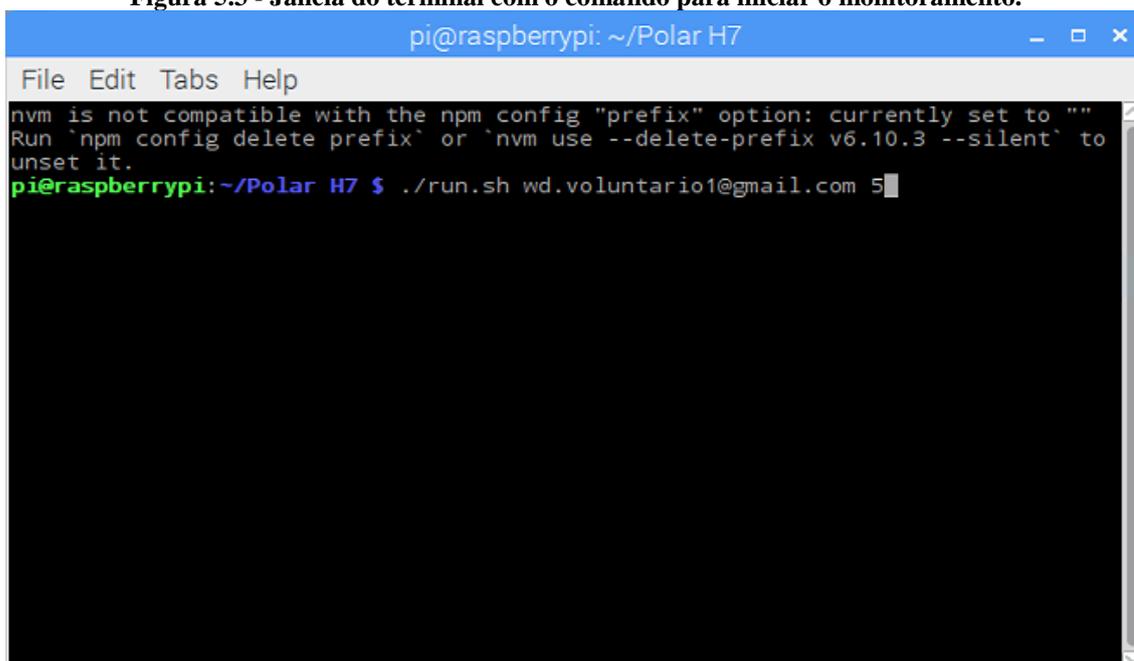
199 func main() {
200     fmt.Printf("...: APLICACAO INICIADA ...:\n")
201     // Gerar Arquivo
202     data = nil
203     t := time.Now()
204     arquivo = os.Args[2] + "." + t.Format("02012006_150405") + ".csv"
205     file, err := os.Create(os.Args[2] + "." + t.Format("02012006_150405") + ".csv")
206     checkError("Nao foi possivel criar o arquivo", err)
207     defer file.Close()
208     writer := csv.NewWriter(file)
209     defer writer.Flush()
210     var tmp = []string{os.Args[2], time.Now().Format("20060102150405")}
211     data = append(data, tmp)
212     err = writer.Write(tmp)
213     checkError("Nao foi possivel escrever no arquivo", err)
214     writer.Flush()
215     //
216 }
217
218
219
220
221
222
223

```

Fonte: elaborada pelo autor

Com o objetivo de tornar esta tarefa mais prática, um *script* foi criado para execução do programa que se comunica com a cinta. Pelo fato de haver apenas um dispositivo Polar H7 para os testes, um dos parâmetros de entrada de execução que seria o Endereço de *Media Access Control* (MAC) foi fixado neste arquivo. Os outros dois parâmetros de entrada são o e-mail do voluntário, e o tempo, em minutos, a ser executada a rotina. Assim, a Figura 5.3, na sequência, demonstra a janela do terminal do sistema com um exemplo de execução do comando a iniciar o monitoramento através do arquivo de *script*.

Figura 5.3 - Janela do terminal com o comando para iniciar o monitoramento.

A terminal window titled 'pi@raspberrypi: ~/Polar H7' with a menu bar 'File Edit Tabs Help'. The terminal output shows a warning: 'nvm is not compatible with the npm config "prefix" option: currently set to "" Run `npm config delete prefix` or `npm use --delete-prefix v6.10.3 --silent` to unset it.' Below this, the command './run.sh wd.voluntario1@gmail.com 5' is entered and executed, with a cursor at the end of the line.

```
pi@raspberrypi: ~/Polar H7
File Edit Tabs Help
nvm is not compatible with the npm config "prefix" option: currently set to ""
Run `npm config delete prefix` or `npm use --delete-prefix v6.10.3 --silent` to
unset it.
pi@raspberrypi:~/Polar H7 $ ./run.sh wd.voluntario1@gmail.com 5
```

Fonte: elaborada pelo autor

Para o uso da Polar H7, seguiu-se recomendações padrões. A cinta, na região onde possui os sensores, que devem estar em contato com a pele, era umedecida e após isso adicionado o módulo *bluetooth*. Para o bracelete, sua colocação não demandava nenhuma ação específica.

O voluntário então, já com o bracelete posicionado e vestindo a Polar H7, tendo sido executado o código para o monitoramento, estava liberado a fazer um percurso pré-definido, dentro da própria Universidade Feevale, o qual seriam aferidos os seus batimentos cardíacos. Este percurso na primeira semana foi limitado a um espaço curto, onde um lance de escadas fazia parte. Já na segunda aferição, o percurso foi maior, dentro de 5 minutos, porém, com dois lances de escada, a fim de verificar possíveis variações ao subir e descer andares do edifício. Para o terceiro aferimento, um percurso entre 5 e 10 minutos foi definido.

Durante o percurso, devido à distância em relação ao *smartphone* que fornecia a conexão de rede, a conexão remota era perdida, porém, o código continuava em execução, assim como a sessão no sistema operacional da Raspberry. Dessa forma, apenas não era possível acompanhar os registros em tela dos batimentos aferidos a cada segundo. Este fato não acarreta em nenhum problema em relação a geração do arquivo com os dados, sendo este o objetivo, para que a partir deste arquivo gerado, estas informações pudessem ser importadas no app e disponíveis para a visualização. Caso houvesse proximidade novamente com o *smartphone*, que estava funcionando como ponto de acesso, a conexão com a área de trabalho remota partindo do *notebook* para a Raspberry poderia ser reestabelecida sem problemas.

Observa-se, na Figura 5.4, uma das voluntárias já utilizando o bracelete contendo o dispositivo, aguardando a execução do programa de monitoramento e geração do arquivo com os dados de batimentos cardíacos, para que pudesse efetuar o teste e andar em velocidade normal pelo percurso definido.

**Figura 5.4 – Voluntária usando o protótipo.**



Fonte: elaborada pelo autor

Após o voluntário retornar, o código em execução era interrompido (se necessário) e o dispositivo e sensor eram repassados aos próximos voluntários, visto que havia disponível para testes apenas uma cinta Polar H7. Após, quando o próximo a utilizar a plataforma estivesse com ela posicionada, os passos se repetiram, para a execução da rotina que coleta as informações do usuário.

## 5.2 AVALIAÇÃO E RESULTADOS

Tendo concluído o experimento, a etapa seguinte foi a de avaliação sobre a plataforma testada. Para isso, foi utilizado um questionário aplicado aos voluntários, relacionado principalmente ao uso do dispositivo. Ao profissional da saúde consultado, outro questionário foi aplicado para coletar sua opinião principalmente sobre o uso das tecnologias vestíveis e ao uso do aplicativo. Os resultados das avaliações estão no decorrer desta seção.

O questionário (Apêndice D) aplicado aos voluntários possui cinco questões, sendo quatro com duas alternativas (Sim ou Não) e outra que visa avaliar o nível de conforto, ao utilizar o protótipo do dispositivo, com cinco alternativas. A respeito de tecnologias vestíveis,

foi questionado se o participante, desconsiderando este trabalho, já conhecia os *wearables*, apresentando o resultado na Figura 5.5.

**Figura 5.5 - Primeira questão, em relação ao conhecimento sobre dispositivos vestíveis**



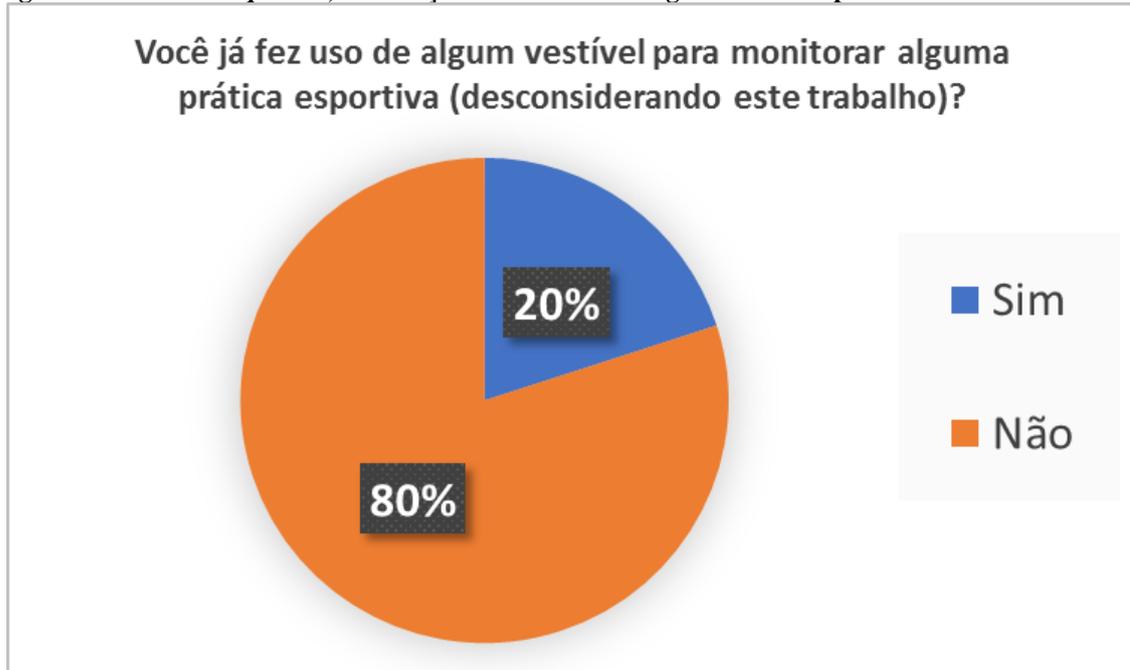
Para verificar a aceitação de WD aplicados ao monitoramento de esportes ou atividades físicas, foi questionado se o voluntário faria uso desta tecnologia para essa finalidade. Os resultados podem ser observados no gráfico indicado na Figura 5.6.

**Figura 5.6 - Segunda questão, em relação a aderência a tecnologia vestível para monitoramento de atividades físicas**



Diante do resultado da segunda questão, pode-se inferir que há aceitação por parte dos voluntários em relação a tecnologia vestível. O resultado demonstrou que todos os voluntários estariam dispostos a utilizar *wearables* no monitoramento de suas atividades físicas. A terceira questão está relacionada a taxa de uso destes equipamentos, questionando se efetivamente, sem considerar este experimento, algum voluntário já havia utilizado algum vestível para monitorar atividades físicas. A Figura 5.7 demonstra em gráfico este resultado.

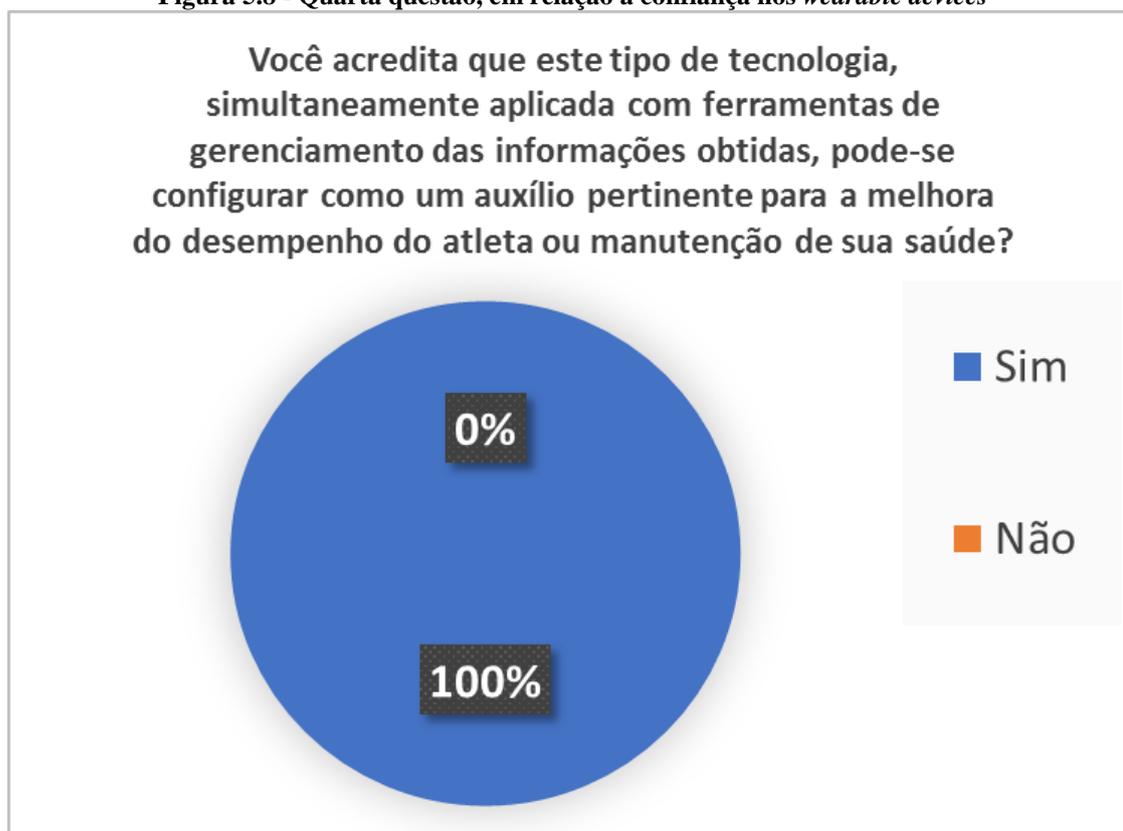
**Figura 5.7 - Terceira questão, em relação ao uso de tecnologia vestível na prática de atividades físicas**



Apesar da questão anterior demonstrar que os voluntários utilizariam vestíveis no monitoramento de suas atividades, apenas 20%, ou seja, um único participante já havia de fato utilizado, segundo o resultado da terceira questão.

Buscando verificar o nível de confiança em relação a este tipo de monitoramento, a quarta questão foi aplicada. Perguntava-se se o voluntário acredita que este tipo de tecnologia usada simultaneamente com outras ferramentas que gerenciam as informações obtidas, pode trazer melhoras para o desempenho ou manutenção da saúde do praticante. As respostas, demonstradas em forma de gráfico, podem ser vistas na Figura 5.8.

**Figura 5.8 - Quarta questão, em relação a confiança nos *wearable devices***

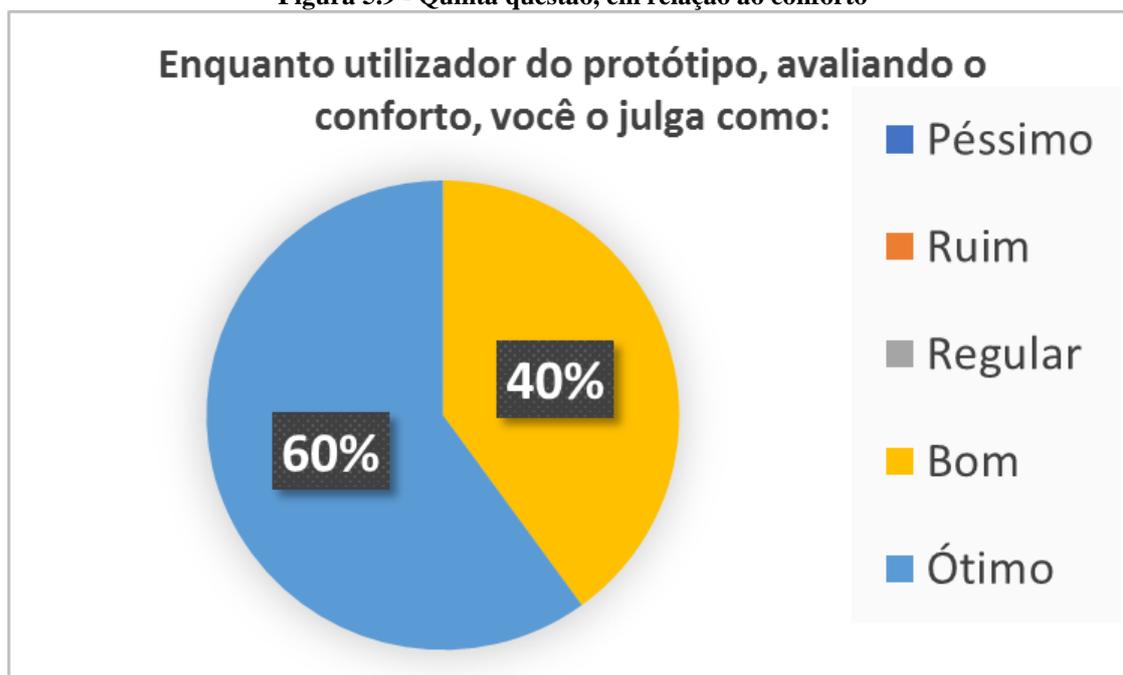


Fonte: elaborada pelo autor

Com isso, se verifica que, no cenário investigado, há um nível alto de confiança em relação aos vestíveis, visto a totalidade dos voluntários acreditarem em seu uso no gerenciamento das suas práticas esportivas. Com isso, acreditam também nos benefícios que os mesmos podem trazer, conforme questionado, citando a melhora do seu desempenho e a manutenção de aspectos relacionados à sua saúde.

A quinta e última questão está diretamente ligada ao protótipo desenvolvido. Uma escala, formada por cinco opções (péssimo, ruim, regular, bom, ótimo) foi disponibilizada para que se avaliasse o conforto no uso do vestível. Pretende-se verificar com esse questionamento, mesmo se tratando de um protótipo, a experiência de seu uso durante uma prática de atividade física. Na Figura 5.9 é possível ver o resultado, a partir do gráfico construído.

Figura 5.9 - Quinta questão, em relação ao conforto



O resultado observado diante da quinta questão demonstra alguns aspectos em relação ao *hardware* utilizado. Nesta questão, 60% avaliaram como Ótimo o protótipo desenvolvido, configurando-se com a maioria. Os outros 40%, responderam como Bom o nível de conforto ao fazer uso do dispositivo. Assim sendo, este resultado aponta, de forma geral, como um protótipo aceitável para uso. É sabido que testes mais profundos podem ser realizados. Além disso, por se tratar de um protótipo inicial, melhorias podem ser feitas, a fim de acomodá-lo de forma mais adequada ao corpo do utente e diante das situações de uso.

Para avaliar o modelo de plataforma proposta, formada por um vestível e um aplicativo, um profissional da área da saúde foi consultado. Este profissional não atuou diretamente com o vestível proposto, mas sim, com o aplicativo desenvolvido, operando-o nas suas principais funções. Questões foram elaboradas a fim de que aspectos sobre o uso de tecnologias vestíveis fossem averiguados, assim como uma avaliação sobre o aplicativo desenvolvido neste trabalho.

Ao ser questionado sobre recursos para gerenciar informações coletadas durante treinos, o profissional já utilizou, apesar de atualmente não fazer o uso deste tipo de ferramenta, mas apontou interesse em utilizar novamente. Diante dessa resposta, percebe-se experiências anteriores e, da mesma forma dos voluntários que testaram o dispositivo, o profissional consultado utilizaria *wearables* neste contexto de esportes.

Quanto ao gerenciamento das informações dos atletas, o profissional atribuiu alto grau de importância neste aspecto, além de considerar como fundamental que estas informações possam ser vistas por outros profissionais, como nutricionistas, psicólogos entre outros, formando uma equipe de gestão do atleta. Da mesma forma julga que estas informações possam estar à disposição dos atletas para eventuais consultas.

Em relação direta ao aplicativo desenvolvido, após o seu uso, o profissional da área da saúde assinalou como ótima para a disposição dos dados no app. Sobre a usabilidade, de forma geral, foi apontada como boa. Ao questionado sobre funções que poderiam estar presentes neste tipo de aplicativos, a visualização de distância percorrida pelo atleta foi citada. Em teoria, o módulo GPS proposto na concepção original deste projeto poderia fornecer estas informações, apesar de necessitar alterações no aplicativo para adequar-se aos novos dados que seriam coletados.

Por fim, foi questionado ao profissional da saúde sobre o seu grau de satisfação em relação ao aplicativo proposto, como uma ferramenta que auxilia no gerenciamento das informações coletadas nos treinos e na tomada de decisões. Foi apontado como grau satisfatório. Esta questão é importante, visto que objetivo principal deste trabalho é verificar a possibilidade da plataforma proposta em auxiliar em decisões tomadas em relação aos atletas monitorados e aos seus treinos.

## CONCLUSÃO

O estudo demonstrou como é pertinente o uso de tecnologias vestíveis para a monitorização de atletas. Inicialmente, apresentou diversas tecnologias aplicadas em âmbito esportivo e sua capacidade de elevar o desempenho e ajudar a evitar lesões ou outros problemas relacionados à saúde do esportista. O trabalho ainda expôs parâmetros relevantes neste processo de monitoramento.

Diretamente interligado aos parâmetros que podem ser mensurados, estão os sensores capazes de desempenhar esta função. A partir da pesquisa, explorou-se algumas opções disponíveis atualmente. Além disso, tendo em vista que, de forma geral, seu uso está relacionado com outros dispositivos, foram averiguadas as placas de prototipagem eletrônicas. Dessa forma, as informações disponibilizadas podem auxiliar na escolha da placa mais apropriada para projetos futuros, adequando-se as necessidades de cada um.

Em relação aos *wearable devices*, é evidenciado a partir deste estudo a sua importância em setores comuns da sociedade como a saúde e educação. Através da pesquisa dessa tecnologia, novas aplicações, além das existentes, surgem e promovem o seu avanço. Pode-se verificar ainda a diversidade dos sensores que possibilitam a coleta dos dados do utente, compreendendo suas possibilidades de uso, até mesmo em conjunto com placas de prototipagem eletrônicas. O trabalho aborda ainda a visão geral do mercado de vestíveis, onde é possível identificar algumas barreiras para uma maior expansão dos vestíveis para desportistas.

Pode-se observar que, embora a oferta de *wearables* com fins de monitoramento de atletas possua importantes opções, nem todas estão dentro da faixa gasta anualmente por eles em relação a esta tecnologia. O custo de algumas plataformas pode ficar distante de atletas semiprofissionais ou de equipes de porte menor ou que não fazem parte de ligas mais difundidas do esporte praticado.

Outra barreira para alguns dispositivos, pode ser a forma como disponibilizam os dados. Embora tenha-se opções no mercado de vestíveis que permitam uma visualização de informações acerca de um grupo ou equipe, nem todos possuem essa abordagem. No modelo de gestão integrada de saúde e desempenho de atletas, objetiva-se ainda o trabalho de profissionais de diversas áreas relacionadas a esportes e que devem interagir entre si para propor melhorias ao esportista. Dessa forma, justifica-se ainda mais o fato de quanto melhor

for a exposição dos dados coletados, mais adequadas e precisas poderão ser as análises feitas sobre o desportista para promover sua evolução dentro da modalidade praticada.

Na compreensão destes fatores, define-se os objetivos para este trabalho, propondo uma plataforma formada por um protótipo de vestível e de um sistema, sendo capaz de monitorar atletas em suas funções e, a partir dos dados gerados ao *software*, ser utilizado para prover melhorias ao desempenho, além de cuidados em relação a saúde do esportista. Tem-se como premissa contemplar uma apresentação de informações capaz de atender esportes individuais e coletivos, podendo contribuir no auxílio a tomada de decisões de técnicos, fisioterapeutas, médicos e demais profissionais envolvidos na área esportiva.

Com a criação do protótipo, utilizando uma Raspberry Pi Zero W, conectada via *bluetooth* com uma cinta de monitoramento cardíaco Polar H7, tendo os dados obtidos transferidos ao aplicativo desenvolvido para *smartphones*, efetuando e validando está coleta, pode-se concluir que o objetivo traçado para este trabalho foi plenamente alcançado. Apesar de não ter sido possível a utilização do módulo GPS, o objetivo traçado pôde ser avaliado. Além disso, outras funcionalidades para o aplicativo puderam ser exploradas em detrimento ao uso do segundo sensor.

No que diz respeito ao vestível prototipado, pôde-se atestar a compatibilidade e o funcionamento entre a placa e a cinta. Isso permitiu que o dispositivo, apesar de ainda ter conectado a si um carregador portátil, mantivesse um tamanho reduzido, dada as circunstâncias (prática de atividades físicas) que se exigia e em que foi validado. Desta maneira, seu uso durante sessões de treinamento poderá ser feito sem provocar alterações indesejadas no desempenho das atividades do esportista.

Foram encontradas dificuldades no uso da primeira versão da placa Raspberry Pi Zero, no que diz respeito a falta de recursos de conectividade, como *wi-fi* e *bluetooth*, não sendo utilizada para testes devido a necessidade de outros dispositivos. Optando pelo uso da Raspberry Pi 3 Model B, foi possível a realização de parte da validação, até que estivesse disponível a versão W da Raspberry Pi Zero. Isso fez com que fossem realizados parte dos testes, tendo como único ônus o seu tamanho (maior) em relação a versão Zero. O módulo GPS não pode ser integrado ao projeto devido a atrasos na etapa de entrega após efetuada a compra.

Os recursos disponibilizados pelo *Firebase* atenderam por completo as demandas deste trabalho. Apesar da demanda de alguns dias para aprendizagem sobre o seu

funcionamento, seu uso proporcionou facilidades em relação a armazenagem dos dados em nuvem. Este fator dá mobilidade e permite o acesso em qualquer dispositivo de qualquer pessoa devidamente autenticada. Contribui assim para que equipes que gerenciam os atletas, compostas por profissionais da área médica e técnica possam acessar os dados, analisá-los e até mesmo fazer ponderações acerca e informar os atletas sobre suas observações, não tendo, por exemplo, os dados retidos em um único *smartphone*.

A validação da plataforma (*hardware* e *software*), através do monitoramento de voluntários e auxílio de um profissional da área da saúde para uso do aplicativo, contribuiu para o enriquecimento deste trabalho e possibilitou alcançar o objetivo proposto. Em cada sessão de atividade física, novas melhorias puderam ser encontradas, tornando o teste seguinte mais fácil, prático e ágil. Cita-se a ausência do cabo RJ-45 a partir do segundo treino, praticidade em executar o *script* criado, a parametrização de itens importantes como o tempo de execução, até o último teste, não necessitando mais do *notebook*, utilizando o próprio *smartphone* Android como meio de acesso e controle do dispositivo através de outros aplicativos (Termius e AndFTP).

Destaca-se neste ponto que apesar dos aperfeiçoamentos, ao ser destinado para esportes, nem todas as modalidades poderiam usufruir desta plataforma, ao menos no modelo apresentado. Cita-se, como um dos exemplos, os esportes aquáticos, obviamente, por tratar-se de dispositivos eletrônicos, que seriam danificados em contato com a água. Para outros esportes, a localização de uso, em forma de um bracelete poderia não ser a melhor escolha. Outra forma de prender ao corpo do usuário poderá ser escolhida, assim como outro local, porém, como já mencionado, diante da vasta diversidade de esportes e atividades existentes, um dispositivo único que atenda a todas as modalidades torna-se uma tarefa de extrema complexidade, não sendo o foco principal deste trabalho.

Este estudo foi submetido, em forma de resumo, em dois eventos. Sendo aceito na Feira de Iniciação Científica de 2016 da Universidade Feevale (Inovamundi), sendo apresentado os resultados parciais até o momento da apresentação em outubro daquele ano. No ano de 2017, o trabalho foi submetido a XXIV Mostra Unisinos de Iniciação Científica e Tecnológica, sendo aceito, e a apresentação ocorrendo no mês de maio.

Propõe-se para trabalhos futuros possibilidades de outros aferimentos que contribuam para o acompanhamento mais completo do esportista. Neste mesmo contexto, o uso de outros sensores, assim como o estudo de suas propriedades pode ser explorado, enriquecendo o protótipo adotado inicialmente. Seguindo na área relacionada ao *hardware*,

processos que, tornem mais prática a coleta, podem ser adotados, o uso de botões e/ ou visores no dispositivo podem ser analisados para que maneiras mais “amigáveis” ao usuário possam ser utilizadas para, por exemplo, iniciar sessões de treinamento.

Quanto a parte relacionada ao *software*, mais precisamente ao aplicativo para *smartphones* Android construído para este trabalho, melhorias podem ser desenvolvidas em trabalhos posteriores. Informações pertinentes podem ser adicionadas, assim como novos meios de visualização em relação aos dados coletados. Proporcionar meios de pesquisa das sessões de treinamentos, como, por exemplo, filtros por datas, pode ser um dos recursos a serem adicionados para a fim de obter melhor usabilidade e maior eficiência. A exploração de outros recursos do conjunto de ferramentas do *Firebase* também poderá ser estudo de outras pesquisas, à fim de que possam ser usados para promover melhorias ao app. Tornar o aplicativo multiplataformas também pode ser algo à ser pensado e trabalhado, disponibilizando o seu uso em diversos dispositivos.

A validação em outras atividades físicas ou em outros esportes também pode ser explorada, visando a busca de limitações para o dispositivo. Outros grupos podem ser observados durante o uso da plataforma construída e, assim, promover comparações para investigar questões pertinentes a fatores ligados diretamente a particularidades em relação a condição física. Acompanhamento extensivo e com o auxílio de mais profissionais especializados, como técnicos, médicos, fisioterapeutas, entre outros, também pode configurar um trabalho a fim de perceber a efetividade na melhora do desempenho ou na manutenção da saúde dos atletas monitorados.

Além disso, o monitoramento de atletas através de *wearables*, principalmente a observação dos dados, inclusive de grupos, cria possibilidades de aprofundamento de conhecimento acerca do esporte praticado e dos seus praticantes. Finalmente, a composição de processos semelhantes, em domínios que divergem ao de esportes, como saúde, educação e outros, também poderá ser fonte de estudos para gerar novos avanços e aplicações nestas outras áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUT US. Raspberry Pi, [2016?] Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/about/>>. Acesso em: 8 nov. 2016.

ADA, L. *Introducing the Raspberry Pi Zero*. 05 dez. 2015. Disponível em: <<https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/introducing-the-raspberry-pi-zero.pdf>>. Acesso em: 8 nov. 2016.

ALECRIM, E. **O que é Wi-Fi (IEEE 802.11)?**. 24 jun. 2013. Disponível em: <<http://www.infowester.com/wifi.php#wifi>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

ALEIXO, F. Médico do caso Serginho relembra desespero e diz ter consciência tranquila. **UOL**, São Caetano do Sul, SP, 24 out. 2014. Disponível em: <<http://esporte.uol.com.br/futebol/ultimas-noticias/2014/10/24/medico-do-caso-serginho.htm>>. Acesso em: 5 nov. 2016.

ANDROID STUDIO. Baixar o Android Studio e as SDK Tools. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/index.html?hl=pt-br>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

ARAÚJO, C. G. S. Frequência cardíaca e exercício físico. **Ciência Hoje**, v. 46, n. 271, p. 22–27, jun. 2010. Disponível em: <[http://www.nucleodeaprendizagem.com.br/ch\\_frequenciacardiaca.pdf](http://www.nucleodeaprendizagem.com.br/ch_frequenciacardiaca.pdf)>. Acesso em: 4 nov. 2016.

ARM. Tecnoblog. 2016. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/sobre/arm/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

ATHLETEIQ. *Wearable Devices In the Active Lifestyle Market*. [2016?]. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B5Ifmjv4OTqrYXB2dEpiVTdaTmc/view>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

BARBANTI, V. O que é esporte? **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 11, n. 1, p. 54–58, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBAFS/article/viewFile/833/840>>. Acesso em: 14 set. 2016.

BARBANTI, V. J. et al. **Esporte E Atividade Física**. Barueri, SP: Editora Manole Ltda, 2002. 349 p. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books/about/Esporte\\_E\\_Atividade\\_Fisica.html?id=T3XTp\\_LJXG8C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/Esporte_E_Atividade_Fisica.html?id=T3XTp_LJXG8C&redir_esc=y)>. Acesso em: 14 out. 2016.

BARROS, D. A. de; BERTOTI, G. A. **Vestuário para idosos que alerta o responsável em caso de quedas**. 2013. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Denise\\_Barros/publication/268516621\\_VESTURIO\\_PARA\\_IDOSOS\\_QUE\\_ALERTA\\_O\\_RESPONSVEL\\_EM\\_CASO\\_DE\\_QUEDAS/links/546ea2400cf29806ec2eb857.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Denise_Barros/publication/268516621_VESTURIO_PARA_IDOSOS_QUE_ALERTA_O_RESPONSVEL_EM_CASO_DE_QUEDAS/links/546ea2400cf29806ec2eb857.pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2016.

BITTENCOURT, S. **O que é Arduino: Tudo o que você precisa saber. Hospedagem de Sites HostGator, Blog oficial**, 31 jan. 2017. Disponível em: <<https://blog.hostgator.com.br/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 5 jun. 2017.

CAMARDA, S. R. DE A. et al. *Comparison of maximal heart rate using the prediction equations proposed by Karvonen and Tanaka*. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 91, n. 5, p. 311–314, nov. 2008.

- CAMBRIDGE Dictionary. Cambridge University Press, 2016. Disponível em: <<http://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/smartwatch>>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- CORNFORTH, D. J. et al. *Heart rate recovery in decision support for high performance athlete training schedules*. **IJKM**, v. 9, 2014. Disponível em: <<http://www.ijkm.org/Volume9/IJKMv9p193-207Cornforth0759.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2016.
- CULKIN, J. *Arduino Comic*. 2011. Disponível em: <[http://playground.arduino.cc/uploads/Main/arduino\\_comic\\_v0004.pdf](http://playground.arduino.cc/uploads/Main/arduino_comic_v0004.pdf)>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- DIJKSTRA, H. P. et al. *Managing the health of the elite athlete: a new integrated performance health management and coaching model*. *British Journal of Sports Medicine*, v. 48, n. 7, p. 523–531. 2014. Disponível em: <<http://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2013-093222>>. Acesso em: 12 ago. 2016.
- DOWNLOADS. Raspberry Pi, [2016?]. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/downloads/>>. Acesso em: 8 nov. 2016.
- DÜKING, P. et al. *Comparison of Non-Invasive Individual Monitoring of the Training and Health of Athletes with Commercially Available Wearable Technologies*. *Frontiers in Physiology*, v. 7. 2016. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2016.00071>>. Acesso em: 12 ago. 2016.
- ESPORTES, I. E. I. C. O. L. Q. B. E. N. E. **Esportes Amadores no Recife: Sepaktakraw - estamos falando grego?**, Domingo, 31 de maio de 2009. Disponível em: <<http://esportesamadoresrec.blogspot.com.br/2009/05/sepaktakraw-e-um-esporte-grego.html>>. Acesso em: 3 nov. 2016.
- EVANS, D. **A Internet das Coisas Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo**. *Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)*, 2011. Disponível em: <[http://www.cisco.com/web/BR/assets/executives/pdf/internet\\_of\\_things\\_iiot\\_ibsg\\_0411final.pdf](http://www.cisco.com/web/BR/assets/executives/pdf/internet_of_things_iiot_ibsg_0411final.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2016.
- FIFA. **Goal-line technology**. [entre 2013 e 2016]. Disponível em: <<http://www.fifa.com/mm/document/fifaqualityprogramme/goal-linetechnology/02/01/77/01/gltweben.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- FIREBASE. **Firestore**. 2017. Disponível em: <<https://firebase.google.com/?hl=pt-br>>. Acesso em: 16 fev. 2017.
- FITBIT. **About Fitbit**. 2016a. Disponível em: <<https://www.fitbit.com/about>>. Acesso em: 28 out. 2016.
- FITBIT. **Surge**. 2016b. Disponível em: <<https://www.fitbit.com/about>>. Acesso em: 28 out. 2016.
- FLETCHER, R. R.; POH, M. Z.; EYDGAHI, H. *Wearable sensors: opportunities and challenges for low-cost health care*. In: *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 2010 **Anais...IEEE**, 2010. Disponível em: <[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=5626734](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5626734)>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- FREEDMAN, D.M.; NUTTING, M. R. **A Brief History of Crowdfunding**. 5 nov. 2015. Disponível em: <<http://www.freedman-chicago.com/ec4i/History-of-Crowdfunding.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2016.

FREEMAN, C. *How to connect the Raspberry Pi to a Bluetooth heart rate monitor*. 23 fev. 2016. Disponível em: <<https://reprage.com/post/how-to-connect-the-raspberry-pi-to-a-bluetooth-heart-rate-monitor>>. Acesso em: 5 jun. 2017.

GARTNER, Inc. *Gartner Says Worldwide Wearable Devices Sales to Grow 18.4 Percent in 2016*. Stamford, 2016. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3198018>>. Acesso em: 17 ago. 2016.

GARTNER, Inc. *Gartner Says Worldwide Sales of Smartphones Grew 7 Percent in the Fourth Quarter of 2016*. Egham, U.K., 15 fev. 2017. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3609817>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

GIANNETTI, M. R. S. **Desenvolvimento de um sistema de posicionamento local para monitoramento da natação**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2011. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/BHSR-8SVJBK>>. Acesso em: 26 out. 2016.

GLOBALSAT Technology Corporation. GLOBALSAT GPS Module, Hardware Data Sheet, Product No: EM-506, User Manual Version 1.4. 2013. Disponível em: <[http://cdn.sparkfun.com/datasheets/GPS/EM506\\_um.pdf](http://cdn.sparkfun.com/datasheets/GPS/EM506_um.pdf)>. Acesso em: 8 nov. 2016.

GODINHO, P. M. A. S. **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. Disponível em: <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwcm9qZXRVbWNjY3xneDoxNjlkYjRiMmNjODY1Mjk3>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

GOOGLE, Inc. **definição: protótipo - Pesquisa Google**. 2016. Disponível em: <<https://www.google.com.br/search?q=defini%C3%A7%C3%A3o%3A+prot%C3%B3tipo&oq=defini%C3%A7%C3%A3o%3A+prot%C3%B3tipo&aqs=chrome..69i57.5055j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

GONZÁLEZ, F. J. **Sistema de classificação de esportes com base nos critérios: cooperação, interação com o adversário, ambiente, desempenho comparado e objetivos táticos da ação**. *Lecturas: Educación física y deportes*, n. 71, p. 3, 2004. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=832295>>. Acesso em: 14 set. 2016.

*GPS Receiver - EM-506 (48 Channel) - GPS-12751*. SparkFun Electronics, [2014?]. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/products/12751>>. Acesso em: 8 nov. 2016.

*GPS smart watch for kids*. **Dya technology (hk) co., limited**, 2015. Disponível em: <<http://www.dya-hk.com/GPS-smart-watch-for-kids-p60.html>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

GREENWALD, R. et al. **Head impact telemetry system (hits<sup>tm</sup>) for measurement of head acceleration in the field**. [2003?]. Disponível em: <<https://asbweb.org/conferences/2003/pdfs/203.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2016.

HALSON, S. L. **Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes**. *Sports Medicine*, v. 44, n. S2, p. 139–147, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4213373/>>. Acesso em: 14 set. 2016.

HORN, R. E. **Information Design: Emergence of a New Profession**. In: *Information Design*, Robert Jacobson (ed.), cap. 2. 1999. Disponível em: <<http://web.stanford.edu/~rhorn/a/topic/v1%26id/artclInfoDesignChapter.html>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

- IEEE 802.15. **Wireless Next Generation Standing Committee**. 09 jun. 2011. Disponível em: <<http://www.ieee802.org/15/pub/TG6.html>>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- IGLESIAS, M. **Tecnologia no esporte** – a busca pela melhoria da *performance* Universidade do Futebol, 22 out. 2009. Disponível em: <<http://universidadedofutebol.com.br/tecnologia-no-esporte-a-busca-pela-melhoria-da-performance/>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- INTERVALO de confiança. Portal Action. [2014?]. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/inferencia/intervalo-de-confianca>>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- INTRUDER. **Corfebol Brasil: CORFEBOL MULTIDISCIPLINARIDADE COMO ALIADA**, 16 jul. 2007. Disponível em: <<http://corfeblog.blogspot.com.br/2007/07/corfebol-multidisciplinaridade-como.html>>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- KARULF, E. **Body area networks (BAN)**. 2008. Disponível em: <<http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-08/ftp/ban.pdf>>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- KATCHBORIAN, P. **Espadas e sensores: a tecnologia da esgrima - Intel iQ BR**. 2016. Disponível em: <<https://iq.intel.com.br/espadas-e-sensores-tecnologia-da-esgrima/>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- KAZMI, A. H.; O'GRADY, M. J.; O'HARE, G. M. **Visualization in sporting contexts: the team scenario**. Poster presented at the *International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing (BIOSIGNALS)*, Roma, Itália. 2011. **Anais...SciTePress**, 2011. Disponível em: <<http://researchrepository.ucd.ie/handle/10197/2945>>. Acesso em: 12 ago. 2016.
- LAMPERT, R.; BEHNCK, E. S.; SILVEIRA, M. S. Ferramenta de Apoio a Prototipação de Interfaces. In: X Salão de Iniciação Científica, 2009. PUCRS, RS, 2009. Disponível em: <[http://www.pucrs.br/research/salao/2009-XSalaoIC/XSalaoIC/Ciencias\\_Exatas\\_e\\_da\\_Terra/Ciencia\\_da\\_Computacao/70266-RODRIGO\\_LAMPERT\\_CICHELERO.pdf](http://www.pucrs.br/research/salao/2009-XSalaoIC/XSalaoIC/Ciencias_Exatas_e_da_Terra/Ciencia_da_Computacao/70266-RODRIGO_LAMPERT_CICHELERO.pdf)>. Acesso em: 18 nov. 2016.
- LEOPEDRINI. **O que é LCS (e LBS)? - telecomHall BR**. 13 nov. 2014. Disponível em: <<http://www.telecomhall.com.br/o-que-e-lcs-e-lbs.aspx>>. Acesso em: 13 nov. 2016.
- LIMA, A. L. **Frequência Cardíaca**. 11 fev. 2016. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/frequencia-cardiaca/>>. Acesso em: 18 nov. 2016.
- LUQUETTI, L. B.; LAGUARDIA, J. Confiabilidade dos dados de atendimento odontológico do Sistema de Gerenciamento de Unidade Ambulatorial Básica (Sigab) em Unidade Básica de Saúde do Município do Rio de Janeiro. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, p. 255–264, 2009. Disponível em: <[http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?pid=S1679-49742009000300008&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?pid=S1679-49742009000300008&script=sci_arttext&tlng=es)>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- MANN, S. *Definition of "Wearable Computer"*. In: *1998 INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEARABLE COMPUTING ICWC-98*, 1998, Fairfax. **palestra... Fairfax**, VA, 1998. Disponível em: <<http://wearcomp.org/wearcompdef.html>>. Acesso em: 31 out. 2016.
- MANN, S. **"Wearable Computing"**, Soegaard, M. and Dam, R. F. (eds.), *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, 2 ed., 2014. Disponível em: <<https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/wearable-computing>>. Acesso em: 2 ago. 2016.
- MANO, A. **O Essencial sobre Sistemas de Navegação Global por Satélite (GNSS)**. Torres Vedras, Portugal, 2012. Disponível em: <[http://www.academia.edu/2150523/O\\_Essencial\\_sobre\\_Sistemas\\_de\\_Navega%C3%A7%C3%A3o\\_Global\\_por\\_Sat%C3%A9lite\\_GNSS\\_](http://www.academia.edu/2150523/O_Essencial_sobre_Sistemas_de_Navega%C3%A7%C3%A3o_Global_por_Sat%C3%A9lite_GNSS_)>. Acesso em: 5 nov. 2016.

MARKET REPORTS HUB. *Smart Wearables for Sports and Fitness: Market Shares, Market Strategies, and Market Forecasts, 2015 to 2021*. 2015. Disponível em: <<http://www.marketreportshub.com/smart-sports-fitness-wearables-market-wintergreen-research.html>>. Acesso em: 28 jul. 2016.

MATSUDO, V. K. R. et al. Bioenergética – conceitos e aplicações durante o exercício. **Revista Vigor**, Movimento e Saúde. 11 ago. 2008. Disponível em: <<http://www.revistavigor.com.br/2008/08/11/bioenergetica-%E2%80%93-conceitos-e-aplicacoes-durante-o-exercicio/>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

MIAZAKI, D. T. P. **Computação Vestível**. 2008. Disponível em: <<http://grenoble.ime.usp.br/~gold/cursos/2008/movel/monoSemCorrecao/DanielleMiazaki.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

MICROSOFT and Case Western Reserve Introduce HoloLens Augmented Reality for Medical Education. **Medgadget**, 09 jul. 2015. Disponível em: <<http://www.medgadget.com/2015/07/microsoft-and-case-western-reserve-introduce-hololens-augmented-reality-for-medical-education.html>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

MITCHELL PAGE, A. V. M. **Towards Classifying Visualization in Team Sports**. IEEE, 2006. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1663763>>. Acesso em: 10 ago. 2016

O QUE é Computação Ubíqua?. Canaltech. 2016. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/o-que-e/mobile/O-que-e-Computacao-Ubiqua/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

O QUE é GUI?. Canaltech. s.d.. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/o-que-e/o-que-e/O-que-e-GUI/>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

OKAZAKI, V. H. A. et al. Ciência e tecnologia aplicada à melhoria do desempenho esportivo. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 11, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/remef/article/view/3451>>. Acesso em: 9 out. 2016.

OLIVEIRA JÚNIOR, M. de; DUARTE, R. O. **Apostila sobre Introdução ao Projeto com Microcontroladores e Programação de Periféricos**. Dez. 2010. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/656429-Apostila-sobre-introducao-ao-projeto-com-microcontroladores-e-programacao-de-perifericos.html>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

OMS. **Relatório mundial de envelhecimento e saúde**. United Nations Pubns, 2015. Disponível em: <<http://sbgg.org.br/wp-content/uploads/2015/10/OMS-ENVELHECIMENTO-2015-port.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

ONU. **World Population 2015**. United Nations Pubns, 2015. Disponível em: <[https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/Files/World\\_Population\\_2015\\_Wallchart.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/Files/World_Population_2015_Wallchart.pdf)>. Acesso em: 1 nov. 2016.

PELA primeira vez, cirurgia é transmitida ao vivo em realidade virtual. **O Globo**, 14 abr. 2016. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/tecnologia/pela-primeira-vez-cirurgia-transmitida-ao-vivo-em-realidade-virtual-19082762>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

POLAR. Manual do Utilizador, **Polar H7 Heart Rate Sensor**. 2016. Disponível em: <[http://support.polar.com/e\\_manuals/H7\\_Heart\\_Rate\\_Sensor/Polar\\_H7\\_Heart\\_Rate\\_Sensor\\_accessory\\_manual\\_Portugues.pdf](http://support.polar.com/e_manuals/H7_Heart_Rate_Sensor/Polar_H7_Heart_Rate_Sensor_accessory_manual_Portugues.pdf)>. Acesso em: 8 nov. 2016.

- PRÊMIO JOVEM CIENTISTA, 26., 2012, Brasília. Inovação tecnológica nos esportes. **Kit pedagógico...** Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, 2012. Disponível em: <[http://estatico.cnpq.br/portal/premios/2014/pjc/imagens/publicacoes/08\\_Kit2012PJC\\_CadernoConteudo\\_Cap4.pdf](http://estatico.cnpq.br/portal/premios/2014/pjc/imagens/publicacoes/08_Kit2012PJC_CadernoConteudo_Cap4.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2016.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico** - 2 ed. Novo Hamburgo, Feevale, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2016.
- REDAÇÃO O FUTURO DAS COISAS. **Como as Tecnologias Vestíveis Irão Revolucionar a Educação.** O Futuro das Coisas, 18 jun. 2015. Disponível em: <<http://ofuturodascoisas.com/como-as-tecnologias-vestiveis-irao-revolucionar-a-educacao/>>. Acesso em: 13 nov. 2016.
- RIO 2016, COMITÊ ORGANIZADOR DOS JOGOS OLÍMPICOS RIO 2016. **Esportes Olímpicos.** Disponível em: <<https://www.rio2016.com/esportes>>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- RODRIGUES, G. P.; PORTO, C. Realidade virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. **Interfaces Científicas-Educação**, v. 1, n. 3, p. 97–109, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/educacao/article/view/909>>. Acesso em: 13 nov. 2016.
- SCHATTENBERG, L. D. Tecnologias esportivas auxiliando no esporte. **REAVI-Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, v. 2, n. 2, p. 149–152, 2013. Disponível em: <<http://revistas.udesc.br/index.php/reavi/article/view/3776>>. Acesso em: 9 out. 2016.
- SILVA, A. E. L. da et al. **O uso da Realidade Virtual no desenvolvimento de ferramentas educacionais para auxílio ao estímulo da lateralidade e dos sentidos de criança em fase de aprendizagem.** [2007-2016]. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/wrva/artigos/50122.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2016.
- SPROUTLING. **Welcome.** [ca. 2016]. Disponível em: <<http://sproutling.com/>>. Acesso em: 2 nov. 2016.
- SZEREMETA, O. J. **Aplicações e funcionalidade da computação vestível.** 2013. 73 f. Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores (Monografia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3246>>. Acesso em: 28 out. 2016.
- UPTON, E. **Raspberry Pi Zero: the \$5 computer.** **Raspberry Pi**, 26 nov. 2015. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.org/blog/raspberry-pi-zero/>>. Acesso em: 8 nov. 2016.
- VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.** 2009; p. 205-217. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-76382009000200018](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-76382009000200018)>. Acesso em: 5 nov. 2016.
- VERGARA, L. G. L.; PEREIRA, A. G.; LOPEZ, M. H. **Estado da arte em wearables para saúde.** In: *INTERACTION SOUTH AMERICA (ISA 14): 6ª CONFERENCIA LATINAMERICANA DE DISEÑO DE INTERACCIÓN*; 2014, Buenos Aires. **Anais... Interaction Design Association; Asociación de Profesionales en Experiencia de Usuario; Internet Society**, Universidad Católica Argentina, 2014. Disponível em: <

<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/greenstone/collect/Ponencias-old/index/assoc/estado-a.dir/doc.pdf>>. Acesso em: 1 nov. 2016.

VIEGAS, A.; ABREU, M. E.; PEDROSA, I. **Estado da Arte da Wearable Technology: Aplicações na área médica**. In: CISTI 2016 - 11.<sup>a</sup> CONFERÊNCIA IBÉRICA DE SISTEMAS E TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO. 15 jun. 2016, Ilha Gran Canária, Espanha. **Anais...** Espanha, 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/304783075\\_Estado\\_da\\_Arte\\_da\\_Wearable\\_Technology\\_Aplicacoes\\_na\\_area\\_medica\\_State-of-the-art\\_in\\_Wearable\\_Technology\\_Medical\\_area\\_applications](https://www.researchgate.net/publication/304783075_Estado_da_Arte_da_Wearable_Technology_Aplicacoes_na_area_medica_State-of-the-art_in_Wearable_Technology_Medical_area_applications)>. Acesso em: 28 out. 2016.

WALTZ, E. **The quantified olympian**. *IEEE Spectrum*, v. 52, n. 6, p. 44–45. 2015. Disponível em: <<http://spectrum.ieee.org/biomedical/devices/the-quantified-olympian-wearables-for-elite-athletes>>. Acesso em: 28 jul. 2016.

WANG, R. et al. Accuracy of Wrist-Worn Heart Rate Monitors. 12 out. 2016. **JAMA cardiology**, 12 out. 2016. Disponível em: <<http://jamanetwork.com/journals/jamacardiology/fullarticle/2566167>>. Acesso em: 2 nov. 2016.

WASHINGTON conta história sobre quando descobriu que tinha problema no coração. 07 dez. 2015. Disponível em: <[http://espn.uol.com.br/video/562876\\_washington-conta-historia-sobre-quando-descobriu-que-tinha-problema-no-coracao](http://espn.uol.com.br/video/562876_washington-conta-historia-sobre-quando-descobriu-que-tinha-problema-no-coracao)>. Acesso em: 5 nov. 2016.

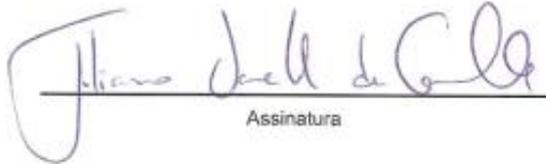
XMETRICS. **XMetrics® PRO**. XMetrics, 2016a. Disponível em: <<http://www.xmetrics.it/xmetrics-pro/>>. Acesso em: 28 out. 2016.

XMETRICS. **XMetrics® FIT**. XMetrics, 2016b. Disponível em: <<http://www.xmetrics.it/xmetrics-fit/>>. Acesso em: 28 out. 2016.

**APÊNDICE A – FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISAS ENVOLVENDO  
SERES HUMANOS**



## FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: Dispositivo vestível para atletas: uma abordagem em esportes individuais e coletivos			
2. Número de Participantes da Pesquisa: 5			
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 4. Ciências da Saúde, Grande Área 1. Ciências Exatas e da Terra			
<b>PESQUISADOR RESPONSÁVEL</b>			
5. Nome: JULIANO VARELLA DE CARVALHO			
6. CPF: 901.871.560-34	7. Endereço (Rua, n.º): ARAGUAIA, 1076 JARDIM MAUA CASA 04 NOVO HAMBURGO RIO GRANDE DO SUL 93548350		
8. Nacionalidade: BRASILEIRO	9. Telefone: 51981244049	10. Outro Telefone:	11. Email: julianovc@feevale.br
Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.			
Data: <u>26</u> , <u>04</u> , <u>2017</u>		 Assinatura	
<b>INSTITUIÇÃO PROPONENTE</b>			
12. Nome: ASSOCIACAO PRO ENSINO SUPERIOR EM NOVO HAMBURGO	13. CNPJ: 91.693.531/0001-62	14. Unidade/Órgão:	
15. Telefone: (51) 3586-8600	16. Outro Telefone:		
Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.			
Responsável: <u>Luís André Ribas Werlang</u>	CPF: <u>69683093000</u>		
Cargo/Função: <u>DIRETOR DO ICET</u>			
Data: <u>26</u> , <u>04</u> , <u>2017</u>	 Assinatura		
<b>PATROCINADOR PRINCIPAL</b>			
Não se aplica.			

**APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO  
(TCLE)**

## **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Você está sendo convidado a participar do TCC de graduação intitulado: dispositivo vestível para atletas: uma abordagem em esportes individuais e coletivos. O trabalho será realizado pelo acadêmico Augusto César Rodrigues de Oliveira do curso de Ciência da Computação da Universidade Feevale, orientado pelo pesquisador responsável, professor Dr. Juliano Varella de Carvalho. Os objetivos deste estudo são: Criar um protótipo de um dispositivo vestível (equipamento eletrônico inteligente, usado como uma roupa e/ou acessório), utilizando para isso alguns componentes eletrônicos. O dispositivo fará a coleta dos dados do seu usuário. Estes dados são fornecidos pelos componentes, sendo informações sobre os batimentos cardíacos, posicionamento, velocidade e distância percorrida do usuário. Serão enviados através de comunicação *bluetooth* para um smartphone com o aplicativo criado instalado, responsável por armazená-los, disponibilizá-los e enviá-los para o banco de dados, utilizando-se de conexão de internet para isso.

Sua participação nesta pesquisa será voluntária e consistirá em ter os dados citados acima coletados através do equipamento proposto, durante a prática de sessões de atividades físicas. Os componentes estarão presos a cinta do próprio monitor cardíaco, usada em volta do tórax. Também estarão devidamente protegidos de danos aos equipamentos ou ferimentos aos voluntários. Os dados serão disponibilizados ao final de todo o processo de coleta. Não existirão benefícios específicos pela participação no projeto.

Os dados serão coletados semanalmente, em três baterias de atividades físicas, uma em cada semana. As informações obtidas estarão disponíveis à um profissional da área da saúde para serem analisadas, retornando aos participantes a sua avaliação. Um questionário sobre o uso do aplicativo e do dispositivo, quanto aos procedimentos de utilização, forma de atuação e benefícios avaliados será aplicado ao profissional e aos demais voluntários.

Não haverá riscos relacionados à sua participação na pesquisa.

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.



A sua participação nesta pesquisa estará contribuindo para: validação de novas tecnologias de dispositivos vestíveis, objetivando seu uso na prática de atividades físicas, a fim de proporcionar avanços em desempenho esportivo e acompanhamento da saúde de atletas.

Garantimos o sigilo de seus dados de identificação primando pela privacidade e por seu anonimato. Manteremos em arquivo, sob nossa guarda, por 5 anos, todos os dados e documentos da pesquisa. Após transcorrido esse período, os mesmos serão destruídos. Os dados obtidos a partir desta pesquisa não serão usados para outros fins além dos previstos neste documento.

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: Dr. Juliano Varella de Carvalho

Telefone institucional do pesquisador responsável: (51) 3586 8800, ramal 9066

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

---

Assinatura do pesquisador responsável

Local e data: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_.

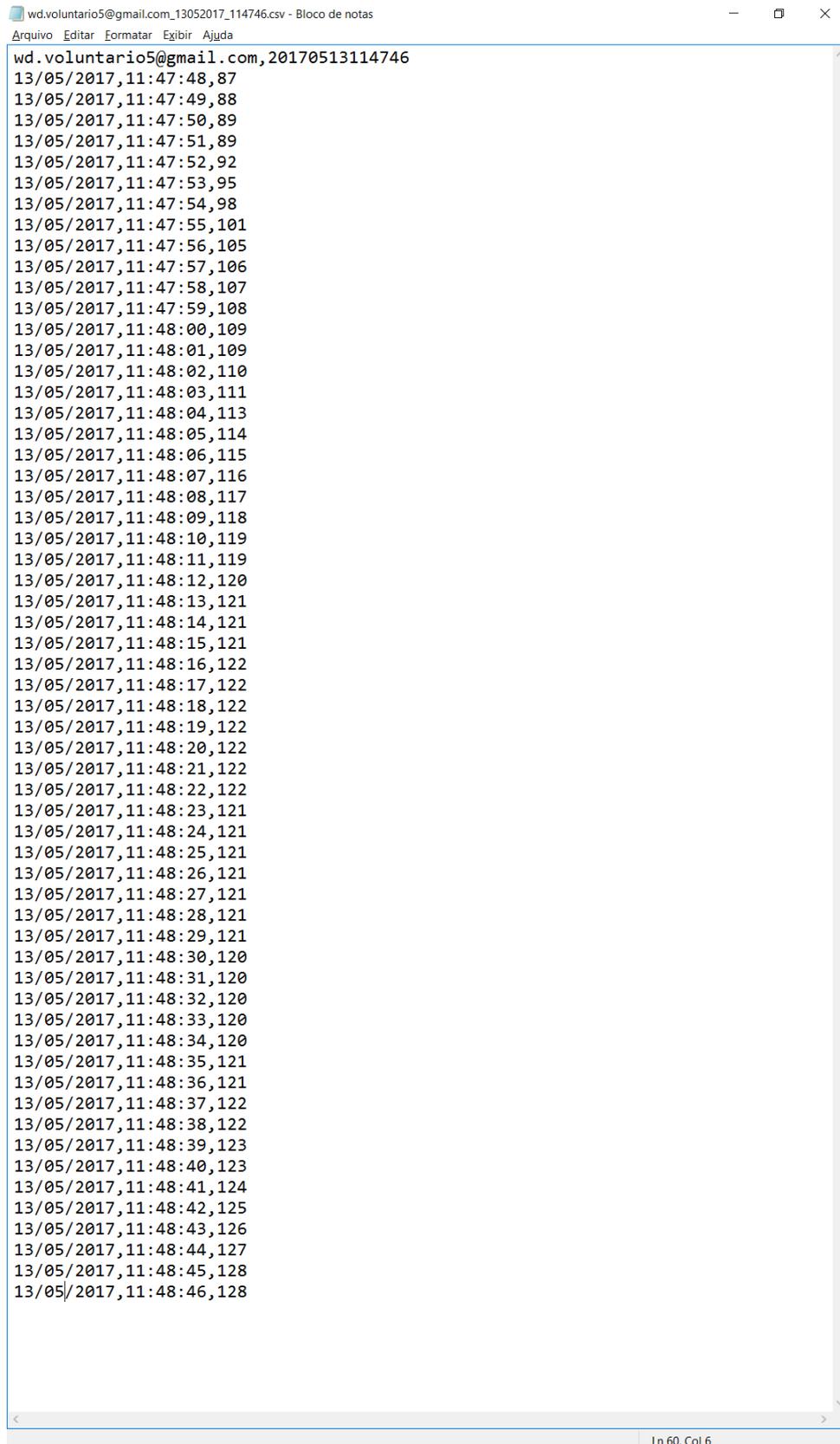
Declaro que li o TCLE: concordo com o que me foi exposto e aceito participar da pesquisa proposta.

---

Assinatura do participante da pesquisa

**APROVADO PELO CEP/FEEVALE – TELEFONE: (51) 3586-8800 Ramal 9000 E-mail: cep@feevale.br**

## APÊNDICE C – ARQUIVO CSV COM OS DADOS COLETADOS A PARTIR DA POLAR H7



```
wd.voluntario5@gmail.com,20170513114746
13/05/2017,11:47:48,87
13/05/2017,11:47:49,88
13/05/2017,11:47:50,89
13/05/2017,11:47:51,89
13/05/2017,11:47:52,92
13/05/2017,11:47:53,95
13/05/2017,11:47:54,98
13/05/2017,11:47:55,101
13/05/2017,11:47:56,105
13/05/2017,11:47:57,106
13/05/2017,11:47:58,107
13/05/2017,11:47:59,108
13/05/2017,11:48:00,109
13/05/2017,11:48:01,109
13/05/2017,11:48:02,110
13/05/2017,11:48:03,111
13/05/2017,11:48:04,113
13/05/2017,11:48:05,114
13/05/2017,11:48:06,115
13/05/2017,11:48:07,116
13/05/2017,11:48:08,117
13/05/2017,11:48:09,118
13/05/2017,11:48:10,119
13/05/2017,11:48:11,119
13/05/2017,11:48:12,120
13/05/2017,11:48:13,121
13/05/2017,11:48:14,121
13/05/2017,11:48:15,121
13/05/2017,11:48:16,122
13/05/2017,11:48:17,122
13/05/2017,11:48:18,122
13/05/2017,11:48:19,122
13/05/2017,11:48:20,122
13/05/2017,11:48:21,122
13/05/2017,11:48:22,122
13/05/2017,11:48:23,121
13/05/2017,11:48:24,121
13/05/2017,11:48:25,121
13/05/2017,11:48:26,121
13/05/2017,11:48:27,121
13/05/2017,11:48:28,121
13/05/2017,11:48:29,121
13/05/2017,11:48:30,120
13/05/2017,11:48:31,120
13/05/2017,11:48:32,120
13/05/2017,11:48:33,120
13/05/2017,11:48:34,120
13/05/2017,11:48:35,121
13/05/2017,11:48:36,121
13/05/2017,11:48:37,122
13/05/2017,11:48:38,122
13/05/2017,11:48:39,123
13/05/2017,11:48:40,123
13/05/2017,11:48:41,124
13/05/2017,11:48:42,125
13/05/2017,11:48:43,126
13/05/2017,11:48:44,127
13/05/2017,11:48:45,128
13/05/2017,11:48:46,128
```

## APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS VOLUNTÁRIOS

### Questionário a todos os voluntários

Meu nome é Augusto César Rodrigues de Oliveira e desenvolvo o trabalho de conclusão do curso de Ciência da Computação da Universidade Feevale intitulado:

Dispositivo vestível para atletas: uma abordagem em esportes individuais e coletivos. O objetivo desta pesquisa é construir um protótipo de dispositivo vestível, utilizando para isso o Raspberry Pi Zero, a Polar H7, para a coleta os dados pertinentes aos sensores citados, possibilitando o envio ao smartphone Android, responsável pelo gerenciamento das informações, visualização e armazenagem no serviço em nuvem Firebase.

Peço, por favor, que responda a este questionário, após a utilização do protótipo, contribuindo assim para a minha pesquisa.

Idade:

Gênero: ( ) F ( ) M

Profissão:

Você já ouviu falar em dispositivos vestíveis (desconsiderando este trabalho)?

- ( ) Sim  
( ) Não

Você utilizaria tecnologia vestível para monitoramento de atividades físicas?

- ( ) Sim  
( ) Não

Você já fez uso de algum vestível para monitorar alguma prática esportiva (desconsiderando este trabalho)?

- ( ) Sim  
( ) Não

Você acredita que este tipo de tecnologia, simultaneamente aplicada com ferramentas de gerenciamento das informações obtidas, pode-se configurar como um auxílio pertinente para a melhora do desempenho do atleta ou manutenção de sua saúde?

- ( ) Sim  
( ) Não

Enquanto utilizador do protótipo, avaliando o conforto, você o julga como:

1. ( ) Péssimo
2. ( ) Ruim
3. ( ) Regular
4. ( ) Bom
5. ( ) Ótimo

## APÊNDICE E – RESUMO PUBLICADO NA FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DE 2016 – INOVAMUNDI (UNIVERSIDADE FEEVALE)

### DISPOSITIVO VESTÍVEL PARA ATLETAS: UMA ABORDAGEM EM ESPORTES INDIVIDUAIS E COLETIVOS

Augusto Cesar Rodrigues de Oliveira<sup>1</sup>, Juliano Varella de Carvalho<sup>2</sup>

Os avanços tecnológicos computacionais proporcionam a sua utilização em diversas áreas. Seguindo essa tendência, os wearable devices (dispositivos vestíveis) desenvolvem-se e atuam em diversos nichos. Caracterizam-se como um dispositivo inteligente, dotado de sensores e/ou componentes de envio de sinais, em forma de vestuário ou acessório, utilizado junto ao corpo do usuário. Dentre os domínios que se beneficiam desses equipamentos, observa-se a área relacionada aos esportes. A exigência por alta performance dos atletas se torna uma constante nas mais diversas modalidades. Dentre os fatores que estão interligados ao rendimento do esportista, encontra-se a sua própria saúde. A visualização e disposição dessas informações coletadas se torna importante, porém, grande parte dos dispositivos coletam e disponibilizam individualmente os dados, não possibilitando uma visualização macro de grupos e equipes. Assim, a construção de um protótipo de vestível, para captura de dados do atleta, em conjunto com um sistema capaz de evidenciar as informações, atendendo demandas de esportes individuais e coletivos, configura-se como uma plataforma pertinente para avaliação dos parâmetros mencionados. Para isso, foram explorados os conteúdos bibliográficos já publicados acerca do tema, fornecendo conhecimento teórico para o momento do experimento. Os resultados serão avaliados quantitativamente, através dos dados obtidos por meio de testes, validações e questionários. Algumas placas de prototipagem eletrônica de hardware e outros componentes foram investigados e identificados a fim de subsidiar a construção de um protótipo de vestível. Uma arquitetura de armazenagem de dados, a citar, memória flash, e/ou meio de transmissão de dados sem fio deverão estar presentes. Uma lista das placas com essas possibilidades será avaliada, formada por: Raspberry Pi Zero, Flora Adafruit, LinkIt-ONE. A construção do protótipo se dará adicionando sensores e a placa ao vestuário do atleta, para posterior atuação de profissionais ou do esportista, no sistema acerca dos dados coletados. O monitoramento de atletas através de wearables, principalmente a observação dos dados, inclusive de grupos, cria possibilidades de aprofundamento de conhecimento acerca da modalidade e dos seus praticantes. Finalmente, a composição de processos semelhantes, em domínios que divergem aos de esportes, poderão gerar novos avanços e aplicações.

Palavras-Chave: Atletas. Esportes. Performance. Saúde. Wearable Devices.

## APÊNDICE F – RESUMO PUBLICADO NA XXIV MOSTRA UNISINOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE 2017

### DISPOSITIVO VESTÍVEL PARA ATLETAS: UMA ABORDAGEM EM ESPORTES INDIVIDUAIS E COLETIVOS

Os avanços tecnológicos computacionais proporcionam a sua utilização em diversas áreas. Seguindo essa tendência, estão os wearable devices (dispositivos vestíveis). Caracterizam-se como dispositivos inteligentes, dotados de sensores e/ou componentes de envio de sinais, em forma de vestuário ou acessório, utilizados junto ao corpo do usuário. Dentre os domínios que se beneficiam desses equipamentos, está a área esportiva, relacionando-se com os dados acerca de performance e saúde dos praticantes. A disposição destas informações coletadas é importante, porém, grande parte dos dispositivos coletam e disponibilizam individualmente os dados, não possibilitando uma visualização macro de grupos e equipes. Assim, objetiva-se com este trabalho a construção de um protótipo de vestível para a captura de dados do desportista, em conjunto com um aplicativo capaz de evidenciar as informações, atendendo demandas de esportes individuais e coletivos, validando sua pertinência como uma plataforma de auxílio para a tomada de decisões a profissionais da área da saúde e/ou equipe técnica. Para isso, foram explorados os conteúdos bibliográficos já publicados acerca do tema, fornecendo conhecimento teórico para o momento do experimento. Os resultados serão avaliados quantitativamente, através dos dados obtidos por meio de validações e questionários. Algumas placas de prototipagem eletrônica de hardware e outros componentes já foram investigados, a fim de integrar o protótipo de vestível. A composição escolhida será formada, em síntese, por um microcomputador Raspberry Pi Zero, uma cinta de monitoramento de batimentos cardíacos Polar H7 e um módulo GPS. A construção do protótipo se dará adicionando os sensores a placa e, posteriormente, adicionado a cinta torácica do próprio componente. Para posterior atuação dos profissionais, o aplicativo em construção, destinado a smartphones Android, será responsável pelo gerenciamento da informação, recebendo os dados coletados e enviando-os para um banco de dados em nuvem, o Firebase. Além das funções de login, cadastro de usuários e cadastro de atletas, já desenvolvidas, será permitido ainda que, a partir do app, avaliações e decisões sobre o treinamento dos esportistas possam ser criadas, além da possibilidade de compartilhar o feedback aos próprios praticantes das atividades físicas. Para a validação do experimento, que envolverá um grupo de voluntários, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Feevale, aguardando sua aprovação. Pretende-se verificar então, com a plataforma proposta e aplicando os métodos descritos, a possibilidade de monitoramento de praticantes de atividades físicas, enquanto esportes coletivos ou individuais, auxiliando na tomada de decisões que possam aprimorar os treinos em função da saúde e desempenho do esportista. Espera-se também que a composição de processos semelhantes, em domínios que divergem aos de esportes, possam gerar novos avanços e aplicações.

Palavras-chave: Atletas. Esportes. Desempenho. Saúde. Wearable devices.