



GUSTAVO LOPES DOMINGUETE

**USABILIDADE DE APLICATIVOS MÓVEIS VOLTADOS PARA
A SAÚDE ACOPLÁVEIS A DIFERENTES EQUIPAMENTOS
VESTÍVEIS**

LAVRAS – MG

2020

GUSTAVO LOPES DOMINGUETE

**USABILIDADE DE APLICATIVOS MÓVEIS VOLTADOS PARA A SAÚDE
ACOPLÁVEIS A DIFERENTES EQUIPAMENTOS VESTÍVEIS**

Dissertação apresentada como fase de Defesa
do programa de pós-graduação em Ciência da
Computação para obter o título de Mestre.

Prof. DSc. André Pimenta Freire

Orientador

Prof. DSc. Marluce Rodrigues Pereira

Coorientadora

LAVRAS – MG

2020

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Dominguete, Gustavo Lopes

Usabilidade de Aplicativos Móveis Voltados para a Saúde
Acopláveis a Diferentes Equipamentos Vestíveis / Gustavo
Lopes Dominguete. – Lavras : UFLA, 2020.

186 p. : il.

Orientador: Prof. DSc. André Pimenta Freire.

Coorientadora: Prof. DSc. Marluce Rodrigues Pereira .

Dissertação (mestrado acadêmico) –Universidade Federal
de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. mHealth. 2. Sistemas vestíveis. 3. Usabilidade. I. Freire,
André Pimenta. II. Pereira, Marluce Rodrigues. III. Título.

GUSTAVO LOPES DOMINGUETE

**USABILIDADE DE APLICATIVOS MÓVEIS VOLTADOS PARA A
SAÚDE ACOPLÁVEIS A DIFERENTES EQUIPAMENTOS
VESTÍVEIS**

Dissertação apresentada como fase de
Defesa do programa de pós-graduação
em Ciência da Computação para obter o
título de Mestre.

Aprovado em 23 de Novembro de 2020

Prof. DSc. Vivian Genaro Motti – GMU – Estados Unidos
Prof. DSc Saul Emanuel Delabrida Silva – UFOP

Prof. DSc André Pimenta Freire
Orientador

Prof. DSc Marluce Rodrigues Pereira
Co-Orientadora

**LAVRAS-MG
2020**

*Dedico esse trabalho aos meus pais, que são sempre a inspiração de minhas conquistas e
minha fonte de dedicação.*

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi fruto de muito esforço e dedicação. Porém, foi necessária a ajuda de muitas pessoas para que ele fosse realizado. Queria agradecer primeiramente a Deus por toda proteção e força que me deu para finalizar esse trabalho.

Queria agradecer a duas pessoas muito especiais na minha vida, que são meu pai e minha mãe. São pessoas que foram fundamentais para eu chegar até onde estou e sempre me deu suporte para continuar estudando. Junto as duas pessoas, quero agradecer o resto de minha família em especial ao meu irmão Matheus.

Queria agradecer também a minha namorada Letícia, por sempre estar de mãos dadas comigo, sempre me incentivando a continuar, fazer meu trabalho com dedicação e me dando apoio quando eu precisava . Me espelho muito em você.

Ao André Pimenta Freire, um agradecimento em especial, por todos os anos que trabalhamos juntos, sempre me ajudando em todos os âmbitos profissionais e acadêmicos, e se demonstrando mais que um orientador para mim, mas um grande amigo.

À Marluce Pereira Rodrigues, um outro agradecimento em especial, por ter me ajudado como co-orientadora desse projeto, e sempre pensando na minha saúde e crescimento profissional.

Muitas partes desse trabalho só foi possível com a ajuda dos alunos de iniciação científica que me ajudaram. Queria agradecer à Bruna e ao João Pedro por toda ajuda que me deram e dizer que nesse tempo vi vocês crescendo e me deixando muito orgulhoso de suas conquistas pessoais.

Um agradecimento em especial ao Thiago Almeida Marques, uma pessoa que sempre tive e sempre vou ter admiração pelo trabalho, além de ser um ótimo amigo. Quero agradecer pela participação fundamental nesse trabalho e pela parceria de sempre.

Agradecer ao Luciano Mendes Santos, técnico administrativo do Departamento de Ciência da Computação, por viabilizar o uso da Impressora 3D a ajudar na construção do equipamento utilizado nesse trabalho.

Aos participantes das avaliações, meu muito obrigado pela disponibilização em participar do trabalho e fazer com que essa pesquisa se tornasse possível.

Queria agradecer a todos meus amigos, muitos me ajudaram, mas não vão caber o nome de todos. Quero agradecer em especial ao Wender Lemes, um amigo que sempre esteve junto

comigo e sempre acompanhou todos meus momentos. Outro amigo em especial foi o Cristiano Garcia, que me viu nos piores momentos e me ajudou a reerguer.

As empresas que eu trabalhei, também queria agradecer com muito carinho por ter viabilizado a realização desse trabalho. Quero agradecer os responsáveis de cada empresa: Thiago Nascimento, Pâmela Andrade e Luca Prieto do LEMAF/ZETTA e Jordann Alessandro, Lucas Kneipp e Alan Villela da DTI. Também agradecer a todos os colegas de trabalho que me incentivaram a continuar nesse desafio.

Agradecer também a toda equipe do Google Developers Group de Lavras, pela paciência nas minhas ausências e pela dedicação em ajudar quando eu estava ocupado com outras atividades.

Um agradecimento aos funcionários do Departamento de Ciência da Computação, por toda a ajuda quando foi necessária, em especial a Luiza Arantes que sempre me ajudou em todo o processo do Mestrado.

Por ultimo, um agradecimento a comunidade de Emaús que me acolheu e me fez ver a vida de maneira diferente, conseguiram me dar mais alegria e apoio nos momentos difíceis.

A vida não é sobre quão duro você é capaz de bater, mas sobre quão duro você é capaz de apanhar e continuar indo em frente. Ninguém vai bater mais forte do que a vida. Não importa como você bate e sim o quanto aguenta apanhar e continuar lutando; o quanto pode suportar e seguir em frente.

(Rocky Balboa)

RESUMO

A área de saúde tem utilizado cada vez mais recursos tecnológicos para obter rapidamente dados precisos para dar suporte à tomada de decisão, e os sistemas vestíveis estão entre os sistemas que tem ganhado espaço neste contexto. O desenvolvimento de sistemas que apoiam a saúde do usuário deve almejar a obtenção de sistemas que tenham boa usabilidade e que sejam confiáveis. Em sistemas vestíveis, há questões específicas de usabilidade relacionadas com o fato de os usuários terem contato físico mais direto com os dispositivos. Desta forma, há um grande interesse em estudar maneiras de facilitar o uso e assegurar a confiabilidade de sistemas vestíveis para que sejam utilizados sem interferir negativamente na saúde do usuário. Sistemas vestíveis para saúde podem conter sensores embutidos ou incluírem conexões a equipamentos externos, com funcionalidades para utilização dos dados de diferentes formas pelos usuários. Sistemas que permitem flexibilidade na conexão com diferentes equipamentos vestíveis, especialmente os aplicativos móveis, oferecem muitas vantagens para usuários. Entretanto, com a possibilidade de uso de aplicativos acoplados a diferentes equipamentos e sensores vestíveis, há um desafio maior para a usabilidade dos aplicativos, considerando a diversidade de tipos de dados e o processo de acoplamento dos sensores e demais componentes de um sistema vestível. Dados esses desafios, essa pesquisa visou responder a seguinte questão: “Quais heurísticas de usabilidade podem guiar a equipe no design do processo de conexão em aplicações acopláveis a diferentes equipamentos vestíveis de monitoramento de saúde?”. Para responder a esta pergunta, o estudo contou com uma avaliação de usabilidade com usuários contando com 30 participantes para avaliar um equipamento vestível criado na pesquisa usado com três aplicativos de monitoramento de atividade física presentes no mercado, e que possibilitam o acoplamento com diversos tipos de equipamento vestível. A análise dos problemas de usabilidade destes testes levaram à definição de cinco novas heurísticas para auxiliar o desenvolvimento de sistemas interativos para apoiar a conexão entre equipamento vestível e o aplicativo. Para avaliar o uso das heurísticas, foram realizadas três sessões de avaliações heurísticas sobre um aplicativo desenvolvido como prova de conceito com especialistas, com correções entre as sessões. As avaliações dos aplicativos existentes resultaram em 714 problemas de usabilidade, dos quais 237 eram relacionados ao acoplamento entre o equipamento vestível e os aplicativos. As avaliações heurísticas encontraram um total de 215 problemas de usabilidade, sendo 79 na primeira, 74 na segunda e 62 na terceira. Os resultados indicaram que as novas heurísticas auxiliaram a encontrar problemas na avaliação do aplicativo desenvolvido como prova de conceito. O número de problemas relacionados às heurísticas criadas nessa pesquisa diminuiu na segunda e terceira avaliação, após as correções feitas usando as heurísticas. O presente trabalho teve como contribuição a identificação de problemas de usabilidade existentes no acoplamento de equipamentos vestíveis e aplicativos que podem acoplar com diversos tipos de equipamentos vestíveis, com a proposta e avaliação do uso de um conjunto de cinco novas heurísticas. Espera-se que, com a utilização dessas heurísticas, possa-se desenvolver sistemas vestíveis para uso no contexto da saúde com melhor usabilidade em aplicativos com flexibilidade no uso de diferentes sensores.

Palavras-chave: mHealth. Sistemas vestíveis. Usabilidade.

ABSTRACT

The use of technological resources in the health domain has increased significantly. These technologies can help to obtain accurate data quickly to support decision making, and wearable systems are among the systems that have gained ground in this context. The development of systems that support people's health must aim at good usability and reliability. Wearable systems involve specific usability issues related to the fact that users have more direct physical contact with the devices. Thus, there is a great interest in studying ways to facilitate the use and to ensure the reliability of wearable systems to prevent harmful interference with the user's health. Wearable health systems usually contain built-in sensors or include connections to external equipment, with features for users to use data in different ways. Systems that allow flexibility in connecting with different wearable equipment, especially mobile applications, offer many advantages for users. However, with the possibility of using applications coupled with various wearable equipment and sensors, there is a more significant challenge for the usability of the applications, considering the diversity of data types and the process of coupling the sensors and other components of a wearable system. Given these challenges, this research aimed to answer the following question: "Which usability heuristics can support the design of the connection process in applications coupled to different wearable health monitoring equipment?". To answer this question, the study performed a usability evaluation with 30 users, to evaluate a piece of wearable equipment created in the research used with three physical activity monitoring applications present in the market, which allow the coupling with several types of wearable equipment. The analysis of the usability problems encountered in these tests led to the definition of five new heuristics to assist the development of interactive systems to support the connection between wearable health equipment and applications. To assess the use of heuristics, three sessions of heuristic evaluations were conducted on a proof-of-concept application with experts, with corrections between sessions. The evaluations of the existing applications resulted in 714 usability problems. Of these problems, 237 were related to the coupling between the wearable equipment and the application. The heuristic evaluations found a total of 215 usability problems, 79 in the first, 74 in the second and 62 in the third. The results indicated that the new heuristics enabled finding problems in the evaluation of the proof-of-concept application. The number of problems related to the heuristics created in this research decreased in the second and third evaluations after corrections made using the heuristics. The present work contributed to the identification of usability problems existing in the coupling of wearable equipment and applications that can be coupled with different types of wearable equipment and the proposal and evaluation of the use of a set of five new heuristics. It is expected that, with the help of these heuristics, it will be possible to develop wearable systems for use in the health context with better usability in applications with flexibility in the use of different sensors.

Keywords: mHealth. Wearable Systems. Usability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Arquitetura de sistemas vestíveis.	24
Figura 3.1 – Fluxo da metodologia de Rusu.	42
Figura 3.2 – Fluxo de conexão do sensor no aplicativo RunnerUp	46
Figura 3.3 – Fluxo de conexão do sensor no aplicativo Sportractive	48
Figura 3.4 – Fluxo de configuração do sensor vestível no Endomondo	49
Figura 3.5 – Imagens do projeto do protótipo e ele construído	50
Figura 3.6 – Segundo protótipo com as correções dos testes preliminares	52
Figura 3.7 – Arquitetura do sistema vestível	52
Figura 3.8 – Captura de tela do aplicativo desenvolvido para a prova de conceito.	62
Figura 4.1 – Fluxograma da organização dos resultados obtidos na pesquisa	64
Figura 4.2 – Captura de tela do aplicativo <i>RunnerUp</i> com problema de listagem de equipamentos vestíveis	72
Figura 4.3 – Circuito e pulseira do equipamento vestível	74
Figura 4.4 – Sportractive: instância de problema de estrutura não está clara o suficiente	76
Figura 4.5 – Instâncias de problemas de conteúdo fora de ordem apropriada e ambiguidade	77
Figura 4.6 – Instâncias de problemas de falta de informação em como proceder e de interação não realizada como esperada	81
Figura 4.7 – Instâncias de problemas de <i>falta de feedback</i> e de <i>interação esperada que não acontece</i>	82
Figura 4.8 – Captura de tela de uma instância de problema de conteúdo não detalhado o suficiente e de perda de conteúdo.	84
Figura 4.9 – Captura de tela de problema de conteúdo não detalhado o suficiente e conteúdo duplicado.	85
Figura 4.10 – Diagrama de caso de uso das funcionalidades implementadas no protótipo do aplicativo.	97
Figura 4.11 – Protótipo não funcional do aplicativo desenvolvido para avaliar a utilização das heurísticas	98
Figura 4.12 – Tela inicial do protótipo funcional	98
Figura 4.13 – Tela principal do protótipo funcional	99
Figura 4.14 – Dialog de conexão com equipamentos vestíveis	100
Figura 4.15 – Tela de atividade física	101

Figura 4.16 – Listagem de atividades física no protótipo	102
Figura 4.17 – Tela de dados do usuário	102
Figura 4.18 – Equipamento vestível após a primeira modificação	107
Figura 4.19 – Tela de login corrigida no fim da primeira correção	108
Figura 4.20 – Telas com botões padrão após a primeira correção	109
Figura 4.21 – Telas com correções sobre conexão com o equipamento vestível	110
Figura 4.22 – Equipamento vestível após a segunda modificação	113
Figura 4.23 – Tela de atividade mostrando a correção do gráfico após a segunda avaliação heurística	114
Figura 4.24 – <i>Dialog</i> com a mensagem para auxiliar o usuário a conceder a permissão de acesso ao bluetooth	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Teorias de aceitação e os artigos que a utilizaram	34
Tabela 3.1 – Categorias e subcategorias de problemas adaptada de Petrie e Power (2012)	58
Tabela 4.1 – Exemplo da tabela utilizada para registrar os problemas encontrados na avaliação com usuários	67
Tabela 4.2 – Total de instâncias de problemas encontrados na avaliação com usuários	69
Tabela 4.3 – Subcategorias da categoria apresentação física e os dados encontrados na avaliação com usuários	71
Tabela 4.4 – Subcategorias da categoria Arquitetura da Informação e os dados encontrados na avaliação com usuários	75
Tabela 4.5 – Subcategorias da categoria Interatividade e os dados encontrados na avaliação com usuários	79
Tabela 4.6 – Subcategorias da categoria Conteúdo e os dados encontrados na avaliação com usuários	83
Tabela 4.7 – Número de problemas únicos e total de instâncias para cada aplicativo e equipamento vestível.	86
Tabela 4.8 – Completude das atividade por aplicativo.	89
Tabela 4.9 – Resultado em mediana do questionário de aceitação.	91
Tabela 4.10 – Heurísticas utilizadas na primeira avaliação do protótipo do aplicativo.	103
Tabela 4.11 – Heurísticas utilizadas na segunda avaliação do protótipo do aplicativo.	111
Tabela 4.12 – Heurísticas utilizadas na terceira avaliação do protótipo do aplicativo.	116
Tabela A.1 – Artigos selecionados na pesquisa e dados retirados	132
Tabela A.2 – Tipos de tecnologia e de usuários dos artigos selecionados	132
Tabela A.3 – Dados relacionados a aplicação dos sistemas	133
Tabela A.4 – Métodos utilizados nos sistemas	136
Tabela A.5 – Aspectos que influenciaram na aceitação	138
Tabela B.1 – Problemas encontrados na MiBand2 e no MiFit durante a avaliação heurística	141
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	146
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	147

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	148
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	149
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	150
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	151
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	152
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	153
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	154
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	155
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	156
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	157
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	158
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	159
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	160
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	161
Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários	162
Tabela D.1 – Problemas únicos encontrados durante a primeira avaliação de usabilidade com usuários	163

Tabela E.1 – Problemas únicos encontrados durante a segunda avaliação de usabilidade com usuários	171
Tabela F.1 – Problemas únicos encontrados durante a terceira avaliação de usabilidade com usuários	179

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	Revisão na literatura	19
2.1	Mobile Health	19
2.2	Sistemas vestíveis	22
2.3	Usabilidade em sistemas de saúde	26
2.4	Avaliação de aceitação	30
2.4.1	Estudos de avaliação de aceitação	31
2.4.2	Testes com usuário	32
2.4.3	Especificação e aplicação do sistema	33
2.4.4	Teorias de aceitação	33
2.4.5	Resultado das avaliações efetuadas nos estudos mapeados	34
2.5	Trabalhos relacionados	34
3	METODOLOGIA	41
3.1	Desenho do estudo	41
3.2	Seleção dos aplicativos para avaliação	44
3.2.1	RunnerUp	46
3.2.2	Sportractive	47
3.2.3	Endomondo	48
3.3	Procedimento para a construção do equipamento vestível	49
3.3.1	Prototipação e avaliação prévia do equipamento vestível	49
3.3.2	Desenvolvimento do software de leitura dos batimentos e conexão com o <i>smartphone</i>	51
3.4	Teste de usabilidade do aparato com o aplicativo	53
3.4.1	Procedimento para testes de usabilidade	53
3.4.2	Equipamentos e materiais	55
3.5	Procedimento para análise dos testes de usabilidade	56
3.6	Instrumentos para análise de usabilidade	57
3.7	Participantes dos testes de usabilidade	60
3.8	Construção de aplicativo para prova de conceito	61
4	Resultados e discussão	64

4.1	Características dos participantes dos testes de usabilidade de aplicativos existentes	64
4.2	Resultados dos testes de usabilidade com usuários	65
4.2.1	Categorização dos problemas	68
4.2.2	Problemas de Apresentação física	70
4.2.3	Problemas de Arquitetura da informação	74
4.2.4	Problemas de Interatividade	78
4.2.5	Problemas de Conteúdo	83
4.2.6	Problemas únicos	86
4.2.7	Completeness na execução das tarefas	88
4.2.8	Satisfação no uso dos aplicativos	90
4.3	Conjunto de novas heurísticas propostas	92
4.4	Protótipo de aplicativo desenvolvido usando as novas heurísticas	95
4.4.1	Funcionalidades dos aplicativos analisados	95
4.4.2	Implementação do protótipo	97
4.5	Avaliação heurística do novo aplicativo desenvolvido	101
4.5.1	Primeira avaliação heurística	103
4.5.2	Segunda avaliação heurística	110
4.5.3	Terceira avaliação heurística	116
5	Discussão	118
6	Conclusão	123
Apêndice A	Tabelas do mapeamento sistemático de avaliação de aceitação em sistemas vestíveis	132
Apêndice B	Avaliação heurística de um sistema vestível	140
Apêndice C	Problemas únicos encontrados nos testes de usabilidades com usuário	146
Apêndice D	Problemas encontrados na primeira avaliação heurística	163
Apêndice E	Problemas encontrados na segunda avaliação heurística	171
Apêndice F	Problemas encontrados na terceira avaliação heurística	179

1 INTRODUÇÃO

Tecnologias vestíveis tem tido número crescente de usuários (SENEVIRATNE et al., 2017). Essas tecnologias começaram a ser inseridas em todos os setores da sociedade, incluindo a área de saúde, influenciando na forma como são realizados os cuidados com a saúde do ser humano. Passou-se a ter uma maior abrangência no cuidado com o paciente, e a tecnologia tem um papel fundamental na melhoria da qualidade de vida e bem-estar de toda a sociedade.

Atualmente, existe uma gama de tipos de sistemas computacionais, cada um deles com suas peculiaridades para atender as diferentes áreas da sociedade. Merecem destaque aqueles sistemas criados para monitorar a saúde das pessoas em tempo real, que envolvem software, hardware e permitem a interação do usuário. Muitos deles são construídos utilizando tecnologias vestíveis (*wearable technologies*) tais como: pulseiras, óculos, monitores intra-auriculares e camisetas eletrônicas, com capacidade variável de monitorar a frequência cardíaca, o ritmo cardíaco, a pressão arterial, a atividade física, a frequência respiratória, a glicemia, os padrões de sono, entre outros. Assim, os próprios usuários podem estar sempre atualizados em relação às suas condições de saúde e/ou os profissionais de saúde terão mais informações para cuidarem de seus pacientes.

Segundo Patel et al. (2012), um sistema vestível é um tipo de tecnologia que contém algum sensor que permite medir características relacionadas ao seu usuário ou ao ambiente ao seu redor. Já Kong et al. (2018b) definem *Industrial Wearable System (IWS)* como sendo uma tecnologia de capacitação humana que se ajusta de acordo com as necessidades cognitivas e físicas, melhorando simultaneamente capacidades físicas, sensoriais e cognitivas, por meio de tecnologias de sensores, comunicação sem fio e interfaces humano-computador-inteligentes. Tais sistemas podem criar nova conectividade e interação entre partes (produtos inteligentes), máquinas (máquinas inteligentes) e humanos (operadores inteligentes), que tornam os sistemas de produção mais enxutos, ágeis, rastreáveis e adaptáveis. Segundo Akbulutab e Akanc (2018), um sistema vestível inteligente (*Smart Wearable System - SWS*) inclui dispositivos de baixo custo que consistem em sensores, atuadores e componentes de comunicação e subsistemas que atendem a um propósito específico. O principal objetivo desses dispositivos, no contexto de saúde, é monitorar os valores de saúde, atividade, aspectos fisiológicos, cognitivos, emocionais e mentais do paciente por meio de sensores que transmitem dados sem fio para o sistema central através de seus módulos de comunicação. O monitoramento de 24 horas pode ser realizado projetando sistemas que possam ser usados dentro e fora de uma casa.

Os sistemas vestíveis têm sido usados cada vez mais frequentemente em muitos setores, devido a vários fatores, como acessibilidade e ergonomia, proliferação de *smartphones* e dispositivos conectados, conscientização da saúde e necessidade não atendida dos médicos de obter continuamente dados médicos do paciente (HEIKENFELD et al., 2018). Essa afirmação é confirmada por Mann, Nolan e Wellman em que diz: "Dispositivos de computação móveis, pessoais e vestíveis permitem que as pessoas levem a revolução da computação pessoal com eles."(MANN; NOLAN; WELLMAN, 2003), sendo um dos motivos para ter o aumento do uso de sistemas vestíveis.

Na área de saúde, o uso desse tipo de sistema pode ser empregado de maneira intensiva para facilitar o cuidado e acompanhamento da saúde de seus usuários. Algumas aplicações desses sistemas podem ser utilizadas para realizar acompanhamento de atletas de alto rendimento por meio do acompanhamento das variações de suas condições fisiológicas durante o treinamento e ao longo do tempo, considerando elementos como batimento cardíaco e glicose. Dentro do contexto de sistemas vestíveis para saúde, existem diversos tipos de aplicações, variando conforme a condição clínica ou o atributo fisiológico em que o sistema deseja monitorar, colhendo dados fisiológicos do usuário.

Os sistemas vestíveis podem conter sensores (*hardware*) para coletar dados fisiológicos do usuário, e eles são enviados para um *software* em que é processado. Esse *software* pode exibir esses dados junto ao equipamento vestível (relógio, por exemplo) ou os dados podem ser enviados via uma tecnologia de comunicação (como os protocolos *bluetooth* ou *wifi*, por exemplo) para outro dispositivo que tenha um *software* para processar e exibir os dados (aplicativo de um *smartphone*, por exemplo). Muitas vezes, o equipamento vestível engloba o sensor e *software* desenvolvidos pelo mesmo fabricante, tornando o produto com custo elevado e impossibilitando a utilização de *hardware* ou *software* de fabricante diferente.

Dois exemplos de aplicação no qual o equipamento vestível possui um *software* em específico em um *smartphone* são o Apple Watch App e o Amazfit. Nos dois casos, o aplicativo só funciona com equipamentos vestíveis produzidos pelo mesmo fabricante do equipamento vestível. Um detalhe que o aplicativo possui a compatibilidade com diferentes equipamentos vestíveis do fabricante, como os *smartwatches* e *smartbands*. Os equipamentos compatíveis com esses aplicativos também possuem a limitação de compatibilidade com os aplicativos citados. Porém, essa abordagem traz uma limitação ao usuário em relação à escolha de um aplicativo que se encaixa melhor em seu gosto, por não ter o poder de escolha do aplicativo a ser utilizado.

Essa limitação faz com que seja importante a criação de aplicativos em que o usuário possa escolher qual equipamento vestível utilizar. Uma iniciativa para criar uma arquitetura que facilite o desenvolvimento é a Arquitetura *Open mHealth* (ESTRIN; SIM, 2010), que é uma arquitetura criada para tentar facilitar a comunicação entre dispositivos *mHealth* e os aplicativos. A utilização dessa arquitetura auxiliaria os aplicativos a aceitarem vários equipamentos vestíveis. Existe um aplicativo chamado *mHealth Droid App* (BANOS et al., 2014), que tentou aplicar um método de conexão virtual entre vários tipos de equipamentos vestíveis. Este aplicativo não se limitava a somente uma categoria de sistema vestível, mas aceitava diversos tipos de sensores. Porém, o aplicativo foi descontinuado e somente o código está disponível, sem adequações para nova versões do sistema Android.

Alguns aplicativos integrados proprietários a sistemas vestíveis são desenvolvidos para dar suporte a equipamentos específicos (JIA et al., 2018), e outros comportam a comunicação com diferentes equipamentos vestíveis de maneira mais flexível. Nos aplicativos que se acoplam a sistemas vestíveis de uso geral, é comum possuir um número de passos para a identificação e integração do tipo de sensor utilizado, o que pode prejudicar a utilização do sistema se o processo de configuração e personalização não for projetado de maneira correta. Assim, observa-se a necessidade de identificar melhorias de usabilidade para permitir melhor utilização de sistemas vestíveis que comportam maior flexibilidade na comunicação entre aplicativos de uso geral e dispositivos vestíveis com diferentes tipos de sensor.

Na pesquisa realizada por Kuru e Forlizzi (2015) foi realizada uma avaliação de usabilidade entre dois monitores de atividade física, o *FitBit* e o *BodyMedia*, e foi identificada que a conectividade do equipamento vestível com o aplicativo é um atrativo aos usuários a utilizarem o sistema. Foi observado quando os usuários conseguiram conectar o equipamento vestível a um aplicativo ou um *Website*, o envolvimento deles aumentou à medida que começaram a extrair conhecimento de seus dados. O problema de conectividade é um grande desafio para pessoas idosas, em que possui uma interface complexa e de difícil aprendizado, como demonstrado por Khakurel et al. (2018), em que um estudo de usabilidade com pessoas mais velhas mostrou que a conectividade entre o aplicativo e o equipamento vestível é um problema de usabilidade, devido a dificuldade de aprendizado em utilizar o equipamento vestível e interfaces de conexão virtual.

Assim, a questão de pesquisa proposta para esta dissertação de mestrado foi: "Quais heurísticas de usabilidade podem apoiar no design do layout do processo de conexão virtual em aplicações acopláveis a diferentes equipamentos vestíveis de monitoramento de saúde?".

Para responder esta pergunta, o objetivo geral desta pesquisa é de investigar problemas de usabilidade em aplicativos móveis acopláveis a equipamentos vestíveis de monitoramento de saúde pessoal, que possuem compatibilidade de uso por diferentes tipos de dispositivo vestível com conexão *bluetooth*, e propor heurísticas para abordar os problemas identificados.

Para atingir esse objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram delineados:

- Obter um *corpus* de problemas de usabilidade encontrados em testes com usuários em aplicações móveis existentes que permitem conexão virtual com diferentes equipamentos vestíveis e problemas derivados de estudos anteriores da literatura;
- Consolidar o conhecimento adquirido com de propostas de boas práticas envolvendo aspectos de *software* na forma de heurísticas, a fim de identificar problemas com implicações para o design de aplicativos personalizáveis e acopláveis a diferentes equipamentos vestíveis.
- Avaliar a aplicação das heurísticas em estudos preliminares na avaliação de um protótipo prova de conceito de sistema de vestível móvel acoplável a equipamento móvel.

A metodologia para atingir os objetivos específicos consistiu em realizar uma avaliação com usuário em aplicativos de monitoramento de atividade física e um equipamento vestível. Após a avaliação foi proposto um conjunto de heurísticas que foi validado com avaliações heurísticas com especialistas. As avaliações heurísticas foram realizadas em um protótipo de aplicativo desenvolvido na pesquisa criado por um profissional de UX/UI (*User Experience/User Interface*).

O restante desta dissertação está organizado da seguinte forma. O Capítulo 2 apresenta os principais conceitos que embasaram a realização do estudo e trabalhos relacionados. O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada. No Capítulo 4 são apresentados resultados, o Capítulo 5 apresenta a discussão sobre os resultados e, finalmente, o Capítulo 6 apresenta conclusões e trabalhos futuros.

2 REVISÃO NA LITERATURA

Este capítulo tem como objetivo introduzir os principais conceitos e trabalhos relacionados ao projeto em desenvolvimento. São abordados os conceitos de *mobile Health*, sistemas vestíveis e usabilidade em sistemas de saúde.

2.1 Mobile Health

Mobile health (mHealth) é o estudo de tecnologias utilizadas na área de saúde e implementadas em sistemas que podem se mover juntamente com os usuários, sejam os sistemas vestíveis, ou aplicativos que se movam com algum dispositivo acoplado ao usuário (ISTEPANIAN; JOVANOVA; ZHANG, 2004). Como se trata de saúde, a diversidade de aplicações é vasta. Existem fatores que contribuem para essa diversidade, como por exemplo o tipo de tratamento para uma determinada patologia ou observações que podem ser objetivo de monitoramento dos sistemas utilizados, como monitoramento de batimentos cardíacos para atletas de alto nível. Outro fator que auxilia na diversidade de tipos de aplicações vestíveis para a saúde é a arquitetura vestível do sistema, ou seja, onde será posicionada a parte do sistema que coleta dados do usuário e como será a conexão entre os dispositivos, se o sistema possuir mais de um dispositivo. Os diferentes tipos de sensores também contribuem para que a área tenha uma vasta gama de estudos.

A utilização de tecnologias móveis permite o monitoramento de uma doença ou de seus sinais fisiológicos a todo momento, possuindo relatórios sobre sua saúde com um espaço menor de tempo. Uma tecnologia móvel para a saúde não substitui os exames realizados pelos médicos. Os sistemas dessa tecnologia apenas conseguem obter dados com maior frequência e mais rápido que os exames, possibilitando que o usuário possa identificar possíveis problemas de saúde em um menor tempo, além de identificar anomalias entre os dados analisados, por exemplo, a diminuição constante do batimento cardíaco ou alterações na pressão do paciente. Porém, os exames continuam sendo mais confiáveis e mais completos. Como dito por Free et al. (2013) “As tecnologias móveis são um meio para fornecer um nível individual de apoio aos consumidores nos cuidados de saúde”. As tecnologias móveis servem para auxiliar os exames, mas não são substitutos.

Apesar de servir somente como auxílio, os sistemas *mHealth* podem auxiliar a identificar os primeiros sintomas de doenças monitorando sinais fisiológicos. De acordo com Luxton et al. (2011), “os aplicativos para *smartphones* oferecem funções úteis que podem ser integradas

em tratamentos convencionais. Por exemplo, aplicativos projetados para autoavaliações podem ajudar os pacientes a avaliar e monitorar os sintomas”. Sendo assim, com a utilização de tecnologias *mHealth*, é possível que o profissional de saúde e o paciente possuam um contato mais rápido. Logo, é possível diagnosticar algumas anomalias e obter um tratamento mais rápido, visto que o profissional da saúde estará com os dados da anomalia em suas mãos.

Para poder identificar qual o impacto das tecnologias *mHealth* na saúde, Fiordelli, Diviani e Schulz (2013) realizaram um mapeamento sistemático de tecnologias *mHealth*. O estudo encontrou artigos de 2002 a 2011, mostrando que a área de *mHealth* já tem tido avanços há um tempo considerável. Nesse período foram encontrados 117 artigos, um número considerado relevante. A partir do mapeamento, foi identificado que a maioria dos estudos procuram solucionar problemas crônicos de saúde. Em sua pesquisa, foram encontrados um total de 74 artigos com esse objetivo. Os autores concluíram que o estudo foi um passo inicial para o entendimento desse tipo de tecnologia, e serviu para identificar quais tecnologias e quais são as doenças tratadas por elas. Perceberam também que a maioria dos estudos testou funcionalidades básicas de telefones celulares, como mensagem de texto, por exemplo. Foram poucos os trabalhos que investigaram o impacto do uso de aplicativos *smartphone*.

Outros estudos que mostram que as tecnologias *mHealth* estão em crescimento são os apontados por de Anderson-Lewis et al. (2018) e Bateman et al. (2017), que realizaram pesquisas de mapeamento para identificar quais são os estudos de avaliação de usabilidade em sistemas *mHealth*. O estudo de Anderson-Lewis et al. (2018), apresenta uma revisão sistemática de sistemas *mHealth* em populações historicamente carentes e minoritárias dos Estados Unidos. A pesquisa encontrou 16.270 artigos, mas após os critérios de eliminação encontrou 16 estudos que contribuía com o estudo. O trabalho apresentado por Bateman et al. (2017) apresentou uma revisão de sistemas *mHealth* para pessoas com dificuldades cognitivas, que encontrou 3955 artigos, e 24 foram escolhidos na revisão. Esses trabalhos mostram que mesmo com aplicações específicas, existem muitos estudos na área.

Assim como Fiordelli, Diviani e Schulz, Koumpouros e Georgoulas (2020) realizou um estudo para identificar quais são as tendências de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias *mHealth* na Europa. Foram encontradas 45 pesquisas entre os anos de 2008 e 2016. O estudo identificou que houve um maior número de instâncias em projetos direcionados para pacientes e possui a maior variedade de aplicações em de monitoramento de saúde. No caso, a variedade é devido ao número de doenças encontradas que possam ser tratadas por esses sistemas.

Um dos fatos que ajudam a encontrar o alto número de aplicações são a popularização dos *smartphones*, tornando o acesso das tecnologias mais acessível aos usuários. Alguns desses aplicativos possuem uma conexão com equipamentos vestíveis. Esses equipamentos geralmente possuem algum tipo de sensor que mede determinado atributo do usuário ou do ambiente, como no caso apresentado por Giansanti et al. (2009), um sistema de detecção de quedas para telerreabilitação. Nesse caso, os sensores são utilizados para verificar como está o ambiente e detectar a movimentação ao redor do usuário, assim é possível identificar possíveis quedas. Os sensores podem detectar distância do usuário e objetos ao seu redor e a velocidade do usuário, podendo detectar se pode haver quedas.

Existem alguns tipos de sensores que podem estar presentes no equipamento vestível, como apresentado por Dobkin e Dorsch (2011) que diz que possíveis trabalhos em *mHealth* podem possuir alguns itens descritos a seguir:

- Acelerômetros para medir deslocamento de segmentos corporais;
- Giroscópios que detectam a velocidade angular, podendo agir com os acelerômetros, utilizados para medir rotação de um corpo ou membro;
- Magnetômetros vetoriais para revelar a orientação espacial;
- Goniômetros ligados a articulações para medir a amplitude do movimento;
- Sensores piezoelétricos e sensores de pressão têxtil em uma luva fina para reportar apreensão e forças de pinça ou em palmilhas para registrar o tempo de contato do pé e distribuição de pressão;
- Eletromiografia para revelar a quantidade e tempo de ativação muscular";
- Sensores de inclinação ou dobra de juntas, para identificar a mudança de ângulo do membro;
- Satélite de posicionamento global (GPS) para sinalizar e calcular a posição e a distância realizada pelo usuário.

Existem outros tipos de sensores que podem auxiliar o desenvolvimento desses equipamentos, como os biossensores. Pantelopoulos e Boubarkis define os biossensores como: "Biossensores são capazes de medir parâmetros fisiológicos significativos como frequência cardíaca,

pressão arterial, temperatura corporal e da pele, saturação de oxigênio, taxa respiratória, eletrocardiograma, etc.” (PANTELOPOULOS; BOURBAKIS, 2010). Assim, a escolha do sensor que será utilizado deverá ser avaliada segundo a finalidade da aplicação a ser desenvolvida.

2.2 Sistemas vestíveis

Sistemas vestíveis são desenvolvidos para serem utilizados em contato com a pele humana. Eles possuem diversas aplicações, como em jogos, monitoramento de saúde e em atividades físicas. As aplicações mais encontradas estão relacionadas à saúde e ao monitoramento de atividades físicas. Segundo Kong et al. (2018b) sistemas vestíveis industriais podem ser definidos como uma tecnologia de capacitação humana que se ajusta de acordo com as necessidades cognitivas e físicas, melhorando simultaneamente capacidades físicas, sensoriais e cognitivas, por meio de tecnologias de sensores, comunicação sem fio e interfaces humano-computador-inteligentes. Através desses sensores que são realizados os monitoramentos de sinais fisiológicos que é possível realizar o monitoramento da saúde do usuário.

Para entender como estava o contexto de sistemas vestíveis, Chan et al. (2012) apresenta uma revisão bibliográfica sobre sistemas vestíveis inteligentes considerando trabalhos publicados entre os anos de 1993 e 2012 nos portais Scopus, Elsevier, IEEE Xplore, Springer, PubMed e PubMed Central. A pesquisa teve como resultado diversas aplicações, nas quais os resultados variaram de duas aplicações até 77 mil de uma mesma área de pesquisa. Um dos achados da pesquisa foi que as indústrias farmacêuticas sofreram uma evolução muito grande com o avanço das tecnologias vestíveis. Alguns exemplos são aplicações vestíveis para aplicar doses de remédios de tempos em tempos automaticamente. Outro estudo que mostra que a área de sistemas vestíveis está em ascensão é o apresentado por Oztemel e Gursev (2020), que faz uma revisão da literatura da indústria 4.0, e encontrou uma tendência de crescimento de tecnologias vestíveis, veículos não tripulados e robôs humanoides.

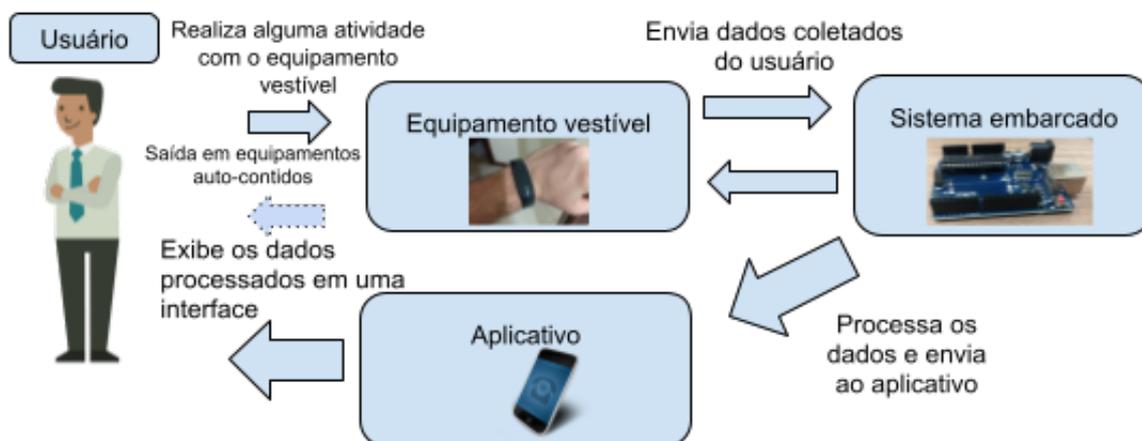
Outra pesquisa realizada para encontrar o panorama de sistemas vestíveis foi a realizada por Pantelopoulos e Bourbakis (2010). Neste estudo, os autores apresentam como resultados de um *survey* a existência de uma demanda crescente na monitoração do estado de saúde de um paciente fora do hospital, em um espaço pessoal. Para obter essas informações em tempo real, foram utilizados sistemas vestíveis. Por meio de seus sensores, esses sistemas coletam dados a todo momento e podem realizar análises prévias, para poder auxiliar o médico a dar o diagnóstico do paciente. Esse formato agiliza a identificação de possíveis problemas.

Uma pesquisa apresentada por Motti (2019) apresenta tópicos relacionados a oportunidades e desafios de sistemas vestíveis assistivos. A pesquisadora aponta que existem 3 oportunidades, sendo elas: (1) Assistência e Monitoramento; (2) Autonomia; e (3) Interação. Para os desafios, foram encontrados outros 3 tópicos, sendo eles: (1) Gestão de dados; (2) Engajamento sustentado; e (3) Personalização. Alguns dos desafios estão ligados ao fato de avaliações realizadas em pesquisa são feitas de formato reduzido e não é possível prever o que aconteceria em um ambiente não controlado. Apesar dos desafios, as oportunidades auxiliam para que sejam geradas novas pesquisas em sistemas vestíveis.

Para entender a complexidade de desenvolvimento de um equipamento vestível e entender como isso impacta em seu crescimento, é necessário entender a sua arquitetura. Um sistema vestível pode ser dividido em três partes: (1) o equipamento vestível que irá conter o sensor; (2) o sistema embarcado; (3) e uma interface para exibir os dados coletados para o usuário. A Figura 2.1 apresenta a arquitetura básica de sistemas vestíveis, em que o usuário utiliza um equipamento vestível para realizar alguma atividade física. No caso, o fluxo se inicia com o usuário ao utilizar um equipamento vestível. O equipamento vestível coleta dados fisiológicos do usuário através de sensores e envia os dados coletados para o sistema embarcado. O sistema embarcado processa os dados recebidos do equipamento vestível e os envia para alguma interface em *software*, seja ele aplicativo ou algum outro tipo de sistema, até mesmo algum *display* contido no próprio dispositivo, como no caso de *smartwatches*. O *software* exibe os dados de forma que facilite a interpretação pelo usuário. Essa arquitetura pode estar presente em um só equipamento ou em mais de um, dependendo da necessidade da tecnologia. Uma tecnologia que permite a comunicação entre os sistemas e o equipamento vestível é o BAN (*Body Area Network*). Como dito por Norgall, Schimidt e Grun: "O conceito de rede de área corporal (BAN) permite a comunicação sem fio entre várias unidades inteligentes miniaturizadas de sensores corporais (BSU) e uma única unidade central corporal (BCU) usada no corpo humano." (NORGALL; SCHMIDT; GRUN, 2004)

Geralmente, a interface para coletar os dados nos sistemas vestíveis são sensores, sendo eles sensores comuns ou biossensores. Sensores comuns são tecnologias que envolvem apenas circuitos. Sensores biológicos envolvem algum material biológico, como tecidos e ácidos nucleicos. Patel et al. (2012) afirma que "sensores vestíveis são usados para coletar dados fisiológicos e de movimento permitindo o monitoramento do status do paciente". Os sensores atrelados a cada sistema vestível serão responsáveis pela coleta dos dados fisiológicos do usuá-

Figura 2.1 – Arquitetura de sistemas vestíveis.



Fonte: Do autor (2020).

rio. Esses dados são transferidos para o sistema embarcado para que façam a interpretação dos dados capturado e demonstrem os valores interpretados em alguma interface, seja ela no próprio sistema vestível ou em algum sistema conectado.

Existem casos em que um sistema vestível seja desenvolvido com mais de um sensor, para poder capturar mais dados simultaneamente. Esses são em maioria desenvolvidos para monitoramento de saúde, pois monitoram diversos sinais fisiológicos no corpo. Chan et al. (2012) confirma essa visão dizendo que quando uma tecnologia vestível for implementada para monitorar a saúde, ela pode incluir uma gama de dispositivos vestíveis, como sensores, atuadores, tecidos inteligentes, fontes de alimentação, redes de comunicação sem fio, unidades de processamento, entre outros. Assim, um sistema com várias interfaces de equipamento vestível pode aumentar a complexidade de sua utilização, tornando necessário um cuidado extra com a usabilidade e conforto, pois apesar do sistema possuir uma funcionalidade útil, se os usuários não se sentirem confortáveis poderão deixar de usá-lo, como se estiverem sentindo dores no lugar de utilização.

Para realizar a comunicação entre os dispositivos, é necessário algum tipo de arquitetura de comunicação. O estudo de Chen et al. (2011) apresenta o conceito de BAN (*Body Area Network*, uma arquitetura de comunicação de sensores vestíveis). Existem várias tecnologias que podem auxiliar essa comunicação, como o *Bluetooth* e o *Wi-Fi Direct*, que são tecnologias sem fio, possibilitando uma flexibilidade maior entre os aparelhos vestíveis e uma possível interface com aplicativo ou outra arquitetura.

Com essa arquitetura, os sistemas vestíveis diferenciam dos sistemas digitais por possuírem algumas características diferentes, as características físicas. Dentre essas características, pode-se citar a arquitetura dos equipamentos vestíveis; como o equipamento se comunica com outros, qual o material utilizado em sua construção e eficiência de energia dos sistemas, uma vez que para facilitar a utilização dos vestíveis, geralmente eles são ligados em uma bateria.

O material utilizado na construção da parte física do equipamento é bastante importante, pois pode impactar na sua usabilidade. Ele pode aumentar o peso do aparelho, ou não ser confortável no contato com a pele, podendo dar alergia ao usuário. O estudo de Stoppa e Chiolerio (2014) apresenta uma revisão de materiais têxteis inteligentes e sistemas vestíveis eletrônicos. O estudo apresenta vários tipos de materiais com a utilização de circuitos eletrônicos e sensores. Uma das conclusões obtidas nesse estudo foi que no futuro os sistemas vestíveis deverão se tornar mais flexíveis ao trocar os circuitos eletrônicos por placas mais flexíveis, que se adaptam melhor ao formato do corpo. Esse estudo contribui para entender qual material será utilizado no desenvolvimento do sistema vestível e o material afetar o design do equipamento vestível.

Para verificar como o design do equipamento impacta sua utilização, Kong et al. (2018a) apresentaram um estudo tratando sistemas vestíveis como a indústria 4.0. O estudo tem como objetivo analisar tecnologias vestíveis centradas nos seres humanos. Assim como Meng e Kim (2011), Kong et al. (2018a) apresentaram alguns fatores que estão presentes no *design* de um sistema vestível, tais como peso do sistema, conforto, a utilização do sistema sem ter que ficar interagindo com as mãos. Outros aspectos foram abordados entre outros tópicos como interação dos dados, integração com *hardware* e *software* externo.

Assim como o material que será criado o equipamento vestível, o design do equipamento é de suma importância que possua uma usabilidade intuitiva. Wang et al. (2014) apresentaram um estudo de design de dispositivos de armazenamento de energia. O estudo é importante para sistemas vestíveis, pois o design da parte onde ficará o fornecimento de energia do aparelho não pode dificultar a usabilidade do sistema, e deve ser alocado corretamente para o fornecimento do resto do sistema. Uma das conclusões apresentadas no estudo é a fabricação de dispositivos flexíveis de armazenamento de energia é dependente de alguns outros aparelhos, como: coletor de corrente, materiais de eletrodos, um eletrólito de estado sólido e um material encapsulante, todos eles flexíveis. Assim, o design de fornecimento de energia pode ser adaptável ao corpo do usuário.

Além dos diversos tipos de objetivos para os quais uma tecnologia vestível pode ser projetada, elas também podem ser divididas em qual parte do corpo serão utilizadas, que faz com que a escolha do material e o design se diferenciam de acordo onde o equipamento for utilizado. Existem sistemas que são pequenos, como as *smartbands*, para que possam ser utilizadas no pulso, como também existem aplicações grandes, como exoesqueletos para ajudar pessoas que não possuem a totalidade de um ou mais membros. Assim, a área de tecnologias vestíveis possui uma vasta possibilidade de estudos, uma delas seria estudos de usabilidade em sistemas vestíveis para a saúde.

2.3 Usabilidade em sistemas de saúde

O conceito de usabilidade pode seguir o que foi definido na norma ISO 9241-11: "Medida na qual um produto pode ser usado por usuários para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso." (ISO, 1998). Segundo a norma, um sistema com uma boa usabilidade possui um fluxo de ações que possam auxiliar o usuário chegar ao final de sua atividade de maneira simples e com poucas instruções.

Uma boa usabilidade é essencial em qualquer tipo de sistema. Quando se trata de um sistema comercial, o usuário final pode deixar de utilizar um sistema com usabilidade ruim e preferir utilizar um concorrente, por este apresentar uma usabilidade melhor, trazendo prejuízos financeiros. Em sistemas de saúde, um erro de usuário pode causar problemas de saúde de um paciente, como uma interface que monitora uma variável de saúde, por exemplo a pressão, e a interface não deixar claro que está mostrando o número da pressão do usuário, o que pode até criar a possibilidade de que ele faça uso de algum medicamento para regular a pressão em momento errado. Esses problemas podem ser causados devido a uma interface não intuitiva. Assim, é necessário ter bastante cautela ao elaborar a interface do sistema, pois como dito por Khajouei, Gohari e Mirzaee "Como os sistemas de informação em saúde são usados pelos profissionais de saúde, os problemas de usabilidade desses sistemas podem ter um efeito negativo na saúde e na vida dos pacientes" (KHAJOUEI; GOHARI; MIRZAEI, 2018).

Existem normas de usabilidade em sistemas de saúde para tentar evitar que os instrumentos possam causar algum problema da saúde do usuário. A norma ISO/IEC 62366 (International Electrotechnical Commission, 2015) é voltada para instrumentos médicos. Nela são encontrados elementos explicando como trabalhar a especificação, verificação e validação de usabilidade nesses sistemas. A norma apresenta guias de como projetar e implementar uma interface. Uma

das principais preocupações demonstradas é a segurança e controle de riscos. Por se tratar de instrumentos médicos, a maior preocupação é se ele pode causar algum dano a saúde do paciente. Essa norma foi traduzida para o português e publicada na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) em 19 de abril de 2016.

Outra norma a ser utilizada como um guia para o desenvolvimento de tecnologias vestíveis é a norma ISO 9241-960. A norma está dividida em 3 outras partes, sendo elas a ISO 9241-910 que apresenta uma série de termos para auxiliar do desenvolvimento do *design* dos sistemas, a norma ISO 9241-920, que possui guias para auxiliar no processo do *design* e a norma ISO 9241-940, que possui guias para avaliar o processo de interação do sistema.

Além de normas, estudos são necessários para a identificação de uma boa usabilidade, como o apresentado por Kushniruk et al. (2005) que apresentou um estudo de comparação entre os problemas de usabilidade e erros de prescrição dos médicos. Um erro de prescrição pode causar que o paciente possa tomar um remédio que seja prejudicial à saúde quando devia ter tomado um para ajudá-lo. A avaliação conta com a utilização de um *software* de prescrição médica portátil. O *software* conta com uma base de 8000 medicamentos. Os participantes foram 10 médicos com idades entre 26 e 76 anos de idade, com uma média de 33 anos. A avaliação foi conduzida com a utilização do método "*Think aloud*"(ERICSSON; SIMON, 1984). O estudo identificou que os problemas encontrados estavam localizados na funcionalidade de adicionar a medicação na prescrição médica. Um exemplo dado pelos autores, foi a funcionalidade de preenchimento automático, que insere valores errados para as doses de remédio, e somente metade dos usuários conseguiram identificar o erro e o corrigiu para os valores corretos. Problemas como o apresentado acima pode prejudicar a saúde dos pacientes dos médicos, devido a doses acima ou abaixo do necessário.

Existem estudos que tentam adaptar estudos de usabilidades em sistemas digitais nas interfaces de sistemas vestíveis de *mHealth*, como o apresentado por Park, Jeong e Kim (2020), que apresentou uma avaliação de usabilidade em interfaces de *smartwatches* para verificar quais são as dificuldades encontradas. O estudo se diferencia de um sistema digital pois as interfaces possuem pouco espaço para colocar as informações necessárias. O estudo trouxe informações importantes como conclusão, essas informações são: (1) Em termos de tempo e eficiência de conclusão da tarefa, o equipamento vestível deve ser projetado para mostrar muitos itens em uma única tela; (2) Do ponto de vista da satisfação, deve ser projetado para mostrar poucos itens em uma única tela; (3) Não misture métodos de rolagem e paginação.

Os estudos de usabilidade se tornam mais importante na perspectiva do paciente, pois em sua maioria, não possuem conhecimentos médicos para interpretar os dados e possam ter uma interpretação errada e causar ansiedade e medo. O estudo apresentado por Kaufman et al. (2003) teve o objetivo de analisar a usabilidade de um sistema médico para que os pacientes consultem informações de saúde na casa do próprio paciente, sem precisar que eles locomovam ao local de atendimento. O estudo envolveu 25 usuários que utilizaram o sistema em suas casas, e depois foram ouvidos pelos avaliadores do trabalho. O trabalho concluiu que alguns erros de usabilidade impediam o usuário de cumprir algumas tarefas. Outros fatores de habilidades psicomotoras influenciaram negativamente a utilização do sistema.

Como existe uma diversidade enorme de sistemas de saúde, é difícil criar padrões de usabilidade, uma vez que um sistema para monitorar um sinal fisiológico ou realizar um determinado exame, possuem diversas características próprias que não podem ser utilizadas em sistemas com objetivo diferentes. Dias, Pereira e Freire (2017) apresentaram uma revisão sistemática de avaliações de usabilidade em sistemas de radiografia. Eles afirmam que é essencial ter uma atenção maior nos problemas de usabilidade de *softwares* utilizados em hospitais, clínicas e outras organizações. No estudo foram encontrados 10 artigos que realizaram estudos de usabilidade. As heurísticas que tiveram o maior número de instâncias de problemas foram "Flexibilidade e eficiência do uso" e "Consistência e Padrões".

Para verificar se um sistema possui uma usabilidade intuitiva, são utilizadas avaliações de usabilidade. O uso de avaliações em sistemas é muito importante para diminuir a probabilidade de erros de usuário. Quando as avaliações são realizadas em sistemas de cuidados de saúde, essas avaliações possuem uma importância ainda maior.

“Avaliações eficazes dos sistemas de informação de cuidados de saúde são necessárias para garantir que os sistemas satisfaçam adequadamente os requisitos e as necessidades de processamento de informações dos usuários e das organizações de saúde.” (KUSHNIRUK; PATEL, 2004)

A avaliação de usabilidade é útil para evitar que os usuários de um sistema se depare com dificuldades em sua utilização, e quanto mais cedo ela for realizada, menor a chance de um problema de usabilidade ser encontrado pelo usuário final. Edwards et al. (2008) afirmam que é muito importante utilizar a avaliação de usabilidade no início do desenvolvimento do sistema para garantir que sejam desenvolvidos de maneira econômica, produzindo um produto final eficiente, eficaz e útil. Uma boa usabilidade traz benefícios para os desenvolvedores também, pois com uma taxa menor de erros de usuários, há um custo menor com manutenção do *software*.

O desenvolvimento de sistemas de saúde possui uma complexidade alta, pois é necessário pensar em um sistema com processamento rápido e de uma usabilidade boa para todos os tipos de usuário. Um exemplo são sistemas HIT (*Healthcare Information Technology*), pois possuem dados muito complexos, como apresentado por Goldberg et al.: “O desafio para o HIT é projetar sistemas que sejam poderosos o suficiente não apenas para lidar com o volume de informações e a complexidade dos dados médicos, mas também para dar suporte a pacientes e profissionais em seu trabalho” (GOLDBERG et al., 2011).

Existe uma percepção nos sistemas para saúde que não existem em sistemas de uso comum, que existem dois usuários críticos, no caso os médicos e os pacientes, e ambos não podem ter a usabilidade ruim, pois ambos podem afetar a saúde do paciente. Jaspers (2009) apresenta uma comparação de duas maneiras de avaliar a usabilidade de sistemas médicos: por especialistas e com usuários. O autor aponta que avaliações com especialistas, utilizando a avaliação heurística, são mais fáceis de entender e de aplicar, e assim geralmente possuem um custo mais barato. O autor também cita que o método *think aloud* é muito bom para conseguir identificar propriedades do uso do usuário final, pois demonstra uma experiência mais próxima do cenário real, porém possui um custo mais alto por será implementado.

O uso de equipamentos vestíveis em sistemas para saúde, cria a necessidade de buscar novos métodos de avaliação de interface. Um dos métodos de avaliação com especialistas na área de avaliação com interfaces é a avaliação heurística (NIELSEN; MOLICH, 1990), que pode ser utilizado para qualquer tipo de sistemas. Em sistemas de computadores, as heurísticas mais conhecidas são as apresentadas por Molich e Nielsen (1990).

- N1. Visibilidade de qual estado estamos no sistema;
- N2. Correspondência entre o sistema e o mundo real;
- N3. Liberdade de controle fácil pro usuário;
- N4. Consistência e padrões;
- N5. Prevenção de erros;
- N6. Reconhecimento em vez de memorização;
- N7. Flexibilidade e eficiência de uso;
- N8. Estética e design minimalista;

N9. Ajude os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e recuperarem-se de erros;

N10. Ajuda e documentação.

Porém, ao se tratar de sistemas vestíveis, é necessária a criação de heurísticas que envolvam atributos físicos do usuário, pois as heurísticas criadas por Nielsen não levam em consideração esse fator.

A próxima seção trata dos trabalhos relacionados ao presente trabalho que deram base para o seu desenvolvimento.

2.4 Avaliação de aceitação

Para que o trabalho possua uma base teórica sólida, foram realizados dois mapeamentos sistemáticos, um para encontrar como estão sendo realizadas as avaliações de aceitação de sistemas vestíveis para a saúde, e outra para verificar a metodologia de avaliação de usabilidade nesse tipo de sistema.

O mapeamento de ambas as pesquisas consistiu em pesquisar a string de busca ((*usability OR "ease of use" OR acceptance OR "user experience"*) AND (*evaluation OR assessment OR test OR testing OR valuation*) AND (*wearable OR vest OR "activity monitor" OR "quantified self"*) AND (*systems OR prototype OR device*) AND (*health OR medical*)) , nos portais de buscas de artigos Scopus, Web Of Science e PubMed. A escolha dos portais deve-se ao fato do Scopus ser o portal que mais abrange periódicos entre os outros portais, o WebOfScience possui uma boa base de pesquisa também, e o PubMed por ser um portal de pesquisa de artigos direcionado para publicações da área da saúde.

A pesquisa de aceitação foi realizada em maio de 2018 e obteve 144 resultados no Scopus, 89 no WebOfScience e 74 no PubMed. Retirando os artigos duplicados, foram obtidos 211 artigos. O mapeamento teve 3 etapas para a seleção dos artigos a serem analisados. A primeira consistiu em ler e analisar o título e o resumo de todos os periódicos e identificar aqueles que citam alguma metodologia de avaliação de sistemas vestíveis para saúde. A segunda consistiu em realizar a leitura da introdução, metodologia e conclusão, com o intuito de verificar se realmente houve uma avaliação da aceitação dos sistemas vestíveis. A terceira etapa consistiu em fazer uma análise completa dos artigos selecionados para excluir todos os artigos que não detalharam a metodologia de avaliação do sistema. Os resultados encontrados no mapeamento de aceitação estão descritos no Apêndice A.

O mapeamento sobre estudos envolvendo aceitação teve como objetivo identificar métodos de avaliações para serem utilizados nas avaliações com usuários dos aplicativos estudados, com destaque para os questionários já validados por outros trabalhos e tecnologias relacionadas.

O mapeamento sistemático de avaliações de usabilidade seguiu o mesmo modelo utilizado no de avaliação de aceitação. A *string* de busca citada anteriormente também foi utilizada nesse mapeamento. A busca foi realizada no início de janeiro de 2019 e obteve um número maior de resultados, reforçando que a pesquisa nessa área está em desenvolvimento. A busca no Scopus obteve 203 resultados, no WebOfScience obteve 115 resultados e no PubMed com 97 publicações.

Os resultados da pesquisas foram divididas em três partes. A primeira consiste no resultado da pesquisa do mapeamento sistemático de avaliações de aceitação e sua análise, eles estão presentes na Seção 2.4.1. A segunda contempla os resultados obtidos através das análises de usabilidade com usuário, os detalhes estão na Seção 4.2. A terceira consiste no resultado da validação das duas primeiras etapas em um novo teste de usabilidade contemplando os resultados prévios, que estão presentes na Seção 4.5.

2.4.1 Estudos de avaliação de aceitação

Estudos foram realizados para criar uma base teórica para o projeto. Inicialmente foi realizado um mapeamento sistemático para encontrar métodos de avaliações de usabilidade e de aceitação de sistemas vestíveis para a saúde. A pesquisa teve como resultado um total de 208 artigos, onde, 14 deles apresentaram alguma avaliação de aceitação.

O mapeamento de usabilidade não foi terminado, assim, ainda não é possível identificar qual foi o método utilizado para realizar os testes. Mas com o uso de testes com usuários, a simulação será mais próxima do uso real, sendo assim um ótimo teste para se encontrar erros de usabilidade.

As pesquisas realizadas no mapeamento de usabilidade e de aceitação são iguais, porém, os critérios de inclusão dos estudos foram estabelecidos de acordo com o tipo de avaliação pesquisado.

Outro estudo realizado no trabalho foi uma avaliação heurística de um sistema vestível e um aplicativo de monitoramento de atividades físicas. No caso, o estudo consistiu na avaliação da pulseira MiBand 2 e o aplicativo Mi Fit, utilizando dois alunos de iniciação científica e o autor deste trabalho. A avaliação teve como tarefa realizar uma atividade física e encontrar

os dados coletados no aplicativo. Foram utilizados as heurísticas de Nielsen e os princípios apresentados por Motti e Caine (2014).

As Tabelas A.1, A.2, A.3, A.4 e A.5, mostram os dados obtidos através do mapeamento. A Tabela A.1 apresenta o ano de publicação, se envolveu usuários, qual a quantidade de usuários e a faixa etária dos usuários envolvidos.

A Tabela A.2, apresenta os dados referentes sobre o tipo de tecnologia, se é somente em *Hardware*, somente em *Software* ou em ambos. Também é apresentado qual a característica dos usuários que fizeram a avaliação. A Tabela A.3 apresenta dados relacionados a aplicação dos sistemas, no caso, qual a finalidade de cada sistema apresentado, qual foi a abordagem de sistema vestível. A Tabela também apresenta alguns dados em relação a avaliação de aceitação, se teve avaliação com especialistas e se foi abordado questões de ergonomia.

A Tabela A.4 apresenta como foram realizados as avaliações de aceitação em cada artigo. A tabela apresenta alguns detalhes como os níveis de classificação dos questionários e quais métodos foram utilizados. A Tabela A.5 apresenta os aspectos que influenciaram positivamente ou negativamente na aceitação dos sistemas

O mapeamento de aceitação obteve 5 teorias onde os avaliadores se basearam para criar um questionário utilizado na avaliação dos sistemas. Porém, alguns artigos não se basearam em nenhuma teoria. A teoria mais presente nos artigos foi o TAM (*Technology Acceptance Model*)(DAVIS, 1985). O TAM possui 3 versões, mas nos estudos foram encontrados somente a primeira versão. A segunda teoria mais utilizada foi o questionário SUS (*System Usability Scale*)(BROOKE et al., 1996). Com base nesse estudo, o questionário de aceitação será desenvolvido baseando-se no TAM, seguindo os resultados do estudo.

2.4.2 Testes com usuário

Todos os artigos encontrados possuem testes com usuários, e a amostragem está bem variada. Apenas um artigo (Giansanti et al. (2009)) realizou os testes somente com um paciente e um terapeuta e outro (Lin et al. (2016)) com um número grande de usuários (125 usuários). Essa alta variação é motivada pelo tipo de usuário de que a pesquisa necessita. Em sistemas para saúde deve-se encontrar usuários que possuam certas características, o que reduz o número de possibilidades de candidatos.

Os tipos de usuários mais encontrados nos estudos foram pessoas idosas, por isso a média de idade encontrada nos estudos foi mais alta. Dos 14 estudos encontrados, 7 deles

apresentavam tecnologias para idosos. Outro ponto a ser destacado, dois estudos criaram um pré-requisito onde o usuário teria que ter passado no exame MMSE (*Mini-Mental State Exam*) (FOLSTEIN; FOLSTEIN; MCHUGH, 1975), que indica a saúde mental do usuário. Alguns estudos precisam que o usuário esteja com a saúde mental boa, enquanto outros precisam que ela esteja ruim para identificar se a tecnologia ajuda usuários com doenças mentais. Em quatro dos estudos, foi necessária a utilização de usuários com algum tipo de doença: doenças cardíacas, Alzheimer e doenças crônicas que impossibilitavam o usuário de fazer atividades físicas.

2.4.3 Especificação e aplicação do sistema

Por serem sistemas vestíveis, todos os estudos apresentaram pelo menos uma ferramenta de *hardware*. Alguns estudos apresentaram alguma interface em *software*. Somente 3 estudos apresentaram uma solução em *software*.

O estudo obteve uma grande diversidade de aplicações. Os tipos de aplicações mais recorrentes são a de detecção de quedas e monitoramento de atividades físicas. Também foram encontradas outras aplicações, como melhoramento de elevações do usuário, para usuários com problemas de movimentações nas pernas, monitoramento da saúde de funcionários de construção, monitoramento de postura e de doenças cardiovasculares. Um dos estudos encontrado de detecção de quedas foi especificamente para pessoas com doença de Alzheimer. O fato de ter muitos estudos sobre monitoramento de atividades físicas é causado por recentemente o mercado possuir muitas *smartbands* e *smartwatches* que fazem o monitoramento com uma usabilidade boa. Mercer et al. (2016), realizou um teste com usuários idosos com quatro *smartbands* do mercado para ver qual delas possui maior aceitação.

2.4.4 Teorias de aceitação

A Tabela 2.1 apresenta a relação das teorias utilizadas e a quantidade de estudos que utilizou uma metodologia baseada nelas. Não foram encontrados estudos que utilizem outras versões das teorias apresentadas. A teoria mais utilizada foi o TAM com 5 artigos seguido do SUS. Todos os estudos apresentaram um questionário como forma de avaliação. A diferença na forma dos questionários foi em qual escala foi utilizada, e qual a forma de dividir as questões. A grande maioria utilizou da escala Likert de 5 pontos, também foi utilizada a de 7 pontos em alguns. A escala Likert também foi adaptada conforme cada estudo, alguns utilizaram a escala somente com números positivos, outros utilizaram com números negativos.

Tabela 2.1 – Teorias de aceitação e os artigos que a utilizaram

Métodos ou teorias de aceitação	Número de artigos
SF-36v2 (MCHORNEY et al., 1993)	1
TAM	5
SUS	3
UTAUT (VENKATESH et al., 2003)	1
TSQ-WT (TSQ-WT; © RBMF 2010)	1
Questionário sem baseamento em teorias	4

Fonte: Do autor (2020).

Vários aspectos foram apresentados pelos estudos, alguns envolvendo as teorias aplicadas, outros algo pessoal como higiene. Porém, houve estudos que não apresentaram algum aspecto que impactou, somente se o sistema possui boas notas ou não na avaliação. Os aspectos mais presentes foram percepção da facilidade de uso e de utilidade. Porém, é importante ressaltar outros pontos identificados no estudo, como atratividade de interface gráfica, usabilidade e intenção de adoção do sistema, intenção do comportamento, conforto e facilidade de identificação das funcionalidades. Os fatores citados foram os principais pontos para que os sistemas tivessem uma aceitação positiva.

2.4.5 Resultado das avaliações efetuadas nos estudos mapeados

Nos estudos encontrados, somente a ergonomia foi um aspecto que atrapalhou na aceitação do sistema. No estudo de dois sistemas, um utilizando abdmômen e outro uma faixa para colocar na cabeça, o cinto obteve uma boa aceitação, mas a faixa não (ABBATE; AVVENUTI; LIGHT, 2014). Os usuários alegaram que a faixa os atrapalhava dormir e os autores criaram uma proposta de transformar a faixa em uma touca, mas alguns usuários ainda tiveram certas relutâncias, devido ao posicionamento da bateria. Outro estudo que obteve feedback negativo foi o uso de um exoesqueleto para auxílio do movimento das pernas para realizar a elevação do corpo (HUYSAMEN et al., 2018). Os usuários identificaram que os movimentos do exoesqueleto eram um pouco mais lentos do que o do ser humano, o que resultava em perda da movimentação natural do corpo. Apesar desse feedback negativo, os usuários tiveram boas aceitações na percepção de utilidade do trabalho.

2.5 Trabalhos relacionados

Os trabalhos relacionados são parte do embasamento dessa pesquisa para direcionar o estudo e situar atual da área. Alguns trabalhos apresentados a seguir foram encontrados em um

mapeamento sistemático que está explicado no apêndice A e outros estudos foram encontrados buscando com palavras chaves relacionadas ao trabalho, como avaliação de sistemas vestíveis e *mHealth*.

Os primeiros estudos que deram base e estão relacionados a essa pesquisa foram os que apresentam as características necessárias para desenvolver sistemas *mHealth* e equipamentos vestíveis para a saúde. O primeiro estudo encontrado foi o apresentado por Karunanithi (2007), que apresentou um estudo de tecnologias de monitoramento para pacientes idosos. O estudo apresenta uma revisão dos sistemas vestíveis para monitoramento de pacientes idosos para cuidados contínuos. Foram abordadas questões de usabilidade, funcionalidade, interação humana e fatores sociais. A revisão analisa os benefícios esperados da aplicação de tecnologias de monitoramento e telessaúde vestíveis do ponto de vista de um paciente idoso, clínico ou cuidador e sistema de saúde. A pesquisa identificou que é necessário criar padrões para esses tipos de sistema antes de avançar com essas tecnologias. Mesmo com o estudo sendo de 2007, até hoje não existe um padrão bem consolidado para o desenvolvimento desses tipos de sistema. Assim, essa falta de padronização cria uma lacuna para pesquisas de qual o melhor método para criar esses tipos de sistemas e estudos de como avaliar sua usabilidade, pois cada sistema terá uma arquitetura diferente.

Outro estudo que teve o intuito de identificar um panorama da situação dos sistemas vestíveis voltados para a saúde foi o apresentado por Motti e Caine (2015). O trabalho iniciou com a identificação de aplicações com diversas finalidades, sendo elas doenças crônicas, saúde mental, recursos de Tecnologia Assistiva e condições médicas específicas. Os autores também identificaram que os sistemas basicamente possuem três atividades: monitorar os dados do usuário, representar os dados em alguma interface e analisar os dados. Também foi identificado que os sistemas vestíveis, por mais que possuam objetivos diferentes, apresentam algumas dificuldades e desafios em comum, como a ergonomia. O trabalho serviu de base para identificar alguns problemas de usabilidade relacionados a ergonomia ou outros problemas identificados pelos autores.

A arquitetura dos sistemas vestíveis é uma outra área de pesquisa que foi fundamental para entender como desenvolver o equipamento vestível. A pesquisa apresentada por Lymberis (2004) apresenta avaliação para identificar o que é necessário para desenvolver e pesquisar aplicações vestíveis que possuam algum processamento de dados do usuário obtidos através de sensores. O artigo traz como argumento que sistemas vestíveis podem diminuir o custo da

saúde, evitando que as pessoas sejam internadas em hospitais por patologias não identificadas, por meio de inovação tecnológica em sistemas de saúde miniaturizados. O autor mostra que com o desenvolvimento de nano e microtecnologias, a implementação das aplicações se torna mais viável. Os pontos mencionados como importantes para serem observados na avaliação são: sensores biomédicos, interface de usuário, validação clínica, segurança e confidencialidade de dados, cenários de uso, suporte à decisão, aceitação do usuário e modelos de negócios.

Além das características apresentadas por Lymberis, existe a necessidade de entender como essas características se comunicam. No caso, como os sensores biomédicos vão se comunicar com a interface de usuário, que em alguns sistemas podem ser em aplicativos. Assim, a arquitetura de conexão entre o equipamento vestível e o aplicativo.

Para entender como funciona a comunicação entre os dois sistemas, Mukhopadhyay (2015) apresentou uma revisão de sistemas vestíveis para monitoramento de atividades do usuário. O intuito da revisão foi identificar qual a funcionalidade do equipamento vestível de acordo com sensor utilizado. Foram identificados alguns padrões de comunicação e quais são suas especificações para serem utilizados em sistemas vestíveis. No caso, foram estudados os padrões ZigBee¹, Bluetooth², Wifi (CROW et al., 1997) e WiMax (EKLUND et al., 2002). Os autores identificaram que os protocolos ZigBee e Bluetooth foram utilizados nos sensores wireless, no caso, sensores dos sistemas vestíveis. O trabalho contribuiu para justificar o uso do *Bluetooth* como tecnologia de comunicação entre o sistema vestível e o aplicativo no presente trabalho.

Além de entender como os sistemas vestíveis funcionam, foi necessário entender como funciona a avaliação de aceitação e usabilidade de sistemas vestíveis. O primeiro estudo encontrado sobre avaliação de sistema vestível foi o apresentado por Siegel e Bauer (1997), que apresentaram um estudo de usabilidade de um equipamento vestível para a manutenção de aviões. Os autores escolheram 6 especialistas em aviões. Antes da avaliação os autores fizeram um treinamento com os usuários. Em seguida, os usuários utilizaram o sistema por 10 minutos, e por fim responderam a um questionário. O tempo em que cada indivíduo estava utilizando o sistema foi gravado com a utilização do *Think Aloud*.

Como existem várias áreas dentro da de sistemas vestíveis, foi necessário entender o estado atual da área de estudo de usabilidade em sistemas vestíveis para saúde. Existem trabalhos abordando usabilidade em sistemas vestíveis para saúde, mas ainda é necessário maior aprofundamento. O estudo de avaliação de usabilidade ainda precisa de maior aprofundamento

¹ <<https://www.zigbee.org/>>

² <<https://www.bluetooth.com/>>

em relação a questões de personalização e acoplamento de diferentes equipamentos. Como dito por Karunanithi (2007) a respeito de não existirem padrões de projeto de interface com o usuário nesses sistemas, também falta um padrão na avaliação de usabilidade. Esses fatores contribuem para a importância do desenvolvimento desse projeto, pois, como serão realizados vários tipos de avaliações de usabilidade, como a avaliação com usuários e a heurística, será possível identificar qual delas pode possuir uma performance melhor.

O trabalho apresentado por Hosseini et al. (2017) apresenta um estudo de usabilidade e viabilidade de um aplicativo de auto-gerenciamento de asma utilizando um *Smartwatch*. O sistema conta com um aplicativo para um *smartphone* e outro para o *smartwatch*. O teste de usabilidade foi utilizado com a participação de crianças utilizando uma entrevista informal. A entrevista foi aplicada após as crianças utilizarem os sistemas por várias semanas. O objetivo foi encontrar se as crianças obtiveram algum problema em utilizar os sistemas nas atividades diárias. O estudo demonstrou que as crianças não tiveram problemas em utilizar o equipamento vestível devido ser um *smartwatch* e ter semelhanças ao relógio de pulso convencional.

O trabalho apresentado por Wang et al. (2019) teve uma metodologia similar a apresentada nesse trabalho, em que realizaram uma análise de usabilidade no Google Glass com 3 configurações diferentes, utilizadas por 30 participantes. Ao final, eles avaliaram o dispositivo através de questionários. No trabalho, dois questionários foram utilizados, o *NASA-Task Load Index* e o *SUS (System Usability Scale)*.

Mesmo dentro do estudo de usabilidade, existem várias técnicas e objetivos de uma avaliação. Como o caso apresentado por Ito et al. (2013), que apresentaram uma avaliação de usabilidade de um sistema vestível de radiografia a ser utilizado dentro de uma ambulância. A avaliação tem como principal objetivo verificar se a usabilidade da instalação do sistema no usuário é rápida o suficiente para ser utilizado no transporte do paciente para o hospital. O teste de usabilidade teve 3 tipos de usuários, pessoas magras, de peso normal e acima do peso, para verificar se o equipamento vestível de radiografia era possível de equipar em tempo hábil nos diferentes tipos de usuários. A intenção de utilizar os 3 tipos de usuário é ver se o aparelho é fácil de instalar em ambos os usuários. Apesar da avaliação não ter o mesmo objetivo da pesquisa, ela auxiliou a verificar como são realizados as avaliações em equipamentos vestíveis

Além de avaliação de usabilidade, existem outros métodos para verificar se a experiência do usuário foi positiva. Uma delas é o estudo da aceitação de sistemas. Um estudo que utilizou dessa abordagem foi o apresentado por Giansanti et al. (2009), que apresentara uma proposta

de um sistema vestível para a avaliação de risco de queda, e como ele pode ajudar na tele-reabilitação. Os autores apontam que terapeutas de reabilitação remotos, não possuem uma ideia do risco de quedas acompanhando o paciente por vídeos. Assim, um sistema vestível pode apresentar resultados mais confiáveis e em um tempo menor, facilitando a vida do terapeuta, e ajudando os pacientes. O sistema mostra uma avaliação que pode ser classificada de 1 (sem risco de queda) até 4 (grandes chances de queda). O resultado obtido através dos testes demonstrou um grande índice de aceitação pelos usuários. O trabalho pode contribuir com a estruturação de questionários de aceitação de sistemas vestíveis. Através do artigo foi possível identificar com qual teoria de aceitação o questionário foi baseado em seu planejamento, assim é possível levar o estudo em consideração no planejamento do questionário que será utilizado neste projeto.

A avaliação de viabilidade de um sistema é outro método que pode ser utilizado para verificar como os usuários se comportam ao utilizá-lo. O artigo apresentado por Bus, Waaijman e Nollet (2012) tem como objetivo testar a viabilidade de um novo monitor de aderência baseado em temperatura. Participaram 11 pessoas saudáveis e 14 pessoas com alto risco de ulceração no pé. Em indivíduos saudáveis, a viabilidade do monitor de aderência foi investigada comparando seus registros de uso e retirada de calçados durante 7 dias e cadastrando os dados em um registro mantido com precisão. Em pacientes diabéticos, foi avaliada a viabilidade de usar o monitor de aderência por 7 dias em conjunto com um monitor de atividade passo-a-passo sincronizado com o tempo para registrar o uso de calçados prescritos durante a caminhada. O resultado da pesquisa mostrou que 3 participantes sentiram desconfortos com o equipamento vestível e 4 não repetiriam o teste novamente. O trabalho é importante para verificar aspectos de usabilidade no equipamento vestível, como o conforto.

Outra forma de avaliação foi a apresentada por Maher et al. (2017) que demonstrou uma avaliação de experiência de usuário com sistemas de monitoramento de atividades. A avaliação contou com 237 participantes com uma média de idade de 33.1 anos. A avaliação teve pontos como bateria baixa, problemas técnicos, se é à prova d'água e outros fatores. Esses fatores auxiliaram esta pesquisa a identificar possíveis problemas a serem encontrados no equipamento vestível.

Em alguma das avaliações, é preciso utilizar guias ou heurísticas para que a avaliação tenha como referência em sua avaliação. O estudo apresentado por Motti e Caine (2014) apresentou 20 princípios para projetar sistemas vestíveis de uso geral. Foram levantados atributos

físicos e de usabilidade para que a equipe que irá desenvolver o equipamento possa levar em consideração para que o usuário não tenha dificuldade em utilizá-lo.

Os princípios são:

- M1. Estética;
- M2. Acessível;
- M3. Conforto;
- M4. Consciência contextual;
- M5. Customização;
- M6. Facilidade de uso;
- M7. Ergonomia;
- M8. Estilo;
- M9. Intuição;
- M10. Obstrução;
- M11. Sobrecarga;
- M12. Privacidade;
- M13. Confiabilidade;
- M14. Resistência;
- M15. Responsividade;
- M16. Satisfação;
- M17. Simplicidade;
- M18. Sutileza;
- M19. Facilidade de reconhecimento do usuário;
- M20. Formato de vestimenta.

Outro estudo encontrado que possui guias ou heurísticas foi apresentado por Meng e Kim (2011), em que foi apresentado um conjunto de 20 heurísticas para avaliar a usabilidade de sistemas vestíveis para saúde: (1) Tamanho e peso; (2) Colocação; (3) Segurança; (4) Interface de usuário; (5) Estética; (6) Processamento; (7) Armazenamento de dados; (8) Inteligência; (9) Serviços; (10) Robustez; (11) Eficácia; (12) Questões legais e éticas; (13) Sensibilidade; (14) Comunicação; (15) Interoperabilidade; (16) Fonte de energia; (17) Escalabilidade; (18) Atualização; (19) Validação e (20) Custo-benefício.

As diferenças apresentadas nos dois estudos estão presentes inicialmente no objetivo de cada estudo. O estudo apresentado por Motti e Caine (2014) apresenta princípios, ou seja, fatores a serem levados em considerações ao planejar o dispositivo vestível, enquanto o estudo apresentado por Meng e Kim (2011) apresenta heurísticas. As heurísticas geralmente são utilizadas para a avaliação do sistema, mas podem também ser utilizadas para o planejamento do sistema. Os princípios são guias que seria positivo para o sistema ao ser desenvolvido.

Os fatores apresentados por Motti e Caine (2014) focaram mais na experiência do usuário, com um número menor de critérios que consideram aspectos físicos que os apresentados por Meng e Kim, somente Ergonomia e Formato de vestimenta. Os critérios apresentados por Meng e Kim (2011) apresentam heurísticas com mais aspectos físicos, como Tamanho, peso e Fonte de Energia. Algumas outras heurísticas foram baseadas na performance do sistema, como processamento e armazenamento de dados.

Como identificado por Meng e Kim, um dos fatores que impactam para o equipamento vestível possuir uma boa usabilidade é a comunicação do equipamento com a interface digital, no caso desse trabalho, os aplicativos. Assim, o equipamento e o aplicativo são dependentes um do outro, e suas ações influenciam a experiência que o usuário irá encontrar em alguma das partes do sistema vestível. Por isso, é importante que a interação que o usuário irá realizar na interface de conexão de ambos os sistemas seja o mais simples possível.

Assim, a combinação dos estudos encontrados na literatura com os resultados obtidos pelo mapeamento sistemático e pelas avaliações de usabilidade nos sistemas selecionados, irão dar base para uma compilação de um guia de boas práticas desenvolvimento de aplicativos acopláveis a equipamentos vestíveis para saúde, considerando aspectos relacionados à personalização e flexibilidade de uso de sensores.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo tem como objetivo descrever como foi realizado o projeto de pesquisa. Este capítulo está dividido nas seções: (1) Desenho do estudo; (2) Seleção dos sistemas para avaliação; (3) Procedimento para desenvolvimento do equipamento vestível; (4) Teste de usabilidade do aparato com os aplicativos existentes; (5) Procedimentos para análise dos testes de usabilidade; (6) Instrumentos para análise de usabilidade; (7) Participantes dos testes de usabilidade e (8) Construção e avaliação aplicativo para prova de conceito.

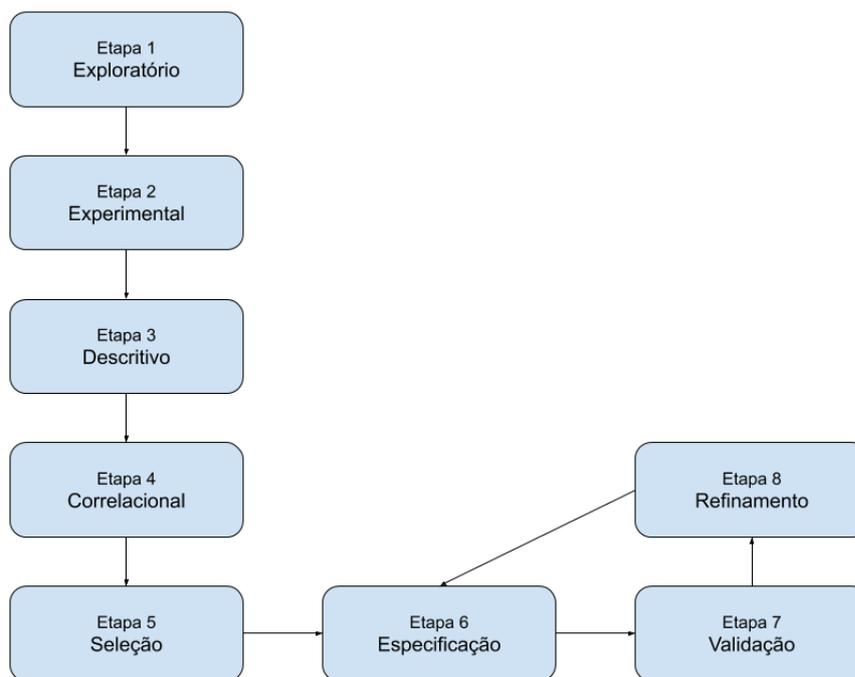
3.1 Desenho do estudo

O estudo realizado neste projeto tratou do uso de avaliações de usabilidade em aplicativos acopláveis a equipamentos vestíveis para a saúde. Estudos de usabilidade têm como objetivo identificar problemas que prejudiquem a interação do usuário com o sistema. Geralmente, problemas de usabilidade são encontrados somente quando são realizadas inspeções com especialistas, ou preferencialmente com testes em que os usuários fazem uso do sistema. As inspeções com especialistas utilizam heurísticas para classificar o tipo de problema encontrado. As heurísticas de Nielsen são utilizadas para avaliações em sistemas digitais, pois já são consolidadas na área.

Apesar de haver heurísticas para sistemas digitais e algumas propostas de boas práticas para equipamentos vestíveis, elas não abordam de maneira aprofundada o problema de conectar o equipamento vestível com o aplicativo. As heurísticas encontradas não são o suficiente para guiar a equipe de desenvolvimento a criar uma boa experiência ao usuário nesse contexto, por encontrar problemas que não são compatíveis com as heurísticas, como por exemplo a listagem dos equipamentos e o processo de conexão devem ser bem compreensíveis e mostrar ao usuário o que está acontecendo enquanto ele estiver utilizando.

O presente trabalho tem como objetivo criar heurísticas para auxiliar os profissionais a desenvolverem interfaces de aplicativos que conectam com diversos tipos de monitores de batimentos cardíacos. Para a criação dessas heurísticas, foi seguida a metodologia apresentada por Quiñones, Rusu e Rusu (2018). A metodologia conta com 8 etapas, sendo elas: (1) Exploratória; (2) Experimental; (3) Descritiva (4) Correlacional; (5) Seleção; (6) Especificação; (7) Validação e (8) Refinamento. Cada etapa possui um fluxo de como realizá-la. A Figura 3.1 demonstra o fluxo de metodologia de Rusu.

Figura 3.1 – Fluxo da metodologia de Rusu.



Fonte: Do autor, adaptado de Quiñones, Rusu e Rusu (2018)

A etapa 1 da metodologia consiste na etapa exploratória, na qual deve ser definido o objetivo da criação das novas heurísticas. A questão de pesquisa foi definida como "Quais heurísticas de usabilidade podem apoiar no design do processo de conexão em aplicações acopláveis a diferentes equipamentos vestíveis de monitoramento de saúde?". O objetivo geral é investigar problemas de usabilidade em aplicativos móveis acopláveis a equipamentos vestíveis de monitoramento de saúde pessoal desenvolvidos que possuem compatibilidade de uso por qualquer dispositivo vestível com conexão *Bluetooth* e propor heurísticas para abordar estes problemas.

A etapa 2 é a experimental/empírica, que consiste na realização de avaliações para encontrar a lacuna que as novas heurísticas vão cobrir. Foram realizadas avaliações de usabilidade de aplicativos existentes com usuários para identificar os problemas de usabilidade. Foram selecionados 3 aplicativos que monitoram a pulsação ou o batimento cardíaco do usuário compatíveis com qualquer sensor de monitoramento: *Runner Up*, *Sportractive*, *Endomondo* (Seção 3.2). O equipamento vestível foi construído para verificar se os aplicativos selecionados realmente são compatíveis com qualquer sensor de monitoramento, pois o equipamento vestível é o mesmo para os três aplicativos, sem nenhuma adaptação. Ele consiste de uma placa de sensor

de batimentos cardíacos, uma placa de *bluetooth* e um processador (Seção 3.3). Utilizando o equipamento construído e os aplicativos escolhidos foram realizados os testes de usabilidade com usuários (Seção 3.4). Foram selecionados usuários que realizam atividades físicas com frequência.

A etapa 3 consistiu na etapa descritiva, que consiste em analisar a etapa experimental e preparar os dados para seguir com a categorização e agrupamento dos problemas. Os problemas encontrados na avaliação foram analisados e classificados (Seção 3.5). Após a finalização dos testes com usuários, foi realizado uma análise dos testes e para identificar os problemas e dificuldades que os usuários tiveram. A primeira etapa da análise foi identificar todos os problemas, em seguida foi classificá-los em categorias, seguindo o estudo de Petrie e Power (2012), e em problemas únicos.

A etapa 4, a etapa correlacional, consiste em selecionar informações da etapa anterior e verificar como elas se correlacionam. Nessa etapa também foi verificado se os problemas encontrados eram cobertos pelas heurísticas relacionadas existentes, no caso, os princípios propostos por Motti e Caine (2014) e as heurísticas de Nielsen e Molich (1990). Essa verificação foi necessária para evitar a criação de heurísticas repetidas.

A etapa 5 é a de seleção, na qual as heurísticas são criadas a partir da análise dos dados coletados. O processo realizado consistiu em selecionar os problemas que não foram cobertos pelas heurísticas citadas anteriormente, e foram propostas novas para solucioná-los. Foi criado um título e uma descrição para cada heurística (Seção 4.3).

A etapa 6 consistiu em especificar as heurísticas de modo a facilitar o entendimento do seu propósito e ter caráter propositivo para a solução de problemas relacionados a elas. Esse refinamento foi realizado em quatro sessões com o pesquisador desse trabalho e seus orientadores. Nessas sessões, era verificada a necessidade das heurísticas e se os textos estavam corretos. Os que não eram necessários ou redundantes eram removidos da lista.

Na etapa 7, as heurísticas propostas foram validadas. A validação da heurísticas foi realizada através da avaliação de usabilidade de um aplicativo criado utilizando as heurísticas criadas como base para a prototipação (Seção 3.8). A avaliação do aplicativo foi realizada em três avaliações heurísticas com especialistas, em que cada intervalo entre as avaliações, eram realizada as correções dos problemas com o intuito de verificar se as heurísticas também auxiliam aos desenvolvedores a resolver os problemas identificados. As duas primeiras avaliações teve a presença com 2 professores da Universidade Federal de Lavras que realizam pesquisa na

área de Interação Humano-Computador, um Bacharel em Ciência da Computação que realiza pesquisas na área e uma aluna do curso de Bacharel em Sistemas de Informação que faz iniciação científica na área. A terceira avaliação contou com os dois professores e o bacharel em Ciência da computação, além deles a avaliação contou com a presença de uma professora da Universidade Federal de Lavras e um aluno de Mestrado em Ciência da Computação que fazem pesquisa na área de interface humano-computador.

Devido à crise da COVID-19, as avaliações ocorreram em formato remoto, utilizando o Google Meet¹ para realizar videoconferência com os avaliadores e o aplicativo Vysor² para compartilhar a tela do aplicativo avaliado, e para o equipamento vestível, foi utilizado a Webcam do computador do piloto. Em todas as avaliações foram utilizados 2 conjuntos de heurísticas de usabilidade e um conjunto de princípios de desenvolvimento de sistema vestível. Os conjuntos de heurísticas utilizados foram as 10 heurísticas de Nielsen (Seção 2.3) e as 5 heurísticas desenvolvidas nessa pesquisa (Seção 4.3). Os princípios utilizados foram os de Motti e Caine (Seção 2.5).

A etapa 8 consiste no refinamento das heurísticas. Após a validação com as avaliações heurísticas, foram realizados os ajustes necessários na escrita do nome e da descrição das heurísticas.

A seguir estão descritos os passos de como foi realizada a pesquisa: (3.2) Seleção dos aplicativos que foram analisados para obter as heurísticas; (3.3) O processo de criação do equipamento vestível; (3.4) Descrição de como foram realizados os testes de usabilidade do equipamento e dos aplicativos; (3.5) Análises dos testes de usabilidade; (3.6) Instrumentos utilizados na avaliação de usabilidade; (3.7) Perfil dos participantes selecionados; (3.8) Como foi desenvolvido o aplicativo para validar as heurísticas criadas.

3.2 Seleção dos aplicativos para avaliação

A seleção dos aplicativos que foram utilizados na avaliação com usuários consistiu em uma busca por aplicativos que monitorem a pulsação ou o batimento cardíaco do usuário. Além desse requisito, o aplicativo deveria ser gratuito e possuir conectividade *Bluetooth* com qualquer sensor de monitoramento de pulso ou de batimento cardíaco. Esse critério teve como objetivo eliminar aplicativos que só possuem sensores proprietários, em que os usuários precisam com-

¹ <https://meet.google.com/>

² <https://www.vysor.io/>

prar sensores do mesmo desenvolvedor do aplicativo. O critério que o aplicativo devesse ser compatível com qualquer sensor de monitoramento foi devido ao fato de que o sensor que foi utilizado nas avaliações foi desenvolvido na própria pesquisa. Caso contrário, o sensor não iria funcionar devido às especificações do fabricante. Com o desenvolvimento deste dispositivo, o estudo teve como objetivo testar a flexibilidade de adaptação do aplicativo a um novo tipo de equipamento vestível. Foi desenvolvido somente um equipamento vestível para evitar influência dos tipos de equipamento e reduzir o tempo de teste, pois se tivessem mais equipamentos vestíveis seria necessário mais avaliações que não seria compatível com o tempo de pesquisa. Somente foram selecionados aplicativos desenvolvidos para o sistema operacional Android.

O *smartphone* utilizado foi um Motorola Moto Z2 Play, com 64 GB de memória interna, processador de 2.2 GHz e 8 núcleos, tela de 5.5 polegadas e com o Android 8 instalado. Cada aplicativo foi instalado no momento de sua avaliação, ou seja, foi baixado o aplicativo na *Play Store* e instalado no aparelho, e, logo após a análise, o mesmo foi desinstalado, visando que o sistema operacional não armazenasse nenhuma informação do sistema, assim todos os usuários tiveram a mesma configuração.

A pesquisa foi dividida em duas etapas. A primeira etapa consistiu em encontrar aplicativos *Open Source* por meio de pesquisa no Github³ utilizando palavras chaves como '*wearable*', '*mHealth*' e *run trackers*. Somente um sistema foi encontrado que se enquadra nos critérios anteriores, no caso o sistema *RunnerUp*⁴. O sistema também está presente na *Play Store*, loja de aplicativos da Google para Android. Foi encontrado outro aplicativo chamado *mHealth Droid*, porém ele foi descartado da pesquisa por estar como deprecado em seu repositório e não ter sido removido da loja de aplicativo da Google.

A segunda etapa da pesquisa foi realizada com busca na *Play Store*. A pesquisa foi feita de maneira sistemática, utilizando as palavras-chaves *activity* e *sensors*. Os aplicativos retornados pela busca foram instalados no *smartphone* Motorola Z2 Play com sistema operacional Android 8.0 e verificou-se se eles se enquadravam nos critérios mencionados anteriormente. Os aplicativos encontrados foram o *Sportractive*⁵ e o *Endomondo*⁶.

Os aplicativos selecionados são descritos a seguir.

³ <<https://github.com/>>

⁴ <<https://play.google.com/store/apps/details?id=org.runnerup>>

⁵ <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sportractive>>

⁶ <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.endomondo.android>>

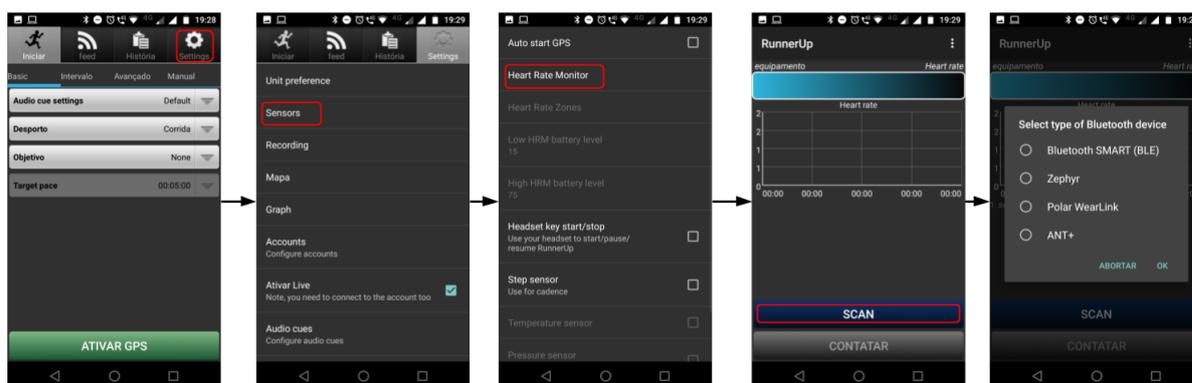
3.2.1 RunnerUp

Runner Up é um aplicativo de monitoramento de atividades físicas, com o foco de corridas e caminhadas. O aplicativo pode ser acoplado a equipamentos que possuem sensores que utilizam *Bluetooth Low Energy*, ANT+ e outros protocolos. O aplicativo também utiliza dois sensores de passos e o barômetro do próprio celular.

O projeto foi desenvolvido para Android 2.2, e é compatível com todos os sistemas operacionais Android lançados após ele. O projeto já foi publicado ainda recebe atualizações. O aplicativo *RunnerUp* está disponível no Github ⁷ e na Play Store.

A Figura 3.2 apresenta a tela inicial do aplicativo RunnerUp em um Android 8.0 e o fluxo de conexão com o equipamento vestível. O aplicativo possui inicialmente uma interface para iniciar uma atividade física, um *feed* com as atividades de amigos que podem se conectar de alguma rede social que o usuário conectou no aplicativo, uma interface com o histórico de atividades e uma tela para configurações do aplicativo. Para conseguir realizar a tarefa de acoplar um dispositivo e realizar um exercício, o usuário na tela principal deverá ir até a opção *Settings* no menu superior. Após, deverá ir na opção *Sensors*, em seguida, *Heart Rate Monitor*. Na tela da seleção do equipamento, deverá selecionar o botão *Scan* e selecionar o tipo de conexão, no caso utilizamos o *Bluetooth Smart(BLE)*. Após selecionado o tipo de conexão, o usuário deve encontrar o equipamento e apertar o botão *contatar*.

Figura 3.2 – Fluxo de conexão do sensor no aplicativo RunnerUp



Fonte: Do autor (2020).

⁷ <<https://github.com/jonasoreland/runnerup>>

3.2.2 Sportractive

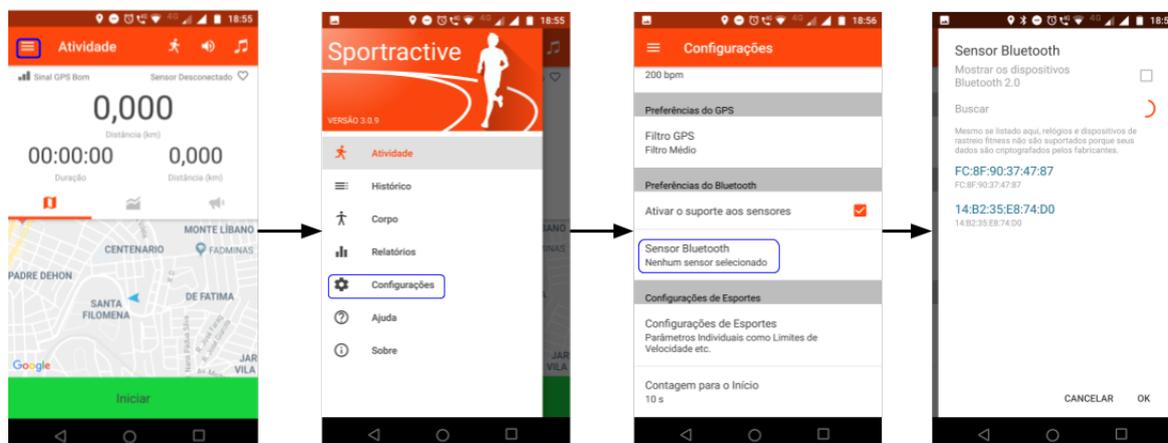
Sportractive é um aplicativo desenvolvido somente para o sistema operacional Android, cujo o objetivo é registrar atividades físicas, como caminhadas e corridas. A Figura 3.3 mostra a tela principal e o fluxo para conectar o sensor ao aplicativo. O aplicativo requer o Android 5.0 como versão mínima, e sua versão atual é a 3.0.9. A última atualização do aplicativo, no dia dos testes de usabilidade, aconteceu em 14 de novembro de 2018 e contam com mais de 1 milhão de instalações. A sua avaliação conta com 4.8 estrelas em uma escala de 0 até 5, com quase 64 mil avaliações. Os dados foram retirados em 2 de março de 2019.

Para realizar o fluxo de conexão com o equipamento vestível, o usuário deve acionar o menu lateral, e em seguida ir em configurações. Na tela de configurações, o usuário deverá manter o menu *Ativar o suporte aos sensores* ligado, e clicar na opção *Sensor Bluetooth*. No *dialog* que será aberto, o usuário deverá selecionar o dispositivo correto e realizar a conexão.

O aplicativo conta com a sua principal funcionalidade de registrar atividades físicas com base nos sensores do *smartphone* utilizado. No caso, é utilizado o sensor de velocidade e o GPS, que são utilizados para identificar o ritmo da atividade física do usuário e qual foi o trajeto realizado. O ritmo é identificado por meio de cores no trajeto realizado, onde o verde foi um ritmo mais lento, amarelo como ritmo ameno e vermelho como ritmo mais rápido.

Além dos sensores utilizados do *smartphone*, o aplicativo também traz a possibilidade de realizar conexões com outros sensores de frequência cardíaca. Possui compatibilidade com sensores que possuem o *Bluetooth 2.0* e *4.0*. O *Bluetooth 4.0* é o BLE. Ao contrário de muitos aplicativos, o *Sportractive* alerta que dispositivos de rastreamento *fitness* não são suportados devido a criptografia de dados dos proprietários.

Figura 3.3 – Fluxo de conexão do sensor no aplicativo Sportractive



Fonte: Do autor (2020).

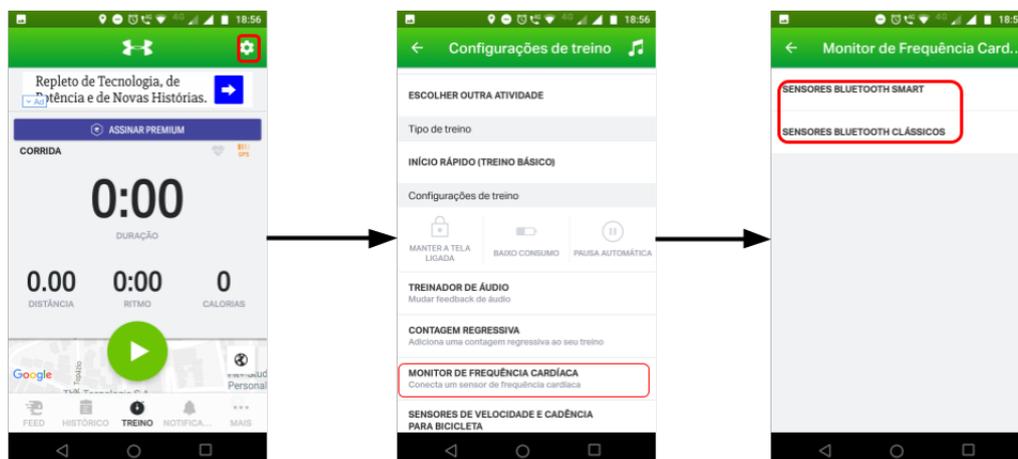
3.2.3 Endomondo

O aplicativo Endomondo foi desenvolvido com o objetivo de monitorar atividades físicas do usuário. A Figura 3.4 apresenta o fluxo de conexão de um sensor ao aplicativo. O seu funcionamento é similar ao *Sportractive*. Suas principais funcionalidades são o monitoramento do tempo da atividade física, o trajeto executado e a velocidade. Através desses atributos, o aplicativo consegue identificar outras características da atividade, como velocidade média e quantas calorias o usuário queimou. Em 2 de março de 2019, sua avaliação contava com 4.5 estrelas em uma escala de no máximo 5, e possuía mais de 10 milhões de instalações com um pouco mais de 613 mil avaliações.

O aplicativo conta com a versão gratuita e a chamada versão *Premium*, na qual é necessário pagar um taxa para utilizar outras funcionalidades. Para o projeto, foi utilizada a versão gratuita, que possui as mesmas funcionalidades identificadas nos aplicativos *Sportractive* e o *RunnerUp*.

Endomondo possui compatibilidade com sensores de monitoramento de batimento cardíaco, sensores de velocidade e cadência para bicicletas e sensores de potência para bicicleta. Os sensores de monitoramento de frequência cardíaca são divididos em *Smart* e *clássico*, nos quais são utilizados o *Bluetooth* 4.0 e 2.0, respectivamente.

Figura 3.4 – Fluxo de configuração do sensor vestível no Endomondo



Fonte: Do autor (2020).

3.3 Procedimento para a construção do equipamento vestível

A construção do equipamento vestível utilizado no presente estudo consistiu na integração de uma placa de sensor de batimentos cardíacos, uma placa de *bluetooth* e um processador.

O processador utilizado foi um Arduino Uno R3⁸. Além do processador, também foi utilizado um circuito integrado de Bluetooth que possui a tecnologia BLE para ser usado como a placa *Bluetooth*, o módulo Bluetooth 4.0 Hm-10 BLE⁹.

O sensor utilizado para montar foi um Sensor de pulso com sensor óptico integrado¹⁰. Os dados obtidos pelo sensor são enviados para o Arduino, que faz o seu tratamento, e em seguida será os envia para o módulo *Bluetooth* que enviará os dados para o dispositivo.

3.3.1 Prototipação e avaliação prévia do equipamento vestível

O primeiro protótipo do equipamento vestível foi desenhado a mão pensando em dividir o equipamento em duas partes. Como a placa do Arduino é relativamente grande para ser posi-

⁸ <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>

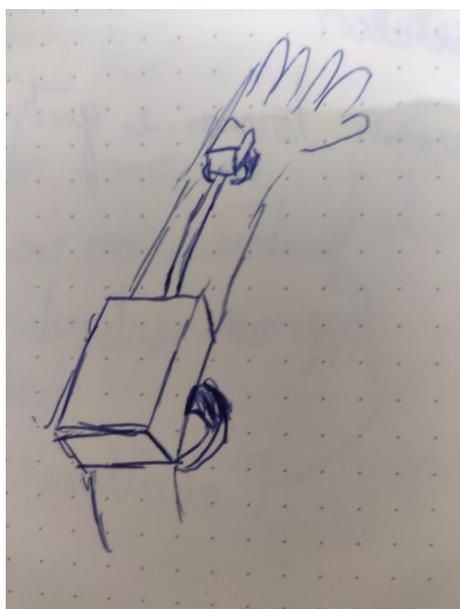
⁹ <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-bluetooth-ble-v4-0-hm-10-keys/>>

¹⁰ <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-frequencia-cardiaca/>>

cionada no pulso, optou-se por posicionar a placa junto com o módulo *bluetooth* no antebraço do usuário e o sensor ótico no pulso. As duas partes foram ligadas por meio de *jumpers*, um condutor utilizado para conectar dois pontos de eletricidade. Foram utilizados três *jumpers*: um com a alimentação de energia do sensor, um com o *ground* e outro com os dados do sensor.

Foram construídos dois recipientes para acomodar as duas partes do sensor, para que os circuitos não ficassem expostos. Os dois recipientes foram construídos utilizando uma impressora 3D pertencente ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras. O projeto dos recipientes foi criado e impresso por Luciano Mendes Santos, técnico administrativo do departamento. A Figura 3.5 (a) mostra o desenho da ideia inicial do equipamento e (b) a primeira versão protótipo com o circuito já funcionando e acomodado no recipiente impresso na impressora 3D (em vermelho). Para segurar o equipamento vestível no braço foram utilizadas fitas de velcro ajustáveis (em preto) de acordo com o tamanho do braço do usuário.

Figura 3.5 – Imagens do projeto do protótipo e ele construído



(a) Desenho do protótipo inicial do equipamento vestível



(b) Primeiro protótipo do equipamento vestível

Fonte: Do autor (2020).

Nos cabos que conectam o Arduino com o sensor, foi feito revestimento para que o usuário não se preocupe em tomar choque utilizando o equipamento, além de colocar os 3 *Jumpers* em um só cabo, diminuindo a chance de que atrapalhassem o usuário a fazer movimentos.

Para verificar se o protótipo era resistente para realizar os testes de usabilidade, foi realizado um teste preliminar com um aluno de iniciação científica. O teste tinha como objetivo

verificar se os componentes do equipamento vestível poderiam se desconectar ao realizar os movimentos de corrida, e verificar se o equipamento permanecia imóvel. O teste consistiu em realizar uma corrida de intensidade mais forte, com maior velocidade, e uma caminhada. No teste da corrida mais forte foi identificado que quando o usuário começou a ficar suado, a fita com o velcro começou a escorregar no braço dele. Em ambos os testes foram verificados que os componentes permaneceram intactos. A caixa também estava segura para realizar os testes, mas havia necessidade de melhorar a forma de adaptar a fita com o velcro no braço do usuário.

Surgiu a ideia de colocar um tecido elástico embaixo da caixa do processador, para que o suor do usuário não entrasse em contato com a caixa e o equipamento começasse a escorregar. Também foram costurados pedaços de velcro no tecido para que este ficasse aderido no velcro utilizado no primeiro protótipo para segurar a caixa do processador na faixa. Como o tecido possui tamanho fixo e ele não é elástico o suficiente para caber em todos usuários, foi necessário criar três tamanhos de tecido para adaptar ao tamanho do braço do usuário. O tecido auxiliou para melhorar os aspectos higienicos do equipamento, pois como o tecido é removido do equipamento, é possível lavar sem danificá-lo.

Após feitas as melhorias, foi realizado o mesmo teste preliminar para verificar se elas realmente contribuíram para que o equipamento não ficasse escorregando com o suor do usuário. Os testes tiveram resultado positivo, permitindo que esse segundo protótipo estivesse apto para realizar os testes de usabilidade com os usuários. A Figura 3.6 apresenta como o segundo protótipo ficou ao final da implementação das melhorias.

3.3.2 Desenvolvimento do software de leitura dos batimentos e conexão com o *smartphone*

Para desenvolvimento do código responsável por tratar o sinal obtido do sensor e enviar para a placa *bluetooth*, foi utilizada a IDE (*Integrated Development Environment*) nativa do Arduino. Para montar o circuito com as placas, foi utilizado o *software* Fritizing¹¹, que possibilita testar sem precisar reproduzir com os componentes físicos.

A Figura 3.7 apresenta um diagrama representando a arquitetura do sistema vestível. O sistema possui dois módulos, o primeiro módulo contém a fonte de energia. Foi utilizada uma bateria de 9 volts, o módulo *bluetooth* e o Arduino Uno para fazer todo o processamento e comunicação entre o módulo *bluetooth* com o sensor. O segundo módulo é o responsável pelo sensor do equipamento vestível e foi utilizado no pulso do usuário. Ele foi ligado ao circuito

¹¹ <<https://fritizing.org/home/>>

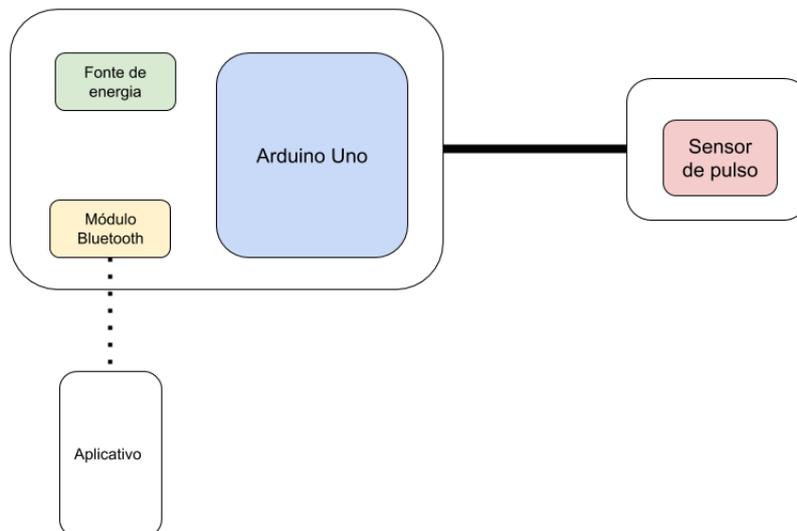
Figura 3.6 – Segundo protótipo com as correções dos testes preliminares



Fonte: Do autor(2020).

do módulo principal através de cabos. O módulo principal foi utilizado no antebraço do mesmo braço em que será medido o pulso do usuário.

Figura 3.7 – Arquitetura do sistema vestível



Fonte: Do autor (2020).

A justificativa da utilização dos módulos separados é que, se colocasse todo aparato no pulso do usuário, ele ficaria muito pesado, devido ao peso da bateria e das placas, e dificultaria a usabilidade do sistema. Colocar os dois módulos no mesmo braço diminui a quantidade de cabos que será utilizada no corpo e, conseqüentemente, melhora a usabilidade do sistema. Com essa arquitetura, foi necessário somente um cabo para ligar o sensor do pulso com o processador.

A comunicação deste equipamento com o aplicativo foi realizada via comunicação *bluetooth*, que necessitou de configuração para funcionar adequadamente. O módulo *Bluetooth Low Energy* possui um identificador chamado GATT que representa a funcionalidade na qual a placa está inserida, descoberta com o uso de um dos aplicativos de código aberto (*RunnerUp*), com UUID "0000180D-0000-1000-8000-00805f9b34fb", alterado na placa *bluetooth* para funcionamento adequado.

O circuito HM-10 possui dois UUID, o *Service UUID* e o *Characteristic UUID*. No caso o UUID que foi alterado é o *Service UUID*. Para alterar esse UUID, foi necessário conectar a placa em um computador com a IDE do Arduino. Na IDE, ao abrir o Monitor Terminal e assim foi possível executar os comandos para alterar as configurações da placa. Porém, para alterar o UUID, primeiro teve-se que colocar a placa no modo mestre, para posteriormente trocar o UUID.

3.4 Teste de usabilidade do aparato com o aplicativo

Esta seção tem como objetivo descrever como foi o processo da realização dos testes de usabilidade do equipamento vestível e os aplicativos existentes selecionados, com descrição do ambiente dos testes e instrumentos de avaliação utilizados.

3.4.1 Procedimento para testes de usabilidade

Os testes com usuários foram realizados no mês de outubro de 2019. Foram selecionados 30 participantes para avaliar a usabilidade de vestir o equipamento vestível e utilizar um dos aplicativos selecionados. Após essas tarefas, os participantes responderam um questionário e participaram de uma entrevista pós-teste.

A avaliação foi realizada em três etapas. A primeira etapa consistiu na leitura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, para que a pessoa autorizasse sua participação na pesquisa. Em seguida, cada participante preencheu um questionário demográfico.

Os dados foram escolhidos para poder fazer uma comparação da experiência do usuário e nível de educação com os erros e as dificuldades encontradas durante a realização do teste de usabilidade. Nessa etapa o usuário também recebeu um resumo de como seria o teste, para que não ficasse apreensivo/a com o que iria acontecer. Também foi alertado de que quem está sendo avaliado é o aplicativo e o dispositivo, não o usuário. Assim, ele podia usar o aplicativo sem apreensão de errar agindo o mais natural possível.

A segunda etapa consistiu em encontrar problemas de usabilidade no ato de vestir o equipamento vestível no usuário. O objetivo foi saber se o equipamento possui uma fácil instalação e identificar como poderia facilitar e agilizar o processo de vestir. Para a execução, foi dada a seguinte instrução: *"Eu como atleta desejo identificar a minha frequência cardíaca enquanto realizo uma atividade física. Para isso, irei utilizar um equipamento vestível e um aplicativo que irão realizar esse monitoramento. Para realizar a atividade, preciso vestir o equipamento e conectá-lo ao aplicativo. Após realizar a conexão com o aplicativo, preciso configurar o sensor de maneira que eu me sinta confortável ao utilizá-lo no aplicativo. Com o aplicativo e o equipamento devidamente configurados, posso realizar minha atividade física. Irei correr/andar em um elíptico por 5 minutos. Ao final do exercício, vou remover o sistema vestível e analisar os dados obtidos no aplicativo."*

Como o equipamento desenvolvido tem como objetivo monitorar os batimentos cardíacos, foi utilizada uma atividade física para fazer o equipamento vestível identificar as mudanças do ritmo de batimento cardíaco. Com a disponibilidade de um elíptico no laboratório, tomou-se como base a referência do teste de Cooper (1968) com corrida de 12 minutos, e considerando que a exigência física do elíptico é maior, adotou-se a referência de 5 minutos, para evitar sobrecarga nos participantes e riscos de saúde. A avaliação não visa medir a performance do usuário no teste, mas coletar batimentos cardíacos para avaliar a usabilidade do aplicativo.

A terceira etapa teve como objetivo realizar a avaliação de usabilidade do aplicativo e do equipamento vestível através de um questionário de aceitação e usabilidade e uma entrevista estruturada com quatro perguntas. Ao final da corrida, o participante teve um tempo para descansar e tirar o equipamento. Tanto o procedimento de vestir quanto de retirar e o uso do aplicativo teve a utilização do protocolo *Think Aloud* para identificar quais são as intenções de ações que o usuário irá realizar. O método *Think Aloud* é utilizado para que o usuário consiga descrever suas atividades para que os pesquisadores possam analisar melhor seu processo cognitivo (SOMEREN; BARNARD; SANDBERG, 1994). Quando o participante se sentiu apto

a continuar com a avaliação, ele respondeu o questionário de aceitação e usabilidade e uma entrevista estruturada.

Os questionários de aceitação foram baseados no mapeamento sistemático apresentado o Apêndice 2.4.1.

A entrevista teve como objetivo obter mais detalhes sobre as dificuldades que o usuário teve, identificando quais os pontos mais afetaram seu teste.

3.4.2 Equipamentos e materiais

Os equipamentos utilizados para a avaliação foram equipamentos de gravação (duas câmeras de vídeo e celular para gravação do áudio), um Elíptico Magnético Weslo Momentum 2100, uma *webcam* e o celular Motorola Z2 Play para utilizar o aplicativo. A primeira câmera, de modelo Panasonic SDR-S15, foi utilizada para gravar todas as etapas da avaliação de usabilidade, desde a vestimenta do equipamento, o exercício físico e a remoção do equipamento vestível. A segunda câmera, de modelo Canon Sx520hs, foi utilizada somente no exercício para poder gravá-lo em dois ângulos diferentes. As câmeras foram posicionadas do mesmo lado da esteira, do lado do braço em que o usuário estava utilizando o sistema. Uma das câmeras foi posicionada no canto posterior da esteira, com o intuito de gravar além do funcionamento do sistema, as reações que o usuário poderia apresentar. A outra câmera foi posicionada no canto da parte de trás da esteira, buscando outro ângulo para visualizar melhor a utilização do sistema vestível. O gravador de áudio foi utilizado para gravar as respostas da entrevista. Também foi utilizado um ventilador pequeno, de uso caseiro para que o usuário se sentisse mais confortável na sala e na avaliação.

Para realizar a avaliação também foi necessária uma sala com espaço suficiente para criar a configuração desejada com os equipamentos ditos anteriormente, e um lugar confortável para que se possa realizar a entrevista e os questionários. A avaliação foi realizada na sala de avaliação de usabilidade do grupo de estudos ALCANCE da Universidade Federal de Lavras, localizada no Departamento de Ciência da Computação. A sala só possui visibilidade externa pela porta principal e uma janela alta. Assim, o usuário não teria preocupação em fazer a avaliação com receio de pessoas ficarem passando no corredor e assistirem o teste. A privacidade do usuário foi garantida para que não impactasse a avaliação.

Além dos equipamentos para a realização e a gravação das avaliações, também foram necessários os dispositivos para o desenvolvimento do equipamento vestível e o aplicativo.

3.5 Procedimento para análise dos testes de usabilidade

Após a realização das entrevistas e com os dados coletados, foi realizada a análise de conteúdo das gravações. Como ocorreram três formas de coleta de dados, esses dados foram agrupados conforme a avaliação e analisadas de forma conjunta.

A primeira análise foi realizada nos vídeos gravados. Foram gravados sete vídeos de cada participante, um para verificar como o usuário colocou o equipamento vestível no braço, três para verificar como o usuário realizou a conexão do aplicativo com o equipamento vestível (de diferentes câmeras), dois para a atividade física, e três para terminar a atividade e encontrar os resultados. O vídeo da primeira atividade foi filmado com uma câmera filmando o usuário de frente. Os vídeos da segunda e da quarta atividade foram utilizados um aparato com uma webcam para gravar o uso dos dedos do usuário no aplicativo, uma gravação de tela de uma câmera na lateral para gravar o usuário mexendo e identificar possíveis emoções, através de reações das pessoas ou falas. A terceira atividade foi gravada com duas câmeras em ângulos cruzados para que possa gravar a atividade física e o uso do equipamento vestível.

Para a realização das análises dos vídeos, foi elaborada uma planilha para guardar os problemas encontrados. A planilha contém um código para cada problema, o nome do arquivo analisado, o tempo do vídeo, o código do participante, o código da atividade que foi encontrado, se o problema foi encontrado pelo pesquisador ou usuário, categoria, subcategoria, grau de severidade, o aplicativo utilizado, descrição do problema, descrição técnica do problema. Essas informações são necessárias para poder rastrear o problema caso fosse necessário voltar ao vídeo e fazer uma nova análise. Assim, todos os vídeos foram vistos e os problemas encontrados eram anotados na planilha. Foi tomado o cuidado para que o mesmo problema não fosse anotado duas vezes, devido à utilização de ângulos diferentes na mesma atividade. Os campos de categoria e subcategoria foram preenchidos seguindo a categorização apresentada por Petrie e Power (2012). A Tabela 3.1 apresenta o esquema de categorização utilizado, com adaptações feitas à medida em que eram encontrados problemas que não pertenciam às categorias existentes, ou a não utilização de subcategorias de problemas que não ocorreram nos testes. As categorias dos problemas que foram encontrados neste trabalho estão descritas no Capítulo 4.

A planilha também foi utilizada na análise do áudio. A análise dos áudios auxiliou a identificar quando algum usuário reportava um problema, que era anotado na planilha porém o código da atividade era diferente das reportadas anteriormente. Também foram criados docu-

mentos de texto para descrever em tópicos o que foi respondido, identificando primeiro o que foi respondidos em cada uma das perguntas. A divisão em tópicos teve o objetivo de identificar se diferentes usuários tem a mesma opinião em certos assuntos.

A análise visou identificar quais foram as dificuldades obtidas e relatadas pelos participantes. Os resultados obtidos são qualitativos e visam identificar pontos que se repetem nas entrevistas. A análise teve por objetivo identificar se os problemas encontrados são mais presentes na instalação ou no uso do equipamento.

A análise do questionário demográfico consistiu em agrupar os dados para obter uma análise quantitativa das características dos participantes. Assim, foi possível identificar algumas características que estão relacionadas com certos tipos de problemas. O agrupamento foi realizado em uma planilha, na qual todas as respostas do questionário demográfico foram gravadas.

O questionário de aceitação foi respondido em uma escala de 5 pontos seguindo a escala *Likert*. Assim, isso possibilitou ter uma análise quantitativa da pontuação obtida em cada questão, e com isso, é possível identificar quais pontos levaram à aceitação ou não dos aplicativos utilizados nesse trabalho. Também foi criada uma planilha para guardar os resultados dos questionários e facilitar os cálculos.

Com os dados obtidos e a análise de cada avaliação feita, buscou-se realizar um estudo para identificar cruzamento de dados e verificar se existe alguma relação entre as características do participante com os problemas encontrados, e verificar quais tipos de participantes obtiveram maior dificuldade para usar o sistema e qual foi o motivo da dificuldade.

3.6 Instrumentos para análise de usabilidade

Os instrumentos que foram utilizados para obter os dados referentes aos testes foram: um questionário com dados demográficos para saber quais são as características dos participantes, um questionário contendo perguntas sobre a aceitação do sistema e uma entrevista para encontrar problemas de usabilidade do sistema, além dos vídeos e áudios citados anteriormente.

O questionário demográfico foi utilizado para identificar características do usuário. Os dados solicitados pelo questionário foram:

- Sexo do participante;

Tabela 3.1 – Categorias e subcategorias de problemas adaptada de Petrie e Power (2012)

	Categorias			
	Apresentação física	Conteúdo	Arquitetura da informação	Interatividade
Subcategorias	<ul style="list-style-type: none"> - Olhar e sentir que não está consistente - Listagem de aparelhos - Conforto - Apresentação de dados - Facilidade de instalação - Apresentação de dados - Facilidade de uso - Layout da página não está clara ou ela está confusa - A página não foi renderizada corretamente - Formato do equipamento - Instruções físicas - Problemas de tempo 	<ul style="list-style-type: none"> - Conteúdo impróprio ou não relevante - Conteúdo não está claro o suficiente - Conteúdo não está detalhado o suficiente - Conteúdo duplicado ou contraditório - Perda de conteúdo - Muito conteúdo 	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiguidade - Conteúdo não está na ordem apropriada - Nova funcionalidade - Estrutura não está clara o suficiente 	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar erros - Mensagens de erro não ajudam - Campos e seus formatos não estão claros - Interação não realizada como esperada - Funcionalidade de interação esperada não acontece - Labels/ Instruções/ Ícones em elementos interativos não está claro - Falta de feedback - Falta de informação de como proceder e o porque das ações acontecerem - Muitas opções

Fonte: Do autor (2020).

- Idade;
- Tipo de atividade física que o usuário pratica;
- Se o usuário possui lesão;
- Qual tipo de lesão;
- Qual a frequência que o usuário pratica a atividade física;
- Quanto tempo o usuário pratica a atividade física;
- Se já usou algum equipamento vestível;
- Qual equipamento vestível o usuário já utilizou;

- Nível de experiência com equipamentos vestíveis;
- Se já utilizou aplicativo de monitoramento de atividades físicas;
- Qual o nível de experiência com aplicativos de monitoramento de atividades físicas;
- Se já participou de testes de usabilidade e qual a quantidade de vezes;
- Nível educacional;

O questionário sobre a aceitação dos sistemas foi desenvolvido tomando como base o uso do TAM (*Technology Acceptance Model*) (DAVIS, 1985). Segundo os estudos prévios apresentados no Apêndice 2.4.1, foi identificado que o TAM é um dos modelos mais utilizados em avaliações de aceitação de sistemas vestíveis para a saúde. O uso do TAM para avaliar o aplicativo é devido ao fato que a maioria dos estudos encontrados nos estudos prévios possuíam alguma interface em forma de *software* em um *smartphone* ou em algum computador. A seguir são apresentadas as perguntas que estão presentes nos estudos encontrados pelo mapeamento, concentrando nos tópicos "Utilidade percebida" (*Perceived usefulness*) e "Facilidade no uso percebida" (*Perceived ease-of-use*) e que compõem o questionário utilizado. Para cada afirmação, os usuários deveriam apontar o nível de concordância em uma escala variando de 1 - Discordo plenamente a 5 - Concordo plenamente.

- No geral, eu estava satisfeito com o aplicativo de monitoramento de atividades
- No geral, o aplicativo foi fácil de se utilizar
- No geral, o equipamento vestível foi de fácil instalação
- Eu achei o aplicativo de monitoramento de atividades claro e compreensível de usar
- A configuração com o equipamento vestível foi clara e compreensível
- Eu localizei a configuração dos sensores facilmente
- Eu não tive problemas em encontrar os resultados da minha atividade
- Os resultados da atividade são simples e de fácil compreensão
- Eu usaria o aplicativo nas minhas atividades físicas
- Eu indicaria o aplicativo para amigos

- Eu acho que a interface foi confortável e intuitiva para realizar a tarefa
- Eu acho que o aplicativo possui uma utilidade na minha vida
- Eu acho que o aplicativo pode me incentivar a realizar mais atividades físicas
- No geral, não tive problemas para finalizar a tarefa
- Eu me senti confortável utilizando o aplicativo acoplado ao sistema vestível

A entrevista foi realizada com perguntas abertas respondidas oralmente pelo participante. O objetivo da entrevista é tentar fazer com que o participante consiga compartilhar como foi a experiência utilizando o equipamento. As perguntas contêm aspectos para identificar quais foram os sentimentos de cada participante, e onde ele identificou dificuldades na utilização do equipamento. Assim, as perguntas foram criadas pelos pesquisadores com base nos estudos anteriores. A entrevista estruturada contou com as seguintes questões:

- Quais foram os principais aspectos positivos encontrados na realização da conexão do equipamento vestível e o aplicativo?
- Quais foram os principais aspectos negativos encontrados na realização da conexão do equipamento vestível e o aplicativo?
- Quais foram as maiores dificuldades encontradas para terminar a atividade?
- Como foi sua experiência em utilizar o aplicativo com equipamento vestível?

3.7 Participantes dos testes de usabilidade

Os participantes foram pessoas que praticavam atividade física com uma frequência de pelo menos 3 vezes na semana e com a faixa de idade de 18 a 35 anos, e que haviam praticado atividades físicas, com regularidade, por pelo menos 3 meses antes antecedência da data da avaliação. O objetivo foi ter participantes com menor risco de lesões, para que eles pudessem executar a tarefa de maneira segura, e conseguir finalizar a avaliação. Também foi verificado se o participante possuía um histórico de lesões, e se isso poderia influenciar no andamento da avaliação. Candidatos com lesões que pudessem interferir na avaliação não puderam participar. Essa medida foi necessária para que os todos os usuários estivessem em igualdade de condições.

Foram selecionados 10 participantes para cada um dos três aplicativos existentes selecionados. O total de participantes utilizados foi de 30 pessoas, sendo 15 mulheres e 15 homens, distribuídos igualmente para cada aplicativo, ou seja 5 mulheres e 5 homens em cada aplicativo. Após selecionados os 30 participantes, eles foram sorteados aleatoriamente para cada aplicativo que realizaram a avaliação, foi separados os usuários por sexo e assim realizado o sorteio, para que fossem sorteados precisamente 5 participantes de cada sexo para cada aplicativo.

3.8 Construção de aplicativo para prova de conceito

Após a coleta e análise dos dados obtidos pelos testes com usuários, foram definidas heurísticas para desenvolvimento de aplicativos acopláveis a equipamentos vestíveis para saúde que complementem as já existentes e identificadas as boas práticas, conforme descrito na seção anterior. Para construir uma prova de conceito, foi desenvolvido um novo aplicativo para o sistema operacional Android. As propostas de boas práticas identificadas na literatura e o *feedback* recebido nos testes com usuários, foram utilizados para auxiliar no design da interface do aplicativo. O aplicativo é *Open Source*, e está disponível no Github do autor deste trabalho¹².

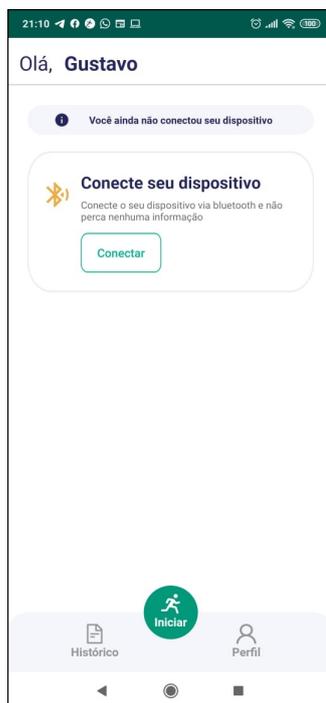
As funcionalidades desenvolvidas foram as encontradas em comum nos aplicativos testados. Foi desenvolvida uma interface para a conexão com o sensor, uma tela com os dados retirados do sensor, uma tela com o histórico de atividades e uma tela com os dados do usuário, tais como nome, idade, altura e peso.

Para o desenvolvimento do novo protótipo, foi passado um caso de uso contendo as principais telas e atributos para um especialista em UX/UI. O *designer* foi Thiago Marques, que possui graduação em Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Lavras, com especialização em andamento em Design de Interação pelo Instituto de Gestão e Tecnologia da Informação. Trabalha com Design de produtos digitais, UX e usabilidade há 5 anos e, atualmente, é responsável pela experiência dos usuários em uma plataforma de marketing digital mundialmente utilizada. A Figura 3.8 representa uma captura da tela principal do aplicativo criado para a prova de conceito. A tela principal contém uma opção para conectar o dispositivo caso ele não esteja conectado, a opção de iniciar a atividade, além das opções de acessar o menu histórico e do perfil.

O protótipo foi desenvolvido para o pesquisador desse trabalho utilizando a linguagem Kotlin, sendo desenvolvido somente para Android. Algumas funcionalidades foram removidas

¹² <https://github.com/gudominguete/ufla_tracker>

Figura 3.8 – Captura de tela do aplicativo desenvolvido para a prova de conceito.



Fonte: Do autor (2020).

do protótipo enviado pelo especialista pois não agregariam ao teste, como no caso da distância percorrida pelo usuário, uma vez que o usuário realizou a atividade física em um elíptico. Foi escolhido o elíptico, pois um dos membros da pesquisa já possuía o aparelho.

Para avaliar se o aplicativo obteve melhores resultados que os obtidos com os usuários, foram realizadas três rodadas avaliações heurística com especialistas. Elas ocorreram de forma remota devido a pandemia do COVID-19. As avaliações tiveram dois objetivos. O primeiro foi verificar se as heurísticas propostas no presente trabalho conseguem identificar problemas baseados em sua descrição. O segundo objetivo foi verificar se a descrição das heurísticas estavam bem escritas e conseguiam auxiliar os desenvolvedores a entender e corrigir os erros. Assim, a utilização de três avaliações heurísticas teve o intuito de verificar as correções de problemas

As duas primeiras avaliações contaram com quatro avaliadores, sendo dois professores do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras que realizam pesquisas na área de Interação Humano-Computador, um bacharel em Ciência da Computação que realizou pesquisas em sua graduação, e uma aluna do curso de bacharelado em Sistema de Informação, bolsista de iniciação científica na área de Interação Humano-Computador. O bacharel em ciência da computação ficou responsável por ser o piloto da avaliação, pois ele estava

de porte do equipamento vestível e o aplicativo configurado no celular. A decisão de manter o equipamento vestível com o bacharel teve como justificativa a não participação da equipe que desenvolveu o aplicativo na avaliação para que não haja possibilidades de interferências no fluxo da avaliação. Todos os participantes tinham experiência com realização de avaliações heurísticas e de condução de testes de usabilidade em diferentes contextos.

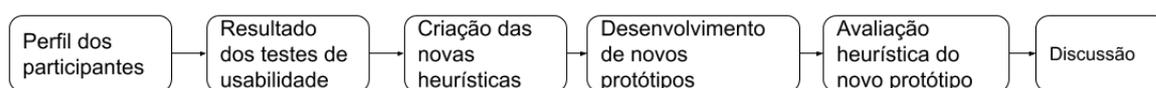
Na terceira rodada de avaliações, houve uma troca de participantes e a inserção de mais um avaliador na terceira avaliação. Essa troca teve como objetivo criar diferentes visões sobre o aplicativo e evitar a criação de vícios dos avaliadores no aplicativo e não enxergar os possíveis problemas. A troca em questão foi na remoção da aluna de bacharelado em Sistemas de Informação e a inserção de mais uma professora do Departamento de Ciência da Computação que possui pesquisas na área de Interação Humano-Computador. O outro avaliador que auxiliou na terceira avaliação foi um aluno de Mestrado em Ciência da Computação com área de pesquisa em Interação Humano-Computador. Os novos participantes também tinham experiência com avaliações heurísticas e condução de testes de usabilidade com usuários.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo aborda os resultados obtidos nos testes com usuários de aplicativos de monitoramento de atividade física existentes e as 3 rodadas de avaliações heurísticas utilizando as heurísticas propostas após a avaliação com os usuários. Também são apresentadas discussões sobre os resultados.

A Figura 4.1 representa o fluxo no qual são apresentados os resultados obtidos nessa pesquisa. A Seção 4.1 apresenta o perfil dos participantes, seguido dos resultados dos testes de usabilidade com usuários na Seção 4.2. A Seção 4.3 apresenta o resultado da proposta das novas heurísticas. Na Seção 4.4, é apresentado o desenvolvimento do novo protótipo de aplicativo. A Seção 4.5 abordada as avaliações heurísticas no novo protótipo.

Figura 4.1 – Fluxograma da organização dos resultados obtidos na pesquisa



Fonte: Do autor (2020).

4.1 Características dos participantes dos testes de usabilidade de aplicativos existentes

A primeira etapa da avaliação com usuários foi selecionar os participantes para realizarem a avaliação de usabilidade dos aplicativos escolhidos e do equipamento desenvolvido. Foram selecionados 30 participantes, sendo 15 homens e 15 mulheres, com idade entre 18 e 35 anos, considerando as restrições de que eles não poderiam possuir lesões nos membros inferiores, deveriam praticar atividades físicas pelo menos 3 vezes por semana e com regularidade em pelo 3 meses seguidos no período anterior ao teste.

Os participantes foram convidados pelo pesquisador dentro de seu círculo de convívio. Todos foram abordados pelo pesquisador pessoalmente ou por mensagem de texto de forma privada. Os horários foram marcados de acordo com a disponibilidade do pesquisador e do participante, dando preferência ao horário que o participante preferisse. Também foram tomadas precauções para que os participantes não se encontrassem quando havia dois testes em horários consecutivos, para respeitar a privacidade dos participantes e para que os participantes não conversassem sobre o teste e influenciasse na opinião a respeito do aplicativo testado.

Os perfis foram selecionados de acordo com os usuários que se enquadravam dentro dos critérios de inclusão e exclusão citados anteriormente. A faixa etária foi critério somente para

se enquadrar nas restrições da pesquisa, dentro da faixa estabelecida não teve preferência de idade. A média de idade de todos os participantes foi de 25,3 anos e a mediana foi de 24,5 anos. Como os aplicativos que os usuários avaliaram foram escolhidos de forma randômica, a média e a mediana de idade do grupo de usuários de cada aplicativo foi diferente. A média de idade do aplicativo *Sportractive* foi de 26,7 anos e a mediana foi de 27 anos. A média de idade do aplicativo *Endomondo* foi de 22,9 anos e a mediana foi de 23,5 anos. A média de idade do aplicativo *RunnerUp* foi de 26,3 anos e a mediana de 26,5 anos.

Uma das perguntas do questionário demográfico foi a escolaridade dos usuários. Como os usuários recrutados tinham idade entre 18 e 35 anos, os graus de escolaridades que tiveram mais instâncias foram realizando o ensino superior ou formado, com 19 usuários, e pós-graduação com 10 usuários. Também houve 1 usuário com a escolaridade de ensino médio. A escolaridade não foi critério para seleção dos participantes e como a distribuição foi randômica, não houve impactos da escolaridade no resultado da pesquisa, devido não encontrar correlação entre escolaridade e completude de tarefas.

Alguns dos usuários possuíam experiência no uso de aplicativos de monitoramento de atividade física e sistemas vestíveis. Esse fator não teve influência na pesquisa devido ao fato de que o equipamento vestível foi desenvolvido na pesquisa e ninguém reportou que utilizou os aplicativos selecionados. Dos 30 usuários, somente 7 já tinham utilizado um equipamento vestível. Somente 2 pessoas das que possuem experiência classificaram sua experiência como alta, 3 classificaram como média e as outras duas como baixa. Quase metade dos usuários (14 deles) já tinha utilizado aplicativos de monitoramento de atividade física, sendo que 6 classificaram sua experiência como alta e 8 como média. A experiência prévia poderia acarretar em melhores resultados na completude das tarefas, porém não foi encontrado nenhuma correlação entre a experiência e a completude das tarefas.

4.2 Resultados dos testes de usabilidade com usuários

Os usuários realizaram 7 atividades {T1,...,T7} durante o teste de usabilidade que consistiram em:

(T1) Vestir o equipamento.

(T2) Ligar o equipamento.

(T3) Conectar o equipamento vestível com o aplicativo.

(T4) Iniciar a atividade física.

(T5) Realizar a atividade física.

(T6) Encerrar a atividade física

(T7) Encontrar os dados no aplicativo.

A análise dos testes foi realizada após a finalização dos mesmos. Inicialmente, foram analisados todos os vídeos e áudios obtidos nas avaliações e criada uma tabela para inserir os problemas identificados.

Um exemplo de parte desta tabela está representada na Tabela 4.1, contendo dois problemas identificados no aplicativo *RunnerUp* (linha 9). Neste exemplo, os códigos de problema foram 1 e 8 (linha 1), ambos do mesmo usuário de código RH05 (linha 3).

Cada problema aconteceu em uma atividade diferente. O problema de código 1 aconteceu na atividade T3 e o de código 8 na atividade T6 (linha 4). Os problemas foram categorizados em categorias e subcategorias diferentes (linha 6).

A coluna tipo de problema (linha 5) registra como foi identificado o problema, se ele foi uma constatação do usuário, ou seja, se em algum dos vídeos ou do áudio o usuário relata o problema. O outro tipo de problema é quando o pesquisador identifica que o usuário está cometendo algum erro na realização da atividade. Assim, os valores das colunas foram "*Pesquisador*" e "*Usuário*".

A categorização dos problemas (linhas 6 e 7) foi baseada no trabalho apresentado por Petrie e Power (2012), que utilizou quatro categorias e trinta e quatro subcategorias. As categorias são: (1) Apresentação física (*Physical presentation*); (2) Conteúdo (*Content*); (3) Arquitetura da informação (*Information architecture*) e (4) Interatividade (*Interactivity*). A categoria "*Apresentação física*" possui 7 subcategorias, a "*Conteúdo*" possui 6, a "*Arquitetura de informação*" possui 5 e a "*Interatividade*" possui 16 subcategorias. Porém, nem todas as subcategorias foram utilizadas neste trabalho. No entanto, foi necessário adicionar novas subcategorias devido ao estudo envolver o equipamento vestível, e as categorias e subcategorias apresentadas por Petrie e Power (2012) serem focadas em sistemas digitais.

O grau de severidade (coluna 9) foi atribuído seguindo o formato apresentado por Nielsen (1995), onde foi utilizada pontuação que varia de 0 a 4:

- 0 - Não é um problema;

Tabela 4.1 – Exemplo da tabela utilizada para registrar os problemas encontrados na avaliação com usuários

Código	Código 1	Código 8
Vídeo	RH05/video-config-app	RH05/video-encerrar-atividade
Código Participante	RH05	RH05
Atividade	T3	T6
Tipo de problema	Pesquisador	Pesquisador
Categoria	Information Architecture	Interactivity
Subcategoria	Structure not clear enough	Interaction not as expected
Severidade	2	4
App	Runnerup	Runnerup
Descrição pelo usuário	Conectar o sensor pelo bluetooth nativo do android	O usuário pensou que o gráfico dos batimentos cardíacos era clicável
Descrição técnica	A conexão deve ser feita dentro do aplicativo sem a necessidade de parear previamente	O aplicativo não guardou os dados do batimento cardíaco durante o teste, assim o usuário clicou no gráfico querendo procurá-los
Código Problema único	R1	R7

Fonte: Do autor (2020).

- 1 - O problema é cosmético;
- 2 - Problema de usabilidade pequeno;
- 3 - Problema de usabilidade grande;
- 4 - Problema de usabilidade catastrófico;

O grau de severidade serve para identificar qual o nível de necessidade de correções de interface. Os problemas de grau 0 são problemas que na opinião dos avaliadores não impactam na experiência do usuário. Os problemas de grau 1, são problemas que não têm a necessidade de realizar a correção nos sistemas, mas seria interessante caso houvesse tempo no projeto. Para os problemas de grau 2 já seria necessária a correção, mas não com muita urgência. Para os problemas de grau 3 e 4 já são necessárias as correções, pois esses problemas impactam na usabilidade do sistema de uma maneira que possa fazer o usuário não terminar a atividade.

A descrição do problema pelo usuário (linha 11) refere-se a como o usuário encontrou o problema. Como nem todos os problemas foram encontrados pelo usuário, o campo descreve

como o usuário se deparou com o problema, ou seja, qual ação o usuário executou para chegar nele. Assim, esse campo passa a versão do usuário, e a descrição do problema técnico (coluna 12) visa utilizar essa informação e explicar tecnicamente porque a ação do usuário se tornou um problema, como, por exemplo, o usuário não conseguiu encontrar o botão de sair da tela.

O último campo da tabela foi utilizado para identificar em qual problema único a instância do problema se encaixa, e assim é possível ter uma relação de quantidade de problemas que cada problema único teve em número de instâncias. Os problemas únicos foram categorizados de acordo com o aplicativo ou se foi encontrado no equipamento vestível. Assim, os códigos seguiram os padrões de uma letra e um número, a letra representa em qual sistema ele foi encontrado, no caso, R para o aplicativo *RunnerUp*, S para o aplicativo *Sportractive*, E para o aplicativo *Endomondo* e W para o equipamento vestível (*Wearable*), e um número sequencial seguindo a ordem de qual instância foi relatada primeiro.

Com os campos preenchidos, foi possível contabilizar quais categorias e subcategorias foram mais presentes no estudo, quais problemas únicos que mais tiveram instâncias, quais deles possuem os maiores graus de severidade, entre outros dados que estão apresentados nas próximas seções.

4.2.1 Categorização dos problemas

A primeira análise das avaliações consistiu em identificar os problemas que os usuários tiveram ao utilizar o equipamento vestível e os aplicativos. Nessa análise, foram encontrados 714 instâncias de problemas de usabilidade nas 30 avaliações com usuários. Foi incluído todo tipo de problema encontrado, seja ele no equipamento vestível, nos aplicativos, identificados pelo pesquisador ou explicitamente mencionados pelo usuário.

Com os problemas identificados, foi necessário categorizá-los para entender quais tipos de problemas são mais recorrentes, e também facilitar na identificação e mapeamento de instâncias de problemas de usabilidade em problemas únicos. Os problemas únicos podem ter diferentes instâncias de ocorrências que os diferentes usuários tiveram em avaliações diferentes, porém no mesmo local do aplicativo ou equipamento e realizando uma mesma ação. Um problema único que é repetido diversas vezes por diferentes usuários mostra uma gravidade maior do que problemas únicos que apareceram poucas vezes, pois demonstra que tem maior recorrência.

As categorias utilizadas na classificação dos problemas de usabilidade encontrados nessa pesquisa foram: "*Apresentação física*", "*Arquitetura de informação*", "*Interatividade*" e "*Conteúdo*". A Tabela 4.2 apresenta o número de instâncias por categoria e o número de instâncias por aplicativo. A categoria "*Apresentação física*" teve um total de 150 problemas categorizados, um total de 21,1% dos problemas totais encontrados nas análises, e as subcategorias mais presentes foram "*Listagem de aparelhos*" e "*Formato de equipamento*", com 44 e 36 problemas respectivamente. O aplicativo que apresentou mais instâncias foi o *RunnerUp* com 66 instâncias.

Tabela 4.2 – Total de instâncias de problemas encontrados na avaliação com usuários

Categoria	Total por Categoria	Número de instâncias por aplicativo		
		RunnerUp	Endomondo	Sportractive
Conteúdo	63	36	16	11
Apresentação física	150	66	48	36
Interatividade	247	110	45	92
Arquitetura de informação	254	88	61	105

Fonte: Do autor (2020).

A categoria "*Arquitetura de informação*" foi a que apresentou maior número de problemas (254) relacionados em suas subcategorias, sendo que as duas mais presentes foram: "*Conteúdo não está na ordem apropriada*", com 49 problemas e "*Estrutura não está clara o suficiente*", com 198. Os problemas totais representam 35,5% do total de problemas encontrados. Somente a subcategoria "*Estrutura não está clara o suficiente*" possui 27,7% dos problemas encontrados. A categoria foi a que mais apresentou problemas relacionados em suas subcategorias entre todas as categorias utilizadas nesse trabalho. O aplicativo com o maior número de instâncias foi o *Sportractive* com 105 instâncias.

A categoria "*Interatividade*" foi a responsável pela segunda maior categoria com problemas relacionados com suas subcategorias com um total de 247 problemas, representando 34,6% do total de problemas. As subcategorias que mais apresentaram instâncias foram a "*Interação não realizada como esperada*" e "*Falta de informação de como proceder e o porque das ações acontecerem*" com 48 e 54 cada. Porém, diferente da categoria "*Arquitetura de informação*", não teve uma subcategoria com o índice de instâncias maior que as demais subcategorias da mesma categoria. Além das duas citadas, a categoria possui mais 3 subcategorias com o índice de instâncias próxima das mais altas. O aplicativo com o maior número de instâncias foi o *RunnerUp* com 110 instâncias.

A última categoria, "*Conteúdo*", foi a categoria menos presente entre os problemas, com um total de 63 problemas relacionados em suas subcategorias, representando um total de 8,8% dos problemas encontrados. Somente a "*Conteúdo não está claro o suficiente*" teve votos muito acima que as demais (com 36 casos), representando mais da metade dos casos da categoria. O aplicativo com maior número de instâncias foi o *RunnerUp* com 110 instâncias.

Após o modelo de categorização estar completo e já agrupado com os resultados, é possível identificar quais categorias e subcategorias foram mais impactantes na experiência do usuário. A análise dos dados foi realizada baseada no número de instâncias das subcategorias e da média do grau de severidade de cada uma. Um grande número de instâncias mostra que a subcategoria do problema é recorrente nos aplicativos, mas não necessariamente uma subcategoria que é crítica e não deixa o usuário completar sua atividade.

A média do grau de severidade deve ser medida juntamente com o número de instâncias. Uma subcategoria com um alto grau de severidade porém com poucas instâncias, não representa necessariamente uma categoria problemática e que atrapalharia a experiência do usuário na utilização dos aplicativos. Assim como uma subcategoria com um alto número de instâncias, porém com um grau de severidade mais baixo, não significa que a categoria não é problemática e não merece atenção. Só é possível afirmar que a subcategoria não é problemática se apresentar poucas instâncias e com grau de severidade baixa, representando que é uma subcategoria que nos aplicativos ela não teve impacto negativo. Porém, subcategorias que apresentam um alto índice de instâncias com a média do grau de severidade alta, é muito preocupante, pois é um erro comum que impossibilita o usuário de terminar a sua atividade.

A seguir é realizada uma análise das subcategorias com maior índices de instâncias e com maior grau de severidade, separada por categorias. Também são apresentados um exemplo de cada categoria em um dos aplicativos utilizados. Os exemplos foram escolhidos seguindo o maior número de instâncias das subcategorias, e foi utilizado o aplicativo que mais teve instâncias na subcategoria selecionada.

4.2.2 Problemas de Apresentação física

A categoria "Apresentação física" representa problemas que atrapalham a visualização e utilização do *layout* do aplicativo ou equipamento vestível, como por exemplo, uma tela do aplicativo que não foi carregada corretamente, ou o formato do equipamento é difícil de utilizar. A categoria possui 11 subcategorias, sendo elas representadas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Subcategorias da categoria apresentação física e os dados encontrados na avaliação com usuários

Subcategoria	Grau de severidade		Instâncias - # (%)			
	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	Total	RunnerUp	Endomondo	Sportractive
Olhar e sentir que não está consistente	3,67	4,0	3	3 (4,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Listagem de aparelhos	3,66	4,0	44	14 (21%)	16 (33,3%)	14 (39%)
Conforto	1,33	1,0	3	3 (4,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Apresentação de dados	2,00	2,0	1	1 (1,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Facilidade de instalação	2,44	2,0	25	11 (16,7%)	10 (20,8%)	4 (11%)
Facilidade de uso	4,00	4,0	2	2 (3%)	0 (0%)	0 (0%)
Formato do equipamento	2,56	2,0	36	9 (13,7%)	15 (31,3%)	12 (33%)
A página não foi renderizada corretamente	4,00	4,0	3	3 (4,5%)	0 (0%)	0 (0%)
Layout da página não está clara ou está confusa	2,67	3,0	15	15 (22,8%)	0 (0%)	0 (0%)
Instruções físicas	2,38	2,0	16	3 (4,5%)	7 (14,6%)	6 (17%)
Problemas de tempo	2,00	2,0	2	2 (1,5%)	0 (0%)	0 (0%)

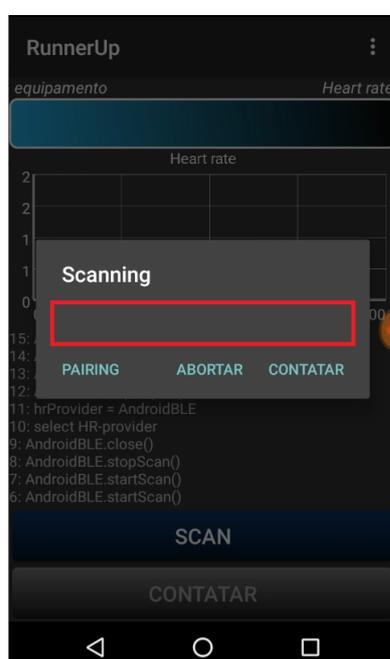
Fonte: Do autor (2020).

A Tabela 4.3 apresenta a média e a mediana do grau de severidade dos problemas encontrados em cada subcategoria, o número de instâncias (#) junto com a porcentagem de cada aplicativo (%). As duas categorias com mais instâncias foram a "Listagem de aparelhos" e o "Formato do equipamento". As subcategorias que mais tiveram instâncias para o aplicativo *RunnerUp* foram a "Layout da página não está clara ou está confusa" e "Listagem de aparelhos", as do *Endomondo* e do *Sportractive* foram a "Formato de equipamento" e "Listagem de aparelhos".

A subcategoria "Listagem de aparelhos" teve muitas instâncias devido ao equipamento vestível não estar sendo exibido na listagem de aparelhos para se conectar do aplicativo. Esse é um problema extremamente grave, pois inviabiliza o usuário a terminar a atividade, uma vez que não foi encontrado o aparelho para conectar e prosseguir com a atividade. Alguns usuários

chegaram a tentar conectar o equipamento pela tela padrão de conexão do Android, porém por se tratar do BLE, a conexão é feita diretamente no aplicativo evitando a tela de conexão com senha. A média do grau de severidade da subcategoria foi aproximadamente 3,66, o que configura em problema catastrófico na escala de Nielsen. A mediana teve como resultado 4,00, o que sugere que foram obtidas mais instâncias com grau de severidade superior que a média, no caso, com grau máximo de severidade, a catastrófica.

Figura 4.2 – Captura de tela do aplicativo *RunnerUp* com problema de listagem de equipamentos vestíveis



Fonte: Do autor (2020).

A Figura 4.2 apresenta uma captura de tela do aplicativo *RunnerUp* na tela de conexão de monitores de atividade física utilizando o BLE. A tela possui diversos erros de usabilidade, como não aparentar que o *Dialog* cinza é uma listagem de dispositivos. O lugar onde os equipamentos eram para estar listados está marcado por um retângulo vermelho. Uma vez que não possui dispositivos na listagem, a tela fica vazia sem nenhum aviso de dispositivos não encontrados. O problema pode ter sido gerado no aplicativo ou no equipamento, não sendo possível afirmar a fonte. Para esse tipo de problema, o aplicativo deveria indicar que não foi encontrado nenhum aparelho e apresentar dicas de como o usuário poderia tentar se recuperar do problema.

A segunda subcategoria com mais instâncias nas avaliações com o usuário foi o formato do equipamento vestível com 36 instâncias, uma média do grau de severidade de aproximadamente 2,56 e a mediana obteve 2,00. A avaliação da média e mediana sugere que a subcategoria não teve um impacto negativo muito forte, se enquadrando como problema pequeno. Os pro-

blemas encontrados nessa categoria se referiam ao tamanho do equipamento vestível ser muito grande e largo. Para um monitor de atividade física, o formato de equipamento deve ser pequeno para caber no pulso do usuário e não atrapalhá-lo enquanto realiza a atividade física. O equipamento vestível desenvolvido na pesquisa é um protótipo de monitor de atividade física, onde os recursos são mais escassos e tem como objetivo verificar o funcionamento do equipamento. Para realizar o processamento dos sinais de batimento cardíaco, foi utilizada uma placa Arduino Uno, que possui dimensões grandes para se utilizar no braço.

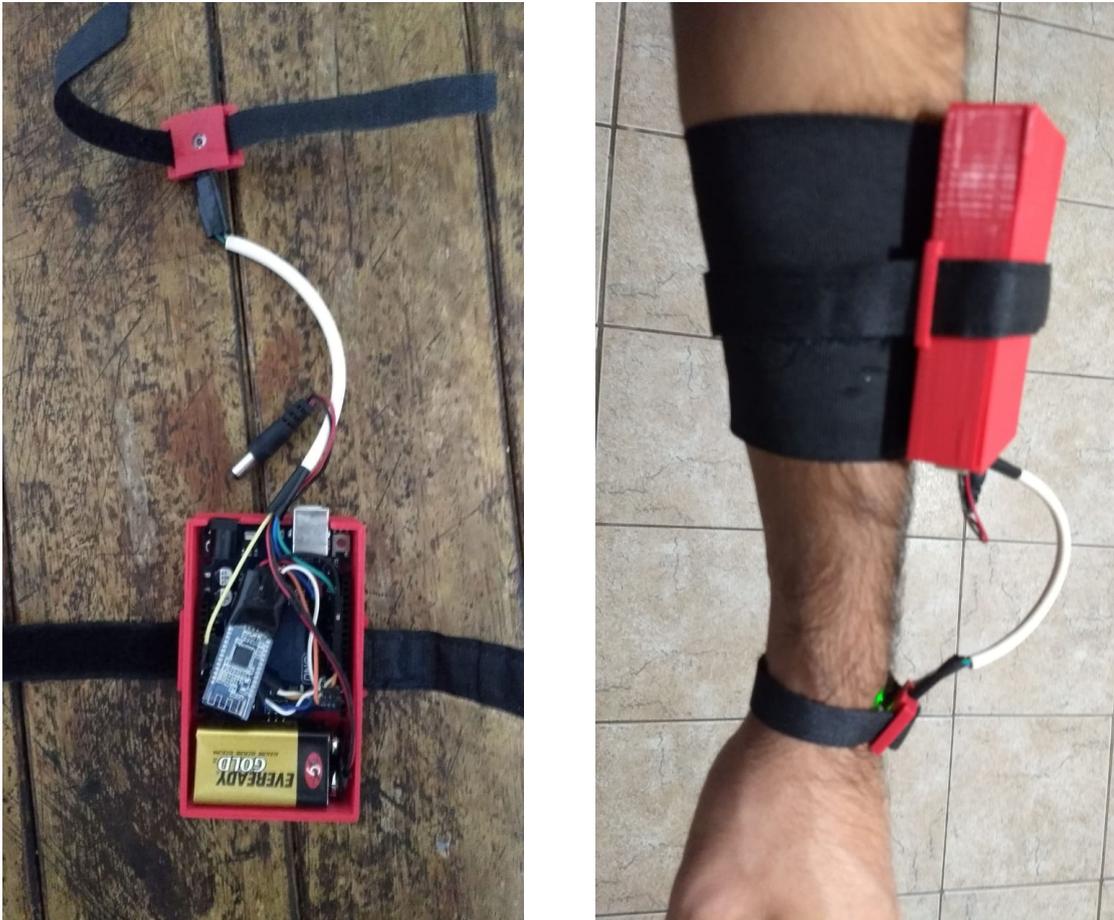
Outro problema encontrado no equipamento vestível foi o peso. Os monitores de batimentos cardíacos utilizados em atividades físicas rotineiras devem possuir o menor peso possível para que o usuário se sinta confortável e não o atrapalhe a realizar a atividade. Foi utilizada uma bateria de 9V como fonte de energia do equipamento vestível. A bateria é pesada, com 110 gramas, e larga para ser utilizada no braço, porém foi escolhida devido ao kit comprado com o Arduino Uno já possuir um adaptador da bateria. Assim, alguns usuários não gostaram do formato, ou citaram reduzir o peso e o formato como forma de melhoria do equipamento. Como o formato do equipamento não impediu os usuários de terminarem a atividade, seu grau de severidade não foi muito alto, porém preocupante.

Alguns problemas que possuíram um grau de severidade mais alto foram problemas relacionados ao formato do cabo de energia. Ele não é intuitivo para a sua funcionalidade de ligar o equipamento. Assim, alguns usuários ficavam perdidos e demoravam entender como ligar o equipamento, atrapalhando a experiência do usuário. A Figura 4.3 (a) demonstra o circuito do equipamento vestível utilizado juntamente com a bateria.

Uma categoria similar à subcategoria *Formato do equipamento* é a *Facilidade de instalação*. Problemas de facilidade de instalação referem-se aos problemas nos quais os usuários tiveram para equipar o equipamento vestível, pois a pulseira não foi fácil de vestir. A Figura 4.3 (b) apresenta a pulseira do sensor do equipamento vestível. O equipamento vestível possuía problemas para fechar com uma só mão. Por ser uma pulseira de velcro, os usuários tiveram dificuldade de fechar e deixá-la apertada o suficiente no pulso, pois a mesma ficava com um pouco de folga.

Outra categoria relacionada aos equipamentos físicos é a subcategoria *"Instruções físicas"*. A subcategoria se remete a problemas em que o usuário teve dificuldades de utilizar o equipamento vestível devido ao fato de não ter instruções físicas no equipamento, como a direção em que o equipamento vestível deve ser utilizado. Muitos usuários tiveram dificuldade

Figura 4.3 – Circuito e pulseira do equipamento vestível



(a) Circuito do equipamento vestível

(b) Pulseira do equipamento vestível

Fonte: Do autor (2020).

em vestir o equipamento vestível pois não sabiam o lado que teriam que vestir. Como o equipamento é uma caixa vermelha sem indicação de direção, os usuários se sentiam perdidos, até perceber que o sensor era para ser colocado no pulso.

A categoria teve duas subcategorias que possuíam grau de severidade máxima, elas são a "Página não foi carregada corretamente" e "Facilidade de uso". A subcategoria "Olhar e sentir inconsistente" também teve um grau de severidade mais alto. Porém, as três categorias tiveram poucos problemas relatados. Assim, não é possível afirmar que elas são categorias que deveriam ter um foco maior nas correções dos aplicativos.

4.2.3 Problemas de Arquitetura da informação

A categoria "Arquitetura da informação" representa os problemas que surgiram relacionados à exibição do conteúdo nos aplicativos ou do equipamento, como a ordem das informa-

ções e interatividade não estarem na ordem correta. A categoria possui 4 subcategorias, elas estão apresentadas na Tabela 4.4.

O número de instâncias de cada subcategoria está representada na Tabela 4.4, junto com a média, mediana e o número de instância daquela categoria em cada aplicativo com a porcentagem relativa ao total de instâncias. A subcategoria que teve o maior número de instâncias foi a "*Estrutura não está clara o suficiente*" com um total de 198 instâncias, representando 78% dos problemas da categoria e 28% dos problemas totais. A segunda subcategoria com mais instâncias é a "*Conteúdo não está na ordem apropriada*" com 49 instâncias, representando 19% dos problemas da categoria e 7% dos problemas totais. As subcategorias que mais tiveram instâncias em todos os foram "*Conteúdo não está na ordem apropriada*" e "*Estrutura não está clara o suficiente*".

Tabela 4.4 – Subcategorias da categoria Arquitetura da Informação e os dados encontrados na avaliação com usuários

Subcategoria	Grau de severidade		Instâncias - # (%)			
	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	Total	RunnerUp	Endomondo	Sportractive
Ambiguidade	3,00	3,0	5	0 (0%)	0 (0%)	5 (4,7%)
Conteúdo não está na ordem apropriada	2,84	3,0	49	35 (39,7%)	6 (9,8%)	8 (7,6%)
Nova funcionalidade	1,00	1,0	2	0 (0%)	2 (3,2%)	0 (0%)
Estrutura não está clara o suficiente	2,92	3,0	198	53 (60,3%)	53 (86,8%)	92 (87,7%)

Fonte: Do autor (2020).

A subcategorias "*Estrutura não está clara o suficiente*" representa instâncias de problemas nos quais o usuário não conseguiu entender como a estrutura do aplicativo funciona, no caso, como as funcionalidades estão dispostas no aplicativo. Muitos dos problemas encontrados na avaliação estavam relacionados ao usuário não conseguir identificar o caminho da funcionalidade. Esse tipo de problema teve oscilação em relação à sua gravidade, pois existem problemas de estrutura que não atrapalham muito o usuário por serem devido apenas a não olhar com detalhes a interface e outros mais graves da funcionalidade estar muito escondida que o usuário não consiga encontrá-la, configurando em um problema de severidade catastrófica. A média do grau de severidade das instâncias da subcategoria resultou em 2,92, o que na classificação de Nielsen seria considerado um problema grave. Essa classificação é confirmada com a mediana

com o resultado de 3,00. Como a média e a mediana do grau de severidade estão bem próximas, pode ser afirmado que temos uma distribuição próxima do linear.

Todos os aplicativos tiveram instâncias de problemas nessa subcategoria, o *RunnerUp* com 53 instâncias, *Endomondo* com 53 e o *Sportractive* concentrando quase a metade das instâncias com 92. Um dos principais problemas reportados pelos usuários foi a dificuldade de encontrar o local de conexão com o equipamento vestível. A Figura 4.4 mostra o menu lateral onde seria a primeira etapa da conexão do equipamento. A maior dificuldade dos usuários que não encontraram a opção foi identificar em qual das opções do menu está localizada a conexão. No caso, a opção estava dentro da opção configuração. Porém, os usuário entravam no menu e se deparavam com um problema de outra subcategoria, a "*Muitas opções*". Assim, a alternativa utilizada pelo usuário foi ficar entrando em todas as opções até encontrar a funcionalidade por acaso, causando um grande número de problemas em um só usuário. Uma alternativa para melhorar a estrutura da funcionalidade de conexão seria criar um menu somente para os sensores, ou um botão na tela principal para inicia a atividade física.

Figura 4.4 – Sportractive: instância de problema de estrutura não está clara o suficiente



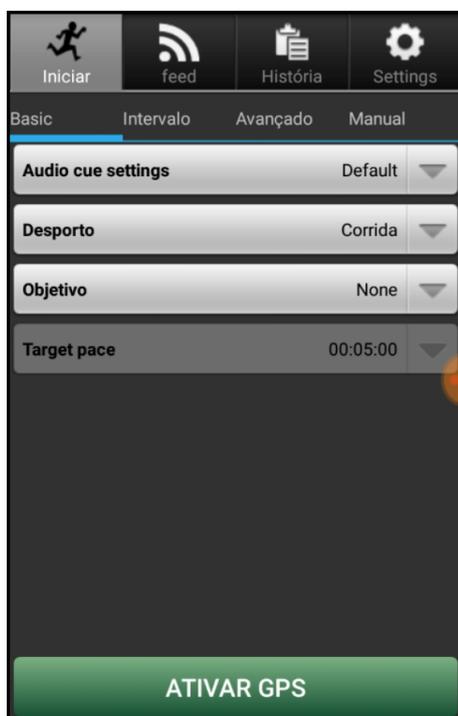
Fonte: Do autor (2020).

A segunda subcategoria com o maior número de instâncias da categoria é a "*Conteúdo não está na ordem apropriada*" com 49 instâncias. Os problemas identificados por essa subcategoria representam dificuldades obtidas pelo usuário ao encontrar etapas da atividade na ordem diferente que o correto. Um dos casos foi iniciar a atividade física sem realizar a conexão do equipamento vestível previamente, resultando em uma atividade sem o monitoramento dos batimentos cardíacos, que não é o objetivo da atividade. A média do grau de severidade

das instâncias teve o valor de 2,84 com a mediana em 3,00. Como a mediana está próxima da média, a distribuição é próxima do linear. Com a média e a mediana próximas do grau 3, é possível afirmar que a subcategoria é classificada como problema grave, sendo necessário um esforço para melhorar a usabilidade.

O aplicativo que mais teve instâncias foi o *RunnerUp* com 35, seguido do *Sportractive* com 8 e o *Endomondo* com 6. O *RunnerUp* teve muitas instâncias devido a algumas opções que deveriam ser menos prioritárias que a conexão estar com mais foco que elas, assim o usuário acabava entrando no menu de histórico antes de realizar a conexão com o equipamento vestível e realizar a atividade física. A Figura 4.5 (a) apresenta uma captura de tela do aplicativo *RunnerUp* com dois erros de usabilidade identificados na utilização pelo usuário. Existe um botão verde com a label "Ativar GPS", porém quando ele é acionado, é iniciada a atividade. O primeiro problema seria a label representando algo diferente da funcionalidade do botão, e o segundo é que o aplicativo autoriza o usuário a iniciar a atividade antes de realizar a conexão com o equipamento vestível. Esses erros atrapalharam bastante a experiência dos usuários pois eles tiveram dificuldade de como encerrar a atividade e voltar para o estado inicial do aplicativo.

Figura 4.5 – Instâncias de problemas de conteúdo fora de ordem apropriada e ambiguidade



(a) RunnerUp: instância de problema de conteúdo não está na ordem apropriada



(b) Endomondo: instância de problema de ambiguidade

As outras subcategorias apresentadas na categoria de Arquitetura de informação tiveram poucas instâncias, a primeira subcategoria é a "*Ambiguidade*", que teve um total de 5 instâncias. A subcategoria teve instâncias somente em um aplicativo, no caso foi o aplicativo *Sportractive*. Os problemas enquadrados na subcategoria *Ambiguidade* se referem a problemas em que partes do sistema possuíam dois sentidos ou mais, confundindo o usuário com a intenção real do sistema. A Figura 4.5 (b) representa um problema de ambiguidade encontrada no menu de configurações do aplicativo *Endomondo*, onde existe um menu com a label *Smartwatches* que levou o usuário a achar que a conexão com o equipamento vestível era nesse menu.

A subcategoria "*Nova funcionalidade*" engloba instâncias de problemas em que o usuário reportou que em determinada página do aplicativo poderia ter uma nova funcionalidade que facilitaria seu uso. A categoria teve somente 2 instâncias e somente no aplicativo *Endomondo*. Sua avaliação teve média e mediana de 1 grau de severidade, categorizando a subcategoria como problema cosmético, uma vez que o aplicativo consegue ser utilizado sem a nova funcionalidade. No caso, as funcionalidades sugeridas pelo usuário foram: (1) poder adicionar um contador antes de iniciar a atividade para que o usuário e o aplicativo comecem a atividade física juntos e (2) adicionar funcionalidade para permitir verificar como os batimentos cardíacos se comportaram na atividade, pois o aplicativo retorna somente o máximo e o mínimo.

4.2.4 Problemas de Interatividade

A categoria *Interatividade* representa problemas encontrados na avaliação com usuário que remetem à interação do usuário com o aplicativo. Um exemplo seria como o aplicativo auxilia o usuário a corrigir suas falhas, se as mensagens conseguem ajudá-lo ou se são mensagens sem contexto que podem deixar o usuário mais confuso. A categoria possui 10 subcategorias, apresentadas na Tabela 4.5, juntamente com o número de instâncias, a média e a mediana do grau de severidade das instâncias e o número de instâncias em cada aplicativo junto com a porcentagem em relação ao total de cada subcategoria. As categorias que apresentaram os maiores números de instância foram a "*Falta de informação em como proceder e o porque das ações acontecerem*" e "*Interação não realizada como esperada*", com 54 e 48 respectivamente. As subcategorias que tiveram a média mais alta de severidade foi a "*Muitas opções*" e "*Mensagens de erro não ajudam*", ambas com 3,5. Porém, as duas subcategorias possuem poucas instâncias, não sendo possível classificá-las como subcategorias que deram forte impacto negativo na utilização dos aplicativos. Em relação aos aplicativos, as subcategorias que tiveram o maior

número de instâncias no aplicativo *RunnerUp* foram *"Interação não realizada como esperada"* e *"Labels/ Instruções/ Ícones em elementos interativos não estão claros"*, no aplicativo *Endomondo* foram *"Interação não realizada como esperada"* e *"Falta de feedback"*, e no o aplicativo *Sportractive* foram *"Falta de informação de como proceder e o porque das ações acontecerem"* e *"Funcionalidade de interação esperada não acontece"*.

Tabela 4.5 – Subcategorias da categoria Interatividade e os dados encontrados na avaliação com usuários

Subcategoria	Grau de severidade		Instâncias - # (%)			
	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	Total	RunnerUp	Endomondo	Sportractive
Evitar erros	3,06	3,0	17	7 (6,4%)	0 (0%)	10 (10,9%)
Mensagens de erro não ajudam	3,50	3,5	4	4 (3,6%)	0 (0%)	0 (0%)
Campos e seus formatos não estão claros	3,00	3,0	2	2 (1,8%)	0 (0%)	0 (0%)
Interação não realizada como esperada	2,83	3,0	48	24 (21,8%)	24 (53,3%)	0 (0%)
Funcionalidade de interação esperada não acontece	2,26	2,0	38	11 (10%)	0 (0%)	27 (29,3%)
Labels/ Instruções/ Ícones em elementos interativos não está claro	3,03	3	34	29 (26,4%)	0 (0%)	5 (5,4%)
Falta de feedback	3,00	3,0	40	14 (12,7%)	12 (26,7%)	14 (15,2%)
Falta de informação de como proceder e o porque das ações acontecerem	3,13	3,0	54	18 (16,4%)	1 (2,2%)	35 (38,1%)
Sequencia de interação ilógica	3,00	3,0	8	0 (0%)	8 (17,8%)	0 (0%)
Muitas opções	3,50	3,5	2	1 (0,9%)	0 (0%)	1 (1,1%)

Fonte: Do autor (2020).

A subcategoria *"Falta de informação de como proceder e o porque das ações acontecerem"* envolve instâncias de problemas identificados pelos usuários onde eles são impedidos de realizar uma ação e não possuem uma instrução do que o usuário tem que fazer para pros-

seguir com a atividade. Um exemplo de problema identificado pelos usuários é um *Dialog* na tela inicial do aplicativo onde as instruções de como fechá-la estão escondidas. Muitos usuários tiveram dificuldade em fechá-la, causando que o aplicativo *Sportractive* tenha 65% das instâncias das instâncias da subcategoria. A média do grau de resultado em 3,13 e a mediana em 3,00, classificando a subcategoria como problemas graves. A falta de informação em como proceder realmente cria uma dificuldade nos usuários, pois eles acabam utilizando a tentativa e erro para encontrar como continuar a atividade. Os demais aplicativos também tiveram instâncias, o *RunnerUp* com 18 instâncias e o *Endomondo* com somente uma.

A Figura 4.6 (a) representa um problema que foi encontrado por vários usuários na avaliação do aplicativo *Sportractive*. Ao entrar na tela de iniciar uma atividade física, o usuário se deparava com um *Dialog* com informações sobre gerenciamento de energia do Android, mas ele não apresenta nenhum botão de fechá-lo. Existe um aviso mostrando que o usuário deve ir no menu Ajuda para poder fechar, mas como o *Dialog* possui muito texto, os usuários procuram uma maneira mais rápida de fechá-lo e continuar com a atividade. Devido a muitos usuários se depararem com o problema e terem dificuldades para resolver, ela foi classificada como problema grave. O problema seria facilmente resolvido com algum botão de fechar, ou diminuir o texto presente no *Dialog*.

A segunda subcategoria que teve mais instâncias da categoria foi a "*Interação não realizada como esperada*" com 48 instâncias. A subcategoria engloba problemas em que o usuário espera que a interface tenha determinado comportamento mas ocorre outro que não é esperado pelo modo que o *layout* foi desenvolvido: como um botão que faz uma ação inesperada ou não funciona. A média do grau de severidade resultou em 2,83 e a mediana em 3,0, o que faz a subcategoria ser classificada como problema grave e merece uma atenção para criar uma experiência melhor ao usuário. A subcategoria só teve instâncias nos aplicativos *RunnerUp* e *Endomondo* com metade dos casos em cada um.

A Figura 4.6 (b) representa um problema que teve muitas ocorrências no aplicativo *Endomondo*. O problema em questão foi a funcionalidade do botão parar atividade. Para muitos usuários, o botão funcionaria somente com um clique, mas ao clicar os usuários se deparam com uma mensagem pedindo para segurar o botão para terminar. Porém, como o usuário não sabe que teria que segurar, ele solta no final do clique e dependendo da velocidade do usuário não é possível visualizar a mensagem e continuar segurando. Essa ação faz com que o usuário tenha que repetir a ação, ou fica perdido caso não tenha conseguido visualizar.

Figura 4.6 – Instâncias de problemas de falta de informação em como proceder e de interação não realizada como esperada



(a) SportAttractive: instância de problema de falta de informação em como proceder

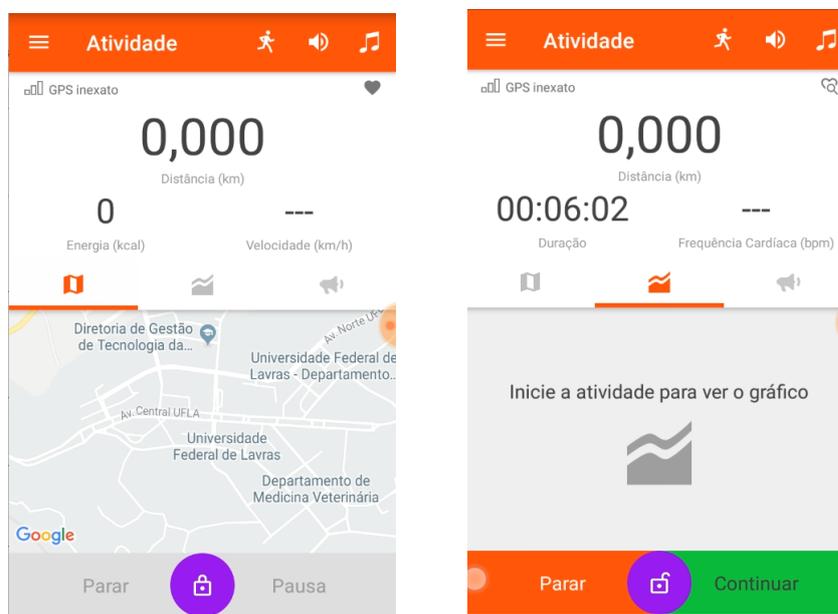
(b) Endomondo: instância de problema de interação não realizada como esperada

Fonte: Do autor (2020).

Uma subcategoria que teve muitas instâncias é a "*Falta de feedback*". A subcategoria contempla instâncias em que o usuário se depara com problemas em que ele realiza uma operação e não tem um retorno sobre ela, se ela foi realizada com sucesso ou possui erros. Essa subcategoria pode atrasar muito o usuário a completar a tarefa, uma vez que o usuário não consegue avançar sem saber se a operação foi realizada com sucesso. A subcategoria teve 40 instâncias sendo mais presente nos aplicativos *RunnerUp* e *Sportractive* com 14 instâncias em cada uma, e possui uma média e mediana de 3 no grau de severidade, configurando em uma subcategoria de problemas graves. A Figura 4.7 (a) apresenta um exemplo de instância de "*Falta de feedback*". O problema representado é a falta de *feedback* se o equipamento vestível está conectado ou não. A atividade já havia iniciado e o usuário não conseguiu identificar se o equipamento estava identificado pois não teve nenhum valor dos batimentos cardíacos exibidos na página.

A subcategoria "*Funcionalidade de interação esperada não acontece*" tem o intuito de categorizar instâncias de problemas em que o usuário se depara com uma funcionalidade de

Figura 4.7 – Instâncias de problemas de *falta de feedback* e de *interação esperada que não acontece*



(a) SportAttractive: instância de problema da subcategoria *falta de feedback*

(b) SportAttractive: instância de problema da subcategoria *funcionalidade de interação esperada que não acontece*

Fonte: Do autor (2020).

interação que deveria se comportar, mas ela possui outra funcionalidade diferente em que seu *layout* é intuitivo. A subcategoria teve uma pontuação de 2,26 na média de grau de severidade e a mediana em 2, configurando em uma subcategoria de grau médio, uma vez que as instâncias encontradas são os comportamentos do *layout* e muitas delas não atrapalharam o usuário a terminar a atividade. A subcategoria teve 38 instâncias, sendo mais presentes no aplicativo *Sporttractive*. A Figura 4.7 (b) representa uma instância da subcategoria, onde mostra um problema que vários usuários teve. No caso, o cadeado para encerrar a atividade parece que teria que arrastar para alguma das opções, mas tem que clicar nele e clicar na opção desejada.

A subcategoria "*Labels/ Instruções/ Ícones e, elementos interativos não está claro*" também teve muitas instâncias, com um total de 34 instâncias, sendo que 29 dessas instâncias aconteceram no aplicativo *RunnerUp*. A média do grau de severidade teve a pontuação de 3,03 e a mediana 3,0, sendo números bem próximos, configurando em problemas graves. A subcategoria representa problemas encontrados pelos usuários em que elementos da interface não estão claros para o usuário qual o seu significado. Na Figura 4.5 (a) mostra a tela inicial do aplicativo *RunnerUp*, onde em um dos menus superiores a opção *feed* tem um ícone que remete a conexão, mas não é o objetivo do menu.

4.2.5 Problemas de Conteúdo

Os problemas classificados na categoria *Conteúdo*, são problemas relacionados ao conteúdo disponível no *layout* da página, como se o *layout* está claro o suficiente e compreensível, se os dados retornados são legíveis, se o conteúdo da página é agradável para o usuário ou se possui muito conteúdo. As subcategorias pertencentes estão apresentadas na Tabela 4.2.

Os dados obtidos na análise das instâncias de cada subcategoria são apresentado na Tabela 4.6, que possui o número de instância de cada subcategoria, a média e mediana do grau de severidade dos problemas encontrados na subcategoria, e o número de instâncias em cada aplicativo junto com a porcentagem em relação ao número total de instâncias da subcategoria. Somente uma subcategoria teve um número maior de instâncias que foi a *Conteúdo não está claro o suficiente*, o segundo mais próximo foi a *Perda de conteúdo*. A subcategoria que teve maior número de instância para todos os aplicativos foi a "*Conteúdo não está claro o suficiente*".

Tabela 4.6 – Subcategorias da categoria Conteúdo e os dados encontrados na avaliação com usuários

Subcategoria	Grau de severidade		Instâncias - # (%)			
	<i>M</i>	<i>Mdn</i>	Total	RunnerUp	Endomondo	Sportractive
Conteúdo impróprio ou não relevante	4,00	4,0	3	3 (8,3%)	0 (0%)	0 (0%)
Conteúdo não está claro o suficiente	3,11	3,0	36	18 (50%)	10 (62,5%)	8 (72,7%)
Conteúdo não está detalhado o suficiente	3,00	3,0	6	0 (0%)	6 (37,5%)	0 (0%)
Conteúdo duplicado ou contraditório	3,00	3,0	5	5 (13,9%)	0 (0%)	0 (0%)
Perda de conteúdo	3,78	4,0	9	9 (25%)	0 (0%)	0 (0%)
Muito conteúdo	3,00	3,0	4	1 (2,8%)	0 (0%)	3 (27,3%)

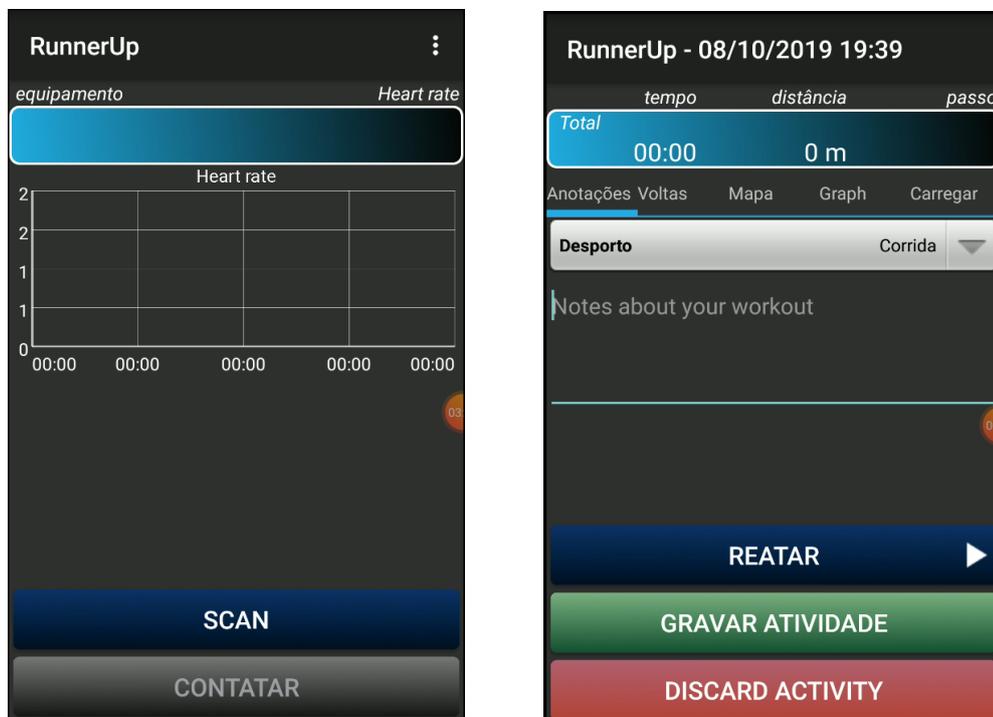
Fonte: Do autor (2020).

A subcategoria *Conteúdo não está claro o suficiente* engloba problemas identificados onde o usuário não conseguiu identificar determinada funcionalidade ou dado dentro de um layout. A subcategoria teve um total de 36 instâncias, representando 5% das instâncias totais encontradas na avaliação com usuários. Em relação as subcategorias com mais instâncias nas outras categoria, ela teve um número menor de instâncias. O maior número de instâncias aconteceu no aplicativo *RunnerUp* com metade das instâncias totais da subcategoria. A mé-

dia e mediana do grau de severidade resultou em 3,11 e 3 respectivamente. Assim, é possível classificar a subcategoria em problemas graves.

A Figura 4.8 (a) apresenta uma captura de tela de um problema de *Conteúdo não está claro o suficiente*. No caso, é demonstrado a tela de conexão com o equipamento vestível do aplicativo *RunnerUp*. A tela possui vários problemas de usabilidade relacionados ao conteúdo. Um deles é que na mesma tela é possível identificar elementos escritos em português e em inglês, deixando de criar um consistência de linguagem. A página tem alguns problemas em relação ao formato do objeto, como o objeto em degradê de azul para preto que a princípio não é possível saber o que ele representa, mas ao conectar com o equipamento vestível, é possível identificar que seria o local do nome do equipamento e o valor dos batimentos cardíacos. Outro problema que impactou bastante na avaliação foram as *labels* dos botões *Scan* e *Contatar*, que os usuários não entenderam que o botão *Scan* era para abrir o *Dialog* de listagem de equipamentos.

Figura 4.8 – Captura de tela de uma instância de problema de conteúdo não detalhado o suficiente e de perda de conteúdo.



(a) RunnerUp: instância de problema de conteúdo não está claro o suficiente

(b) RunnerUp: instância de problema de perda de conteúdo

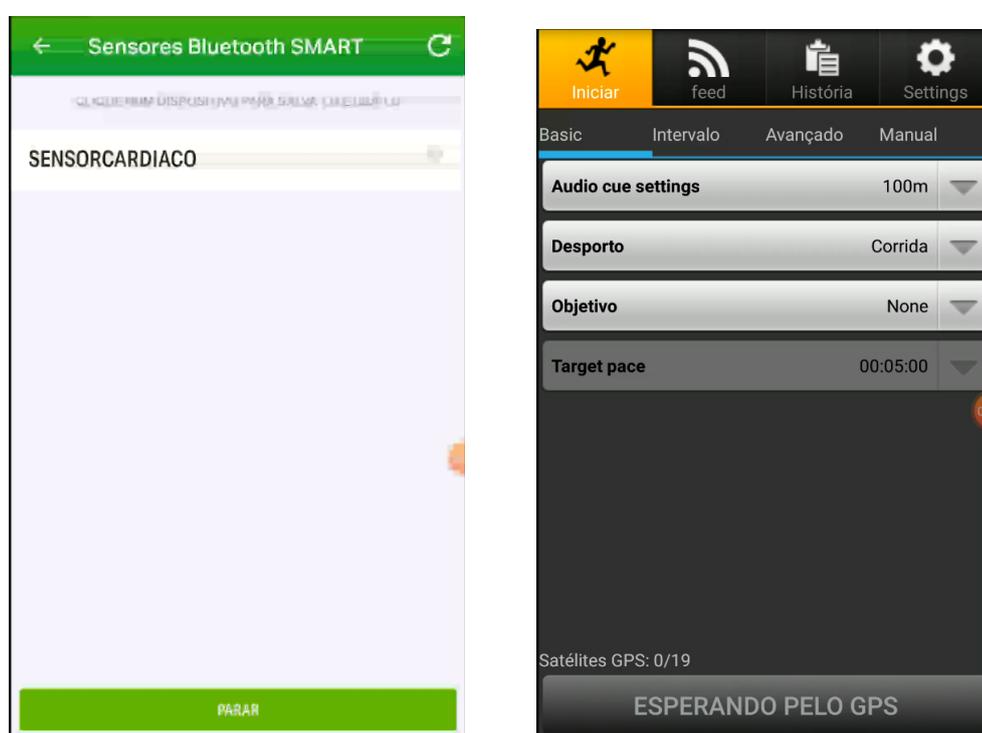
Fonte: Do autor (2020).

Uma subcategoria que teve pontuações elevadas em relação ao grau de severidade foi a *"Perda de conteúdo"*, que teve a média com 3,78 e a mediana em 4,0. A subcategoria engloba

instâncias de problemas em que o usuário se depara com perda de conteúdo ou de informações no aplicativo, como por exemplo, perder os dados de cadastro. A subcategoria teve um total de 9 instâncias, sendo todas elas no aplicativo *RunnerUp*. A Figura 4.8 (b) representa um problema encontrado no aplicativo *RunnerUp*, onde o aplicativo não grava os dados da atividade por estar sem sinal de GPS.

A subcategoria "*Conteúdo não detalhado o suficiente*" refere-se a instâncias de problemas que o usuário não conseguiu entender qual o significado do conteúdo da página. A subcategoria teve poucas instâncias, com 6 instâncias e todas elas no aplicativo *Endomondo*. O grau de severidade teve um resultado de 3 tanto para a média quanto para a mediana, configurando a subcategoria em problemas graves. A Figura 4.9 (a) apresenta a tela de conexão com equipamentos vestíveis do aplicativo *Endomondo* onde um usuário não conseguiu identificar que o aplicativo estava realizando a conexão com o equipamento vestível e clicava no nome do equipamento novamente, fazendo com que o aplicativo cancelasse a conexão.

Figura 4.9 – Captura de tela de problema de conteúdo não detalhado o suficiente e conteúdo duplicado.



(a) Endomondo: instância de problema de conteúdo não detalhado o suficiente.

(b) RunnerUp: instância de problema de conteúdo duplicado.

Fonte: Do autor (2020).

A subcategoria "*Conteúdo duplicado ou contraditório*" apresentou poucas instâncias, mas elas atingiram uma pontuação grave na escala de grau de severidade, obtendo 3 pontos tanto na média como na mediana. A subcategoria consta instâncias de problemas em que o

conteúdo da página está duplicado ou não condiz com a *label* de seu campo. A subcategoria teve apenas 5 instâncias sendo todas elas no aplicativo *RunnerUp*. A Figura 4.9 (b) mostra um problema da subcategoria "*Conteúdo duplicado ou contraditório*" em que a tela inicial do aplicativo *RunnerUp* possui um botão iniciar para o menu de iniciar a atividade e um botão para iniciar a atividade, causando confusão no usuário em saber qual o botão correto.

A subcategoria *Muito conteúdo* refere-se a instâncias de problemas em que é apresentado muito conteúdo na página sendo difícil encontrar o que é importante para o usuário. A subcategoria teve apenas 4 instâncias, sendo 3 no *Sportractive* e 1 no *RunnerUp*. O grau de severidade da subcategoria foi calculada como problemas graves tanto na média quanto na mediana. A Figura 4.6 (a) apresenta um *Dialog* no aplicativo *Sportractive* que possui muito texto dificultando o usuário a prender a atenção no texto e entender como fechá-lo.

4.2.6 Problemas únicos

Para identificar interfaces em que os usuários tiveram a mesma dificuldade, foram criados os problemas únicos. Os problemas únicos são categorias de instâncias para identificar o problema que diferentes usuários tiveram no mesmo local do aplicativo. Os problemas únicos foram divididos em 4 subcategorias, identificando o problema pelo sistema de ocorrência. No caso, as categorias foram os 3 aplicativos (*RunnerUp*, *Endomondo* e *Sportractive*) e o sistema vestível. No Apêndice C estão apresentados os problemas únicos encontrados na avaliação com o usuário. Foram encontrados um total de 283 problemas únicos, sendo 41 no equipamento vestível, 73 no aplicativo *Endomondo*, 76 no aplicativo *Sportractive* e 93 no aplicativo *RunnerUp*. Os dados são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Número de problemas únicos e total de instâncias para cada aplicativo e equipamento vestível.

Sistema	Problemas únicos	Instâncias
Equipamento vestível	41	98
Endomondo	73	138
Sportractive	76	217
RunnerUp	93	261

Fonte: Do autor (2020).

O equipamento vestível teve quase metade dos problemas únicos que tiveram somente uma instância, 23 dos 41 problemas únicos tiveram somente uma instância. A soma das instâncias de todos os problemas únicos do equipamento vestível são 98 instâncias. Somente um problema único teve mais de 10 instâncias, sendo ela "*O usuário colocou o sensor do lado*

errado" com 16 instâncias, podendo afirmar que pelo menos um usuário cometeu o erro mais de uma vez. Esse problema teve mais instâncias pois o equipamento não tinha uma explicação no próprio equipamento de como teria que vesti-lo, deixando o usuário confuso. O segundo problema único que teve o maior número de instâncias foi o "*Falta de feedback para verificar se o sensor está ligado*" com 8 instâncias. O problema único foi causado pois não tinha nenhum local no equipamento vestível que mostrava se ele estava conectado a algum aplicativo, assim o usuário só poderia confirmar a conexão no aplicativo.

O aplicativo *Endomondo* foi o aplicativo que teve o menor número de problemas únicos e o menor número de instâncias de problemas relacionados somente ao aplicativo com 138 instâncias. A distribuição do número de instâncias nos problemas únicos do aplicativo "*Endomondo*" ficou parecida com o do equipamento vestível, onde somente um problema único teve um número maior de instâncias. No caso, foi o "*O usuário clica no botão de parar, porém não sabia que ele teria que ficar segurando*" com 15 instâncias, onde a interface de parar a atividade não estava intuitiva que o usuário deveria ficar segurando para encerrar e a mensagem que instruía o usuário desaparecia rapidamente.

O aplicativo *Sportractive* foi o segundo aplicativo que teve o maior número de problemas únicos e em instâncias. O aplicativo teve um total de 217 instâncias em problemas únicos relacionados apenas ao aplicativo. O aplicativo teve mais de um problema único com mais de 10 instâncias, destacando o problema "*Fechar o dialog de advertência*" que foi a maior dificuldade encontradas pelos usuários, em que eles tiveram dificuldades para encontrar a interface de fechar o *dialog* de advertência, pois não seguia o fluxo normal de fechar *dialogs* e as instruções possuíam muito texto. Além desse problema único, o aplicativo teve mais quatro problemas com mais de 10 instâncias.

O aplicativo *RunnerUp* foi o aplicativo que teve os piores índices de problemas únicos e número de instâncias, com 93 problemas únicos e 261 instâncias nos problemas únicos. Diferente do aplicativo *Sportractive*, o *RunnerUp* não teve um problema único com número de instâncias mais destacado que os demais, mas teve 8 problemas únicos com mais de 10 instâncias. O problema único com maior número de instâncias foi "*O usuário está realizando tentativa e erro para verificar onde realiza a conexão*" com 15 instâncias. O problema tem uma gravidade alta, pois simboliza que o usuário não sabe o que fazer e está tentando utilizar todas as informações da tela para conseguir completar a tarefa. O segundo problema único que mais teve instâncias foi o "*Achar que é necessário a utilização de redes sociais*" em que a in-

terface conduzia o usuário a conectar uma rede social ao aplicativo para concluir a tarefa, mas não era necessário. Assim, muitos usuários ficaram navegando na listagem de redes sociais do aplicativo sem ter um *feedback* que não era necessário para iniciar a atividade física.

4.2.7 Completude na execução das tarefas

Uma maneira de avaliar se o aplicativo possui uma boa usabilidade é se as tarefas propostas conseguiram serem concluídas. Assim, os aplicativos que tiveram um número maior de usuários não conseguindo finalizar a atividade, mostra que o aplicativo possui uma usabilidade pior para aquela atividade. Não é possível afirmar que um aplicativo possui uma usabilidade melhor que a outra em seu uso como um todo pois as atividades possuem um contexto limitado em relação o aplicativo.

O estudo conta com 7 atividades sendo elas: Vestir o equipamento vestível; Ligar o equipamento; Conectar equipamento vestível ao aplicativo; Iniciar a atividade física no aplicativo; Realizar a atividade física; Encerrar a atividade física e Encontrar os dados da atividade física no aplicativo.

Para avaliar a completude de cada atividade, foram criados 3 estados para cada o resultado, eles são: Finalizado; Parcialmente finalizado e Não finalizado. Para cada estado foi avaliado em uma pontuação de 0 a 10%, onde o resultado da completude de uma atividade por aplicativo é a soma dos 10 usuários. O estado finalizado recebe 10%, o estado parcialmente finalizado e o não finalizado recebem 0%. Foi considerado como atividade finalizada os usuários que finalizaram a atividade corretamente, sem nenhuma pendência. As tarefas que foram consideradas parcialmente finalizadas tiveram alguma pendência do usuário ao realizar a ação final da atividade, como vestir o equipamento vestível com uma das partes corretas e a outra incorreta, ou iniciar uma atividade sem conectar o equipamento vestível.

A primeira atividade se refere exclusivamente ao equipamento vestível, pois a atividade consiste em equipar o equipamento vestível. Porém, eles foram divididos por aplicativo para mostrar a conclusão dos usuários de cada aplicativo. A completude da atividade não teve 100% de rendimento, mas teve uma porcentagem alta em todos usuários de cada aplicativo. Não teve usuários que não conseguiram completar a atividade, mas 6 usuários completaram a atividade parcialmente. As maiores dificuldades encontrada em vestir o aplicativo foram em identificar o lado correto da base do equipamento vestível e identificar que o sensor deveria ficar no pulso.

Tabela 4.8 – Completude das atividade por aplicativo.

Atividade	RunnerUp	Endomondo	Sportractive
Vestir o equipamento vestível	90%	70%	90%
Ligar o equipamento vestível	100%	100%	100%
Conectar equipamento vestível ao aplicativo	40%	100%	100%
Iniciar a atividade física no aplicativo	50%	100%	100%
Realizar a atividade física	100%	100%	100%
Encerrar a atividade física	100%	100%	100%
Encontrar os dados da atividade física no aplicativo	50%	100%	90%

Fonte: Do autor (2020).

As atividades "*Ligar o equipamento vestível*", "*Realizar a atividade física*" e "*Encontrar os dados da atividade física no aplicativo*" tiveram suas atividades completadas corretamente. As demais atividades tiveram usuários que não completaram a atividade ou completaram a atividade parcialmente.

O aplicativo *Endomondo* não teve usuários que não conseguiram finalizar as atividades que foram direcionadas exclusivamente. Os outros aplicativos não tiveram o mesmo sucesso, o aplicativo *Sportractive* teve um usuário que não conseguiu encontrar os dados da atividade gravada.

O aplicativo que teve os piores resultados nas atividades que envolvem o aplicativo e possuíam usuário foi o *RunnerUp*. O aplicativo teve piores taxas de completude nas atividades "*Conectar equipamento vestível ao aplicativo*", "*Iniciar a atividade física no aplicativo*" e "*Encontrar os dados da atividade física no aplicativo*", onde os valores ficaram em 40%, 50% e 50% respectivamente. As taxas dessas atividade são baixas devido que o esperado é que todos os usuários consigam finalizar a atividade proposta. Na atividade de "*Conectar equipamento vestível ao aplicativo*", a maior dificuldade encontrada pelos usuários foi identificar que a tela de conexão era o local correto para fazer a conexão com o equipamento vestível. A atividade "*Iniciar a atividade física no aplicativo*" é um reflexo das dificuldades apresentadas na atividade anterior, pois sem conectar o dispositivo, os usuários desistiam e não continuavam a atividade. Ela teve um aproveitamento maior que a atividade de conectar o equipamento vestível pois alguns usuários completaram ela parcialmente, ou seja, iniciou a atividade sem conectar o equipamento vestível. A atividade "*Encontrar os dados da atividade física no aplicativo*" teve uma baixa taxa de completude devido ao aplicativo perder os dados da atividade ao ficar sem sinal

de GPS, assim o usuário entra na página da atividade, mas vê as informações incompletas e acreditam que não encontraram o resultado.

Um dos motivos em que alguns usuários não conseguiram completar a atividade de vestir o equipamento vestível é que o formato do equipamento não auxiliou o usuário a identificar como realizar a tarefa. Assim, a ergonomia do equipamento atrapalhou alguns usuários a identificar qual parte do equipamento deve ficar em cada parte do braço. Esse problema é reportado por Motti e Caine (2015), que mostra que diferente dos sistemas digitais, sistemas vestíveis também podem ter problemas de usabilidade relacionados a ergonomia do equipamento vestível. Como demonstrado por Ito et al. (2013), o formato do equipamento vestível é importante para que o equipamento possua uma boa usabilidade e faça com que o usuário termine a atividade com eficácia e eficiência.

Os problemas encontrados pelos usuários nas atividades de conectar o equipamento vestível é reportado por Zhang e Adipat (2005), que mostra a importância dos testes de usabilidade do aplicativo levarem em consideração a interface que levam o usuário a conectividade. O motivo dos usuários não conseguirem terminar a atividade foi devido a problemas de usabilidade da tela de conexão, não houve problemas de conexão que impactasse a finalização dessa tarefa.

4.2.8 Satisfação no uso dos aplicativos

O questionário de aceitação teve como objetivo avaliar a satisfação dos usuários no uso do aplicativo. O questionário teve 14 perguntas sendo utilizada a escala *Likert* de 5 pontos para a avaliação, onde a pontuação 1 significa que o usuário discordou fortemente da afirmação do questionário e a pontuação 5 concorda fortemente. As perguntas e a mediana das respostas dos 10 usuários de cada aplicativo estão apresentadas na Tabela 4.9.

O aplicativo *Endomondo* foi o mais bem avaliado entre os aplicativos testados pelos usuários, dentre todas as perguntas as notas mais baixas entre as medianas foram duas notas 3.5 nas afirmações "*Eu indicaria o aplicativo para amigos*" e "*Eu acho que o aplicativo pode me incentivar a realizar mais atividades físicas*" e recebeu 4 notas máximas nas perguntas "*As informações de monitoramento exibidas no aplicativo sobre a atividade física são simples e de fácil compreensão*", "*Eu não tive problemas em encontrar as informações de monitoramento da minha atividade*", "*No geral, não tive problemas para finalizar a tarefa*" e "*Eu me senti confortável utilizando o aplicativo acoplado ao sistema vestível*". As demais medianas obtidas

Tabela 4.9 – Resultado em mediana do questionário de aceitação.

Pergunta	Mediana das respostas dos usuários		
	RunnerUp	Endomondo	Sportractive
No geral, me senti satisfeito com o aplicativo de monitoramento de atividades	2,0	4,0	4,0
No geral, o aplicativo foi fácil de se utilizar	1,5	4,0	3,5
No geral, o equipamento vestível foi de fácil instalação	5,0	4,5	4,0
Eu localizei facilmente o caminho para a configuração dos sensores no aplicativo	2,0	4,0	3,5
As informações de monitoramento exibidas no aplicativo sobre a atividade física são simples e de fácil compreensão	4,0	5,0	4,0
Eu não tive problemas em encontrar as informações de monitoramento da minha atividade	4,0	5,0	4,0
Eu usaria o aplicativo nas minhas atividades físicas	1,0	4,0	4,0
Eu indicaria o aplicativo para amigos	2,0	3,5	4,0
Eu não removeria o aplicativo do meu <i>smartphone</i>	2,0	4,0	4,0
Eu acho que a interface do aplicativo foi fácil de aprender e entender para realizar a tarefa	2,0	4,5	4,0
Eu acho que o aplicativo possui uma utilidade na minha vida	4,0	4,0	4,5
Eu acho que o aplicativo pode me incentivar a realizar mais atividades físicas	2,5	3,5	4,0
No geral, não tive problemas para finalizar a tarefa	2,0	5,0	4,0
Eu me senti confortável utilizando o aplicativo acoplado ao sistema vestível	4,0	5,0	4,0

Fonte: Do autor (2020).

foram 2 notas 4.5 e 5 notas 4.0, podendo afirmar que o aplicativo possui uma avaliação positiva no questionário de aceitação.

O aplicativo *Sportractive* foi o segundo aplicativo mais bem avaliado entre os 3 utilizados na pesquisa. As medianas das respostas ficaram abaixo das recebidas pelo aplicativo *Endomondo*. O aplicativo não conseguiu nenhuma nota máxima nas respostas, sua maior nota foi uma mediana 4.5 na afirmação "*Eu acho que o aplicativo possui uma utilidade na minha vida*". Suas menores notas foram 2 medianas 3.5 nas afirmações "*Eu localizei facilmente o caminho para a configuração dos sensores no aplicativo*" e "*No geral, o aplicativo foi fácil de se utilizar*". As demais medianas foram notas 4.0. Apesar das respostas serem a baixo do apli-

cativo *Endomondo*, o aplicativo conseguiu uma avaliação positiva, em que todas as medianas ficaram acima da nota 3.

O aplicativo *RunnerUp* foi o que teve piores avaliações entre todos utilizados na avaliação com usuários. O aplicativo teve somente uma nota máxima, mas a pergunta se referia ao equipamento vestível. O aplicativo teve mais 3 medianas com nota 4, todas as outras perguntas tiveram o resultado menor que 3 de mediana. O aplicativo teve uma nota mínima na afirmação "*Eu usaria o aplicativo nas minhas atividades físicas*". Com as notas, é possível afirmar que o aplicativo teve uma avaliação negativa pois quase todas suas respostas tiveram a mediana abaixo dos 3 pontos que configuraria em uma pontuação neutra.

4.3 Conjunto de novas heurísticas propostas

Após as análises realizadas sobre a avaliação com o usuário, foi possível iniciar a propostas de novas heurísticas. A próxima etapa seguindo o o método de Quiñones, Rusu e Rusu (2018) é a quinta etapa, a seleção das heurísticas para alcançar o objetivo descrito na primeira etapa.

Para iniciar a descoberta das heurísticas, foi realizada uma verificação se os problemas únicos encontrados na quarta etapa da metodologia para analisar se eles eram cobertos pelas heurísticas de Nielsen ou pelos princípios de Motti. Foram encontrados 39 problemas únicos que as heurísticas e os princípios cobriam parcialmente e 11 que não eram cobertos por nenhum dos dois.

A partir desses problemas únicos, foram selecionadas 11 heurísticas que cobriam todos os casos restantes, sendo elas: (1) Auxiliar o usuário a encontrar seu objetivo; (2) Entender o contexto da página; (3) Certificar que o sistema faça e mantenha a conexão com o equipamento; (4) O contexto da atividade deve estar próximo do objetivo; (5) Listagem de dispositivos deve ser clara; (6) A conexão deverá ser rápida e informativa; (7) A funcionalidade deve ser de fácil acesso; (8) Informar como realizar a conexão; (9) Visibilidade do estado em ambos os sistemas; (10) Tamanho e peso devem ser confortáveis; (11) Facilidade de instalação e remoção.

Após a seleção das heurísticas, foi realizado a sexta etapa da metodologia de Rusu que foi o refinamento das heurísticas. Foram realizadas 4 reuniões com o objetivo de verificar se as heurísticas selecionadas estavam com o nome e descrição compreensiva e que não tenha o mesmo objetivo das heurísticas de Nielsen e dos princípios de Motti. Participaram da reunião o pesquisador responsável por esse trabalho, o orientador e a co-orientadora do pesquisador. Tam-

bém foi realizada uma segunda avaliação nos problemas únicos para verificar se a combinação de heurísticas e princípios poderiam cobrir algum problema único cobertos parcialmente ou que não tinham sido cobertos. Na finalização das reuniões foram obtidas as seguintes heurísticas de Dominguet:

- D1. O estado das conexões nos equipamentos vestíveis e software conectados devem ser exibidos de maneira perceptível e sempre presente:** o sistema deve mostrar o estado atual da conexão ao usuário e todas as suas atualizações (Conectando, conectado, desconectando, desconectado e conexão perdida) nos equipamentos vestíveis e softwares conectados. Sempre que possível o sistema deverá mostrar o estado de conexão com o equipamento vestível:
- D2. A ordem e dependência das ações no software relacionadas aos equipamentos vestíveis devem ser exibidas de forma clara na interface:** a interface do sistema deverá ser planejada para que todos os seus requisitos estejam antecedendo a finalização da atividade e sejam próximas, de forma que o usuário só chega ao objetivo final quando todos os requisitos estiverem finalizados.
- D3. A listagem dos equipamentos vestíveis deve ser clara, exibindo o estado de conexão do equipamento e sua funcionalidade:** o sistema deverá mostrar os dispositivos encontrados e uma mensagem auxiliando o usuário a encontrar o equipamento vestível que deseja utilizar.
- D4. O processo de realização de conexão com equipamentos vestíveis deve ser compreensível, objetivo e informativo para o usuário:** o processo de realização de conexão deve ter sua disposição na interface de acesso rápido, com instruções de como realizá-la, e sempre exibindo o estado atual do processo de conexão (Conectando, não foi possível conectar, conectado, etc).
- D5. O equipamento vestível deve ser projetado para ser colocado e removido do corpo do usuário sem dificuldades e evitando danos físicos:** o equipamento deve ser fácil de vestir e remover, ou possuir instruções de como realizar essas atividades.

O foco das heurísticas está no processo de realizar a conexão do equipamento vestível ao aplicativo, incluindo o processo de vestir o equipamento vestível até mostrar ao usuário que o equipamento está conectado corretamente ao aplicativo. A heurística D1 tem como objetivo

que o aplicativo mostre de forma clara e intuitiva o estado das conexões com os equipamentos vestíveis no aplicativo, ou seja, mostrar o estado de todos os equipamentos já conectados ou próximos, se ele está conectado ou desconectado. A heurística engloba tanto o aplicativo quanto o equipamento vestível. Uma das maiores dificuldades encontradas no equipamento vestível foi saber se ele estava conectado ao aplicativo sem olhar o aplicativo, pois não tinha nenhum tipo de aviso no equipamento. A heurística tem como objetivo que essas dificuldades não aconteçam no sistema.

A heurística D2 visa evitar erros do usuário em tentar iniciar alguma tarefa sem realizar todas as suas dependências. Um fato que ocorreu com 5 participantes da pesquisa foi em iniciar a atividade física sem conectar o equipamento vestível, mesmo sendo avisado ao participante que a tarefa consistia em conectar o equipamento vestível antes de iniciar a atividade. Foi observado que em todos os aplicativos, a conexão com o equipamento estava em um local longe do início da atividade e todos os aplicativos não exibiram um alerta avisando que o usuário não estava com o equipamento conectado. Nesse caso, a heurística tem como objetivo colocar a funcionalidade de conexão mais próxima do início da atividade, se o uso não for obrigatório, e só habilitar o botão de iniciar atividade caso o equipamento vestível for obrigatório.

A heurística D3 visa facilitar o usuário a identificar que a interface é uma lista e quando possível mostrar qual a funcionalidade de cada aparelho listado. Com o *Bluetooth Low Energy*, é possível configurar o equipamento para que através de seu *UUID* mostrar qual a sua finalidade, se ele é um monitor de batimentos cardíacos. Porém, a listagem de *UUIDs* não contempla todo tipo de equipamento vestível. Assim, a demonstração de sua funcionalidade nem sempre será possível. Um dos problemas que mais teve instâncias no aplicativo *RunnerUp* foi que a listagem de equipamentos não parecia ser uma listagem, causando dificuldades na utilização do aplicativo.

A heurística D4 tem como objetivo criar interfaces para facilitar o usuário a realizar o processo de conexão do equipamento vestível com o aplicativo, mantendo o usuário informado a todo momento do estado do processo de conexão. No caso, mostrar pro usuário se o equipamento já foi conectado ou não, se ele está conectado ou desconectado e caso o usuário esteja realizando a conexão, o aplicativo deve relatar o processo para o usuário e caso apresente algum problema de conexão, o aplicativo deverá deixar claro ao usuário o porque de não ser possível a conexão. Um dos problemas encontrados no aplicativo *Endomondo* foi que o processo de conexão com o equipamento vestível não era intuitivo e era fácil de cancelar a ação de conectar.

Assim, alguns usuários acabavam cancelando a ação de conectar pensando que o aplicativo não estava realizando essa ação.

A heurística D5 é focada para o equipamento vestível, com o objetivo de facilitar o processo de colocar e remover o equipamento no corpo do usuário. Um dos problemas em que usuários tem em colocar equipamentos vestíveis utilizados nos braços é que eles podem utilizar somente um dos braços, dificultando o manuseio do equipamento. Assim, se o equipamento for planejado de uma maneira em que o usuário não tenha dificuldades para equipá-lo, o usuário consiga utilizá-lo de maneira rápida, podendo auxiliar na satisfação de uso do equipamento.

4.4 Protótipo de aplicativo desenvolvido usando as novas heurísticas

Para realizar a validação das heurísticas propostas nesse trabalho, foi desenvolvido um aplicativo de monitoramento de batimentos cardíacos. O desenvolvimento do protótipo visa contemplar os benefícios de poder realizar alterações para realizações de outras avaliações. No caso de aplicativos do mercado isso não é possível, pois a validação seria somente para encontrar problemas de usabilidade e não seria possível identificar se as heurísticas auxiliam a equipe de desenvolvimento a corrigi-los.

4.4.1 Funcionalidades dos aplicativos analisados

A primeira etapa para o desenvolvimento do protótipo foi identificar quais funcionalidades que estavam presentes nos aplicativos utilizados na análise de usabilidade com usuários. Apesar de todos serem monitores de atividades físicas, cada um possui funcionalidades específicas.

As funcionalidades presentes no aplicativo *RunnerUp* são: Realizar o monitoramento da atividade física; Configurar a atividade física a ser realizada; Histórico de atividades realizadas; Visualização das atividades realizadas; *Feed* de notícias com as atividades de amigos; Adicionar amigos; Configuração de unidades de distância e velocidade; Conexão com monitor de batimento cardíaco; Conexão com GPS; Conexão com sensor de passos; e configurações do aplicativo, como a visualização de mapas e dos gráficos. Foi identificado que ao criar uma atividade física, o sinal de GPS é obrigatório para identificar onde o usuário está e qual a trajetória realizada.

As funcionalidades presentes no aplicativo *Sportractive* são: Cadastro do perfil do usuário; Monitoramento de atividade física; Várias opções de atributos da atividade física, como ve-

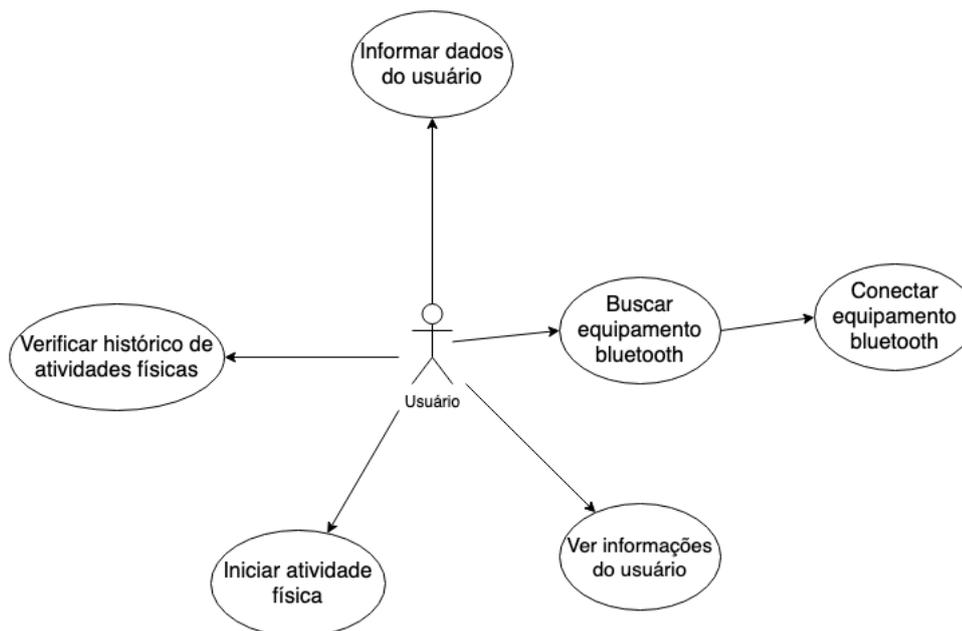
locidade, velocidade média, distância, entre outros; Conexão com aplicativos de música como *Spotify* e *Play Música*; Ativar ou desativar voz do aplicativo; Configuração do tipo de atividade; Histórico de atividades físicas; Visualização de atividades física; Realizar cálculos de medição corporal; Relatório das atividades físicas; Conexão com equipamento vestível; Configurações do aplicativo. O monitoramento de atividade física do aplicativo é realizado de modo diferente do *RunnerUp*, mesmo com a utilização de GPS, o aplicativo não obriga o usuário o uso dele, possibilitando ele realizar a atividade caso esteja sem sinal de GPS. O aplicativo também possui mais opções de customização de suas configurações.

As funcionalidades presentes no aplicativo *Endomondo* são: Cadastro/Login de usuários (possui várias opções de login, como Facebook, Google ou do próprio aplicativo); Monitoramento de atividade física; Várias opções de atributos da atividade física, como velocidade, velocidade média, distância, entre outros; Configuração do treino; *Feed* de notícias com as atividades de amigos; Adicionar amigos; Histórico de atividades; Visualização das atividades físicas; Notificações; Configuração do perfil do usuário; Criação de plano de treino; Visualização de estatísticas; Desafios; Criação de rotas da atividade física; Treino intervalado; Nutrição; Conexão com *smartwatches*; Conexão com monitores de batimento cardíaco; e Configurações do aplicativo. O monitoramento da atividade física do aplicativo *Endomondo* segue o mesmo apresentado pelo *Sportractive*, sem a obrigação do usuário ter sinal de gps para utilizar, mas se utilizar o aplicativo consegue rastrear o caminho realizado pelo usuário. O aplicativo é o que contém mais funcionalidade dos 3 utilizados na pesquisa.

Como os aplicativos possuem funcionalidades diferentes, não é possível comparar as funcionalidades, como foi exemplificado que em cada aplicativo o monitoramento de atividade física pode ser realizado de forma diferente. Assim, o foco desse projeto é avaliar o processo de conexão, pois independente do fluxo, a funcionalidade deve ter o mesmo objetivo final.

Mesmo com tantas funcionalidades encontradas nos aplicativos, foram escolhidas somente as funcionalidades que se encaixam no fluxo das atividades realizadas no teste com usuário. Na Figura 4.10 é apresentado o diagrama de caso de uso utilizado para o desenvolvimento do protótipo. As funcionalidades escolhidas para o desenvolvimento foram: Informar dados do usuário; Buscar equipamento *Bluetooth*; Conectar o equipamento *Bluetooth*; Visualizar informações do usuário; Iniciar a atividade física e verificar histórico de atividades físicas.

Figura 4.10 – Diagrama de caso de uso das funcionalidades implementadas no protótipo do aplicativo.



Fonte: Do autor (2020).

4.4.2 Implementação do protótipo

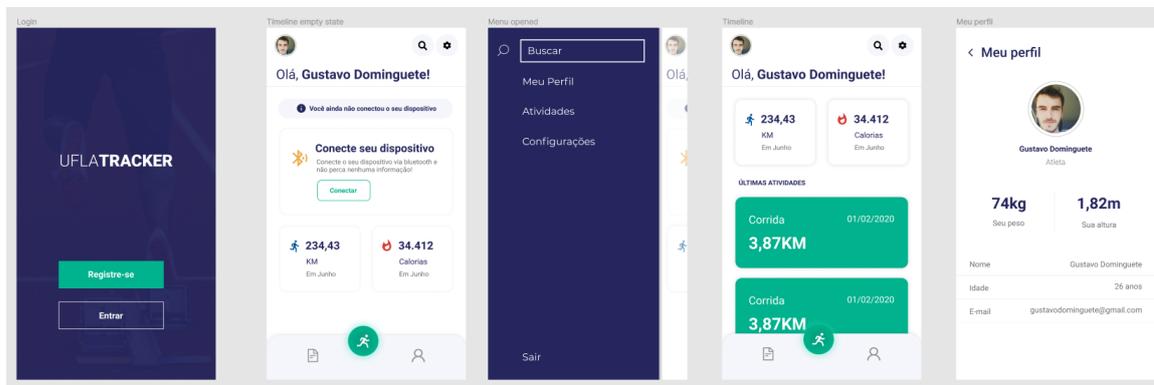
Com as funcionalidade a serem implementadas, foi realizado o desenvolvimento do aplicativo. O aplicativo foi desenvolvido pelo pesquisador utilizando Kotlin¹ e utilizando a linguagem nativa para Android.

As heurísticas foram passadas a um especialista em UX/UI chamado Thiago Almeida Marques junto com os casos de uso para que fosse criado um protótipo não funcional para servir de apoio para o pesquisador desenvolver o aplicativo funcional inteiro. A Figura 4.11 apresenta a captura do projeto do protótipo não funcional do aplicativo. Algumas informações e funcionalidades não foram implementadas no protótipo funcional, devido a complexidade da implementação em relação ao tempo de desenvolvimento e tempo do projeto. Assim, as funcionalidade de cálculo de distância e o cálculo de calorias queimadas foram removidas. O cálculo de distância percorrida não se aplica ao teste devido ao usuário estar parado e não ter como medir a velocidade com o usuário parado utilizando somente o celular. O menu lateral foi removido do projeto pois todas as funcionalidades estão acessíveis na página inicial. Assim, não houve a necessidade de implementar a funcionalidade.

O primeiro caso de uso desenvolvido foi o de informar os dados do usuário no aplicativo. A tela é a primeira que o usuário se depara ao abrir o aplicativo. A tela possui um botão entrar e

¹ <<https://kotlinlang.org/>>

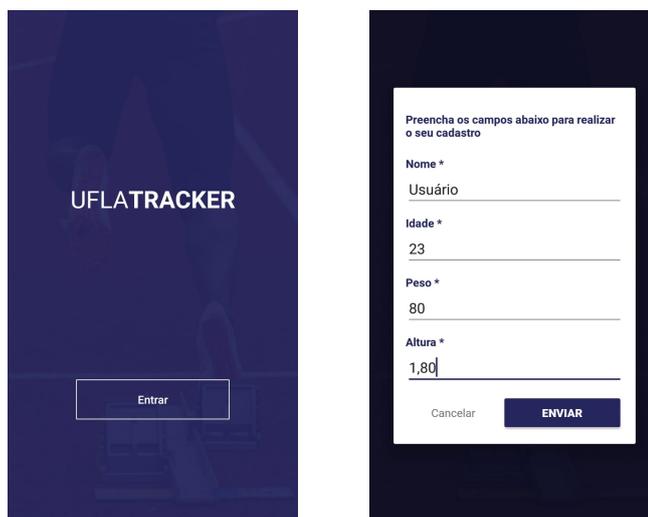
Figura 4.11 – Protótipo não funcional do aplicativo desenvolvido para avaliar a utilização das heurísticas



Fonte: Do autor (2020).

o título com o nome do aplicativo. Ao clicar no botão entrar, o aplicativo abre um *dialog* com 4 campos onde o usuário informa o Nome, Idade, Peso e Altura. A Figura 4.12 demonstra a tela e o *dialog* de informação dos dados.

Figura 4.12 – Tela inicial do protótipo funcional



(a) Tela inicial do aplicativo

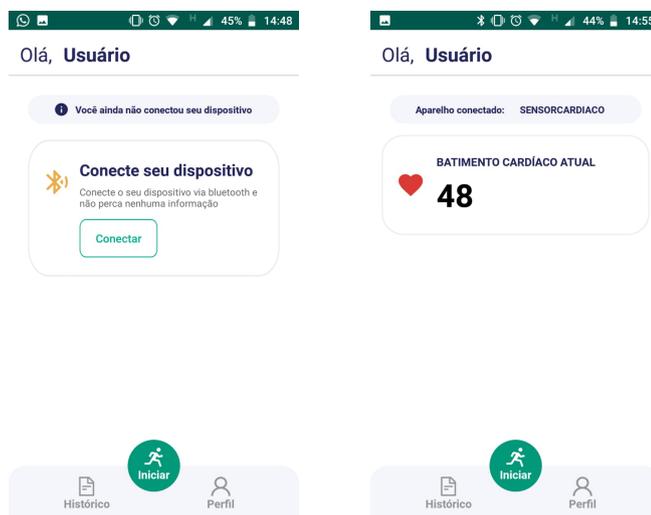
(b) Dialog de informação de dados do usuário

Fonte: Do autor (2020).

A Figura 4.13 apresenta o menu principal onde o usuário poderá acessar as funcionalidades do aplicativo. A conexão com o equipamento vestível está localizada bem no centro da tela, o botão para iniciar atividade está localizado no centro do rodapé, a sua direita está localizada a funcionalidade de exibir dados do perfil, e a esquerda a funcionalidade de visualizar histórico de atividades físicas. A primeira imagem apresenta o aplicativo sem a conexão com o equipamento vestível, assim a opção de conexão fica bem visível ao usuário. A segunda imagem apresenta o aplicativo com o equipamento vestível, trocando o campo de conexão pelo

número atual de batimentos cardíacos que o equipamento vestível está enviando ao aplicativo junto com o nome do equipamento conectado em cima dos batimentos cardíacos.

Figura 4.13 – Tela principal do protótipo funcional



(a) Tela principal do aplicativo sem equipamento vestível conectado

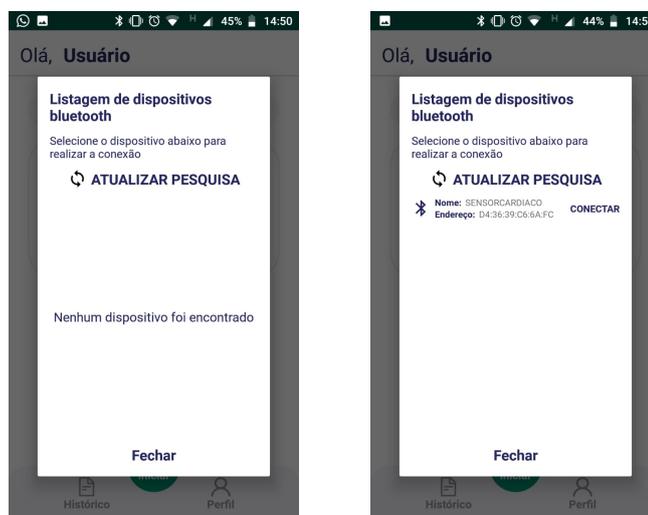
(b) Tela principal do aplicativo com o equipamento vestível conectado

Fonte: Do autor (2020).

A Figura 4.14 apresenta o *dialog* de conexão do aplicativo com o equipamento vestível. O *dialog* possui uma tela de carregamento mostrando que ele está procurando os equipamentos ao seu redor. Quando o aplicativo não encontra nenhum equipamento, é exibida uma mensagem que está demonstrada na Figura 4.14 (a). O *dialog* possui uma opção para atualizar a pesquisa caso não encontre nenhum equipamento, ou o usuário acaba de ligar o equipamento e ele não apareceu na listagem. A Figura 4.14 (b) apresenta o *dialog* com um equipamento vestível encontrado. A exibição do equipamento vestível conta com o nome do equipamento seguido do endereço MAC dele com um botão de conectar e um símbolo de *bluetooth*, onde o usuário pode clicar em qualquer um desses elementos para iniciar a conexão com o equipamento vestível. Ao clicar no item referente ao equipamento vestível é exibida uma tela de carregamento exibindo o estado da conexão, para que o usuário se mantenha informado de como está a conexão.

O principal caso de uso implementado no aplicativo foi a realização e o monitoramento da atividade física, que estão apresentados na Figura 4.15. A funcionalidade foi implementada para ser realizada somente com o equipamento vestível conectado. Assim, se o usuário tentasse iniciar uma atividade física sem conectar o equipamento, era exibido um *dialog* informando a necessidade da conexão com o equipamento vestível. Ao entrar na tela de atividade física, é

Figura 4.14 – Dialog de conexão com equipamentos vestíveis



(a) Dialog de conexão sem equipamentos encontrados

(b) Dialog de conexão com o equipamento vestível encontrado

Fonte: Do autor (2020).

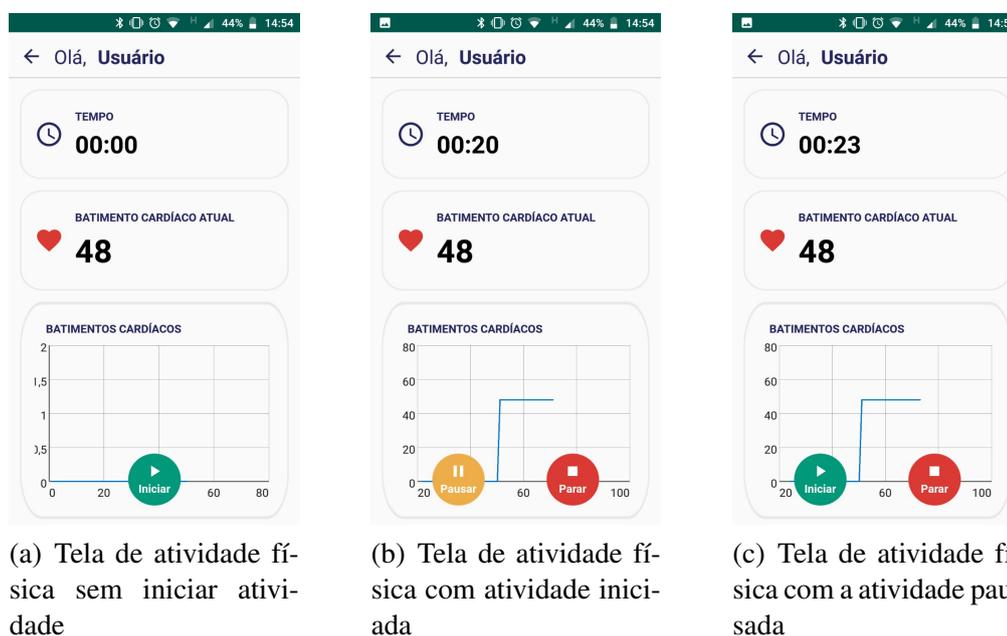
exibido ao usuário o tempo zerado, o número de batimentos cardíacos atuais, um gráfico com o histórico de batimentos da atividade e o botão de iniciar atividade. Ao iniciar a atividade, o botão de iniciar é removido e são mostrados dois botões, o de pausar e o de parar a atividade. Também são iniciados os valores do gráfico seguindo os valores do equipamento vestível e inicializado o *timer*. Ao clicar no botão pausar, o botão pausar é removido e em seu lugar é mostrado o botão continuar. O *timer* e o gráficos são pausados, mas não zerados. Ao clicar no botão continuar, as funcionalidades pausadas no botão pausar são reiniciadas sem perder os valores antigos. Para finalizar a atividade, é necessário clicar no botão parar. Assim, o aplicativo exibe um *dialog* para o usuário informar o nome que ele quer dar para a atividade física gravada.

Para a identificação e o processamento dos sinais de batimentos cardíacos, foi utilizado o algoritmo disponibilizado pela loja em que foi comprado o sensor². Foi identificado que o algoritmo mandava o número 48 quando não havia sinal de batimentos cardíacos. A única alteração realizada no código fornecido foi para enviar o sinal processado do sensor para a placa *bluetooth* para enviar o valor para o aplicativo. Essa alteração não muda o valor do batimento cardíaco processado. Assim, esse problema já veio do código disponibilizado.

O caso de uso de consulta do histórico de atividades físicas foi desenvolvido em duas telas conforme demonstrado na Figura 4.16. A primeira tela consiste na listagem de atividades

² <https://github.com/WorldFamousElectronics/PulseSensor_Amped_Arduino/tree/master/PulseSensorAmped_Arduino_1.5.0>

Figura 4.15 – Tela de atividade física



Fonte: Do autor (2020).

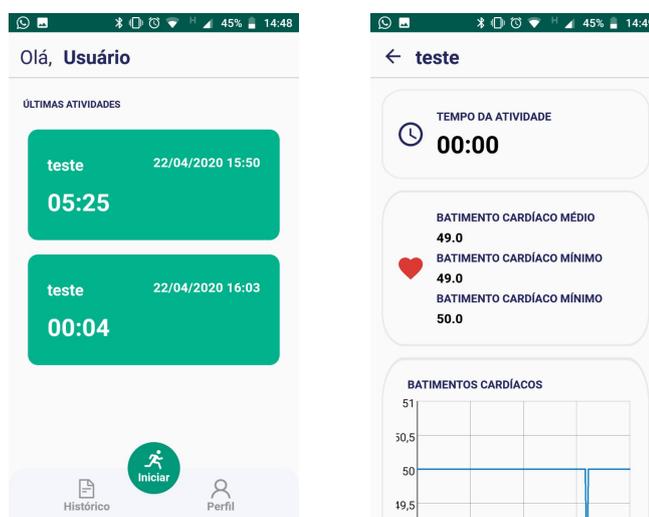
físicas, onde cada atividade física é apresentada em um quadro de cor verde com algumas informações básicas da atividade, como o nome dado pelo usuário, a data em que foi realizada e o tempo gasto. A segunda tela é mostrada quando o usuário clica em uma das atividades listadas. Na tela de detalhes da atividade física são demonstrados os dados com mais detalhes, em que além dos atributos mostrados enquanto o usuário realiza a atividade física, são demonstrados o valor médio, mínimo e máximo dos batimentos cardíacos na atividade.

O último caso de uso presente no aplicativo exibe os detalhes do usuário. Essa página conta com os dados informados no *dialog* para poder entrar na tela principal do aplicativo. A Figura 4.17 apresenta a tela de dados do usuário informando o nome, peso, altura, e idade. A tela é bem simples e a única interação é para voltar ao menu anterior.

4.5 Avaliação heurística do novo aplicativo desenvolvido

Para avaliar a utilização das heurísticas, foram realizadas três rodadas de avaliações heurísticas no protótipo de aplicativo desenvolvido. A primeira e a segunda avaliação contaram com quatro avaliadores, sendo dois professores do curso de Ciência da Computação na Universidade Federal de Lavras, um Bacharel em Ciência da Computação e uma aluna de graduação do sexto período do curso de Sistemas de Informação. A terceira avaliação teve 5 avaliadores. Nesta avaliação, os professores e o bacharel de Ciência da computação continuaram na avaliação e

Figura 4.16 – Listagem de atividades física no protótipo



(a) Tela de listagem de atividades físicas realizadas

(b) Tela de detalhes de uma atividade física

Fonte: Do autor (2020).

Figura 4.17 – Tela de dados do usuário



Fonte: Do autor (2020).

foram adicionados mais uma professora do curso de Ciência da Computação e um aluno de Mestrado em Ciência da Computação, ambos com experiência de pesquisa na área de Interação Humano-Computador. A troca das pessoas entre a segunda e a terceira avaliação teve como objetivo ter um ponto de vista diferente de novos avaliadores e evitar que se criasse um vício na avaliação, visto que a mesma equipe iria avaliar o mesmo aplicativo três vezes. A escolha do número foi devido às recomendações de Nielsen quanto ao fato de que uma avaliação heurística deve ter de 3 a 5 pessoas.

Todos os avaliadores possuíam experiência prévia em avaliações heurísticas. Os três professores que participaram da avaliação já realizaram pesquisas envolvendo avaliações heurísticas, e dois desses professores são pesquisadores da área de Interação Humano-Computador. O aluno de mestrado também é pesquisador da área e já participou de avaliações heurísticas em sua pesquisa. O Bacharel em Ciência Computação não atua na área, porém realizou pesquisas na área e participou de duas avaliações enquanto era aluno. A aluna de Sistema de Informação é pesquisadora de iniciação científica, onde já realizou duas avaliações heurísticas em sistemas vestíveis.

Nenhum membro da equipe de desenvolvimento do aplicativo participou da avaliação. A medida foi tomada para que não houvesse interferências na avaliação caso algum membro queira defender alguma crítica ou explicar a interface para os avaliadores. Sendo assim, o piloto da avaliação foi o Bacharel em Ciência da Computação nas três avaliações.

4.5.1 Primeira avaliação heurística

A primeira avaliação ocorreu no dia 22 de Abril de 2020 às 14 horas. O Apêndice D contém uma tabela com todos os problemas encontrados na primeira avaliação, onde foram encontrados 79 problemas de usabilidade na avaliação. A Tabela D.1 contém o código, local onde aconteceu o problema no aplicativo ou equipamento vestível, descrição do problema, as heurísticas encontradas, a média e a mediana do grau de severidade das pontuações indicadas pelos avaliadores. Dos 79 problemas encontrados, 46 tiveram a mediana do grau de severidade maior ou igual a 3, que representam problemas graves ou catastróficos.

Na Tabela 4.10 estão apresentadas as heurísticas que foram utilizadas nos problemas encontrados na primeira avaliação heurística. A tabela também possui o número de instâncias e a mediana do grau de severidade de cada uma. O número total de instâncias apresentados na tabela é maior que o número de instâncias encontrados na avaliação devido ao fato que um problema pode possuir mais de uma heurística vinculada a ele.

Tabela 4.10 – Heurísticas utilizadas na primeira avaliação do protótipo do aplicativo.

			Grau de severidade
Código	Nome da Heurística	# Instâncias	Mediana
N1	Visibilidade do Status do Sistema	20	3

			Grau de severidade
Código	Nome da Heurística	# Instâncias	Mediana
N2	Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	13	3
N3	Controle e liberdade para o usuário	3	3
N4	Consistência e Padronização	5	3
N5	Prevenção de erros	8	3
N6	Reconhecimento em vez de memorização	16	3
N8	Estética e design minimalista	4	2
N9	Ajude os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e recuperarem-se de erros	5	3
N10	Ajuda e documentação	1	3
M1	Estética	1	2,5
M6	Facilidade de uso	1	2
M7	Ergonomia	3	2
M8	Estilo	1	2,5
M14	Resistência	1	2,5
M18	Sutileza	1	2
M19	Facilidade de reconhecimento do usuário	2	3
M20	Formato de vestimenta	1	3
D1	O estado das conexões nos equipamentos vestíveis e software conectados devem ser exibidos de maneira perceptível e sempre presente	9	4
D2	A ordem e dependência das ações no software relacionadas aos equipamentos vestíveis devem ser exibidas de forma clara na interface	2	3,5
D3	A listagem dos equipamentos vestíveis deve ser clara, exibindo o estado de conexão do equipamento e sua funcionalidade	1	3

			Grau de severidade
Código	Nome da Heurística	# Instâncias	Mediana
D4	O processo de realização de conexão com equipamentos vestíveis deve ser compreensível, objetivo e informativo para o usuário	2	4
D5	O equipamento vestível deve ser projetado para ser colocado e removido do corpo do usuário sem dificuldades e evitando danos físicos	2	2,5

Fonte: Do autor (2020).

Na primeira avaliação foram encontrados problemas relacionados a 23 heurísticas das 35 utilizadas. Das heurísticas de Nielsen, a única que não teve instâncias foi a heurística 7 de Nielsen (N7). Entre os 20 princípios de Motti e Caine (2014), somente 9 princípios foram encontrados. As heurísticas que tiveram os maiores números de instâncias foram a primeira heurística de Nielsen (N1) com 20 instâncias, a sexta heurística de Nielsen (N6) com 16 e a primeira heurística desenvolvida nessa pesquisa (D1) com 9 instâncias. As heurísticas que tiveram os maiores graus de severidade foram a quarta heurística desenvolvida nessa pesquisa (D4) com mediana de 4. A segunda heurística com o maior grau de severidade foi a primeira heurística desenvolvida nessa pesquisa (D1) com 4 de mediana. A terceira heurística de Nielsen (N3) e a segunda heurística desta pesquisa (D2) teve uma média maior que a primeira heurística desta pesquisa (D1), porém sua mediana foi menor. Assim, a primeira heurística deste trabalho (D1) foi classificada como mais grave. Das 24 heurísticas e princípios encontrados na primeira avaliação 14 apresentaram a mediana maior ou igual a 3, representando um grande número de problemas graves ou catastróficos.

Todas as heurísticas desenvolvidas nesta pesquisa foram utilizadas na classificação dos problemas da primeira avaliação. Foram encontradas violações relacionadas a elas 16 vezes, sendo a primeira heurística a mais utilizada, com 9 instâncias. Das 5 heurísticas criadas, 3 delas tiveram a mediana maior que 3, classificando-as como problemas graves ou catastróficos, aumentando a importância das heurísticas dentro da avaliação heurística, e a utilização delas no desenvolvimento de interfaces.

As heurísticas de Nielsen tiveram a maior participação na classificação das instâncias dos problemas encontrados. Um dos motivos é por seu foco ser mais abrangente e suas heurísticas contemplarem todo tipo de sistema digital. Das 10 heurísticas de Nielsen, a única que não teve instâncias foi a N7. A única heurística que teve a mediana menor que 3 foi a N8, sendo a única que teve não teve a gravidade grave ou catastróficas. Todas as outras heurísticas de Nielsen foram classificadas como grave ou catastróficas.

Como os princípios de Motti e Caine são focados para o equipamento vestível, houve um número menor de instâncias. Um dos motivos de ter menos instâncias é que o equipamento vestível possui somente duas possibilidades de interação, a pulseira e o processador, enquanto o aplicativo possui mais possibilidades. Assim, a probabilidade de encontrar problemas no aplicativo é maior que encontrar no equipamento vestível. Dos princípios encontrados, dois deles foram classificados como grave, devido a mediana ter o valor equivalente a 3, e um foi classificado como catastrófico. No caso, os dois princípios com classificação grave foram "*Facilidade de reconhecimento do usuário*" e "*Formato de vestimenta*". Esses princípios tiveram as notas devido o formato do equipamento vestível não ser fácil de reconhecer e ser grande, visto que os equipamentos vestíveis encontrados no mercado possuem somente a pulseira. O formato do equipamento não estava de fácil reconhecimento devido ao recipiente de ambas partes do equipamento não conter nenhuma instrução.

As heurísticas criadas nesse trabalho apareceram em um total de 16 instâncias, e das 5 que foram utilizadas, 4 delas foram classificadas como grave ou catastróficas, somente a D5 que teve uma nota inferior a 3 em sua mediana. A heurística que teve uma participação maior na avaliação foi a D1 com 9 instâncias e sua mediana teve uma nota 4, classificando como catastrófica. O alto número de instâncias e da gravidade do grau de severidade foi devido a observação dos avaliadores em verificar que o estado de conexão com o equipamento vestível não estava claro e não estava perceptível a todo momento. No caso, o estado de conexão estava presente somente na tela inicial e somente quando era realizada a conexão. Quando o usuário mudava de tela não era possível identificar se o equipamento estava conectado ou não, o erro se tornava mais grave no momento que a tela de medir a atividade física não apresentava o estado de conexão e deixava a dúvida para o usuário se o equipamento estava conectado ou não.

Assim, para preparar o equipamento vestível e o aplicativo, foram realizadas correções em ambos. Alguns problemas encontrados no equipamento vestível não foi possível corrigir devido ao tamanho do processador junto com a bateria de 9V, assim o formato do equipamento

e o peso não puderam ser alterados. Alguns problemas remetiam à falta de informações no próprio equipamento vestível, esses problemas também não puderam ser corrigidos, pois devido o COVID-19, o acesso a impressora 3D disponível no Departamento de Ciência da Computação foi reduzido. Outro problema identificado foi que o equipamento vestível não possuía uma interface intuitiva de como equipá-lo, pois não possuía nenhuma identificação em nenhum de seus componentes, seja as pulseiras ou no *plug* para ligar. Para resolver esse problema e auxiliar o usuário, foi criado um desenho de como o equipamento vestível tem que ser equipado no braço e números de identificação em cada uma das partes do equipamento para ser identificado no desenho. Essa correção está presente na Figura 4.18.

Figura 4.18 – Equipamento vestível após a primeira modificação

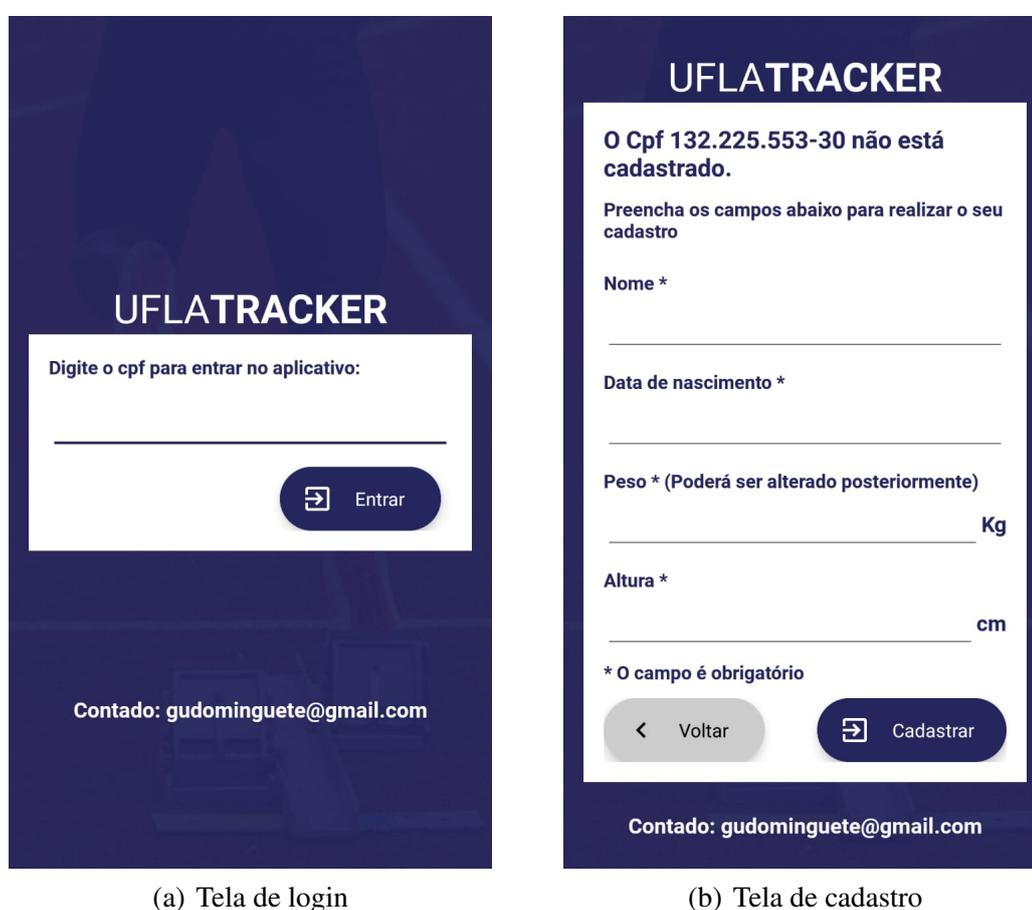


Fonte: Do autor (2020).

Os problemas relatados no aplicativo podem ser divididos em problemas comuns e relacionados a conexão com o equipamento vestível. Entre os dois tipos de problemas, houve mais instâncias nos problemas comuns, que foram problemas de padronizações de botões, conteúdo de *labels*, padronizações de *dialogs* e funcionalidades essenciais que atrapalham a utilização do usuário. Essas funcionalidades foram entrar com mais de uma conta e editar perfil do usuário. O protótipo tinha sido desenvolvido para ter somente um usuário, porém os avaliadores identificaram fluxos em que a falta da funcionalidade provocava erros no fluxo, pois era permitido

entrar com outro CPF mas mostrava os dados do primeiro usuário cadastrado. Aproveitando a nova implementação, foi realizada uma mudança na interface de *login*, onde foi identificado outros erros de fluxo. A Figura 4.12 apresenta o fluxo antigo da tela de login, onde era necessário apertar o botão de acesso para abrir um *dialog* com o cadastro. A Figura 4.19 apresenta o novo fluxo de login, onde o usuário entra com o CPF, e se não tiver cadastro, o aplicativo abre um formulário para ele preencher, caso já possua, ele é redirecionado para a tela principal do aplicativo.

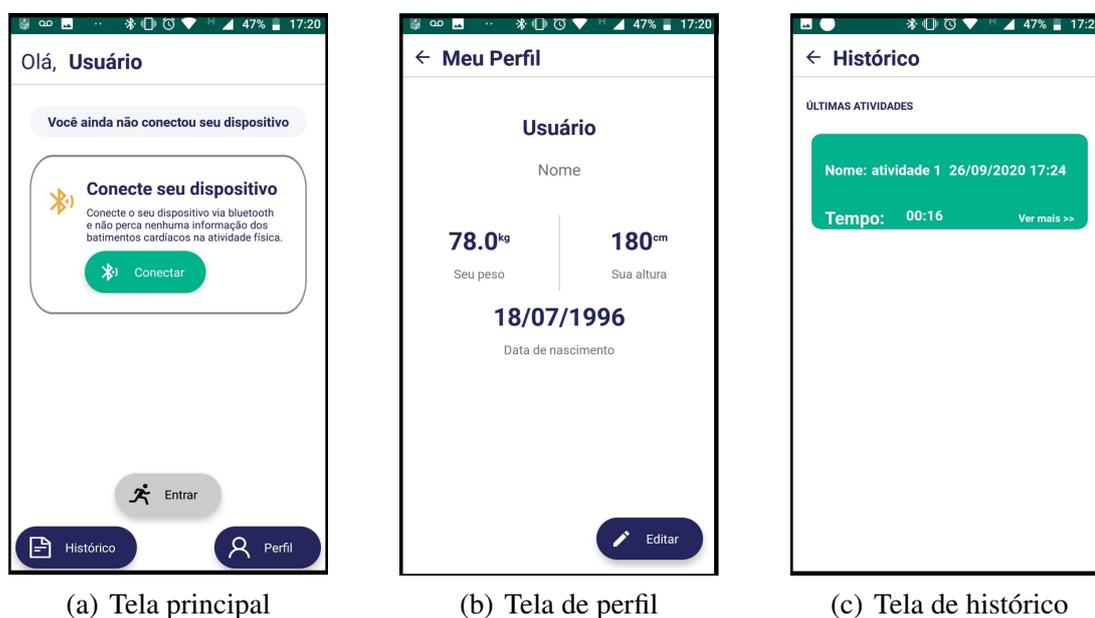
Figura 4.19 – Tela de login corrigida no fim da primeira correção



Fonte: Do autor (2020).

Algumas outras modificações foram realizadas no aplicativo, como a padronização de botões, e remoção de botões que não tinham aspecto de botões. Um exemplo são os botões de fluxo que dava acesso ao perfil, histórico e iniciar a atividade. Eles foram substituídos pelo botão padrão do aplicativo. Outra modificação foi concentrar o fluxo do sistema na página principal, assim os botões de fluxo foram removidos das páginas de histórico e de perfil. A Figura 4.20 mostra as telas principal, de histórico e de perfil após a modificação dos problemas encontrados na primeira avaliação heurística.

Figura 4.20 – Telas com botões padrão após a primeira correção

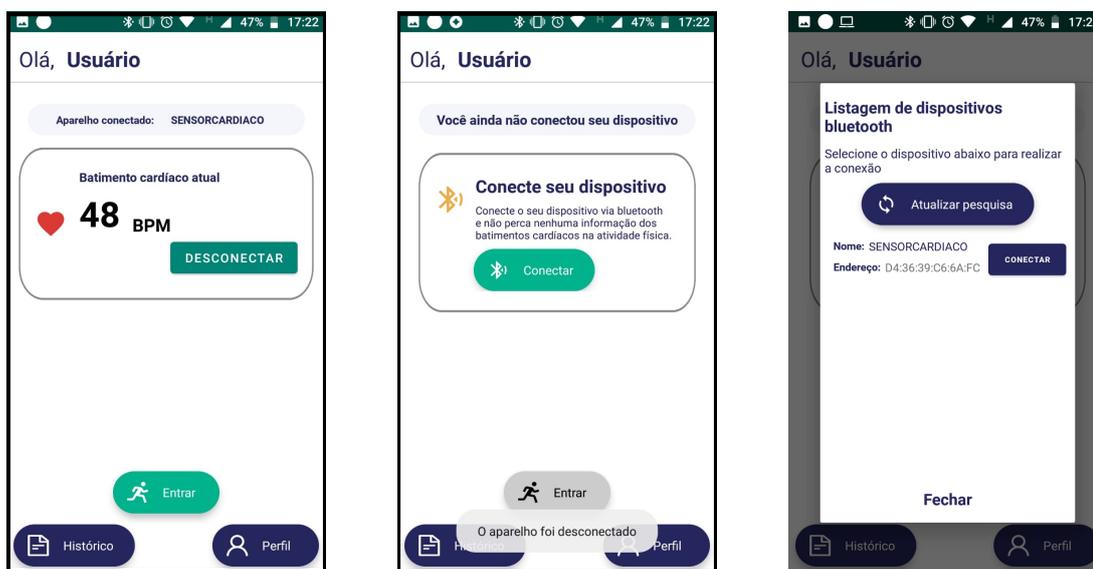


Fonte: Do autor (2020).

A correção realizada após a primeira avaliação heurística também teve como objetivo corrigir os problemas encontrados pelas heurísticas criadas nessa pesquisa para verificar se elas possuem uma indicação de como corrigir os problemas. Um dos principais problemas relacionado à conexão com o equipamento vestível encontrado na avaliação foi sobre a desconexão do equipamento. Foram encontrados tanto problemas como não haver a opção de desconectar e conectar outro equipamento, quanto se o equipamento desconecta sozinho ou o *bluetooth* do celular fosse desligado, não mostrava nenhuma mensagem da perda de conexão ou alterava a tela do sistema. Esses problemas foram responsáveis para a heurística D2 ter uma nota alta e ser indicada como grave. Assim, foi adicionada a opção de desconexão com o equipamento vestível e mensagens quando o estado da conexão muda, seja ela de conectado para desconectado ou o contrário.

A Figura 4.21 apresenta telas em que foram realizadas modificações relacionadas a conexão com o equipamento vestível. A Figura 4.21(a), mostra a inserção do botão de desconectar o equipamento vestível. Na Figura 4.21(b), a modificação foi a inserção de uma mensagem quando o equipamento vestível foi desconectado. A Figura 4.21(c) mostra modificações no *dialog* de conexão com o equipamento vestível. As modificações incluem a padronização dos botões e uma melhor distribuição dos elementos.

Figura 4.21 – Telas com correções sobre conexão com o equipamento vestível



(a) Tela principal com dispositivo conectado

(b) Mensagem de desconexão

(c) Dialog de conexão

Fonte: Do autor (2020).

4.5.2 Segunda avaliação heurística

A segunda avaliação heurística foi realizada após as correções da primeira avaliação. Ela ocorreu no dia 27 de Agosto de 2020 contando com a mesma equipe da primeira avaliação. Foram encontrados 74 problemas, 5 problemas a menos que a primeira avaliação. Os problemas encontrados estão presentes no Apêndice E. Apesar da quantidade de problemas ter reduzido apenas em 5 problemas, houve uma redução expressiva de problemas com a mediana do grau de severidade maior ou igual a 3. No caso, a segunda avaliação encontrou 24 problemas que foram classificados como grave ou catastrófica, enquanto a primeira avaliação houve 46, uma redução de 48% .

A Tabela 4.11 apresenta os dados dos problemas encontrados na segunda avaliação heurística agrupados pelas heurísticas e princípios utilizados na avaliação. A primeira diferença que pode ser percebida é sobre as heurísticas de Nielsen, em que na segunda avaliação não houve instâncias da N3, mas houve instâncias da N7, que na primeira avaliação não teve instâncias. Porém, houve um aumento no número de instâncias nas heurísticas de Nielsen. Foram encontradas 79 instâncias nas heurísticas de Nielsen na segunda avaliação e 75 na primeira. Também houve uma redução no grau de severidade das heurísticas. Enquanto na primeira avaliação 8 heurísticas tiveram o grau de severidade maior ou igual a 3, na segunda avaliação houve somente 3.

Tabela 4.11 – Heurísticas utilizadas na segunda avaliação do protótipo do aplicativo.

			Grau de severidade
Código	Nome da Heurística	Instâncias	Mediana
N1	Visibilidade do Status do Sistema	24	2
N2	Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	13	2
N4	Consistência e Padronização	6	2
N5	Prevenção de erros	8	3
N6	Reconhecimento em vez de memorização	14	2
N7	Eficiência e flexibilidade de uso	3	3
N8	Estética e design minimalista	6	2
N9	Ajude os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e recuperarem-se de erros	4	3
N10	Ajuda e documentação	1	3
M1	Estética	1	2
M6	Facilidade de uso	1	2
M7	Ergonomia	3	2
M8	Estilo	1	2
M18	Sutileza	1	2
M19	Facilidade de reconhecimento do usuário	2	3
M20	Formato de vestimenta	1	3
D1	O estado das conexões nos equipamentos vestíveis e software conectados devem ser exibidos de maneira perceptível e sempre presente	6	3
D4	O processo de realização de conexão com equipamentos vestíveis deve ser compreensível, objetivo e informativo para o usuário	1	3,5

			Grau de severidade
Código	Nome da Heurística	Instâncias	Mediana
D5	O equipamento vestível deve ser projetado para ser colocado e removido do corpo do usuário sem dificuldades e evitando danos físicos	1	2

Fonte: Do autor (2020).

Houve um princípio de Motti e Caine (2014) que teve instâncias de violações na primeira avaliação e não na segunda - o princípio "*Resistência*". O número de instâncias de violações dos princípios de Motti e Caine (2014) foi reduzido em 1. Na primeira avaliação houve 11 instâncias e na segunda houve 10. A redução ocorreu no princípio que não teve instâncias na segunda avaliação. Porém, somente uma instância das 10 da segunda avaliação foi encontrada em ambas avaliações. As demais instâncias foram novos problemas encontrados devido a correções ou novas observações realizadas pelos avaliadores. Não houve redução no número de princípios com grau de severidade maior ou igual a 3.

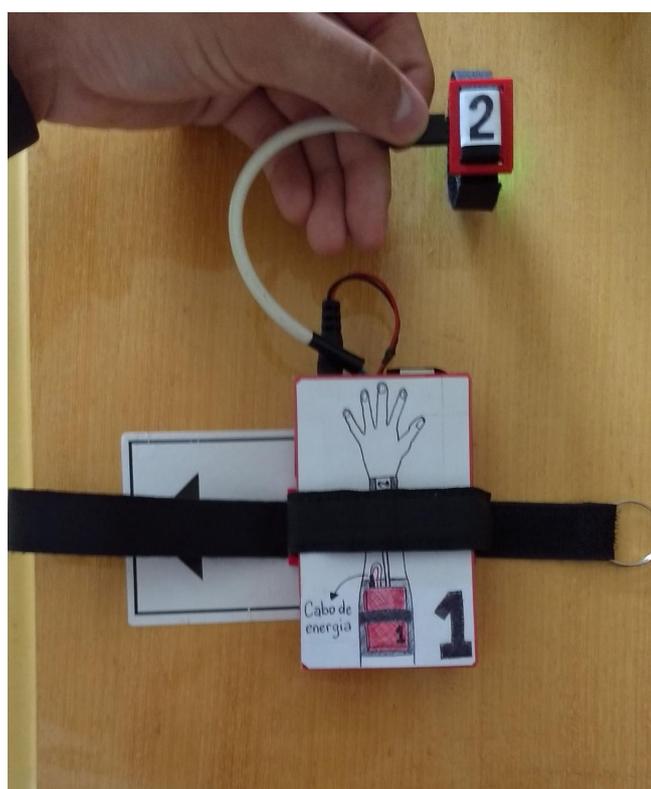
As heurísticas criadas nessa pesquisa tiveram uma redução expressiva na segunda avaliação, tanto em questão do número de instâncias, quanto no grau de severidade. Houveram duas heurísticas que não tiveram instâncias. No caso, foram a D2 e a D3. Também foi observada a redução no número de instâncias entre as duas avaliações. Enquanto a primeira avaliação teve 16 instâncias de violações, a segunda teve somente 8, gerando uma redução de 50%. Na primeira avaliação houve 4 heurísticas com o grau de severidade maior ou igual a 3, mas na segunda avaliação somente 2 das 3 encontradas tiveram esse nota. As reduções encontradas tanto no número de instâncias quanto no grau de severidade mostraram que as heurísticas auxiliaram no processo de identificação e correção.

Os erros encontrados na segunda avaliação seguem os padrões encontrados na primeira avaliação, com a adição que houve problemas encontrados nas correções, como o caso da correção apresentada na Figura 4.18, em que foram encontrados dois problemas. O primeiro problema é que a fita para amarrar o dispositivo sobrepõe o desenho e fica difícil de entendê-lo. O segundo problema encontrado foi que a numeração de cada etapa que servia para identificar deu a impressão de mostrar qual parte deve ser instalada primeiro, e se o usuário colocar a pulseira primeiro, pode quebrar o equipamento por a base ser mais pesada. Outro problema encontrado

no equipamento foi que a placa do *Arduino* possui uma entrada para passar os dados de seu programa, e ela ficou exposta, confundindo os usuários como uma opção para poder ligar o equipamento vestível.

Para corrigir esses erros foi alterado o desenho levando em consideração a posição da fita. Com essa correção o desenho consegue ajudar o usuário a entender a instalação do equipamento vestível, e não perde informação com a posição da fita. Foi adicionado um desenho para identificar o *plug* que liga o equipamento. Para não confundir o usuário onde que ele tem que ligar esse *plug*, foi utilizada uma fita para tampar a entrada de conexão com o computador. Assim, só existe uma possibilidade de entrada para ligar o equipamento. Também foi alterada a ordem dos números da imagem para não confundir o usuário no momento de colocar o equipamento vestível. Essa numeração ajuda a evitar com que os usuários coloquem o equipamento na ordem errada. A Figura 4.22 apresenta o equipamento vestível após a modificação.

Figura 4.22 – Equipamento vestível após a segunda modificação

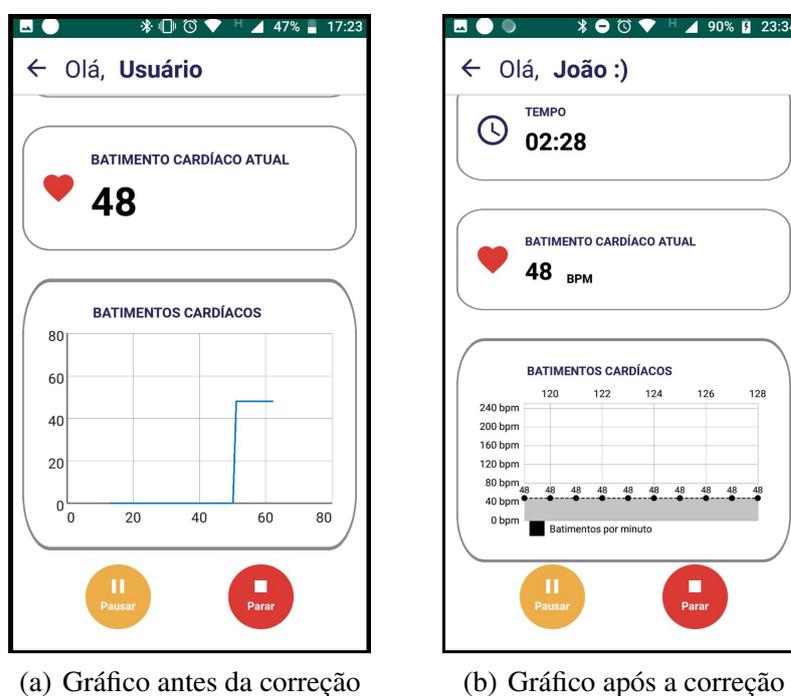


Fonte: Do autor (2020).

Os problemas de usabilidade mais gerais seguiram o mesmo padrão encontrado na primeira avaliação. Foram encontrados problemas relacionados a tamanho de fonte, conteúdo das *labels*, falta de mensagem de erro e mensagens para evitar que o usuário realize fluxos errados, como confirmar se o usuário realmente tem a intenção de sair do aplicativo. Porém, um dos

principais problemas encontrados e que estava dificultando muito a visualização dos dados foi o gráfico da atividade e de sua visualização. O gráfico tinha limitações como não colocar um valor fixo para altura do eixo Y e não colocar o significado de cada eixo, dificultando a compreensão dos dados. Assim, foi realizada a troca da biblioteca do gráfico³ por um mais completo e que possuía mais funcionalidades. A Figura 4.23 apresenta a correção dos gráficos, a Figura 4.23 (a) apresenta o gráfico antes da correção, e a Figura 4.23 (b) apresenta a correção realizada após a segunda avaliação heurística.

Figura 4.23 – Tela de atividade mostrando a correção do gráfico após a segunda avaliação heurística



Fonte: Do autor (2020).

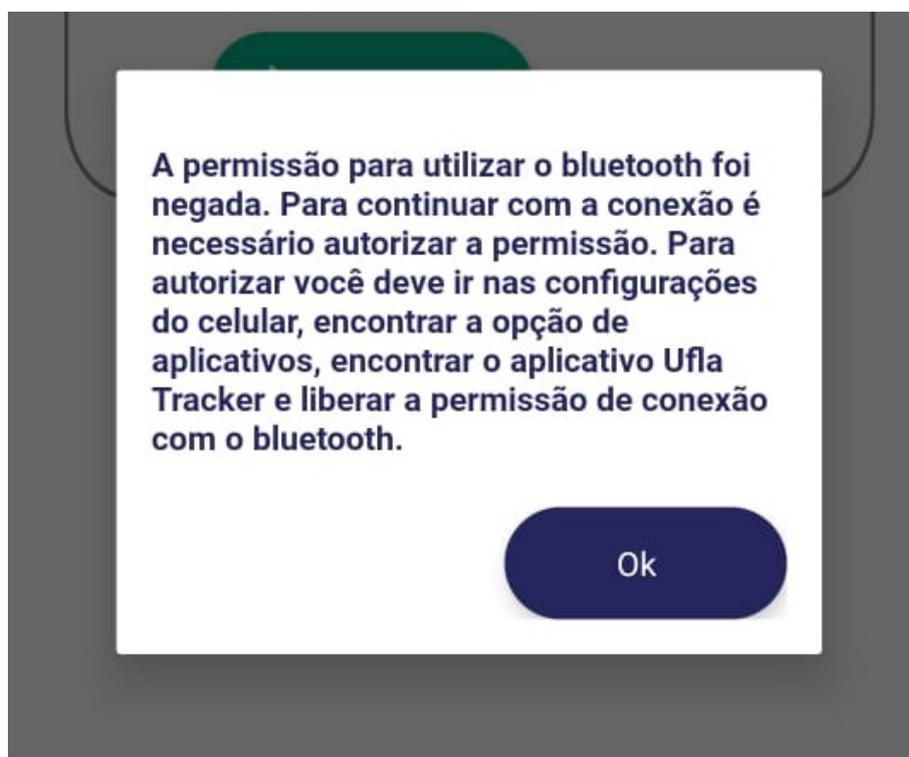
Os problemas encontrados de conexão diminuíram, mas ainda estavam presentes. Foram encontrados três problemas de maior impacto na segunda avaliação heurística. O primeiro foi que a identificação da conexão ou desconexão do equipamento vestível era de difícil visualização, pois era utilizada a ferramenta *Toast* nativa do Android, que mostra uma mensagem temporária na tela, o que fazia com que se o usuário tivesse distraído ele perdia a mensagem. A correção para esse problema foi trocar esse *Toast* por *Dialogs*, assim o usuário tem que confirmar a leitura para ela desaparecer.

O segundo problema que mais trouxe impacto de usabilidade do aplicativo foi a falta da identificação de qual equipamento vestível está conectado com o aplicativo na tela de realizar a

³ <<https://github.com/AnyChart/AnyChart-Android>>

atividade física. A correção desse problema foi simples, onde foi utilizado o mesmo elemento de identificação na tela principal, na tela de realização de atividade. O terceiro problema de maior impacto relacionado à conexão foi sobre a permissão de acesso ao *bluetooth*. A permissão de acesso ao *bluetooth* é uma funcionalidade nativa do Android, e é obrigatória chamar a interface de pedir permissão para acessar o recurso. A interface inicial do pedido de permissão possui a opção de conceder ou negar. Caso o usuário negue a permissão e tente usar, o aplicativo chama o *dialog* de permissão novamente, porém com a opção de não perguntar novamente caso o usuário negue. Se o usuário escolhesse a opção de não apresentar o *dialog* novamente, o aplicativo desenvolvido nesse trabalho não apresentava nenhuma mensagem e não realizava o processo que necessitava do acesso ao *bluetooth*. Assim a correção para esse problema foi exibir um *dialog* contendo uma mensagem para guiar o usuário como conceder a permissão pelas configurações do *smartphone*. A Figura 4.24 apresenta o *dialog* criado para auxiliar o usuário. O *dialog* possui um problema devido ao Android ter várias versões de seu Sistema Operacional, que segue a marca do *smartphone*. Assim, cada versão possui um guia exato de como conceder a permissão, fazendo com que a mensagem do *dialog* tenha que ser genérica.

Figura 4.24 – *Dialog* com a mensagem para auxiliar o usuário a conceder a permissão de acesso ao bluetooth



Fonte: Do autor (2020).

4.5.3 Terceira avaliação heurística

A terceira avaliação heurísticas teve mudanças em relação às duas primeiras. Nesta avaliação, havia dois novos avaliadores, e um dos avaliadores das rodadas anteriores não participou. O intuito dessa troca foi identificar um ponto de vista diferente das avaliações anteriores e evitar que os avaliadores criem vício no uso dos sistemas e não identifiquem problemas devido a estar acostumado com sua utilização. A avaliação aconteceu em dois dias, devido ao tempo da reunião extrapolar os horários pessoais de membros da equipe. Assim, a avaliação ocorreu nos dias 18 e 21 de setembro de 2020.

Foram encontrados 62 problemas de usabilidade na terceira avaliação, uma redução de 12 problemas comparado à segunda avaliação. Esse dado é positivo, considerando que a troca de avaliadores tende a aumentar a probabilidade de encontrar novos problemas que os avaliadores das rodadas anteriores poderiam não ter encontrado. Os problemas estão apresentados no Apêndice F.

Com o número reduzido de problemas, o número de instâncias de violações em cada heurística também foi reduzido. O maior número de instâncias foi encontrados na heurística de Nielsen com 78 instâncias, uma a menos que na segunda avaliação. A avaliação encontrou pelo menos uma instância de cada heurística de Nielsen. Os princípios de Motti e Caine tiveram 10 instâncias, sendo apresentadas em 7 princípios. Somente uma instância foi encontrada nas heurísticas desenvolvidas nesse trabalho. A Tabela 4.12 apresenta os dados das heurísticas utilizadas.

Outro resultado positivo encontrado foi que o número de heurísticas ou princípios utilizados na avaliação com a mediana com o grau de severidade grave ou catastrófica. A primeira avaliação teve 14 heurísticas/princípios que tiveram grau de severidade grave ou catastrófica, e 8 na segunda avaliação. Apenas três heurísticas/princípios tiveram um grau de severidade como grave, e duas dela tiveram somente uma instância e a outra teve duas. Esses valores mostram que a maioria dos problemas encontrados não tiveram um impacto muito grande na usabilidade do sistema.

Tabela 4.12 – Heurísticas utilizadas na terceira avaliação do protótipo do aplicativo.

			Grau de severidade
Código	Nome da Heurística	Instâncias	Mediana
N1	Visibilidade do Status do Sistema	10	2

			Grau de severidade
Código	Nome da Heurística	Instâncias	Mediana
N2	Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	23	2
N3	Controle e liberdade para o usuário	1	3
N4	Consistência e Padronização	3	1,3
N5	Prevenção de erros	8	2
N6	Reconhecimento em vez de memorização	13	2
N7	Eficiência e flexibilidade de uso	2	2,5
N8	Estética e design minimalista	13	1
N9	Ajude os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e recuperarem-se de erros	1	1
N10	Ajuda e documentação	4	1
M1	Estética	1	2
M6	Facilidade de uso	1	2
M7	Ergonomia	3	2
M8	Estilo	1	2
M12	Privacidade	2	3
M18	Sutileza	1	3
M20	Formato de vestimenta	1	2
D5	O equipamento vestível deve ser projetado para ser colocado e removido do corpo do usuário sem dificuldades e evitando danos físicos	1	2

Fonte: Do autor (2020).

5 DISCUSSÃO

As avaliações realizadas por meio de testes com usuários e inspeções por especialistas trouxeram dados para responder a pergunta dessa pesquisa: "Quais heurísticas de usabilidade podem apoiar o design de conexão em aplicações acopláveis a diferentes equipamentos vestíveis de monitoramento de saúde?"

Assim, para responder a pergunta os seguintes objetivos gerais da pesquisa foram criados: (1) Obter um *corpus* de problemas de usabilidade encontrados nas avaliações de usabilidade com usuários nos aplicativos apresentados na pesquisa; (2) Consolidar o conhecimento adquirido nas avaliações através de proposta de novas heurísticas; (3) Avaliar e aplicar as heurísticas propostas.

Para alcançar o primeiro objetivo foi realizada uma avaliação com usuários contendo 30 participantes divididos em 3 grupos. Cada grupo utilizou um aplicativo diferente que possibilitava o acoplamento de diferentes sensores, e todos os participantes utilizaram o mesmo equipamento vestível. Para atingir o segundo objetivo, utilizou-se a metodologia proposta por Quiñones, Rusu e Rusu (2018), que traz uma metodologia para criação de heurísticas. Seguindo esta metodologia, foi criado um conjunto com cinco heurísticas.

A metodologia auxiliou para alcançar o terceiro objetivo, pois uma das etapas apresentada na metodologia é a validação das heurísticas criadas. A validação ocorreu com a utilização de três avaliações heurística com especialistas. Após as avaliações, ocorriam correções nas interfaces do aplicativo e do equipamento vestível.

As avaliações com os usuários resultou em um total de 714 instâncias de problemas, onde resultou em um total de 283 problemas únicos. Desses 283 problemas únicos, 39 foram cobertos parcialmente em sua classificação pelas heurísticas de Nielsen e pelos princípios de Motti e Caine (2014). Esses problemas não tiveram a sua classificação totalmente preenchida por encontrar problemas físicos ou de conexão em que não os conjuntos selecionados não conseguem cobrir. Um dos exemplos que envolve o equipamento vestível e o aplicativo é mostrar o estado de conexão a todo momento em ambos os sistemas. A falta dessa informação pode deixar o usuário confuso se a conexão entre os dois está ativa, ou houve uma desconexão.

Um outro problema que foi encontrado foi identificar o que o dispositivo encontrado pelo *bluetooth* representa, no caso se ele realmente é um equipamento vestível e o tipo de equipamento vestível. Por o aplicativo possuir a flexibilidade de realizar conexão com diferentes tipos de equipamento vestível, acaba que a pesquisa de *bluetooth* possa buscar diferentes tipos

de dispositivos que possuem a tecnologia. Assim, equipamentos que possuem a tecnologia *Bluetooth Low Energy (BLE)* conseguem configurar o equipamento para identificar o tipo de equipamento que ele representa. Assim, é possível criar um método de identificação do tipo de equipamento para auxiliar o usuário a identificar qual equipamento ele quer conectar.

Em alguns aplicativos, o processo de conexão facilitava o reconhecimento da atividade, e existia a possibilidade de pular etapas da conexão que eram obrigatórias, causando erros na etapa de conexão. Assim, surge a necessidade de criar interfaces em que o processo de conexão seja de fácil reconhecimento e as ações dependentes estejam no mesmo fluxo da conexão para que o usuário não se perca e seja mais fácil de realizar a tarefa.

Visto os problemas apresentados, é possível afirmar que existem problemas de usabilidade na conexão de em aplicativos que possuem a flexibilidade de acoplamento entre diversos tipos de equipamentos vestíveis. Esse resultado era o esperado para poder justificar a criação de heurísticas para identificar esses problemas. Devido ao número alto de instâncias encontradas nos testes com usuários, é possível afirmar que esse resultado é relevante. O trabalho apresentado por Meng e Kim (2011) apresenta suas heurísticas baseadas em outros estudos, sem ter os problemas identificados na própria heurística. O estudo apresentado por Dias, Pereira e Freire (2017) encontrou 90 problemas de usabilidade em 10 artigos de análise de usabilidade em sistemas de radiologia. Assim, os 714 problemas encontrados mostram que são relevantes para a criação das heurísticas.

Alguns dos problemas encontrados na pesquisa coincidem com problemas encontrados em estudos anteriores. Por exemplo, foram encontrados problemas comuns de interface digitais, como erro de fluxo, problemas com cores, formato de botões, conteúdo de *labels*, dentre outros. Zhang e Adipat (2005) apresentam em seu estudo que esses problemas devem ser levados com seriedade pelos testadores do aplicativo que foi implementado. Os problemas encontrados no aplicativos também foram encontrados no estudo apresentado por Bashir e Farooq (2019), que apresentam novas heurísticas para avaliar interfaces de aplicativos para *smartphone*. Outros tipos de problemas que foram encontrados na literatura são relacionados ao equipamento vestível. No caso, foram problemas relacionados a peso e formato do equipamento, como apresentado por Ito et al. (2013) que encontrou problemas de usabilidade no formato do equipamento ao avaliar se seu equipamento era fácil de equipar ao usuário, pois tinha um limite de tempo para que esse procedimento seja feito. O estudo apresentado por Motti e Caine (2015) também apresentou a necessidade de que os equipamentos vestíveis devem ter uma interface que possibilita

diversos tipos de pessoas a utilizá-los. Thilo et al. (2019) também apresentaram resultados próximos do que foram encontrados na pesquisa, apresentando problemas de usabilidade no formato do equipamento, mostrando que o formato e o conforto do equipamento vestível pode afetar a usabilidade do sistema.

Porém, os problemas relacionados a conexão não foram encontrados na literatura antes da realização deste trabalho com nível de detalhamento relatado neste estudo. Esses problemas estavam relacionados ao fato dos aplicativos serem flexíveis a conexão com diferentes equipamentos vestíveis. Os problemas categorizados nesse grupo foram os que não conseguiram ser classificados pelas heurísticas utilizadas no trabalho e foram o objetivo da criação de novas heurísticas.

Para conseguir contemplar esses problemas, foi proposto um conjunto de cinco novas heurísticas como principal contribuição do trabalho. As heurísticas tiveram como base os problemas que não foram cobertos pelas heurísticas de Nielsen e os princípios de Motti e Caine (2014). Elas tem como objetivo servir como um guia para auxiliar a criação de interfaces de conexão em sistemas que permitem a acoplagem com diversos equipamentos vestíveis sem que o aplicativo precise conhecer o equipamento previamente.

Além de servir como um guia para auxiliar no design, as novas heurísticas também possuem o propósito de auxiliar encontrar classificar problemas do tipo de conexão entre aplicativo e equipamento vestível em avaliações heurísticas. Esse propósito foi avaliado por meio das três avaliações heurísticas com especialistas, em que mostrou ser bem eficiente para identificar e auxiliar a equipe de desenvolvimento a corrigir os problemas identificados. O resultado pode ser considerado positivo pois houve uma redução de 16 instâncias para 8, entre a primeira e segunda avaliação, e de oito instâncias para uma, entre a segunda e terceira.

As heurísticas criadas nessa pesquisa auxiliaram a identificação de problemas como informar ao usuário qual equipamento vestível o aplicativo está conectado. No caso, o aplicativo mostrava somente na tela de conexão, isso pode deixar o usuário confuso ao iniciar a atividade e não saber se o equipamento está conectado e qual equipamento está conectado. Outros problemas encontrados pela heurística foi a falta de informação ao mudar o estado de conexão do equipamento. Esse problema é muito importante de ser detectado, pois o usuário pode perder a conexão com equipamento por diversos motivos e não saber que isso aconteceu, podendo tentar acessar uma funcionalidade que necessita da conexão. Esses são exemplos de como as

heurísticas criadas nessa pesquisa podem auxiliar a criação de novas interfaces de aplicativos de conexão com equipamentos vestíveis.

Apesar dos resultados positivos, para alcançá-los foi necessário vencer algumas dificuldades e limitações. Uma das limitações apresentadas no equipamento vestível foi a limitação de tamanho devido ao fato de a placa do processador ser muito grande para uma pulseira. Assim, não foi possível reduzir seu tamanho para tornar o equipamento vestível mais confortável. Outra limitação foi o peso da bateria, pois o Arduino utilizado no equipamento tinha somente a entrada de bateria 9 volts que são mais pesadas que as baterias utilizadas comumente nas *smartbands*.

Uma das dificuldades encontradas para finalizar o equipamento vestível foi configurar a placa *bluetooth* para que ele tivesse as configurações do sensor de batimentos cardíacos e pudesse ser listado nas pesquisas por dispositivos. A dificuldade está relacionada a dificuldade de encontrar material que pudesse auxiliar a resolver esse problema, sendo necessário a tentativa e erro até que fosse descoberto um método para alterar as configurações da placa.

Existiu também a limitação dos aplicativos que possuem acoplagem com diversos tipos de equipamento vestível. Foram testados mais de 10 aplicativos presentes na *Play Store* e encontrados somente três que cumprissem os requisitos para entrar na pesquisa. Assim, tornou-se uma dificuldade em criar uma base mais diversa e aumentar a quantidade de avaliações.

Os tipos de sensores também foram uma limitação para o desenvolvimento do projeto. Foi necessário um sensor de batimento cardíacos que o custo não seja alto e o valor se torne maior que as *smartbands* do mercado. Assim, ao pesquisar os componentes, foram encontrados dois tipos de sensores de batimentos cardíacos, o primeiro foi o Ad8232 que usa medição por eletrocardiograma e de pulso cardíaco. Porém, sua usabilidade não se encaixa em um equipamento vestível para se colocar no braço, uma vez que ele utiliza de 3 sensores para colocar em locais específicos do corpo, como regiões do peito.

O segundo sensor encontrado foi o sensor de pulso óptico, que utiliza de uma luz para verificar o pulso dos batimentos cardíacos. Este sensor é o mais utilizado nas *smartbands* e *smartwatches* do mercado, pois, para equipá-lo é menos trabalhoso que o sensor por ECG, e ele é menor para se colocar dentro do equipamento vestível. Assim, sua utilização se torna mais próxima dos equipamentos vestíveis disponíveis no mercado. O preço desse sensor também auxiliou para sua escolha, ele possuía quase a metade do valor do sensor de ECG.

Com a utilização do sensor óptico e o Arduino foi possível criar o equipamento vestível de uma maneira personalizada. Essa estratégia traz vantagens de poder criar o *design* do equipamento vestível e não ficar restrito ao *design* desenvolvido por equipamentos do mercado. Além dessa liberdade, é possível alterar o design após sua avaliação. Porém, por se tratar de protótipos, as placas utilizadas no equipamento vestível não estão otimizadas e são maiores que o ideal para um equipamento vestível para o mercado. Assim, há limitação em termos da usabilidade e ergonomia do equipamento vestível, para respeitar o tamanho desses componentes.

Após realizados testes com usuário, foi implementado um aplicativo seguindo as funcionalidades avaliadas. Inicialmente o planejamento do projeto contaria com uma avaliação com usuários. Porém, o aplicativo foi finalizado no início do mês de março de 2020, e devido à pandemia da COVID-19, a avaliação com usuários foi impossibilitada, para evitar o risco de contaminação entre os participantes e a equipe de pesquisa. Assim, foram realizadas três rodadas de avaliações com especialistas para contemplar uma forma de avaliação do uso das heurísticas.

Para realizar a avaliação com especialistas, foi utilizado recurso de videoconferência com o uso da câmera do computador do responsável por ser o piloto da avaliação, com o intuito de mostrar o equipamento vestível para os demais especialistas. Esse método dificulta a observação dos problemas devido os especialistas não terem contato com o equipamento vestível e não ter a experiência completa de sua utilização.

Um fator que contribuiu com a validação das heurísticas foi o fato do layout do aplicativo ter sido desenvolvido por um UI/UX Designer que teve acesso às heurísticas. Ele conseguiu identificar a proposta das heurísticas e pensar numa maneira melhor de desenvolver uma interface levando-as em consideração. Ao finalizar o layout, o UI/UX Designer passou o projeto para o pesquisador desse trabalho, que desenvolveu o aplicativo por inteiro.

A pesar das limitações e dificuldades encontradas, a pesquisa também teve muitos resultados positivos, podendo considerar que foram superadas as limitações e dificuldades. A pesquisa conseguiu seguir a metodologia apresentada por Quiñones, Rusu e Rusu (2018), por meio da qual foi possível realizar uma análise de um problema, propor as heurísticas e validá-las.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho inseriu-se no contexto dos avanços da indústria 4.0, com o avanço de IoT (*Internet of Things*) (XU; XU; LI, 2018) e tecnologias vestíveis. Pesquisas de usabilidade em equipamentos vestíveis tem particularidades específicas em relação a sistemas digitais. Além da pesquisa da usabilidade do equipamento vestível, é necessário realizar a pesquisa sobre como é realizada a comunicação do equipamento vestível e o sistema que faz o processamento, visualização e interação com dados.

A questão criada nessa pesquisa foi: "Quais heurísticas de usabilidade podem apoiar no design do processo de conexão em aplicações acopláveis a diferentes equipamentos vestíveis de monitoramento de saúde?". A pesquisa teve como objetivo encontrar quais problemas existentes em aplicativos de monitoramento de atividade física que tem a flexibilidade de acoplamento com diversos tipos de equipamento vestível de monitoramento de batimento cardíaco. Além de encontrar os problemas, o objetivo dessa pesquisa foi criar heurísticas para auxiliar os projetistas de interface a criarem interfaces com boa usabilidade, e contribuir para que essas heurísticas auxiliem o trabalho de especialistas na avaliação heurística e no design desse tipo de aplicação.

Para alcançar esse objetivo, foi utilizada a abordagem metodológica apresentada por Quiñones, Rusu e Rusu (2018), que fornece uma metodologia para criação de heurísticas. A pesquisa começou com um estudo da literatura para identificar o estado da área. Em seguida, foi conduzida uma avaliação de usabilidade com 30 usuários em três aplicativos de monitoramento de atividade física e um equipamento vestível desenvolvido durante a pesquisa. Após a avaliação com usuários, foram propostas cinco heurísticas com base nos problemas encontrados que diziam respeito ao acoplamento entre o equipamento vestível e o aplicativo móvel e ,para validá-las, foram utilizadas três rodadas de avaliações heurísticas com especialistas.

A principal contribuição científica deste projeto de mestrado foi a identificação de problemas e dificuldades encontradas por usuários ao utilizar aplicativos de monitoramento de atividade física que tem a flexibilidade de acoplar diferentes tipos de equipamentos vestíveis. A partir da identificação desses problemas, tornou-se possível criar um conjunto de heurísticas para que novos projetos de aplicativos que possuem essa flexibilidade em sua conexão possuam uma interface com uma boa usabilidade.

Além das heurísticas, foram realizados outros trabalhos que geraram resultados para a pesquisa. O primeiro trabalho foi o mapeamento sistemático de avaliação de aceitação em sistemas vestíveis, que auxiliou a embasar a construção do instrumento de pesquisa para levantar

a satisfação e aceitação da tecnologia pelos usuários. Esse trabalho resultou em um artigo para a revista *International Journal of Business Information Systems*, que foi aprovado em setembro de 2020, com o título: "*Acceptance of wearable health technologies: a mapping of the state of the art*" (em produção). O segundo trabalho que resultou em produções científica foi uma avaliação de usabilidade realizada em sistemas vestíveis do mercado, utilizando os aplicativos de monitoramento de atividade físicas desenvolvidos pela mesma empresa. O estudo realizou três combinações entre equipamento vestíveis e seus aplicativos. Um trabalho desenvolvido em conjunto com este projeto de mestrado resultou em artigo apresentado no XIX Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, em 2020, com o título: "*Heuristic Evaluation and User Tests of Wearable Mobile Health Monitoring Applications: What Results Do Different Methods Yield?*" (em processo de publicação). Além dos dois artigos aprovados, está sendo elaborado um artigo com os resultados das avaliações realizadas nessa pesquisa.

A pesquisa teve três principais achados. O primeiro achado da pesquisa foi o *corpus* de 714 problemas de usabilidade encontrados em três aplicativos com flexibilidade de conexão a diferentes equipamentos e um equipamento vestível, e a caracterização dos tipos desses problemas. Os problemas serviram de base para poder verificar quais são as dificuldades encontradas nos aplicativos presentes no mercado. O número de problemas encontrados tornam uma boa base para criar guias de melhores práticas de usabilidade.

O segundo achado da pesquisa foi a criação de cinco heurísticas para auxiliar o desenvolvimento e a avaliação de interfaces, podendo servir como um guia para o design e apoio para avaliação. As heurísticas foram baseadas nos problemas encontrados na avaliação com usuários. Assim, isso as torna consistentes, devido o alto número de problemas encontrados. As heurísticas criadas foram:

- D1. O estado das conexões nos equipamentos vestíveis e software conectados devem ser exibidos de maneira perceptível e sempre presente.
- D2. A ordem e dependência das ações no software relacionadas aos equipamentos vestíveis devem ser exibidas de forma clara na interface.
- D3. A listagem dos equipamentos vestíveis deve ser clara, exibindo o estado de conexão do equipamento e sua funcionalidade.
- D4. O processo de realização de conexão com equipamentos vestíveis deve ser compreensível, objetivo e informativo para o usuário.

D5. O equipamento vestível deve ser projetado para ser colocado e removido do corpo do usuário sem dificuldades e evitando danos físicos.

O terceiro achado da pesquisa foram os resultados das avaliações heurísticas com especialistas, em que o número de problemas encontrados em cada etapa da avaliação foram diminuindo, mostrando que as heurísticas serviram como guias para auxiliar a equipe de desenvolvimento corrigir os problemas encontrados. Assim, é possível afirmar que elas podem auxiliar positivamente na melhoria da usabilidade de layouts relacionados a conexão entre o aplicativo e o equipamento vestível.

Porém, mesmo com os resultados positivos, o trabalho teve algumas limitações e dificuldades para alcançá-las. Devido à pandemia da COVID-19, parte do planejamento da pesquisa teve que ser alterado, para evitar a proliferação do vírus nas avaliações. Assim, tornou-se necessário trocar a validação das heurísticas, que inicialmente era pra ser realizada com avaliação por usuários, por avaliações heurísticas de forma remota. Outra limitação encontrada foi a limitação física do equipamento vestível, que por ser um protótipo, foram utilizadas placas prontas no mercado, que não são otimizadas para criar equipamentos vestíveis como as que estão no mercado.

Como trabalhos futuros da pesquisa, propõe-se a realização de avaliação com usuários do aplicativo desenvolvido na pesquisa, com o intuito de verificar se ainda existem problemas de usabilidade, e se existem problemas não identificados que os usuários possam encontrar. Outro trabalho futuro seria verificar qual o resultado de utilizar as heurísticas em avaliações de usabilidade em aplicativos desenvolvidos por outras equipes de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBATE, S.; AVVENUTI, M.; LIGHT, J. Usability study of a wireless monitoring system among alzheimer's disease elderly population. **International journal of telemedicine and applications**, Hindawi Publishing Corp., v. 2014, p. 7, 2014.
- AKBULUTAB, F. P.; AKANC, A. A smart wearable system for short-term cardiovascular risk assessment with emotional dynamics. **Measurement**, Elsevier, v. 128, p. 237–246, 2018.
- ANDERSON-LEWIS, C. et al. mhealth technology use and implications in historically underserved and minority populations in the united states: systematic literature review. **JMIR mHealth and uHealth**, JMIR Publications Inc., Toronto, Canada, v. 6, n. 6, p. e128, 2018.
- BANOS, O. et al. mHealthDroid: a novel framework for agile development of mobile health applications. In: SPRINGER. **International Workshop on Ambient Assisted Living**. [S.l.], 2014. p. 91–98.
- BASHIR, M. S.; FAROOQ, A. Euhsa: Extending usability heuristics for smartphone application. **IEEE Access**, IEEE, v. 7, p. 100838–100859, 2019.
- BATEMAN, D. R. et al. Categorizing health outcomes and efficacy of mhealth apps for persons with cognitive impairment: a systematic review. **Journal of medical Internet research**, JMIR Publications Inc., Toronto, Canada, v. 19, n. 8, p. e301, 2017.
- BROOKE, J. et al. Sus-a quick and dirty usability scale. **Usability evaluation in industry**, London–, v. 189, n. 194, p. 4–7, 1996.
- BUS, S. A.; WAAIJMAN, R.; NOLLET, F. New monitoring technology to objectively assess adherence to prescribed footwear and assistive devices during ambulatory activity. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, Elsevier, v. 93, n. 11, p. 2075–2079, 2012.
- CHAN, M. et al. Smart wearable systems: Current status and future challenges. **Artificial intelligence in medicine**, Elsevier, v. 56, n. 3, p. 137–156, 2012.
- CHEN, M. et al. Body area networks: A survey. **Mobile networks and applications**, Springer-Verlag New York, Inc., v. 16, n. 2, p. 171–193, 2011.
- CHOI, B.; HWANG, S.; LEE, S. What drives construction workers' acceptance of wearable technologies in the workplace?: Indoor localization and wearable health devices for occupational safety and health. **Automation in Construction**, Elsevier, v. 84, p. 31–41, 2017.
- COOPER, K. H. A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. **Jama**, American Medical Association, v. 203, n. 3, p. 201–204, 1968.
- CROW, B. P. et al. Ieee 802.11 wireless local area networks. **IEEE Communications magazine**, IEEE, v. 35, n. 9, p. 116–126, 1997.
- DAVIS, F. D. **A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results**. Tese (Doutorado) — Massachusetts Institute of Technology, 1985.
- DIAS, C. R.; PEREIRA, M. R.; FREIRE, A. P. Qualitative review of usability problems in health information systems for radiology. **Journal of biomedical informatics**, Elsevier, v. 76, p. 19–33, 2017.

DOBKIN, B. H.; DORSCH, A. The promise of mhealth: daily activity monitoring and outcome assessments by wearable sensors. **Neurorehabilitation and neural repair**, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 25, n. 9, p. 788–798, 2011.

EDWARDS, P. J. et al. Evaluating usability of a commercial electronic health record: A case study. **International Journal of human-Computer studies**, Elsevier, v. 66, n. 10, p. 718–728, 2008.

EKLUND, C. et al. Ieee standard 802.16: a technical overview of the wirelessman™ air interface for broadband wireless access. **IEEE communications magazine**, IEEE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS, v. 40, n. 6, p. 98–107, 2002.

ERICSSON, K. A.; SIMON, H. A. **Protocol analysis: Verbal reports as data**. [S.l.]: the MIT Press, 1984.

ESTRIN, D.; SIM, I. Open mhealth architecture: an engine for health care innovation. **Science**, American Association for the Advancement of Science, v. 330, n. 6005, p. 759–760, 2010.

FENSLI, R. et al. Sensor acceptance model—measuring patient acceptance of wearable sensors. **Methods of information in medicine**, Schattauer GmbH, v. 47, n. 01, p. 89–95, 2008.

FERRANTE, S. et al. Evaluation of a novel modular upper limb neuroprosthesis for daily life support. In: SPRINGER. **XIII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2013**. [S.l.], 2014. p. 1791–1794.

FERRARI, M. et al. Clinical feasibility trial of a motion detection system for fall prevention in hospitalized older adult patients. **Geriatric Nursing**, Elsevier, v. 33, n. 3, p. 177–183, 2012.

FIORDELLI, M.; DIVIANI, N.; SCHULZ, P. J. Mapping mhealth research: a decade of evolution. **Journal of medical Internet research**, JMIR Publications Inc., v. 15, n. 5, 2013.

FOLSTEIN, M. F.; FOLSTEIN, S. E.; MCHUGH, P. R. “mini-mental state”: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. **Journal of psychiatric research**, Pergamon, v. 12, n. 3, p. 189–198, 1975.

FREE, C. et al. The effectiveness of mobile-health technology-based health behaviour change or disease management interventions for health care consumers: a systematic review. **PLoS medicine**, Public Library of Science, v. 10, n. 1, p. e1001362, 2013.

GIANSANTI, D. et al. Toward the design of a wearable system for fall-risk detection in telerehabilitation. **Telemedicine and e-Health**, Mary Ann Liebert, Inc. 140 Huguenot Street 3rd Floor New Rochelle, NY 10801 USA, v. 15, n. 3, p. 296–299, 2009.

GOLDBERG, L. et al. Usability and accessibility in consumer health informatics: current trends and future challenges. **American journal of preventive medicine**, Elsevier, v. 40, n. 5, p. S187–S197, 2011.

HEIKENFELD, J. et al. Wearable sensors: modalities, challenges, and prospects. **Lab on a Chip**, Royal Society of Chemistry, v. 18, n. 2, p. 217–248, 2018.

HOSSEINI, A. et al. Feasibility of a secure wireless sensing smartwatch application for the self-management of pediatric asthma. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 17, n. 8, p. 1780, 2017.

- HUYSAMEN, K. et al. Assessment of an active industrial exoskeleton to aid dynamic lifting and lowering manual handling tasks. **Applied Ergonomics**, Elsevier, v. 68, p. 125–131, 2018.
- International Electrotechnical Commission. **IEC 62366-1:2015 Medical devices — Part 1: Application of usability engineering to medical devices**. [S.l.]: International Electrotechnical Commission, 2015.
- ISO, W. 9241-11. ergonomic requirements for office work with visual display terminals (vdts). **The international organization for standardization**, v. 45, n. 9, 1998.
- ISTEPANIAN, R. S.; JOVANOV, E.; ZHANG, Y. Guest editorial introduction to the special section on m-health: Beyond seamless mobility and global wireless health-care connectivity. **IEEE Transactions on information technology in biomedicine**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, v. 8, n. 4, p. 405–414, 2004.
- ITO, K. et al. Usability and performance of a wearable tele-echography robot for focused assessment of trauma using sonography. **Medical Engineering and Physics**, Elsevier, v. 35, n. 2, p. 165–171, 2013.
- JASPERS, M. W. A comparison of usability methods for testing interactive health technologies: methodological aspects and empirical evidence. **International journal of medical informatics**, Elsevier, v. 78, n. 5, p. 340–353, 2009.
- JIA, Y. et al. Perceived user preferences and usability evaluation of mainstream wearable devices for health monitoring. **PeerJ**, PeerJ Inc., v. 6, p. e5350, 2018.
- KARUNANITHI, M. Monitoring technology for the elderly patient. **Expert review of medical devices**, Taylor & Francis, v. 4, n. 2, p. 267–277, 2007.
- KAUFMAN, D. R. et al. Usability in the real world: assessing medical information technologies in patients' homes. **Journal of biomedical informatics**, Elsevier, v. 36, n. 1-2, p. 45–60, 2003.
- KHAJOUEI, R.; GOHARI, S. H.; MIRZAEI, M. Comparison of two heuristic evaluation methods for evaluating the usability of health information systems. **Journal of biomedical informatics**, Elsevier, v. 80, p. 37–42, 2018.
- KHAKUREL, J. et al. Categorization framework for usability issues of smartwatches and pedometers for the older adults. In: SPRINGER. **International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction**. [S.l.], 2018. p. 91–106.
- KONG, X. T. R. et al. Industrial wearable system: The human-centric empowering technology in industry 4.0. **Journal of Intelligent Manufacturing**, Springer, p. 1–17, 2018.
- KONG, X. T. R. et al. The impact of industrial wearable system on industry 4.0. In: IEEE. **IEEE 15th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)**. [S.l.], 2018. p. 1–6.
- KOUMPOUROS, Y.; GEORGOULAS, A. A systematic review of mhealth funded r&d activities in eu: Trends, technologies and obstacles. **Informatics for Health and Social Care**, Taylor & Francis, v. 45, n. 2, p. 168–187, 2020.

- KURU, A.; FORLIZZI, J. Engaging experience with physical activity tracking products. In: SPRINGER. **International Conference of Design, User Experience, and Usability**. [S.l.], 2015. p. 490–501.
- KUSHNIRUK, A. W.; PATEL, V. L. Cognitive and usability engineering methods for the evaluation of clinical information systems. **Journal of biomedical informatics**, Elsevier, v. 37, n. 1, p. 56–76, 2004.
- KUSHNIRUK, A. W. et al. Technology induced error and usability: the relationship between usability problems and prescription errors when using a handheld application. **International journal of medical informatics**, Elsevier, v. 74, n. 7-8, p. 519–526, 2005.
- LIN, B.-S.; WONG, A. M.; TSENG, K. C. Community-based ecg monitoring system for patients with cardiovascular diseases. **Journal of medical systems**, Springer, v. 40, n. 4, p. 80, 2016.
- LIN, W.-Y. et al. Development of a wearable instrumented vest for posture monitoring and system usability verification based on the technology acceptance model. **Sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 16, n. 12, p. 2172, 2016.
- LUXTON, D. D. et al. mhealth for mental health: Integrating smartphone technology in behavioral healthcare. **Professional Psychology: Research and Practice**, US: American Psychological Association, v. 42, n. 6, p. 505, 2011.
- LYMBERIS, A. Research and development of smart wearable health applications: the challenge ahead. **Stud Health Technol Inform**, v. 108, p. 155–161, 2004.
- MAHER, C. et al. Users' experiences of wearable activity trackers: a cross-sectional study. **BMC public health**, BioMed Central, v. 17, n. 1, p. 880, 2017.
- MANN, S.; NOLAN, J.; WELLMAN, B. Sousveillance: Inventing and using wearable computing devices for data collection in surveillance environments. **Surveillance & society**, v. 1, n. 3, p. 331–355, 2003.
- MCHORNEY, C. A. et al. The mos 36-item short-form health survey (sf-36): Ii. psychometric and clinical tests of validity in measuring physical and mental health constructs. **MEDICAL CARE-PHILADELPHIA-**, JB LIPPINCOTT CO, v. 31, p. 247–247, 1993.
- MCMAHON, S. K. et al. Older adults' experiences using a commercially available monitor to self-track their physical activity. **JMIR mHealth and uHealth**, JMIR Publications Inc., v. 4, n. 2, 2016.
- MENG, M. et al. Device-and system-independent personal touchless user interface for operating rooms. **International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery**, Springer, v. 11, n. 6, p. 853–861, 2016.
- MENG, Y.; KIM, H.-C. Heuristics for designing and evaluating wearable healthcare systems from user perspectives. **Procedia Engineering**, v. 15, p. 3694–3698, 2011.
- MERCER, K. et al. Acceptance of commercially available wearable activity trackers among adults aged over 50 and with chronic illness: a mixed-methods evaluation. **JMIR mHealth and uHealth**, JMIR Publications Inc., v. 4, n. 1, 2016.

MOLICH, R.; NIELSEN, J. Improving a human-computer dialogue. **Communications of the ACM**, ACM, v. 33, n. 3, p. 338–348, 1990.

MOTTI, V. G. Assistive wearables: opportunities and challenges. In: **Adjunct Proceedings of the 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2019 ACM International Symposium on Wearable Computers**. New York, NY: ACM Press, 2019. p. 1040–1043.

MOTTI, V. G.; CAINE, K. Human factors considerations in the design of wearable devices. v. 58, n. 1, p. 1820–1824, 2014.

MOTTI, V. G.; CAINE, K. An overview of wearable applications for healthcare: requirements and challenges. In: ACM. **Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers**. [S.l.], 2015. p. 635–641.

MUKHOPADHYAY, S. C. Wearable sensors for human activity monitoring: A review. **IEEE sensors journal**, IEEE, v. 15, n. 3, p. 1321–1330, 2015.

NIELSEN, J. Severity ratings for usability problems. **Papers and Essays**, v. 54, p. 1–2, 1995.

NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. In: ACM. **Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems**. [S.l.], 1990. p. 249–256.

NORGALL, T.; SCHMIDT, R.; GRUN, T. V. D. Body area network-a key infrastructure element for patient centered telemedicine. **Stud Health Technol Inform**, v. 108, p. 142–8, 2004.

OZTEMEL, E.; GURSEV, S. Literature review of industry 4.0 and related technologies. **Journal of Intelligent Manufacturing**, Springer, v. 31, n. 1, p. 127–182, 2020.

PANTELOPOULOS, A.; BOURBAKIS, N. G. A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)**, IEEE, v. 40, n. 1, p. 1–12, 2010.

PARK, K.; JEONG, M.; KIM, K. Usability evaluation of menu interfaces for smartwatches. **Journal of Computer Information Systems**, Taylor & Francis, v. 60, n. 2, p. 156–165, 2020.

PATEL, S. et al. A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, BioMed Central, v. 9, n. 1, p. 21, 2012.

PETRIE, H.; POWER, C. What do users really care about? a comparison of usability problems found by users and experts on highly interactive websites. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2012. p. 2107–2116.

PIGINI, L. et al. Pilot test of a new personal health system integrating environmental and wearable sensors for telemonitoring and care of elderly people at home (smarta project). **Gerontology**, Karger Publishers, v. 63, n. 3, p. 281–286, 2017.

PURI, A. et al. User acceptance of wrist-worn activity trackers among community-dwelling older adults: Mixed method study. **JMIR mHealth and uHealth**, JMIR Publications Inc., v. 5, n. 11, 2017.

QUIÑONES, D.; RUSU, C.; RUSU, V. A methodology to develop usability/user experience heuristics. **Computer Standards & Interfaces**, Elsevier, v. 59, p. 109–129, 2018.

SENEVIRATNE, S. et al. A survey of wearable devices and challenges. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, IEEE, v. 19, n. 4, p. 2573–2620, 2017.

SIEGEL, J.; BAUER, M. A field usability evaluation of a wearable system. In: **First International Symposium on Wearable Computers**. Cambridge, MA, USA: IEEE Press, 1997. p. 18.

SOMEREN, M. V.; BARNARD, Y.; SANDBERG, J. **The think aloud method: a practical approach to modelling cognitive**. London, UK: London: Academic Press, 1994. 208 p.

STOPPA, M.; CHIOLERIO, A. Wearable electronics and smart textiles: a critical review. **sensors**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 14, n. 7, p. 11957–11992, 2014.

THILO, F. J. et al. Usability of a wearable fall detection prototype from the perspective of older people—a real field testing approach. **Journal of clinical nursing**, Wiley Online Library, v. 28, n. 1-2, p. 310–320, 2019.

VENKATESH, V. et al. User acceptance of information technology: Toward a unified view. **MIS quarterly**, JSTOR, p. 425–478, 2003.

WANG, C.-H. et al. Usability evaluation of an instructional application based on google glass for mobile phone disassembly tasks. **Applied ergonomics**, Elsevier, v. 77, p. 58–69, 2019.

WANG, X. et al. Flexible energy-storage devices: Design consideration and recent progress. **Advanced materials**, Wiley Online Library, v. 26, n. 28, p. 4763–4782, 2014.

XU, L. D.; XU, E. L.; LI, L. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, Taylor & Francis, v. 56, n. 8, p. 2941–2962, 2018.

ZHANG, D.; ADIPAT, B. Challenges, methodologies, and issues in the usability testing of mobile applications. **International journal of human-computer interaction**, Taylor & Francis, v. 18, n. 3, p. 293–308, 2005.

A TABELAS DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DE AVALIAÇÃO DE ACEITAÇÃO EM SISTEMAS VESTÍVEIS

Tabela A.1 – Artigos selecionados na pesquisa e dados retirados

Autores	Ano	Envolveu usuários	Quantidade de usuários	Faixa etária
(FENSLI et al., 2008)	2008	Sim	36	média 40.2 e 56.4 em cada sistema
(GIANSANTI et al., 2009)	2009	Sim	2	-
(FERRARI et al., 2012)	2012	Sim	5	90.2 anos
(FERRANTE et al., 2014)	2014	Sim	14	18 e 75 anos
(ABBATE; AVVENUTI; LIGHT, 2014)	2014	Sim	4	75 a 92 anos
(MERCER et al., 2016)	2016	Sim	32	média de 64 anos
(MCMAHON et al., 2016)	2016	Sim	95	de 70 a 96 anos
(MENG et al., 2016)	2016	Sim	7	-
(LIN et al., 2016)	2016	Sim	50	mais de 60 anos
(LIN; WONG; TSENG, 2016)	2016	Sim	125	-
(PIGINI et al., 2017)	2016	Sim	13	de 53 a 81 anos
(CHOI; HWANG; LEE, 2017)	2016	Sim	120	média de 38.53 anos
(PURI et al., 2017)	2017	Sim	20	55 a 84 anos
(HUYSAMEN et al., 2018)	2017	Sim	10	de 25 a 29

Fonte: Do autor (2020).

Tabela A.2 – Tipos de tecnologia e de usuários dos artigos selecionados

Autores	Tipo de tecnologia	Tipos de usuários envolvido
(FENSLI et al., 2008)	<i>Hardware</i>	Pacientes com suspeita de arritmia cardíaca
(GIANSANTI et al., 2009)	<i>Hardware</i>	Um terapeuta e um paciente
(FERRARI et al., 2012)	<i>Hardware</i>	Idosos com mais de 65 anos

Autores	Tipo de tecnologia	Tipos de usuários envolvido
(FERRANTE et al., 2014)	<i>Hardware</i>	Pessoas com idade entre 18 e 75 anos e resultado do MMSE(<i>Mini-Mental State Exam</i>) ≥ 23
(ABBATE; AVVENUTI; LIGHT, 2014)	<i>Hardware</i>	Pessoas com doença de Alzheimer
(MERCER et al., 2016)	<i>Hardware</i>	Adultos com mais de 50 anos com alguma doença crônica que o impossibilita de fazer atividades físicas
(MCMAHON et al., 2016)	<i>Hardware</i>	Idosos
(MENG et al., 2016)	<i>Hardware e Software</i>	3 Cirurgiões e 4 estudantes de medicina
(LIN et al., 2016)	<i>Hardware</i>	Idosos com mais de 60 anos, sem doenças cardíacas, capaz de ler mandarim e pontuação mínima de 24 no MMSE
(LIN; WONG; TSENG, 2016)	<i>Hardware e Software</i>	Idosos
(PIGINI et al., 2017)	<i>Hardware e Software</i>	Idosos com doenças cardíacas
(CHOI; HWANG; LEE, 2017)	<i>Hardware</i>	Funcionários de construtoras
(PURI et al., 2017)	<i>Hardware</i>	Idosos
(HUYSAMEN et al., 2018)	<i>Hardware</i>	Homens sem lesões prévias ou atuais distúrbios no meso-esqueleto

Fonte: Do autor (2020).

Tabela A.3 – Dados relacionados a aplicação dos sistemas

Artigo	Tipo de aplicação	Abordagem para o sistema vestível	Abordou questões de ergonomia?	Avaliação com especialistas?
(FENSLI et al., 2008)	Sem aplicação específica	Sensores vestíveis	Não	Não

Artigo	Tipo de aplicação	Abordagem para o sistema vestível	Abordou questões de ergonomia?	Avaliação com especialistas?
(GIANSANTI et al., 2009)	Detecção de quedas em telerrabilitação	Não foi especificado	Não	Não
(FERRARI et al., 2012)	Detecção de quedas	Sensores vestíveis	Não	Um especialista executou a avaliação com usuários
(FERRANTE et al., 2014)	Prótese para membros superiores	Neuroprótese para membros superiores	Não	Possuía especialistas, mas não participou da avaliação de aceitação
(ABBATE; AVVENUTI; LIGHT, 2014)	Monitoramento de quedas para pessoas com Alzheimer	Um cinto na altura do umbigo e uma faixa na cabeça	Não	Sim
(MERCER et al., 2016)	Monitoramento de atividades físicas	Pulseiras inteligentes	Não	Não
(MCMAHON et al., 2016)	Monitoramento de atividades físicas	Pulseiras inteligentes	Não	Não
(MENG et al., 2016)	Capacete que o médico não precise utilizar o mouse no momento da cirurgia	Capacete	Não	Não
(LIN et al., 2016)	Monitoramento de postura	Colete	Sim	Não

Artigo	Tipo de aplicação	Abordagem para o sistema vestível	Abordou questões de ergonomia?	Avaliação com especialistas?
(LIN; WONG; TSENG, 2016)	Monitoramento de doenças cardiovasculares utilizando eletrocardiogramas	Uma veste e aplicativo para Android	Não	Não
(PIGINI et al., 2017)	Monitoramento de saúde pessoal voltada a doenças cardíacas e detecção de quedas	Sensores corporais	Não	Não
(CHOI; HWANG; LEE, 2017)	Monitoramento da saúde e do posicionamento dos usuários na construção	Pulseira e veste	Não	Não
(PURI et al., 2017)	Monitoramento de saúde pessoal	Pulseira	Não	Não
(HUYSAMEN et al., 2018)	Melhoramento da elevação do usuário	Exoesqueleto	Sim	Não

Fonte: Do autor (2020).

Tabela A.4 – Métodos utilizados nos sistemas

Artigo	Método de aceitação utilizado
(FENSLI et al., 2008)	Questionário SF-36v2 com 23 questões. Dividido em duas etapas, onde Q1 aborda questões clínicas e Q2 foi utilizado para identificar a aceitação do usuário seguindo 5 tópicos. Cada questão foi avaliada de 0 a 10
(GIANSANTI et al., 2009)	Cada pessoa avaliada numerou 4 tópicos de 1 a 4 onde 4 era maior aceitação. Os tópicos foram: facilidade do uso da aplicação, ajuda por telefone, instruções de fácil identificação e operação
(FERRARI et al., 2012)	Um questionário que abordava perguntas de itens como conforto, dor, distração, limitação e irritação
(FERRANTE et al., 2014)	Utilizou do TSQ-WT, SUS e TAM. O TSQ-WT utiliza de 6 subescalas (benefícios, usabilidade, auto-conceito, privacidade e perda de controle, qualidade de vida, e conforto da vestimenta) avaliados na escala Likert. O SUS inclui 10 questões avaliadas de 1 a 5 e uma avaliação final de 0 a 100. O questionário TAM inclui 44 itens em 16 subescalas avaliada na escala Likert com 7 pontos e no final cada subescala foi normalizada obtendo um resultado de 0 a 100
(ABBATE; AV- VENUTI; LIGHT, 2014)	Foram criados 7 itens, onde cada usuário deveria descrever cada item em uma escala de 3 pontos no fim de cada dia utilizado. Os itens foram: Vontade de uso, facilidade de aprender, tempo de aceitação, vontade de manter o sistema, número de erros, nível de satisfação, interferência das atividades do dia a dia
(MERCER et al., 2016)	Foi realizado um questionário para saber qual das 4 pulseiras testadas cada usuário compraria, e depois, os usuários deveriam responder um questionário com 17 itens baseados no modelo TAM
(MCMAHON et al., 2016)	Foi utilizado um questionário baseado em TAM com 10 perguntas onde 5 foram para facilidade de uso, 4 para o tópico de utilidade 1 para aceitação. Todas utilizaram a escala Likert de 5 pontos
(MENG et al., 2016)	Foi utilizado um questionário SUS com a escala Likert de 5 pontos. O questionário foi dividido em 6 subitens: demanda mental, demanda física, demanda temporal, performance, esforço e frustração
(LIN et al., 2016)	Foi utilizado um questionário baseado em TAM, utilizando valores <i>alpha</i> de Cronbach
(LIN; WONG; TSENG, 2016)	Foi utilizado um questionário baseado no UTAUT, somente com os usuários idosos. Os sistemas utilizados pelos médicos não foram avaliados

Artigo	Método de aceitação utilizado
(PIGINI et al., 2017)	Foi criado um questionário com 3 itens: eficácia, aceitação e usabilidade, e atratividade. Cada item contou com alguns subitens onde os usuários tem que avaliá-los na escala Likert de 7 pontos, medindo de -3 a 3
(CHOI; HWANG; LEE, 2017)	Foram criados dois questionários, um para cada dispositivo, onde são avaliados utilizando a escala Liker de 5 pontos
(PURI et al., 2017)	Foi utilizado um questionário baseado em TAM com 31 itens, sendo medidos na escala Likert de 5 pontos. Também foi aplicado 6 questões de múltipla escolha e uma entrevista semiestruturada
(HUYSAMEN et al., 2018)	Foi utilizado um questionário SUS com 10 questões, onde puderam ser avaliadas de 1 a 5

Fonte: Do autor (2020).

Tabela A.5 – Aspectos que influenciaram na aceitação

Artigo	Quais aspectos mais influenciaram na aceitação ou não?
(FENSLI et al., 2008)	Aspectos higiênicos e reações da pele
(GIANSANTI et al., 2009)	Facilidade de uso do aplicativo e instruções de facilidade de identificação
(FERRARI et al., 2012)	Os resultados foram bem positivos, todos os pontos avaliados possuíram boas avaliações, no final ele possuiu uma média de 4.77 em 5
(FERRANTE et al., 2014)	Pelo questionário TAM, o tópico que teve mais avaliações positivas foi utilidade percebida
(ABBATE; AV- VENUTI; LIGHT, 2014)	O cinto foi bem aceito, porém a faixa não obteve o mesmo sucesso. Após alguns estudos os autores colocaram a faixa em uma touca. Mesmo assim, os usuários sentiram que a ergonomia do sistema os atrapalhavam a dormirem
(MERCER et al., 2016)	De acordo com os questionários TAM, os dois pontos melhores percebidos foi a facilidade de uso. O item com maior pontuação foi: "O rastreador de atividades é confortável de usar"
(MCMAHON et al., 2016)	Dos 3 tópicos abordados, somente a utilidade teve uma média inferior a 4 pontos, mesmo assim, obteve uma nota de 3.98. Facilidade de uso e aceitação obtiveram quase a mesma nota, 4.6 em 10 semanas e 4.2 em 8 meses
(MENG et al., 2016)	O sistema teve boas avaliações, as questões mais bem avaliadas foram: "eu prefiro o sistema proposto do que o contato indireto" e "Eu não preciso aprender uma série de instruções antes de utilizar o sistema"
(LIN et al., 2016)	O sistema teve avaliações positivas, e segundo o autor, é possível concluir que o sistema possui relações positivas entre percepção da facilidade do uso, percepção de utilidade, atitudes e intenção de comportamento
(LIN; WONG; TSENG, 2016)	O autor relata que o sistema teve alguns problemas de ergonomia. Porém, a percepção de utilidade do sistema teve impactos positivos
(PIGINI et al., 2017)	O sistema obteve boas avaliações, quase todas obtendo uma pontuação maior que 2, somente a atratividade da interface gráfica que obteve o resultado de 1.8
(CHOI; HWANG; LEE, 2017)	A veste obteve resultados positivos em todos os tópicos abordados, a percepção de usabilidade e intenção de adoção foram os que tiveram melhores resultados. O mesmo aconteceu com a pulseira, porém ela obteve melhores resultados na intenção de adoção e motivação hedônica

Artigo	Quais aspectos mais influenciaram na aceitação ou não?
(PURI et al., 2017)	O estudo conclui que o preço, ou o quanto o usuário está disposto a pagar, teve alta correlação com a aceitação das duas <i>smartbands</i> . Nas entrevista semi-estruturadas, foi identificado que a privacidade não é um fator determinante para o uso das <i>smartbands</i>
(HUYSAMEN et al., 2018)	O estudo conclui que a maioria dos usuários avaliou o exoesqueleto como aceitável, porém, os que não concordaram, falaram que o exoesqueleto é complexo de usar, e algumas vezes os movimentos do exoesqueleto não acompanhavam os seus movimentos naturais.

Fonte: Do autor (2020).

B AVALIAÇÃO HEURÍSTICA DE UM SISTEMA VESTÍVEL

A avaliação heurística em um sistema vestível tem como objetivo, averiguar se as heurísticas de Nielsen e Molich (1990) tem capacidade de cobrir os erros encontrados no sistema vestível. Para complementar as heurísticas de Nielsen, foram utilizados os princípios de Motti e Caine (2014).

A avaliação heurística foi conduzida por três avaliadores, sendo dois alunos de iniciação, um aluno do 8º período do curso de Bacharelado em Ciência da Computação e uma aluna do 3º período do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação, e o autor deste trabalho. Ela foi realizada em duas sessões de uma hora e quinze minutos. A primeira sessão foi realizada no dia 16 de outubro de 2019, de 17 horas e 15 minutos até 18 horas e 30 minutos, e a segunda sessão no dia 30 de outubro de 2019, de 18 horas e 40 minutos. O autor deste trabalho conduziu a avaliação, utilizando o sistema, enquanto os demais avaliadores delegavam ações para cumprir o objetivo elaborado na avaliação.

Os equipamentos utilizados foram um Macbook Pro para a anotação dos problemas encontrados, uma televisão para que as anotações fossem visualizadas por todos os avaliadores. Foi utilizada uma planilha no Google Drive para fazer as anotações dos problemas encontrados. Os dados retirados de cada problema foram: Localização do problema(página/tela); Descrição do problema; e Heurísticas aplicáveis. A identificação das heurísticas foram feitas através do número da heurística seguido da inicial do primeiro autor do trabalho contendo as heurísticas. Por exemplo: a primeira heurística de Nielsen seria 1N.

O objetivo a ser realizado pelos avaliadores era de vestir o aparelho vestível, realizar uma atividade física, identificar a quantidade de passos no dispositivo e encontrar os dados da atividade física no aplicativo. A atividade física realizada foi uma caminhada breve ao redor do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras. O caminho percorrido foi pequeno, pois o que foi interessante para a avaliação é somente a identificação dos dados dos sistemas.

O aplicativo foi instalado e não foi feita nenhuma configuração, para que a configuração da pulseira junto com o do aplicativo fosse parte do sistema. Assim, o fluxo da atividade proposta consistiu em: (1) Vestir a MiBand 2; (2) Configurar o perfil do usuário no aplicativo; (3) Conectar a pulseira com o aplicativo; (4) Realizar a atividade física; (5) Sincronizar os dados da pulseira no aplicativo; (6) Encontrar os dados da atividade física no aplicativo.

Foram encontrados 49 problemas de usabilidade nos dois sistemas, sendo 9 da pulseira e 40 do aplicativo. A Tabela B.1 encontra-se no Apêndice e apresenta todos os problemas encontrados pelos avaliadores. A tabela apresenta o número do problema, a sua localização e as heurísticas aplicadas. Como a pulseira possui poucas funcionalidades e somente um botão com uma tela, a quantidade de problemas encontrados foi relativamente baixo. Os erros encontrados foram encontrados principalmente no ato de vestir e na dificuldade de obter *feedback* da tela. O maior problema da dificuldade do estado

atual da pulseira é que a tela é pequena, e a simbologia adotada para identificar qual opção está sendo mostrada na tela some muito rápido.

No aplicativo, os problemas encontrados estavam presentes em todas as telas, com o agravante da opção voltar em algumas telas que saia do aplicativo sem que o usuário confirmasse a saída. Esse problema é perigoso, pois é esperado que o usuário retorne para a tela anterior ao apertar o botão voltar do próprio dispositivo. Porém, quando o aplicativo encerra a atividade nessa funcionalidade, pode causar frustração do usuário.

A utilização das heurísticas de Nielsen não foram o suficiente para cobrir todos os problemas encontrados. Em 5 dos 9 problemas encontrados no aparelho vestível, foram enquadrados nos princípios citados por Motti e Caine. Não foi necessário a utilização desses princípios nos problemas encontrados no aplicativo, pois as heurísticas de Nielsen conseguiram abordar todos os problemas encontrados. Assim, nesse caso, para cobrir os problemas todos, foi necessário de heurísticas voltadas mais para a usabilidade em aspectos físicos para problemas do sistema vestível.

Abaixo é apresentado os problemas encontrados na avaliação heurística da MiBand 2 e no aplicativo MiFit. A tabela apresenta o alguns dados dos problemas encontrados, como o número identificador, sua localização, a sua descrição e quais foram as heurísticas aplicadas.

Tabela B.1 – Problemas encontrados na MiBand2 e no MiFit durante a avaliação heurística

Número	Localização do problema(página/tela)	Descrição do problema	Heurísticas aplicáveis
1	Tela inicial do aplicativo	Falta de informação sobre função do aplicativo	1N e 6N
2	Instalação do vestível	Dificuldade da instalação do vestível, precisa de apoio para amarrar e abotoar	3M, 7M e 20M
3	Instalação do vestível	Dificuldade para passar o abotoador na pulseira	7N, 10M e 20M
4	Aparelho vestível	Verificação se o aparelho está ligado ou não(Foi verificado que exista a opção ao sincronizar com o aplicativo)	1N
5	Aparelho vestível	O botão de ação não parece um ser um botão	4N
6	Aparelho vestível	Não é intuitivo que o aparelho possui mais de uma função	1N

Número	Localização do problema(página/tela)	Descrição do problema	Heurísticas aplicáveis
7	Tela do aparelho vestível	Tempo de especificação da tarefa é muito curto	1N
8	Aparelho vestível	Falta de informação de como carregar o aparelho	5N
9	Aparelho vestível	O abotoador possui o mesmo design que o botão da tela	4N, 4M e 19M
10	Aparelho vestível	Falta de informação de como retirar o aparelho	5N e 4M
11	Aparelho vestível	Dependendo de como retira o núcleo do aparelho, o touch pode quebrar	10M,14M e 20M
12	Tela do aparelho vestível	Falta de feedback se a função de batimento está sendo utilizada	1N
13	Aparelho vestível	Necessidade de apertar o botão para saber a funcionalidade/hora	17M
14	Tela do aparelho vestível	Dificuldade na adaptação da tela quando é colocada de forma contrária	4N e 8N
15	Tela de registro do aplicativo - Localização	Falta de pesquisar países	8N
16	Tela de registro do aplicativo - Localização	Falta de feedback ao apertar o botão de avançar sem selecionar país	9N
17	Tela de registro do aplicativo - Localização	A cor do botão de avançar muda somente pouco a sua cor	8N
18	Tela de registro do aplicativo - Termos de uso	O botão "Sair"sai do registro inteiro ao invés de sair somente do modal	5N
19	Tela de registro do aplicativo - Termos de uso	O botão "Aceitar"muda pouco o estilo quando é bloqueado	8N

Número	Localização do problema(página/tela)	Descrição do problema	Heurísticas aplicáveis
20	Tela de registro do aplicativo - Método de login	Se selecionar um método ele já redireciona para a sua página	7N
21	Tela de registro do aplicativo - Método de login	Não possui uma informação de como criar um conta nos métodos de login	5N
22	Tela de registro do aplicativo - Método de login	Se eu usar o botão de voltar no android, ele volta para a tela de seleção de países	7N
23	Tela de registro do aplicativo - Método de login	Se não possuir o aplicativo de método de login, ele volta para a tela de seleção de países	7N
24	Tela de registro do aplicativo - Descrição do usuário	A tela de inserir data de nascimento confunde o ano com um número ordinal.	8N
25	Tela de registro do aplicativo - Descrição do usuário	Deveria se adaptar a cultura do país selecionado	2N e 7N
26	Tela de registro do aplicativo - Descrição do usuário	O botão "Aceitar" muda pouco o estilo quando é bloqueado	8N
27	Tela de registro do aplicativo - Descrição do usuário	Se voltar duas vezes, sai do aplicativo sem aviso prévio.	5N
28	Tela de registro do aplicativo - Descrição do usuário	Não consigo voltar para a tela anterior	3N
29	Tela principal do aplicativo com o cadastro	Feedback da falta de sincronia do aparelho está muito escondido	1N e 9N
30	Tela principal do aplicativo com o cadastro	Se fechar a informação de sincronização, não dá pra saber onde realizar a sincronia	1N

Número	Localização do problema(página/tela)	Descrição do problema	Heurísticas aplicáveis
31	Tela principal do aplicativo com o cadastro	Ícone de ordenar itens parece com trocar itens	2N
32	Tela principal do aplicativo com o cadastro	Falta de informação de onde adicionar mais itens na listagem principal	7N e 8N
33	Tela principal do aplicativo com o cadastro	Ao apertar o botão voltar, o sistema não exibe uma tela de confirmação antes de sair do aplicativo	5N
34	Tela de seleção de dispositivos a serem sincronizados	Título da tela não está completo	8N
35	Tela de seleção de dispositivos a serem sincronizados	Padrão de listagem e opções diferente do sistema	4N
36	Tela de seleção de dispositivos a serem sincronizados - Itens selecionados	Ao cancelar um item selecionado, o aplicativo volta para a tela principal	7N
37	Tela de sincronização de dispositivos	Ao tentar sincronizar um aparelho e obter uma mensagem de erro, ao cancelar a opção de tentar novamente, o sistema redireciona o usuário para a tela principal	7N
38	Tela de sincronização de dispositivos	Feedback de sucesso rápido	1N
39	Tela de sincronização de dispositivos	Falta de um botão para confirmar o redirecionamento para outra tela no caso de sucesso de sincronização de dispositivos	5N
40	Tela de configuração da pulseira	Apresenta um conteúdo em porcentagem, mas não mostra o que ele é relativo a alguma coisa	4N e 10N
41	Tela de configuração da pulseira	O status de ativar o giro a pulseira para verificar as horas fica ligado mesmo ao desabilitar a opção de levantar o braço	7N

Número	Localização do problema(página/tela)	Descrição do problema	Heurísticas aplicáveis
42	Formato de hora do aparelho	O aparelho possui somente formato em inglês	2N
43	Formato de hora do aparelho	O dia/mês/ano fica muito pequeno	8N
44	Tela de configuração da pulseira	Falta de feedback para saber onde eu vejo os dados obtidos do aparelho	8N
45	Sincronia com o aparelho	Ao sincronizar o aplicativo os dados antigos são perdidos	5N
46	Aparelho vestível	Se parar e ficar movimentando o braço, o aparelho conta os passos	5N
47	Menu principal	O ícone e label de "Workout" só se refere atividades criadas na hora	8N
48	Tela principal do aplicativo com o cadastro	Falta de botão ou informação para forçar a atualização dos dados da pulseira	8N
49	Tela principal do aplicativo com o cadastro	Demora para atualizar os dados sincronizados	7N

Fonte: Do autor (2020).

C PROBLEMAS ÚNICOS ENCONTRADOS NOS TESTES DE USABILIDADES COM USUÁRIO

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
R1	Conectar o sensor pelo utilizando a listagem de dispositivo bluetooth do android	Runner up	7
R2	Não conseguir encontrar o local de conexão	Runner up	13
R3	Achar que é necessário a utilização de redes sociais para iniciar a atividade física	Runner up	14
R4	Não identificar que a tela de conexão é a tela que faz a conexão	Runner up	11
R5	Não encontrar a opção de <i>Heart rate monitor</i>	Runner up	1
R6	O usuário confundiu o simbolo do <i>feed</i> de noticias com conexão bluetooth	Runner up	4
R7	O usuário pensou que o gráfico dos batimentos cardíacos era clicável	Runner up	12
R8	O usuário tentou clicar na aba de atividades repetidas vezes, porém ele já estava na aba	Runner up	1
R9	O usuário clicou em "contatar" sem selecionar o dispositivo.	Runner up	7
R10	O usuário clica em parear para tentar conectar com o dispositivo	Runner up	11
R11	O usuário diz que não consegue conectar e nem saber o que está acontecendo com o aplicativo	Runner up	2
R12	O usuário tentou conectar com o equipamento de novo, depois de ter conectado anteriormente	Runner up	2
R13	O usuário tenta apertar o botão de contatar repetidas vezes	Runner up	3
R14	O usuário não conseguiu iniciar uma atividade por não possuir sinal de GPS	Runner up	10
R15	O usuário confundiu a aba inicial com iniciar a atividade	Runner up	5

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
R16	O usuário tentou configurar a atividade procurando a conexão com o aparelho	Runner up	5
R17	O aplicativo mostrou valores muito altos de batimentos cardíacos	Runner up	3
R18	O usuário tenta arrastar o aplicativo para verificar se mais informações aparecem	Runner up	1
R19	O aplicativo perde os valores	Runner up	9
R20	O usuário se sentiu confuso no que deveria fazer após parar a atividade física	Runner up	1
R21	O usuário tenta conectar o aparelho utilizando uma senha, porém não é necessário.	Runner up	4
R22	O usuário comenta que possui um texto parecendo um <i>Logde</i> aplicativo onde a mensagem não é amigável	Runner up	2
R23	O mapa não carregou, assim o usuário tentou clicar nele para ver se carregava	Runner up	2
R24	O usuário clicou em uma pasta no meio das redes sociais pensando que poderia ter gravado a atividade nela	Runner up	3
R25	O usuário clicou no layout de tempo e distância para verificar se algo acontecia	Runner up	3
R26	O usuário identificou uma aba de carregar mas não sabe o que essa página faz	Runner up	1
R27	O aplicativo parou de funcionar	Runner up	3
R28	O usuário apertou o botão concluir diversas vezes, mas nada aconteceu	Runner up	1
R29	Usuário tenta clicar no botão bloqueado escrito que está esperando sinal de GPS	Runner up	2
R30	O usuário iniciou a atividade sem conectar o sensor	Runner up	8
R31	O aplicativo não encontrou o sensor mas nenhum <i>feed-back</i> foi exibido	Runner up	2
R32	O usuário tenta girar a lista de conexões procurando mais tipos de conexões	Runner up	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
R33	O usuário apertou duas vezes em gravar atividade, mas só teve algum <i>feedback</i> na segunda interação	Runner up	1
R34	O usuário tentou arrastar a tela com intenção de ver se atualizava os valores	Runner up	1
R35	O usuário tentou clicar no campo desporto com ele bloqueado	Runner up	1
R36	A interface não foi intuitiva	Runner up	10
R37	Informações na tela que não são importantes para realizar a atividade	Runner up	1
R38	Problemas para realizar a comunicação entre o sistema vestível e o aplicativo	Runner up	1
R39	O usuário identificou que não tinha nenhuma instrução na tela para poder seguir e conectar o aparelho	Runner up	1
R40	O usuário ficou perdido na verificação dos dados ao finalizar a atividade	Runner up	3
R41	O usuário não gostou da utilização do aplicativo	Runner up	2
R42	O usuário diz que não foi fácil entender o aplicativo	Runner up	1
R43	Dificuldade em ativar o <i>bluetooth</i>	Runner up	1
R44	O usuário não conseguiu ver minuto a minuto os resultados da atividade física	Runner up	1
R45	O usuário identificou que precisava colocar a duração da atividade para iniciá-la, ele disse que não gostou	Runner up	1
R46	O usuário não conseguiu encontrar o aparelho para conectar ao aplicativo	Runner up	7
R47	O usuário apertou o botão de voltar do android mas nada aconteceu	Runner up	3
R48	O usuário não entendeu a modal de conceder permissão ao aplicativo para acessar a localização	Runner up	1
R49	O usuário apertou o menu historia antes de ir ao menu configurações	Runner up	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
R50	O usuário não teve <i>feedback</i> se o pareamento com o equipamento teve sucesso	Runner up	3
R51	O usuário saiu da tela de conexão ao não conseguir conectar o aparelho	Runner up	2
R52	O usuário foi nas configurações de atividade para entender como funciona o aplicativo	Runner up	1
R53	O usuário está realizando tentativa e erro para verificar onde realiza a conexão	Runner up	15
R54	O usuário tenta reiniciar o <i>bluetooth</i> para verificar se o dispositivo aparece na listagem	Runner up	1
R55	O usuário clicou para gravar a atividade que tinha iniciado e voltou ao menu inicial, quando clicou de volta ele voltou para a atividade gravada	Runner up	1
R56	O usuário clicou diversas vezes em voltar para a atividade e encerrar ela	Runner up	1
R57	O usuário clicou duas vezes no botão "ok", mas demorou para algo acontecer	Runner up	1
R58	O usuário clica no indicador de passos que não é clicável	Runner up	1
R59	O equipamento foi difícil de se conectar com o aplicativo	Runner up	2
R60	Demorou pra entender que teria que gravar a atividade	Runner up	1
R61	O aplicativo possui dificuldades em instruir o usuário em como está suas informações	Runner up	1
R62	O usuário identifica que o aplicativo parte dele está em inglês e parte está em português	Runner up	3
R63	O usuário clicou na opção " <i>Maintenance</i> " e nada foi feito	Runner up	1
R64	O usuário não entendeu se o aplicativo estava realizando a conexão com o aparelho ou não	Runner up	1
R65	O usuário estava com o aparelho conectado e desconectou por não entender se tinha conectado ou não	Runner up	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
R66	O usuário clicou na opção " <i>headset key start</i> " , sem saber o que ela fazia	Runner up	1
R67	O usuário entrou no menu história mas não entrou nos detalhes da atividade que ele gravou	Runner up	1
R68	Não saber se tinha que salvar ou não o equipamento no aplicativo	Runner up	1
R69	O usuário foi na tela de atividades avançadas e tentou rolar para verificar se ele possuía mais opções	Runner up	1
R70	O usuário entrou na tela de descrição da atividade, mas não reconheceu que estava no caminho certo	Runner up	1
R71	O usuário encontrou um número e achou que poderia ser os resultados	Runner up	1
R72	Não conseguiu encontrar os dados da atividade	Runner up	2
R73	O usuário se deparou com um <i>dialog</i> informando sobreposição de tela, porém ele se assustou com o conteúdo	Runner up	2
R74	O usuário entrou no menu sensores e não encontrou a opção de conectar o sensor cardíaco	Runner up	1
R75	O usuário clicou para voltar na tela principal e saiu do aplicativo	Runner up	1
R76	Ao voltar para o aplicativo, foi exibido as mesmas mensagens de permissão exibidas na primeira interação	Runner up	1
R77	O usuário clicou em parar a atividade e o aplicativo demorou carregar, o usuário tentou clicar mais uma vez no mesmo lugar e a tela tinha mudado e no lugar tinha o a opção de descartar atividade	Runner up	1
R78	O usuário clica em uma opção para verificar se habilita outras funcionalidades do aplicativo	Runner up	1
R79	O usuário vai até o menu de <i>bluetooth</i> para verificar se o aplicativo tinha conectado com o equipamento	Runner up	2
R80	O usuário acessa a tela de configuração de atividade achando que está na tela de resultados	Runner up	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
R81	O usuário vai na aba <i>feed</i> para verificar se teria mais algum resultado nela	Runner up	1
R82	O usuário clicou em parar a atividade e o aplicativo demorou carregar, o usuário tentou clicar mais uma vez no mesmo lugar e a tela tinha mudado e no lugar tinha o a opção de descartar atividade	Runner up	1
R83	O usuário ficou desesperado quando apertou o botão de voltar para a atividade sem querer	Runner up	1
R84	O usuário clicou no descartar a atividade e ficou assustado quando descobriu	Runner up	1
R85	Dificuldade em encontrar o sensor	Runner up	2
R86	O usuário está com dúvidas de como conecta o sensor	Runner up	1
R87	O usuário ficou um tempo parado na listagem de aparelhos esperando que algo aconteça	Runner up	1
R88	Por apresentar uma <i>label "scanning"</i> , o usuário pensa que ainda está carregando os dispositivos e não segue com a atividade	Runner up	1
R89	O usuário não sabe o que significa a <i>label</i> contatar	Runner up	1
R90	O usuário ao conectar com o dispositivo não sabe se pode sair da tela de conexão	Runner up	1
R91	O usuário acha que o simbolo de "?" remete a funcionalidade de tirar dúvidas	Runner up	2
R92	O usuário iniciou o processo de conectar o dispositivo enquanto o aplicativo estava tentando conectar com o equipamento	Runner up	1
R93	O usuário não conseguiu conectar com nenhuma rede social	Runner up	2
S1	O usuário identifica que não achou onde conecta com o aparelho	Sportractive	6
S2	Conectar o sensor pela listagem de equipamentos <i>bluetooth</i> nativa do android	Sportractive	4

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
S3	O equipamento não apareceu na lista de equipamentos <i>bluetooth</i> do aplicativo	Sportractive	11
S4	A tela de atividades não mostrou o valor do batimento cardíaco	Sportractive	3
S5	O usuário clicou no cadeado, ele mexeu mas nada aconteceu	Sportractive	12
S6	O usuário entrou na tela de relatórios para encontrar os resultados da atividade	Sportractive	13
S7	Na tela inicial, o usuário clicou no ícone de fone para ver se o relatório da atividade estava lá	Sportractive	1
S8	O usuário iniciou uma atividade sem querer	Sportractive	1
S9	Fechar o <i>dialog</i> de advertência	Sportractive	24
S10	Encontrar o relatório da atividade física	Sportractive	1
S11	O usuário não conseguiu identificar que o sensor não estava conectado	Sportractive	9
S12	O usuário saiu sem querer do aplicativo	Sportractive	4
S13	O usuário queria iniciar uma atividade sem conectar o sensor	Sportractive	5
S14	O usuário abriu a modal de conexão, mas nada apareceu, somente uma imagem meio apagada falando que o <i>bluetooth</i> não estava ativado	Sportractive	5
S15	O usuário tenta buscar os resultados sem finalizar a atividade	Sportractive	1
S16	O usuário entra no menu de configurações antes de encerrar a atividade	Sportractive	2
S17	O usuário entra no menu de histórico antes de encerrar a atividade	Sportractive	1
S18	O usuário tenta criar uma atividade nova antes de encerrar a antiga	Sportractive	1
S19	Não saber onde parava a atividade	Sportractive	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
S20	O usuário tenta conectar o aparelho pelo <i>bluetooth</i> do android, mas assim que vê que não precisa de senha, não identifica como realizar a conexão	Sportractive	1
S21	O usuário identificou que não habilitou a opção de sensores	Sportractive	3
S22	O usuário não sabe onde olha se o dispositivo está conectado	Sportractive	3
S23	O usuário identifica que não está claro onde verifica o valor dos batimentos cardíacos	Sportractive	2
S24	O usuário tenta arrastar a <i>label</i> de velocidade para verificar se o valor dos batimentos ficava ali	Sportractive	1
S25	O usuário vai até o menu de configurações para verificar o valor dos batimentos	Sportractive	7
S26	O usuário tenta conectar o dispositivo novamente para ver se consegue encontrar os resultados	Sportractive	1
S27	Ao tentar conectar novamente mas não concluir, o aplicativo perdeu a conexão antiga	Sportractive	1
S28	O usuário vai até o menu de corpo para encontrar os resultados	Sportractive	15
S29	O usuário vai até o menu histórico para encontrar os resultados	Sportractive	4
S30	O usuário clicou na opção de batimento cardíaco na página de relatórios	Sportractive	1
S31	O usuário vai na tela de metas para encontrar os valores do sensor	Sportractive	1
S32	O usuário tenta cadastrar uma meta nova	Sportractive	3
S33	O usuário vai na tela de ajuda para encontrar os valores do sensor	Sportractive	1
S34	O usuário vai na tela de informações do aplicativo para encontrar os valores do sensor	Sportractive	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
S35	O usuário tenta encontrar os valores nas outras abas do menu inicial da atividade	Sportractive	2
S36	O usuário acha que o coração é clicável	Sportractive	5
S37	O usuário tenta clicar na <i>label</i> de GPS	Sportractive	1
S38	Ao iniciar uma atividade, o aplicativo chama as configurações de GPS	Sportractive	1
S39	O usuário clicou em resumir em vez de parar a atividade	Sportractive	1
S40	Teve muita dificuldade em fazer a conexão com o equipamento	Sportractive	1
S41	O aplicativo tem muito clique	Sportractive	1
S42	O aplicativo teve muito alerta e assustou o usuário	Sportractive	1
S43	Achou o aplicativo complexo	Sportractive	1
S44	O usuário não terminou de cadastrar suas informações e não encontrou como voltar ao seu cadastro	Sportractive	1
S45	O usuário entrou no menu editor de esportes	Sportractive	3
S46	O usuário estava no menu de configurações mas saiu para a tela de atividade	Sportractive	1
S47	O usuário tentou clicar no <i>label</i> de duração	Sportractive	1
S48	O usuário tentou arrastar o cadeado	Sportractive	6
S49	O usuário clica nos <i>labels</i> de informações de atividade para verificar se conectou o aplicativo	Sportractive	1
S50	Foi difícil encontrar o dispositivo na listagem	Sportractive	1
S51	O usuário tenta ir nas opções do menu atividade para encontrar os dados do sensor	Sportractive	2
S52	O usuário entrou na tela de funções <i>premium</i> ao clicar na funcionalidade de equipamento	Sportractive	2
S53	Não conseguiu encontrar os valores do batimento cardíaco	Sportractive	2
S54	O usuário identificou que não tem um botão de confirmar para sair das configurações da pessoa	Sportractive	3
S55	Demorou para entender a dinâmica do aparelho	Sportractive	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
S56	O usuário clicou duas vezes no tipo de atividade física	Sportractive	1
S57	O usuário tenta clicar fora do <i>dialog</i> de tipo de atividade, mas o aplicativo não fecha	Sportractive	1
S58	O usuário foi na tela de adicionar uma nova medida corporal, buscando os dados do sensor cardíaco	Sportractive	1
S59	O usuário pausa a atividade e vai buscar os dados dela no gráfico da tela de atividade, porém está em branco	Sportractive	1
S60	O usuário muda as informações que irão aparecer da atividade atual	Sportractive	1
S61	Os ícones não estão tão intuitivos	Sportractive	1
S62	O usuário não entendeu os resultados de batimentos cardíacos	Sportractive	1
S63	O usuário clicou para voltar na tela inicial e fechou o aplicativo, o usuário ficou bem assutado	Sportractive	2
S64	O usuário vai até o menu de ajuda para encontrar os resultados	Sportractive	1
S65	O usuário tenta clicar no título do aplicativo no menu lateral para encontrar os valores do batimento cardíaco	Sportractive	1
S66	O usuário vai até o menu de tipo de atividades para encontrar os resultados	Sportractive	1
S67	O usuário clicou no botão parar com ele desabilitado	Sportractive	1
S68	Não conseguiu encontrar a frequência cardíaca com facilidade	Sportractive	1
S69	Dificuldade em editar os dados da atividade	Sportractive	1
S70	Ler o <i>dialog</i> de advertência	Sportractive	2
S71	O usuário clica diversas vezes no <i>dialog</i> de advertência para tentar remove-lo	Sportractive	6
S72	O usuário acha que tinha finalizado a atividade sem ter ligado o equipamento	Sportractive	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
S73	O usuário deixa de iniciar uma atividade pois apareceu um <i>dialog</i> advertindo o usuário que está sem sinal de GPS	Sportractive	1
S74	O aplicativo não salvou o peso selecionado pelo usuário	Sportractive	1
S75	O aplicativo perdeu a conexão com o sensor ao travar a tela do celular	Sportractive	1
S76	O usuário clicou um pouco fora da <i>label ok</i> no modal de Peso e a modal fechou e perdeu o resultado. O usuário não percebeu que perdeu os dados	Sportractive	2
E1	O usuário entra no menu configurações de atividade e sai ao não encontrar o menu para conectar o sensor	Endomondo	1
E2	O usuário tenta o menu de sensores <i>bluetooth</i> clássicos, mesmo sendo instruídos que seria o <i>bluetooth smart</i>	Endomondo	2
E3	O equipamento não apareceu na lista de <i>bluetooth</i> do aplicativo	Endomondo	8
E4	O aplicativo necessita da localização para poder realizar a conexão com o equipamento	Endomondo	1
E5	O usuário clica no botão de parar, porém não sabia que ele teria que ficar segurando	Endomondo	15
E6	O lugar de conexão não é óbvio	Endomondo	6
E7	Tempo de conexão	Endomondo	5
E8	O usuário entra e sai diversas vezes do menu tipo de treino	Endomondo	1
E9	O usuário entra na tela de atividades com metas para configurar a atividade	Endomondo	1
E10	O usuário tenta olhar os resultados sem finalizar a atividade	Endomondo	1
E11	O usuário diz não saber o que tem que fazer na tela de usuário <i>premium</i>	Endomondo	1
E12	O usuário tenta finalizar o cadastro sem aceitar os termos	Endomondo	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
E13	O usuário tenta assinar a assinatura <i>premium</i>	Endomondo	3
E14	O usuário clicou no equipamento que estava conectando, assim o aplicativo parou de tentar conectar	Endomondo	4
E15	O usuário clicou em pesquisar quando o sensor já estava na listagem de equipamentos	Endomondo	1
E16	O usuário achou que não tinha conectado o aparelho, saiu da tela e voltou	Endomondo	1
E17	Problemas de conexão	Endomondo	1
E18	Conectar com o <i>bluetooth</i>	Endomondo	2
E19	O usuário vai no menu <i>smartwatch</i> para verificar se é o local de conexão com o equipamento vestível	Endomondo	3
E20	O usuário tenta arrastar as opções do menu de <i>smartwatch</i>	Endomondo	1
E21	O usuário aperta em outros menus ao se movimentar para ir para o elíptico e não consegue achar o menu atividade de volta	Endomondo	1
E22	O usuário apertou para avaliar o aplicativo e se assustou ao ser questionado em avaliar o aplicativo	Endomondo	4
E23	O usuário não sabe como sair da tela de conta <i>premium</i>	Endomondo	2
E24	O usuário não sabe se o equipamento está conectado	Endomondo	5
E25	O usuário verifica se realmente há a necessidade de criar uma conta no aplicativo.	Endomondo	1
E26	O usuário tenta arrastar a tela de atividades para ver se possui mais algum detalhe	Endomondo	1
E27	O usuário tenta conectar em um outro dispositivo na listagem padrão do android	Endomondo	1
E28	O usuário fica procurando locais no mapa	Endomondo	2
E29	O usuário iniciou a atividade sem conectar o sensor	Endomondo	2
E30	O usuário achou que tinha finalizado a tarefa sem finalizar a atividade por os dados estarem na tela da atividade	Endomondo	1
E31	Existe funcionalidade que não fica explícita	Endomondo	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
E32	O usuário foi arrastar as opções de aceite de contrato e acabou apertando no link de ver os contratos	Endomondo	1
E33	O usuário indica que o aplicativo mostra uma versão de testes gratuita, mas ao ir na página ele está cobrando	Endomondo	1
E34	O usuário foi no menu histórico como primeira ação	Endomondo	2
E35	O usuário foi no menu <i>feed</i> antes de configurar o equipamento	Endomondo	4
E36	O usuário clicou na opção de baixa energia e apareceu a tela de assinatura premium	Endomondo	1
E37	O usuário queria utilizar a contagem regressiva com 5 minutos como tempo da atividade, porém a contagem regressiva serve para atrasar a gravação do treino	Endomondo	1
E38	O usuário clica para conectar o equipamento, mas já aparece uma mensagem de que ele não foi conectado	Endomondo	1
E39	Conectar o sensor pelo <i>bluetooth</i> nativo do android	Endomondo	1
E40	O usuário entrou na tela se sensores <i>bluetooth</i> de velocidade, mas já estava com o sensor de batimentos conectado	Endomondo	2
E41	O usuário não conseguiu identificar se a página após finalizar as tarefas seriam os resultados	Endomondo	1
E42	O usuário não conseguiu encontrar os resultados do batimento cardíaco	Endomondo	1
E43	O usuário clica no botão do mundo, e muda a exibição do mapa	Endomondo	1
E44	O usuário tenta clicar em calorias para verificar mais informações	Endomondo	2
E45	O usuário tenta recarregar os resultados para verificar se os batimentos aparecem	Endomondo	1
E46	O usuário achou a opção de gráficos de batimentos cardíacos, mas achou que deveria estar na tela de resumos	Endomondo	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
E47	O usuário diz que seria interessante acompanhar o ritmo do batimento cardíaco e não somente o máximo	Endomondo	1
E48	O usuário entra na tela de estatísticas, mas funciona somente para a assinatura <i>premium</i>	Endomondo	1
E49	O usuário entrou na tela de desafios	Endomondo	1
E50	O usuário entrou na tela de rotas	Endomondo	3
E51	O usuário clicou no coração para verificar se o equipamento está conectado	Endomondo	3
E52	O aplicativo não estava tão intuitivo	Endomondo	2
E53	O aplicativo deixava o usuário sair da tela de conexão enquanto ele estava conectando	Endomondo	1
E54	Não tinha nome no botão de pausa e de parar a atividade	Endomondo	1
E55	O usuário diz não saber como realizar a conexão com o equipamento vestível	Endomondo	1
E56	O usuário se assustou com a página de assinatura <i>premium</i>	Endomondo	1
E57	O usuário foi na tela de notificações para procurar o local de conexão	Endomondo	2
E58	O usuário foi na tela de detalhes da conta para procurar o local de conexão	Endomondo	1
E59	O usuário identifica que clicou nos ícones de frequência cardíaca para ver se mostrava mais detalhes, mas nada aconteceu	Endomondo	2
E60	O usuário trocou o tipo de atividade sem querer	Endomondo	1
E61	Falta de um guia	Endomondo	1
E62	O usuário acha que a conexão com o equipamento é feita quando inicia a atividade	Endomondo	1
E63	O usuário vai no menu conecte e compartilhe para verificar se é o local de conexão com o equipamento vestível	Endomondo	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
E64	O usuário não soube se o botão escrito início de treino era para iniciar a atividade	Endomondo	1
E65	O aplicativo deu erro e pediu para ser fechado	Endomondo	2
E66	O usuário tenta buscar informações sobre o plano, mesmo sendo avisada que não iria usar a conta <i>premium</i>	Endomondo	2
E67	O usuário tenta ir na opção "planos de treino" para sair da opção de plano premium	Endomondo	1
E68	O usuário clica no símbolo de <i>premium</i> para ver se ele faz alguma coisa	Endomondo	1
E69	O usuário clica para voltar, mas o aplicativo demorou para carregar a tela anterior	Endomondo	1
E70	O usuário está clicando no equipamento listado em dispositivos mas nada acontece	Endomondo	1
E71	Dificuldade em sair do local de conexão	Endomondo	1
E72	O usuário tenta conectar o aparelho utilizando uma senha, porém não é necessário.	Endomondo	1
E73	O usuário entrou na tela de monitores cardíacos mesmo com ele conectado	Endomondo	2
W1	O usuário colocou o sensor do lado errado	Vestível	16
W2	Na primeira interação, o usuário deixou o sensor frouxo	Vestível	3
W3	O usuário não conseguiu dar a volta completa no velcro quando colocou no bíceps	Vestível	2
W4	O usuário teve problemas para fechar o velcro	Vestível	4
W5	O usuário teve problemas para desgrudar o velcro do sensor	Vestível	1
W6	Falta de <i>feedback</i> para verificar se o sensor está ligado	Vestível	8
W7	Não foi tão confortável vestir o equipamento vestível	Vestível	4
W8	Peso do equipamento vestível	Vestível	2
W9	O usuário sentiu dificuldades para girar o processador do equipamento vestível	Vestível	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
W10	Falta de informação de qual lado a faixa do equipamento vestível deve ficar	Vestível	1
W11	O usuário identifica que o equipamento vestível é muito grande	Vestível	5
W12	O usuário achou que o <i>plug</i> que liga o sensor poderia danificar o equipamento e ele mesmo	Vestível	2
W13	O usuário verifica o sensor para ver se possui algum indicativo de estar conectado com o aplicativo	Vestível	3
W14	O usuário reiniciou o equipamento vestível para verificar se ele consegue fazer a conexão com o aplicativo	Vestível	1
W15	O usuário identifica que o fio que conecta o processador com o sensor é muito longo	Vestível	2
W16	O usuário não conseguiu identificar onde o sensor é colocado	Vestível	3
W17	O usuário não entendeu como liga o aparelho vestível	Vestível	3
W18	O usuário foi afrouxar a faixa onde coloca o aparelho vestível	Vestível	1
W19	Muita dificuldade em ligar o equipamento com o aplicativo	Vestível	3
W20	O usuário identifica que não existe um botão de ligar o sensor	Vestível	4
W21	Achou ruim que o tecido do equipamento faça com que ele não mude com facilidade	Vestível	1
W22	O usuário tentou colocar o sensor em cima do processador	Vestível	1
W23	Dificuldade em acoplar o equipamento vestível	Vestível	5
W24	O usuário não conseguiu identificar o que seria a parte do equipamento que contem o sensor	Vestível	1
W25	O usuário indica que seria interessante possuir uma indicação de como instalar o equipamento vestível	Vestível	1
W26	Possibilidade de dar erro no sensor, acabar a bateria	Vestível	1

Tabela C.1 – Problemas únicos encontrados durante a avaliação de usabilidade com usuários

Código	Descrição	Contexto	Instâncias
W27	O usuário não entendeu como coloca o velcro do processador	Vestível	2
W28	O usuário não entendeu o que seria o sensor do equipamento vestível	Vestível	3
W29	O usuário tenta colocar o sensor na palma da mão	Vestível	1
W30	O usuário colocou o sensor na parte contrária da mão	Vestível	1
W31	O sensor saiu do equipamento vestível	Vestível	1
W32	O usuário troca a faixa de lugar pois acredita que o equipamento tenha um lado correto	Vestível	1
W33	O usuário não identificou o que seria o fio do <i>plug</i> de energia	Vestível	1
W34	Dificuldade para entender o porque de colocar a pulseira	Vestível	1
W35	O usuário tinha colocado o equipamento do jeito correto, mas achou que estava errado	Vestível	1
W36	O usuário não sabe se tem que fazer mais alguma coisa para ligar o equipamento vestível	Vestível	1
W37	O usuário remove o equipamento e desliga para entender como ele funciona	Vestível	1
W38	O usuário remove a faixa para se sentir mais confortável	Vestível	1
W39	O usuário sentiu desconforto na utilização do equipamento	Vestível	2
W40	O equipamento apertou o braço do usuário	Vestível	1
W41	O sensor deveria possuir uma seta indicando o lado correto	Vestível	1

Fonte: Do autor (2020).

D PROBLEMAS ENCONTRADOS NA PRIMEIRA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Tabela D.1 – Problemas únicos encontrados durante a primeira avaliação de usabilidade com usuários

Código	Local	Problema	Heurísticas	Grau de severidade	
				Média	Mediana
1	Vestível	Não há manual de instruções sobre vestir o equipamento	N10 e M20	3	3
2	Vestível	Ordem de colocar elástico e a pulseira não é clara	N6 e M19	3,25	3,5
3	Vestível	Pulseira difícil de prender, por falta de fecho	M7	2,5	2,5
4	Vestível	Estética prejudicada por tamanho e uso de fios	M1, N8 e M8	2,25	2,5
5	Vestível	Tampo parece frouxo, e dá insegurança de que pode cair durante o uso	M14	2,5	2,5
6	Vestível	Difícil de identificar onde ligar a alimentação	N6 e M19	3	3
7	Vestível	Não há identificação das entradas de USB e de alimentação	N6	3	3
8	Vestível	Pode haver dificuldade para achar a ponta do velcro se não estiver olhando	M7	1,5	1,5
9	Vestível	Tampo frouxo parece dar impressão de que pode cair quando vai remover	D5	3	3
10	Vestível	Velcro maior é mais difícil de tirar, por ter a caixa na frente	M6, M7, N6 e D5	2,25	2
11	Vestível	Luz indicativa de ligado ou não fica em lugar difícil de enxergar	N1e M18	2	2

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
12	Tela de abertura	Tamanho e formato do texto "Entrar" dificulta a leitura em telas pequenas	N8	1,5	1,5
13	Tela de abertura	Botão "Entrar" não tem <i>affordance</i> de botão	N6	2	2
14	Tela de cadastro	Não tem legenda indicando que * é campo obrigatório	N6	2,5	2,5
15	Tela de cadastro	Idade, peso e altura - não tem unidade de medida	N2 e N5	3	3
16	Tela de cadastro	Em vez de idade, poderia colocar data de nascimento	N2	1,5	1,5
17	Tela de cadastro	Não tem nenhuma informação para contato para funcionalidades de acompanhamento e identificação	N2	2,75	2,5
18	Tela de cadastro	Peso muda - é possível alterar?	N7	2,75	3
19	Tela de cadastro	Mensagens de erro ficam próximas da identificação de outros campos, o que pode causar confusão	N9	2	2
20	Tela de cadastro	Mensagens de erro só são retiradas após enviar novamente	N2 e N9	2,75	3
21	Tela de cadastro	Não verifica se valores de altura são factíveis (170,95)	N2	3	3
22	Tela de cadastro	Botão "cancelar" não tem <i>affordance</i> de botão - cor e formato	N6	2,25	2
23	Tela de cadastro	Quando há informações preenchidas, ato de cancelar não pede confirmação	N5	3,25	3,5

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
24	Tela de cadastro	Não é possível entrar com usuário que já foi criado anteriormente	N2	3,75	4
25	Tela principal	Informação sobre não estar conectado "não incomoda", está em letras pequenas, e não parece alerta	N1 e D1	2	2
26	Tela principal	Mensagem "não perca nenhuma informação"(para iniciar a atividade? - precisa ser mais objetivo)	N2	1,5	1,5
27	Tela principal e demais	Botões não seguem padrão (Alguns com cantos arredondados, outros quadrados)	N4	2	2
28	Tela principal	Histórico e perfil - não tem <i>affordance</i> de botão - parece só imagem	N6	2,75	3
29	Tela principal	Histórico e perfil - tom sobre tom de cinza prejudica a leitura	N1	2,5	2,5
30	Tela principal	Por que botão iniciar está verde mesmo sem conectar?	D1 e N5	2,75	3
31	Perfil	"seu altura"?	N2	1,5	1,5
32	Perfil	Alinhamento de nome e idade (direita) dificulta leitura - muito longe	N1	2	2
33	Perfil	Não é possível alterar informações no perfil	N2	3,75	4
34	Perfil	O que é atleta? Não preenchi isso em lugar nenhum	N2	2	2
35	Perfil	Por que nome aparece duas vezes?	N5	1,75	2

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
36	Perfil	Seta e alinhamento com "Meu perfil" dão a impressão que vou voltar para meu perfil, e não para inicial	N5	2,75	3
37	Tela principal e demais	Não dá foco visual no elemento que está sendo clicado	N1 e N5	2,5	2,5
38	Histórico	Quando não há atividades fica em branco, não mostra mensagem que não há nenhuma	N2	2,5	2,5
39	Histórico	No histórico, não há opção de voltar	N3	3,25	3
40	Histórico	Aplicação não segue padrão para títulos de telas	N4	2,5	2,5
41	Tela principal	Mensagem de erro quando inicia sem selecionar sensor, não indica onde na interface pode-se recuperar do erro	D2 e N9	3	3
42	Tela principal	Caixa com mensagem e botão para conectar o dispositivo precisava de mais destaque (iniciar chama mais atenção)	D1 e N1	2,75	2,5
43	Tela de dispositivos	Botão "Atualizar pesquisa" não tem <i>affordance</i> de botão ou de ser clicável	N6	3	3
44	Tela de dispositivos	Não mostra que o acesso a <i>bluetooth</i> foi recusada	D4 e N9	3,75	4
45	Tela de dispositivos	Nome do dispositivo em cinza pode ser difícil de enxergar	N1 e D3	2,75	3

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
46	Tela de dispositivos	Botão "Conectar" não tem <i>afordance</i> de botão	N6	2,75	3
47	Tela de dispositivos	Botão "conectar" pode ficar confuso de houver mais de um dispositivo para conectar - poderia haver opção de selecionar, e conectar só um	N6	2,75	3
48	Tela principal	Quando conecta, não tem unidade de medida - batimentos por segundo?	N1 e N2	3	3
49	Tela principal	"BATIMENTO CARDÍACO ATUAL- fora do padrão, pode soar como ofensivo	N4	1,75	2
50	Tela de iniciar monitoramento	Parece haver mais conteúdo, mas não dá para rolar para baixo	N3	3,25	3
51	Tela de iniciar monitoramento	Antes de iniciar atividade, números do eixo do gráfico ficam cortados	N8	3	3
52	Tela de iniciar monitoramento	Botão iniciar em cima do gráfico fica difícil de identificar? - as outras partes poderiam perder destaque	N6	2,75	3
53	Monitoramento	Não dá para enxergar os eixos do gráfico	N1	2,75	3
54	Monitoramento	Botões em cima do gráfico prejudicam visualização (e se estiver bem onde estão os botões?)	N1	4	4
55	Monitoramento	Escala do gráfico durante o monitoramento muda de nada e prejudica visualização	N1 e N4	3	3

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
56	Monitoramento	Gráfico de batimentos cardíacos não está centralizado - <i>label</i>	N1	2,25	2
57	Monitoramento	Por que ainda mostra "batimento cardíaco atual" e o gráfico também? Qual é a diferença?	N4	2,25	2,5
58	Monitoramento	Não mostra status da conexão (no teste, parou, foi problema no sensor, ou perdeu a conexão?)	D1	4	4
59	Monitoramento	Quando desconecta o sensor, não mostra nenhuma informação para o usuário	D1	3,75	4
60	Monitoramento	Quando para a atividade, pede nome, sem explicar (dizer que vai aparecer no histórico talvez?)	N6	2,33	2
61	Monitoramento	Quando vai salvar atividade, fala "atividade salva com sucesso", salva onde? atividade com qual nome?	N9	3	3
62	Monitoramento/tela inicial	Não dá mensagem quando reconecta um aparelho	D1	3,75	4
63	Histórico	Caixa de atividade não tem <i>labels</i> identificando os campos, e nem os batimentos	N6	3	3
64	Histórico/detalhes	Tempo 0:00? Parece um <i>bug</i>	N1	3,75	4
65	Histórico/detalhes	Gráfico fica cortado e não dá para rolar	N1 e N3	3,25	3
66	Histórico/detalhes	Batimento cardíaco mínimo aparece repetido	N1	2,75	3

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
67	Tela principal	Não dá opção para desconectar aparelho (e se quisesse trocar?)	N3 e D2	4	4
68	Tela principal	Depois que conectou um aparelho, mesmo que ele pare de funcionar, não há opção de se conectar a outro	D1	4	4
69	Monitoramento	Quando clica em iniciar, tem que clicar em iniciar de novo - duas vezes?	N1	2,5	2,5
70	Monitoramento	Quando clica em pausar, é o mesmo de iniciar - não poderia ser retomar/continuar?	N6	2,75	3
71	Monitoramento	Não salva quando pausa	N5	3,5	4
72	Monitoramento	Quando volta, não dá mensagem de erro, que pode perder	N5	3,75	4
73	Histórico	Não fica claro que o título da atividade é clicável para ver os detalhes	N6	2,75	3
74	Todas as telas	Barra em cinza na barra inferior fica quase invisível dependendo do contraste do celular	N1	2	2
75	Todas as telas	Fundo em "off white" e cinza deixa leitura menos clara	N8	2,25	2
76	Tela principal	Quando desliga o <i>bluetooth</i> , fica a mensagem "Aparelho conectado: ", sem nada	N1 e D1	3,5	3,5
77	Tela principal	Quando desliga o <i>bluetooth</i> e liga de novo, não dá opção de conectar novamente	D1 e D4	4	4

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
78	Histórico	Mesmo entrando com outro usuário, mostra histórico de outro usuário que entrou antes	N2 e N4	4	4
79	Ícone	Ícone do aplicativo ainda está com ícone padrão do Android	N1	1,5	1,5

Fonte: Do autor (2020).

E PROBLEMAS ENCONTRADOS NA SEGUNDA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Tabela E.1 – Problemas únicos encontrados durante a segunda avaliação de usabilidade com usuários

Código	Local	Problema	Heurísticas	Grau de severidade	
				Média	Mediana
1	Vestível	As instruções não ficam visíveis com a faixa por cima	N10, M20, N1	3,25	3
2	Vestível	Números dão a impressão de "passos- número 1 primeiro e 2 depois, mas não segue a ordem de colocar (antigo problema 2 do anterior)	N2, N6, M19	2,75	2,5
3	Vestível	Colocar a parte 1 antes da parte 2 pode até quebrar o vestível, por sustentação	N5	3,75	4
4	Vestível	Pulseira difícil de prender, por falta de fecho	M7	2,75	3
5	Vestível	Estética prejudicada por tamanho e uso de fios	M1, N8, M8	2	2
6	Vestível	Difícil de identificar onde ligar a alimentação	N6, M19	2,75	3
7	Vestível	Não há identificação das entradas de USB e de alimentação	N6	3	3
8	Vestível	Pode haver dificuldade para achar a ponta do velcro se não estiver olhando	M7	2	2
9	Vestível	Velcro maior é mais difícil de tirar, por ter a caixa na frente	M6, M7, N6, D5	2,25	2
10	Vestível	Luz indicativa de ligado ou não fica em lugar difícil de enxergar	N1, M18	2	2
11	Tela inicial e demais	CPF leva todas maiúsculas	N2	1	1

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
12	Tela inicial	Primeira tela não deixa claro o que fazer se tiver conta ou não tiver ainda	N2, N6	2,5	2,5
13	Tela de cadastro	Aceita CPFs inválidos	N2, N5, N9	2,75	3
14	Tela de cadastro e inicial	Erro de escrita: contado - contato	N2	1,5	1
15	Tela de cadastro	Indicação de campo obrigatório poderia ser feita de outra cor para facilitar para enxergar (tudo da mesma cor dificulta)	N1	1,75	2
16	Tela de cadastro	Não permite trocar as unidades de medida	N7	1,5	2
17	Tela de cadastro	Tamanhos de campos deixam unidades de medida muito longe do valor digitado	N1	1	1
18	Tela de cadastro	Data não tem indicação de formato de data antes de começar a digitar	N5	2,5	2,5
19	Tela de cadastro - confirmação do voltar	Deseja continuar - continuar a cadastrar ou a cancelar?	N5, N2	2,5	2,5
20	Tela de cadastro - confirmar	Botões "sim" e "não" não seguem padrão de botões da aplicação, e perdem affordance	N4	1,75	2
21	Tela de cadastro	Quando mostra mensagens de erro, há elementos que ficam fora da tela sem possibilidade de rolagem	N1	3	3

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
22	Tela de cadastro	Data informada não é uma data real - não mostra como se recuperar - como corrigir?	N9	2,5	2,5
23	Tela de cadastro	Erro de altura incorreta não especifica qual é a faixa permitida	N9	2,25	2
24	Tela de cadastro	Não verifica se valores de altura são factíveis quando são muito baixas	N2	2,25	2
25	Tela de cadastro	Aceita nomes em formatos não usuais - é nome completo oficial ou são aceitos outros nomes?	N2	1,75	2
26	Tela principal	Não tem botão para sair (logout) do aplicativo	N7	3,25	3
27	Tela principal	e dispositivo conectado Entrar.. onde? - Iniciar atividade seria melhor	N2, N6	2,25	2
28	Perfil	Consistência - valores com ponto ao invés de vírgula	N4	1	1
29	Perfil	Alinhamento de nome e idade (direita) dificulta leitura - muito longe - Gestalt	N1	1,5	1,5
30	Perfil - Editar	Botão "Editar" tem o mesmo formato anterior - não de concluir, salvar	N6	2	2
31	Perfil - Editar	Não pede confirmação quando vai voltar depois de alterar dados - pode perder alterações	N5	3,25	3

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
32	Perfil, Histórico	Seta e alinhamento com "Meu perfil" e "Histórico" dão a impressão que vou voltar para meu perfil, e não para inicial (Talvez centralizar o texto "Editar perfil"?)	N5	1,75	2
33	Perfil - editar	Mensagem de confirmação de editar é muito sutil, pode passar despercebida	N1	2,5	2,5
34	Histórico	Mensagem de que não há nada fica ruim dependendo da resolução	N1	2	2
35	Tela de dispositivos	Não mostra que o acesso a bluetooth foi recusada (Android dá acesso a este status para o aplicativo? - é bom informar e pedir para dar acesso)	D4, N9	3,25	3,5
36	Tela de dispositivos	Fica difícil de identificar que o "Atualizar pesquisa" está sendo clicado - mudança é muito sutil	N1	1,75	2
37	Tela de dispositivos	Botão "Fechar" não tem affordance de botão e foge do padrão	N4, N6	1,75	2
38	Tela de dispositivos	Apareceu dispositivo sem nome - seria bom prever essa situação e identificar	N1	1	1
39	Tela de dispositivos	Conferir se permite rolagem quando tem mais dispositivos do que cabe na tela	N1	0	0

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
40	Tela do dispositivo conectado	Batimentos e nome não está alinhado	N8	1	1
41	Tela do dispositivo conectado	Botão DESCONECTAR - porque all caps? Fora do padrão, e ofensivo	N2 N4	1,25	1
42	Tela do dispositivo conectado	Diferença entre poder conectar ou não é só por cor - e se o usuário não enxergar cores?	N1	1,75	1,5
43	Tela do dispositivo conectado	Dispositivo conectado - letra pequena e difícil de ler	N1	1,75	2
44	Tela inicial	Depois que está conectado, mudança é brusca, perde a identidade, e dá até vontade de "cadê o voltar?"	N1	3,25	3
45	Tela do dispositivo conectado	Mensagem de dispositivo desconectado aparece por muito pouco tempo	N1, N6	3	3
46	Tela do dispositivo conectado	Não pede confirmação antes de desconectar o dispositivo	N5	3	3
47	Monitoramento	Depois que "entra" não mostra mais a unidade	N2	2	2
48	Monitoramento	O que é o número que mostra, se ele não muda? Não sabe o que significa	N2	1,75	2
49	Monitoramento	antes de iniciar Ícone e número estão desalinhados	N1	1,5	1,5
50	Tela de iniciar monitoramento	Antes de iniciar atividade, números do eixo do gráfico ficam cortados	N8	2	2
51	Monitoramento	Não identifica as unidades dos eixos do gráfico	N2	1,75	2

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
52	Tela de iniciar monitoramento	Botão iniciar fica desalinhado com os eixos do gráfico - causa problema com estética	N8	1,25	1
53	Tela de iniciar monitoramento	Informação de tempo 0:00 e batimento causam confusão iniciei ou não? - será que não poderia mostrar só depois que iniciar?	N1, N6	2,75	3
54	Tela de iniciar monitoramento	Não dá feedback - não mostra status - difícil saber que atividade ainda não foi de fato iniciada, que precisa clicar no iniciar	N1	2,75	3
55	Monitoramento	Informações estão em tamanho grande - se celular for menor, não dá pra ver tudo sem rolar durante corrida	N1	2,25	2
56	Monitoramento e histórico	Escala do gráfico durante o monitoramento muda do nada e prejudica visualização	N4, N1	2	2
57	Monitoramento	Gráfico não deixa clara qual é a medição atual (talvez um ponto mais denso?)	N4	2	2
58	Monitoramento	Quando desconecta - você deseja encerrar a atividade? Sim? - tem outra opção? - Se não tem, informa que vai encerrar de uma vez	N7	3,5	3,5
59	Monitoramento - encerrar	Botão cancelar não parece botão e é difícil de ler	N6, N1	2	2

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
60	Monitoramento - encerrar	Botão Enviar? não seria melhor salvar, ou gravar?	N6	2	2
61	Monitoramento - encerrar	Nome? "nome da atividade", já que também usa nome? Indicar que o campo é obrigatório	N6	2	2
62	Monitoramento - encerrar	Quando cancela o salvamento e volta, não indica que está desconectado	D1	4	4
63	Monitoramento - encerramento	Permite retomar mesmo com o dispositivo desconectado	N2	4	4
64	Monitoramento	Deveria mostrar qual é o dispositivo que está conectado - essa tela é importante quando está na atividade	D1	3	3
65	Histórico	Tempo está desalinhado	N8	1,75	2
66	Histórico	Ver mais não parece clicável - o que é clicável?	N6	2,25	2
67	Histórico/Ver mais	Batimento médio, máximo, mínimo - não tem espaçamento - prejudica leitura	N8	1,75	2
68	Monitoramento	Mensagem de aparelho desconectado aparece por muito pouco tempo - pode não dar pra ler	N1, D1	3	3
69	Monitoramento	Não mostra status da conexão - precisa do reforço visual de que está conectado, qual dispositivo	D1	3	3
70	Monitoramento/tela inicial	Não dá mensagem quando reconecta um aparelho	D1	3,25	3

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
71	Monitoramento	Quando clica em entrar, tem que clicar em iniciar de novo - duas vezes? porque dois passos?	N1	2	2
72	Tela inicial	Quando tenta conectar com a MiBand e não consegue, não dá nenhum erro	D1, N1	3,25	3
73	Monitoramento	Quando volta, não dá mensagem de erro, que pode perder	N5	3,5	3,5
74	Ícone	Ícone do aplicativo ainda está com ícone padrão do Android	N1	1,5	2

Fonte: Do autor (2020).

F PROBLEMAS ENCONTRADOS NA TERCEIRA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Tabela F.1 – Problemas únicos encontrados durante a terceira avaliação de usabilidade com usuários

Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
1	Manual do vestível	"lado de fora- face, ou o que? Talvez colocar que o lado do velcro não deve entrar em contato com a pele	N10	1,2	1
2	Manual do vestível	Não fica claro na foto que há diferentes tamanhos de brachadeira, e quais eles são (colocar legendas), com indicação no texto que há tamanhos diferentes	N10, M20	1,4	1
3	Manual do vestível	Leitura em dispositivo móvel pode ser difícil - ajustar tamanhos e layout	N10	2	2
4	Manual do vestível	8- colocar o cabo preto - o cabo é preto e vermelho no conector ao lado do cabo branco (entrada energia)	N10	1	1
5	Vestível	Pulseira difícil de prender, por falta de fecho (dois anéis) - no pulso também poderia ter velcro maior (previamente entrelaçado entre os anéis, veste e puxa) - diminui problemas com o desgaste do velcro com o tempo	M7	2,4	2
6	Vestível	Estética prejudicada por tamanho e uso de fios	M1, N8, M8	1,6	2

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
7	Vestível	Pode haver dificuldade para achar a ponta do velcro se não estiver olhando (anel poderia ajudar nesse sentido ou ponteira de plástico ou rugosidade)	M7	1,8	2
8	Vestível	Velcro maior é mais difícil de tirar, por ter a caixa na frente (sugestão: colocar base mais larga no velcro, ou velcro em formato de pulseira)	M6, M7, N6, D5	1,8	2
9	Vestível	Luz indicativa de ligado ou não fica em lugar difícil de enxergar (colocar outro LED na outra caixa - ou fazer um furo)	N1, M18	2,6	3
10	Tela inicial	Tela inicial logo de cara pode afugentar usuários que só querem conhecer o aplicativo e não querem colocar dados pessoais - pouco usual (talvez entrar sem login?)	N2, M12	2,8	3
11	Tela inicial	Práticas mais comuns são ter login para já cadastrados e opção para logar	N2, N6	2,8	3
12	Tela inicial	Por que utilizar o CPF e não e-mails ou outros? Mas pode deixar usuários desconfortáveis	N2, M12	2,8	3

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
13	Tela de cadastro	Valor já preenchido de campo deixa dúvida 10/10 há mês dez e dia 10 - 31/10, por exemplo?	N5	1,8	2
14	Tela de cadastro	Indicação de campo obrigatório fica só no fim - usuário só vai saber no final	N5	1,2	1
15	Tela de cadastro	A indicação de campo obrigatório traz pouca contribuição - todos os campos são obrigatórios	N2, N5	1	1
16	Tela de cadastro	Por que a rolagem, sendo que há espaço pouco utilizado em cima e embaixo? Diminuir espaços para evitar rolagem	N8	1,4	1
17	Tela de cadastro	Não permite trocar as unidades de medida	N7	1,2	1
18	Tela de cadastro	Limite inferior de tamanhos e pesos pode não incluir crianças - tirar limite inferior - jogadores de basquete podem ter mais que 2,30	N2	1,4	1
19	Tela de cadastro	Por que informar peso e altura e data de nascimento? não tem explicação	N6, N2	1,4	1

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
20	Tela de cadastro	Data informada não é uma data "real"(sugestão possível) - por favor, digite uma data possível, e indicar o formato para auxiliar a se recuperar (talvez calendário - mas pode dificultar, verificar outra possibilidade de entrada)	N9	1,4	1
21	Tela de cadastro	Campo nome não deixa claro - é nome completo ou outra forma de nome? (Como você gostaria de ser tratado/a por este aplicativo)	N6, N2	1.6	2
22	Tela de cadastro - confirmação do voltar	Deseja continuar ? Ideal seria deixar o "Não" como botão em maior destaque, já que a opção sim é a que acarreta maior retrabalho	N5, N2	1.6	1
23	Tela principal	Histórico e perfil embaixo - dá impressão que teria mais conteúdo - pode gerar confusão com apps que tem tela infinita	N6, N2	0,8	1
24	Tela principal	Botão de logout do aplicativo não pede confirmação - pode perder dados	N5	3,2	3
25	Tela principal	como utiliza só CPF e não tem senha, não faz sentido não manter o uso logado, a não ser que use o logout	N2	2	2

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
26	Tela principal - modal	Botão OK da tela de mensagem de erro não segue padrão do aplicativo (padrão do Android)	N4	1	1
27	Tela principal	Iniciar atividade não dá impressão suficiente de estar desabilitado	N6, N2	1	1
28	Perfil	Mensagem "poderá ser alterado anteriormente" só no peso - mas todos podem ser alterados	N2	1,2	1
29	Perfil	Ícone de confirmar - comumente usado para editar - sugestão usar o check	N2, N6	1	1
30	Perfil - Editar	Botão flutuante deveria ocupar só o tamanho do botão, não a linha toda - o restante deveria ser transparente	N8	1,2	1
31	Tela de dispositivos, Editar perfil	Ao desconectar, a opção destacada é de "sim", e é a que tem maior risco de erro associado se clicar errado	N5, N2	1,6	1
32	Tela de dispositivos	Botão "Fechar" foge do padrão dos demais (cor diferente)	N4, N6	1,4	1
33	Tela de dispositivos	Coração pulsando poderia ser um feedback de que está lendo	N1, N2	1,6	2
34	Tela do dispositivo conectado	Batimentos e nome não estão alinhados	N8	1,2	1
35	Tela do dispositivo conectado	Botão desconectar poderia descer e realinhar os demais	N8	1	1

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
36	Tela do dispositivo conectado	Dispositivo conectado - difícil de ler, pouco espaçamento	N1	1,6	2
37	Tela do dispositivo conectado	Home e logout em língua estrangeira	N2	1,6	2
38	Iniciar atividade	"Cliquei no botão iniciar atividade"e ela não começou? tem que clicar de novo? Ainda não ficou claro (talvez mudar o botão para dentro da caixa do tempo)	N6, N1	1,8	2
39	Monitoramento	Coração, número e BPM estão desalinhados	N8	1	1
40	Monitoramento	Botão iniciar flutuante não é transparente (tem branco no fundo)	N8	1	1
41	Monitoramento	Legenda com quadrado - não tem quadrado no gráfico (sugestão BPM = Batimentos por minuto)	N2	1,8	2
42	Monitoramento	Informações estão em tamanho grande - se celular for menor, não dá pra ver tudo sem rolar durante corrida	N1	1,2	1
43	Monitoramento	Bordas arredondadas do gráfico estão desproporcionais	N8	1	1
44	Monitoramento	Mensagem de "aparelho desconectado"não segue o mesmo padrão	N2	2,6	3
45	Monitoramento	Se o sensor ler "0- equipamento tirado do pulso, vai continuar?	N5	3,6	4

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
46	Monitoramento	Quando volta, mensagem de erro não segue padrão	N4	1	1
47	Monitoramento	Quando volta, mensagem "Deseja sair- parece que vai fechar o aplicativo, com resposta sim ou não	N2, N6	2,6	3
48	Histórico	Quando clica em salvar duas vezes, não verificar estado, se estiver lento salva duas vezes	N5	3	3
49	Histórico	Tempo muito próximo da barra inferior	N8	1	1
50	Histórico	Ver mais não parece clicável - o que é clicável? (linha embaixo ficou muito tênue) - talvez um ícone representativo, já que pode tocar em qualquer local da atividade	N6	2	2
51	Histórico	Nomes longos podem desalinhar caixas e ficar diferente das demais	N8	1,8	2
52	Histórico	Colocar labels informando do que se tratam as informações	N1	2,8	3
53	Histórico	Hora da atividade e tempo usam o mesmo formato, mas tem escalas diferentes e não tem informação para diferenciar	N1, N2	2,8	3
54	Histórico/Ver mais	Visualizar atividade está no centro da tela, não do bloco (quebrou o padrão)	N8	1	1

				Grau de severidade	
Código	Local	Problema	Heurísticas	Média	Mediana
55	Histórico/Ver mais	Alinhamento data e nome centralizado são ruins para ler - melhor à esquerda	N8	1,2	1
56	Histórico/Ver mais	Gráfico mostra quais partes? São os 120 minutos iniciais? os finais?	N1	3,2	3
57	Histórico/Ver mais	Gráfico tem mais tempo do que mostrado, e não permite interagir	N6, N7	3,6	4
58	Histórico/Ver mais	Não identifica unidade no mínimo, médio e máximo (BPM)	N1, N2	3	3
59	Histórico/Ver mais	Gráfico precisa de melhor descrição ou no eixo ou no título - que tempo é esse?	N2	2,4	2
60	Histórico/Ver mais	Espaçamento entre nome e data está muito grande	N8	1	1
61	Histórico	Não permite excluir e editar o nome de uma atividade (na tela do histórico e dentro do ver mais e com opção de excluir várias de uma vez)	N3	3	3
62	Histórico	Contraste entre verde e branco não é bom para ler	N1	1,4	1

Fonte: Do autor (2020).