

Thiago Varnier

**FATORES HUMANOS ASSOCIADOS AOS PROJETOS DE DESIGN:
PROTOCOLO DE COLETA PARA A CAPTURA DE MOVIMENTOS**

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Design da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
grau de Mestre em Design.

Orientadora: Profa. Dra. Giselle
Schmidt Alves Díaz Merino

Florianópolis
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Varnier, Thiago

Fatores Humanos associados aos projetos de design : Protocolo de coleta para a captura de movimentos / Thiago Varnier ; orientador, Giselle Schmidt Alves Díaz Merino, 2019.
250 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós-Graduação em Design, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

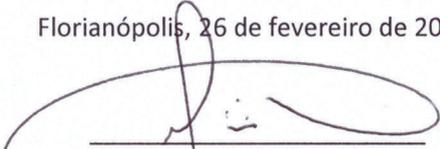
1. Design. 2. Gestão de Design. 3. Fatores Humanos. 4. Captura de Movimentos. 5. Protocolo. I. Schmidt Alves Díaz Merino, Giselle. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Design. III. Título.

Thiago Varnier

**FATORES HUMANOS ASSOCIADOS AOS PROJETOS DE DESIGN:
PROTOCOLO DE COLETA PARA A CAPTURA DE MOVIMENTOS**

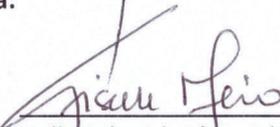
Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Design” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design.

Florianópolis, 26 de fevereiro de 2019.



Prof. Milton Luiz Horn Vieira, Dr.
Subcoordenador do Curso

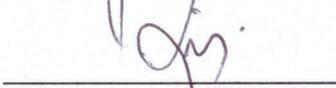
Banca Examinadora:



Profª. Giselle Schmidt Alves Díaz Merino, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC



Prof. Milton Luiz Horn Vieira, Dr.
Avaliador Interno - POSDESIGN
Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC



Prof. Alexandre Amorim dos Reis, Dr.
Avaliador Externo
Universidade do Estado de Santa Catarina- UDESC

Para todas as pessoas que têm inspirado
minha aprendizagem ao longo da vida.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Santa Catarina, ao Programa de Pós-Graduação em Design, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 pelo apoio financeiro, que permitiu que eu tivesse dedicação exclusiva. Aos professores que convivi, pelo conhecimento e ensinamentos.

À minha orientadora Giselle Merino pelo aprendizado e a forma humana com que conduziu a orientação com dedicação e amor. Estendo ao professor Eugenio Merino, por ensinar-me muito e estar sempre presente. Obrigado pela confiança depositada. Minha eterna admiração.

Ao Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU/UFSC), pela oportunidade de realizar esta pesquisa utilizando seus recursos tecnológicos e por oportunizar um aprendizado contínuo tornando essa jornada enriquecedora, com muitas trocas de experiências e lições de vida. Uma verdadeira família.

Aos amigos que conheci e convivi no mestrado, Ana Leticia, Adriano, Aline, Allisson, Camila, Carolina, César, Diego, Elen, Giancarlo, Giselle, Larissa, Letícia, Lincoln, Lucas, Marcelo, Marina, Marcos, Renata, Rodrigo e Rubenio. Em especial, agradeço a Julia, pelos ensinamentos diários, paciência e ajuda em todos os momentos. À Juliana, pela amizade e por ter aceito ser minha modelo. Ao Leandro pelo auxílio com as fotografias do protocolo. À Arina e Rachel, pelo apoio, palavras de carinho, e boas risadas. Às amigas Franciele e Rosimeri, por tornarem mais leve o dia-a-dia e fizeram desta a melhor fase da minha vida. Fran, obrigado pelo companheirismo e crescimento que tivemos juntos. Alegria era nosso lema. Rosi, pessoa incrível que tive a honra de conviver, aprender muito e compartilhar momentos maravilhosos.

Aos meus pais, por serem meu apoio e fonte de inspiração, os quais me ensinaram que o que mais nos representa nessa vida é o bem que fazemos, palavras de carinho que dizemos e amor que deixamos com quem convivemos. À minha irmã, pela cumplicidade e apoio.

Ao meu noivo e porto seguro, Guilherme, por estar sempre ao meu lado, acompanhando cada conquista e vibrando como se fosse sua. Agradeço pela compreensão, apoio, paciência e amor diário.

A Deus, por me abençoar com saúde e permitir que eu busque meus sonhos todos os dias.

Muito obrigado!

Se eu vi mais longe, foi por estar
sobre ombros de gigantes.

Isaac Newton

RESUMO

O Design visa melhorar a qualidade de vida das pessoas por meio do desenvolvimento de projetos, os quais devem considerar as capacidades e limitações dos usuários. Logo, associar os Fatores Humanos neste processo permite alcançar a melhor integração entre o produto e seus usuários. No entanto, configura-se nesta pesquisa o seguinte questionamento: como levantar dados precisos e confiáveis com os usuários referentes a biomecânica e cinemática, para o desenvolvimento de projetos de Design? A este respeito, a captura de movimentos pode ser um recurso auxiliar na obtenção destes dados objetivos. Todavia requer o uso de procedimentos sistemáticos de modo a garantir que os dados sejam válidos. Neste contexto, o objetivo geral desta pesquisa foi desenvolver um protocolo de coleta (orientações e diretrizes) para o levantamento de dados objetivos com os usuários referente a biomecânica e cinemática provenientes da captura de movimentos por sensores inerciais (equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*). A pesquisa foi dividida em quatro fases: Fundamentação Teórica; Experiências Práticas; Desenvolvimento do Protocolo e Apresentação do Protocolo. A metodologia utilizada consistiu em uma etapa exploratória, com revisão de literatura e experiências práticas, posteriormente descritiva e correlacional para o desenvolvimento do protocolo e uma etapa explicativa em que o protocolo foi aplicado e avaliado para seu aprimoramento. Seu desenvolvimento foi conduzido pelo levantamento teórico (sistematização de protocolos, técnicas e métodos) e prático (experiências em laboratório e coleta de dados com usuários reais) dos procedimentos de levantamentos de dados com usuários envolvendo o equipamento MVN *Link*. Assim, as informações foram organizadas por associações e correlações entre os elementos identificados nos estudos teóricos e práticos. A pesquisa resultou no desenvolvimento do '*Motion Capture Protocol*' um protocolo que orienta o levantamento de dados com os usuários, por meio de quatro etapas (Preparar, Coletar, Remover e Determinar). Dessa forma, auxilia na gestão da coleta, tomada de decisão, medidas precisas, replicabilidade científica, bem como cuidados com o equipamento e formas corretas de armazenamento.

Palavras-chave: Gestão de Design. Captura de Movimentos. Equipamento MVN *Link Biomech*. Protocolo.

ABSTRACT

Design aims to improve people's quality of life through the development of projects, which must consider the user's capabilities and limitations. Therefore, associating Human Factors in this process allows achieving the best integration between the product and its users. However, this research raises a question: how to collect accurate and reliable data with users regarding biomechanics and kinematics, for the development of projects? In this context, motion capture can be an auxiliary resource in obtaining these objective data. However, it requires the use of systematic procedures to ensure that the data is valid. Therefore, the main objective of this research was to develop a protocol (instructions and guidelines) for the collection of objective data of biomechanics and kinematics from the motion capture by inertial sensors (MVN Link Biomech equipment from Xsens). The research was divided into four phases: Theoretical foundation; Practical Experiences; Protocol Development and Protocol Presentation. The method used consisted of an exploratory stage, with literature review and practical experiences, later descriptive and correlational for the protocol development and an explanatory step in which the protocol was applied and evaluated to be improved. Its development was carried out by the theoretical research (systematization of protocols, techniques, and methods) and practical (laboratory experiments and data collection with real users) regarding the procedures for data surveys with users involving the MVN Link equipment. Thus, the information was organized by associations and correlations between the elements identified in the theoretical and practical studies. The research resulted in the development of the 'Motion Capture Protocol' a protocol that guides the data collection with users through four steps (Prepare, Collect, Remove and Determine). In this way, it assists in the management of the data collection, decision making, precise measurements, scientific replicability, as well as equipment care and adequate storage.

Palavras-chave: Design Management. Motion Capture. MVN Link Biomech. Protocol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Panorama geral da utilização do MVN <i>Link</i>	32
Figura 2- Utilização do MVN <i>Link</i> nos estudos encontrados na RSL.	33
Figura 3- Síntese da caracterização geral da pesquisa.	38
Figura 4- Domínios da Ergonomia.	46
Figura 5- Síntese para o desenvolvimento de projetos.	48
Figura 6- Perspectivas sobre a análise do movimento humano.	50
Figura 7- Planos e eixos do corpo humano.	51
Figura 8- Terminologia dos movimentos articulares.	53
Figura 9- Linha do tempo - Estudo da captura de movimentos.	60
Figura 10- Evolução dos sistemas de captura de movimentos.	63
Figura 11- Sensores inerciais.	66
Figura 12- Localização dos MTx e MTx-L.	67
Figura 13- Posicionamento dos sensores inerciais.	68
Figura 14- Estruturas do <i>avatar</i> do MVN.	70
Figura 15- Posições de calibrações do equipamento MVN <i>Link</i>	71
Figura 16- Processo de captura e interface do <i>Software MVN Pro</i>	73
Figura 17- Procedimentos de levantamento de dados.	75
Figura 18- Diagrama de síntese - temas da pesquisa.	79
Figura 19- Linha do tempo da pesquisa.	81
Figura 20- Fases da pesquisa.	82
Figura 21- Fase 1- Fundamentação Teórica.	83
Figura 22- Fase 2- Experiências Práticas.	84
Figura 23- Fase 3- Desenvolvimento do Protocolo.	87
Figura 24- Blocos de Referência: Produto, Usuário e Contexto.	88
Figura 25- Sequência de desenvolvimento do protocolo.	89
Figura 26- Fase 4- Apresentação do Protocolo.	96
Figura 27- Coletas com o MVN <i>Link</i> vinculadas ao NGD-LDU/UFSC. ..	100
Figura 28- Etapas de utilização de técnicas e ferramentas no GODP. ...	103
Figura 29- Blocos de Refências para desenvolvimento do protocolo. ...	103
Figura 30- Base conceitual do protocolo de coleta.	104
Figura 31- Organização dos elementos - base teórica e prática.	106
Figura 32- Itens do protocolo com base nos Blocos de Referência. ...	107
Figura 33- Identidade Visual para o protocolo de coleta.	109
Figura 34- Processo de uso do <i>Motion Capture Protocol</i>	111
Figura 35- Realização do teste piloto.	113
Figura 36- Aplicação do protocolo <i>Motion Capture Protocol</i>	116

Figura 37- Apresentação Inicial do Protocolo.	125
Figura 38- Etapa 1- Preparar.	126
Figura 39- Etapa 2- Coletar – Passos 2.1 Mensurar e 2.2 Montar.	130
Figura 40- Etapa 2- Coletar – Passo 2.3 Conectar.	132
Figura 41- Etapa 2- Coletar – Passos 2.4 Medir e 2.5 Familiarizar.	133
Figura 42- Etapa 2- Coletar – Passo 2.6 Configurar.	135
Figura 43- Etapa 2- Coletar – Passo 2.7 Calibrar.	137
Figura 44- Etapa 2- Coletar – Passo 2.8 Gravar.	140
Figura 45- Etapa 2- Coletar – Passo 2.9 Registrar.	142
Figura 46- Etapa 3- Remover.	143
Figura 47- Etapa 4- Determinar.	145
Figura 48- <i>Motion Capture Protocol</i> (Versão Sintetizada).	146
Figura 49- Processo de seleção das Teses e Dissertações.	176
Figura 50- Processo de seleção das Bases de Periódicos.	179
Figura 51- Processo de seleção das Teses e Dissertações.	184
Figura 52- Processo de seleção das Bases de Periódicos.	185

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Relação dos 16 documentos selecionados na RSL.....	177
Quadro 2- Relação dos 32 documentos selecionados na RSL.....	179
Quadro 3- Relação dos 17 documentos selecionados na RSL.....	185
Quadro 4- Relação dos documentos com objetivos e equipamentos.	187
Quadro 5- Relação dos 46 documentos selecionados na RSL.....	189

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AET- Análise Ergonômica do Trabalho
AVD'S - Atividades da Vida Diária
ABERGO - Associação Brasileira de Ergonomia
BDTD - Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
GODP - Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos
IEA - *International Ergonomics Association*
LDU - Laboratório de Design e Usabilidade
MoCap - Captura de Movimentos
NGD - Núcleo de Gestão de Design
PPGDE - Programa de Pós-Graduação em Design
RPDTA - Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva
RSL - Revisão Sistemática da Literatura
SC - Santa Catarina
TA - Tecnologia Assistiva
TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCVI - Termo de Consentimento para Uso de Voz e Imagem
UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina
UFPE - Universidade Federal de Pernambuco
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
WDO - *World Design Organization*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 CONTEXTO DE PESQUISA E PROBLEMÁTICA	25
1.2 OBJETIVOS	28
1.2.1 Objetivo Geral.....	28
1.2.2 Objetivos Específicos.....	28
1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO.....	29
1.4 ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN	34
1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	35
1.6 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA	36
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	39
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	41
2.1 GESTÃO DE DESIGN.....	41
2.2 FATORES HUMANOS ASSOCIADOS AOS PROJETOS DE DESIGN	45
2.2.2 Biomecânica	49
2.2.2.1 Antropometria- Estudos antropométricos.....	54
2.3 INSTRUMENTAÇÃO TECNOLÓGICA COMO FONTE DE DADOS OBJETIVOS.....	57
2.3.1 Captura de Movimentos.....	59
2.3.1.1 Sistema de captura de movimentos por sensores inerciais- Equipamento MVN <i>Link Biomech</i> da <i>Xsens</i>	65
<i>2.3.1.1.1 Protocolos, técnicas e métodos utilizados no levantamento de dados com o equipamento MVN Link Biomech da Xsens.....</i>	<i>74</i>
2.5 SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	78
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	81
3.1 FASE 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	83
3.2 FASE 2 – EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS.....	84
3.2.1 Fase 2/ Etapa 1 - Estudos Laboratoriais do Equipamento MVN.....	85
3.2.2 Fase 2/ Etapa 2 - Participações em pesquisas e projetos de coletas de dados com o equipamento MVN.....	85
3.3 FASE 3 – DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO.....	87
3.3.1 Fase 3/ Etapa 1 - Base conceitual	88
3.3.2 Fase 3/ Etapa 2 - Elaboração	89
3.3.2.1 Passo 1- Base teórica.....	90
3.3.2.2 Passo 2- Definição dos itens.....	90

3.3.2.3 Passo 3- Organização e <i>Layout</i>	91
3.3.2.4 Passo 4- Sintetização.....	91
3.3.2.5 Passo 5- Diagrama de funcionamento	92
3.3.3 Fase 3/ Etapa 3 - Aplicação e Avaliação	92
3.3.3.1 Passo 1- Teste Piloto	92
3.3.3.2 Passo 2- Aplicação do protocolo	93
3.3.3.3 Passo 3- Avaliação do protocolo	95
3.3.4 Fase 3/ Etapa 4 - Aprimoramento	95
3.3 FASE 4 – APRESENTAÇÃO DO PROTOCOLO	96
4 DESENVOLVIMENTO	97
4.1 FASE 2 - EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS	97
4.1.1 Fase 2/ Etapa 1 - Estudos Laboratoriais do Equipamento MVN.97	
4.1.2 Fase 2/ Etapa 2- Participações em pesquisas e projetos de coletas de dados com o equipamento MVN <i>Link</i>.....	99
4.2 FASE 3 - DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO	102
4.2.1 Fase 3/ Etapa 1 - Base Conceitual.....	102
4.2.2 Fase 3/ Etapa 2 - Elaboração.....	105
4.2.2.1 Passo 1- Base teórica	106
4.2.2.2 Passo 2- Definição dos itens.....	107
4.2.2.3 Passo 3- Organização e <i>Layout</i>	108
4.2.2.4 Passo 4- Sintetização.....	109
4.2.2.5 Passo 5- Diagrama de funcionamento	110
4.2.3 Fase 3/ Etapa 3 - Aplicação e Avaliação	112
4.2.3.1 Passo 1- Teste Piloto	113
4.2.3.2 Passo 2- Aplicação do Protocolo	115
4.2.3.3 Passo 3- Avaliação do Protocolo	117
4.2.3 Fase 3/ Etapa 4 - Aprimoramento	120
5 APRESENTAÇÃO DO PROTOCOLO	123
5.1 <i>MOTION CAPTURE PROTOCOL</i>	123
5.1.1 Apresentação.....	124
5.1.2 Etapa 1- Preparar	126
5.1.3 Etapa 2- Coletar	129
5.1.4 Etapa 3- Remover.....	143
5.1.5 Etapa 4- Determinar	144
5.2 <i>MOTION CAPTURE PROTOCOL (VERSÃO SINTETIZADA)</i>	146

6 CONCLUSÕES.....	149
6.1 PERCEPÇÕES DO PESQUISADOR	154
REFERÊNCIAS.....	157
APÊNDICE A - RSL sobre o Equipamento <i>MVN Link</i>.....	175
APÊNDICE B - RSL sobre Captura de Movimentos e Produtos.....	183
APÊNDICE C - Relação dos estudos selecionados na RSL	189
APÊNDICE D - Produção Científica	196
APÊNDICE E - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	199
APÊNDICE F - Termo de Consentimento Uso de Voz e Imagem	203
APÊNDICE G - Questionário.....	205
APÊNDICE H - Teste de Clareza	206
APÊNDICE I - Telas do <i>software Studio Pro</i>.....	209
APÊNDICE J - <i>Motion Capture Protocol</i>	212
APÊNDICE K - <i>Motion Capture Protocol</i> – Versão Sintetizada	243

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo contextualiza-se o tema da pesquisa, sua problemática, os objetivos, a justificativa e sua relevância para o Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Santa Catarina, bem como para sua linha de pesquisa- Gestão de Design com ênfase em Tecnologia. Além disso, apresenta-se a delimitação do tema, a caracterização geral da pesquisa e a estrutura da dissertação.

1.1 CONTEXTO DE PESQUISA E PROBLEMÁTICA

O Design, de acordo com o *World Design Organization* (2018), é uma profissão transdisciplinar, que utiliza os processos criativos, co-criativos e estratégicos para solucionar problemas e oportunizar uma melhor qualidade de vida aos usuários por meio de produtos, sistemas, serviços e experiências. Dessa forma, o Design é um processo de resolução de problemas, e uma atividade centrada nas pessoas (BEST, 2015), não se limitando ao projeto de objetos ou adição de estética (MARTINS, MERINO, 2011; BONSIPE, 2012).

Cambiaghi (2012) ressalta a necessidade de levar em conta as dimensões dos usuários para o desenvolvimento de projetos de produtos únicos, reguláveis ou mesmo uma gama de produtos capazes de atender a todos. Ainda salienta que a compreensão das medidas das várias partes do corpo humano possibilita atender melhor às necessidades funcionais dos usuários. Neste sentido, Oliveira (2011) complementa que adequar o produto ao usuário requer o conhecimento dos movimentos corporais, a fim de conhecer suas capacidades e limitações, as quais, são obtidas na etapa de levantamento de dados.

No que tange a obtenção de dados dos usuários, Johnson, Clarkson e Huppert (2010), apontam que a capacidade do usuário pode ser adquirida de duas formas: por meio de relatos do usuário (dados qualitativos/subjetivos) ou baseado em medidas de desempenho (dados quantitativos/objetivos). Porém os autores destacam que as avaliações objetivas, são confiáveis, sensíveis às mudanças e eficazes para medir com precisão a capacidade a níveis elevados. Para Latonda et al. (1997) os dados subjetivos são baseados em opiniões e julgamentos expressados pelos próprios usuários, enquanto os dados objetivos são aspectos concretos que podem ser limitadores para adequação usuário-

produto. Cabe ressaltar que são métodos complementares que, quando associados, podem favorecer uma visão completa (PASCHOARELLI; MEDOLA; BONFIM, 2015) e uma análise objetiva e confiável do usuário (MERINO et al., 2017).

Speck et al. (2016) corroboram a importância dos dados objetivos na concepção e avaliação de produtos, justificando que a obtenção desses dados reduz a necessidade de reprojeto, tornando-os mais adequados e satisfatórios aos usuários. Segundo Latonda et al. (1997) e Abreu (2014) geralmente os estudos destinados a obter dados para a concepção de produtos ou mesmo para postos de trabalho são de origem biomecânica, e devem ser considerados os fatores humanos (ergonomia), ou seja, considerar a anatomia humana, antropometria, fisiologia e cinemática¹.

Neste particular Merino et al. (2016) destacam a importância de incorporar nas pesquisas de Design instrumentos tecnológicos para obtenção de dados objetivos referentes às capacidades físicas do usuário, que venham a identificar as sobrecargas biomecânicas, e auxiliar na aproximação do projetista às necessidades reais do usuário. Dessa forma, pode-se dizer que estes métodos auxiliam para a minimização das incertezas no desenvolvimento de projetos e garantem compreender aspectos essenciais do problema. A este respeito, Best (2015) destaca que o Design pode contribuir com ferramentas e métodos que assegurem a identificação das necessidades reais do usuário.

De acordo com a ciência do movimento, Neumann (2011) expõe que existem vários métodos para medir objetivamente o movimento humano, incluindo eletrogoniometria, acelerometria, técnicas de imagem, dispositivos de monitoramento eletromagnético, sistemas de captura de movimentos, dentre outros, os quais permitem uma análise detalhada do movimento das articulações e do corpo como um todo. No entanto, Graziano (2008) aponta que é possível os pesquisadores, docentes, discentes e técnicos terem dificuldades em identificar os fatores que contribuem para o desempenho dos equipamentos e podem ocorrer interpretações equivocadas. Neste sentido, Leite (2012) aborda a necessidade de ampliar a base de referências sobre o uso das técnicas

¹ Cinemática: Ramo da mecânica que descreve os movimentos (HALL, 2009).

e procedimentos que os avanços da instrumentação tecnológica² têm proporcionado aos estudos da biomecânica.

Na concepção de Steinfeld, Lenker e Paquet (2002) para realizar os métodos de coleta de dados, referente a biomecânica, cinemática e antropometria dos usuários, é necessária formação qualificada dos pesquisadores, de modo a garantir que os dados acessíveis sejam confiáveis e válidos, representando fielmente o desempenho físico das pessoas. Ainda de acordo com os autores, métodos de coleta de dados por meio de técnicas de fotografias, vídeos e digitalização, podem acarretar em imprecisões de dados coletados por esconder marcos anatômicos, ou por exigir ambientes controlados para a coleta de dados, inviabilizando ou comprometendo o levantamento preciso dos dados.

Dessa forma, Merletti e Parker (2004) apontam que esforços de padronização são necessários para a geração de resultados que possam ser comparados e/ou repetidos, a fim de se criar uma base de conhecimentos comum sobre um determinado campo da ciência. Assim, as ferramentas de coleta de dados devem se concentrar em definições de procedimentos padronizados (protocolos de coleta³) a fim de garantir a confiabilidade e validade dos dados levantados (STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002), além de fornecer fontes adicionais de informações e orientações para realização dos procedimentos. Johnson, Clarkson e Huppert (2010) corroboram que as ferramentas desenvolvidas precisam apresentar dados relevantes de uma forma acessível e útil.

Best (2012) aborda que um dos fatores determinantes para o sucesso de projetos de Design é o modo com que as equipes, os processos e os procedimentos de um projeto são organizados, coordenados e executados. Esses procedimentos constituem um

² Instrumentação Tecnológica: esta dissertação considera o termo instrumentação tecnológica como o uso de equipamentos tecnológicos com o objetivo de obtenção de medidas quantitativas/ objetivas (físicas, biomecânicas e fisiológicas) dos usuários a fim de caracterizar suas necessidades e disfunções (MERINO et al., 2017).

³ Protocolo de coleta: esta dissertação considera o termo protocolo como um regulamento ou uma série de instruções estabelecidas por tradição ou por convenção. Assim, um protocolo pode ser um documento ou uma normativa que estabelece como se deve atuar em certos procedimentos, compilando condutas, ações e técnicas consideradas adequadas faces a certas situações (CONCEITO.DE, 2015).

conjunto de instruções a serem praticadas para a execução de tarefas e atividades, sendo estabelecidos para padronizar as ações, determinando como as atividades e operações serão conduzidas.

Nesta perspectiva, Pichler e Merino (2018) apontam que o Design pode atuar na criação de ferramentas e dinâmicas que auxiliem as equipes de projeto no levantamento, organização e análise dos dados, convertendo-os em informação relevante de projeto. As tecnologias e inovações também auxiliam na aquisição de dados dos usuários, e impactam nas estruturas de todos os níveis da Gestão de Design, modificando a forma como interagem, viabilizam e comportam novas relações, processos e práticas, proporcionando oportunidades para o Design (BEST, 2012). Dessa forma, a Gestão de Design pode atuar na concepção de procedimentos e ferramentas que sistematizem e orientem a operacionalização dos projetos, principalmente na etapa de levantamento de dados com o usuário, auxiliando as equipes de projetos.

Diante do exposto, apresenta-se como problemática dessa pesquisa: **como levantar dados precisos e confiáveis com os usuários referentes a biomecânica e cinemática, para o desenvolvimento de projetos de design?**

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um protocolo de coleta (orientações e diretrizes) para o levantamento de dados objetivos com os usuários referente a biomecânica e cinemática provenientes da captura de movimentos por sensores inerciais (equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*).

1.2.2 Objetivos Específicos

- Levantar o contexto geral da utilização da captura de movimentos no desenvolvimento de projetos;
- Mapear e sistematizar protocolos, técnicas e métodos utilizados com a captura de movimentos por sensores inerciais (MVN *Link Biomech* da *Xsens*) no levantamento de dados com os usuários;

- Identificar os procedimentos de coletas de dados na prática, com o equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*;
- Organizar os procedimentos identificados (base teórica e prática) em um protocolo de coleta que oriente e sistematize o levantamento de dados objetivos com os usuários e;
- Aplicar e avaliar o protocolo com potenciais usuários.

1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

De acordo com o contexto de pesquisa apresentado, percebe-se a necessidade da obtenção de dados objetivos e precisos para o desenvolvimento de projetos que se utilizam da biomecânica e cinemática. Todavia, dentre os instrumentos tecnológicos existentes, destacam-se os sistemas de captura de movimentos 3D (MoCap), os quais contribuem com a análise dos movimentos humanos (WOUDA et al, 2016). Convém destacar, que a simulação humana foi introduzida na indústria como uma ferramenta para facilitar os processos de projetos, acelerando seu desenvolvimento e eficiência em custos (LÄMKULL; HANSON; ÖRTENGREN, 2009). Ainda a procura de métodos de avaliação e aferição de dados eficazes têm sido uma constante, principalmente no que se refere às pesquisas em biomecânica (ABREU, 2014; ANDRIACCHI; ALEXANDER, 2000; HARRIS; SMITH, 1996; MÜNDERMANN; CORAZZA; ANDRIACCHI, 2006). Neste sentido, Tonin et al. (2015) destacam que estes sistemas de simulação humana contribuem tanto para questões técnicas, com a representação das características humanas (biomecânica e antropometria), quanto para interações sociais no processo de projetos, com a capacidade de representar e prognosticar situações futuras em diferentes cenários em fase de desenvolvimento.

Em face disso, Silva (1997) e Tonin et al. (2015) destacam que os métodos encontrados de captura de movimentos podem ser classificados conforme a tecnologia utilizada em seus sensores, podendo ser dividido em cinco categorias, sendo elas: (I) inerciais, (II) mecânicos, (III) ópticos, (IV) magnéticos, e (V) *markerless* - sem marcadores. Todavia, ressalta-se para este estudo, a utilização do sistema de captura de movimentos baseado em sensores inerciais (sistema MVN *Link Biomech* da *Xsens*), cada vez mais popular para análise do movimento humano (BRODIE; WALMSLEY; PAGE, 2008) e mais viável, devido seu desempenho e portabilidade (ECKARDT; MUNZ; WITTE, 2014).

Neste sentido, o equipamento de captura de movimentos MVN *Link Biomech* é baseado em unidades de medida inercial e permite capturar os movimentos do corpo humano por meio de 17 módulos de sensores inerciais, gerando 120 frames por segundo (120 Hz) de forma eficaz e em tempo real (ROETENBERG; LUINGE; SLYCKE, 2013). Sua utilização integrada a um *software* (MVN) de simulação propicia vantagens ao desenvolvimento de projetos, visto que possibilita a avaliação contínua do movimento apresentando informações precisas de segmentos e articulações corporais (XSENS, 2012; SPECK et al., 2016).

Segundo Forcelini, Varnier e Merino (2018) a tecnologia da captura de movimento por sensores inerciais permite aos pesquisadores uma mensuração precisa da biomecânica e possibilita a identificação dos fatores de risco associados aos sujeitos. Ainda segundo os autores, os dados gerados facilitam o processo de projeto, auxiliando no desenvolvimento e avaliação de produtos e atividades, bem como na análise das interações entre usuário e objeto.

A relevância científica desta pesquisa consiste em orientar equipes de projeto no processo de levantamento de dados objetivos referentes a biomecânica e cinemática com os usuários, aprofundando o conhecimento sobre as especificidades acerca dos procedimentos de coletas de dados empregados na área do Design, de forma a manter o rigor científico durante a coleta de dados. Ainda, possibilita as equipes de projetos uma aproximação com a instrumentação tecnológica, permitindo a utilização de dados objetivos e confiáveis em projetos e a redução no tempo de desenvolvimento dos produtos.

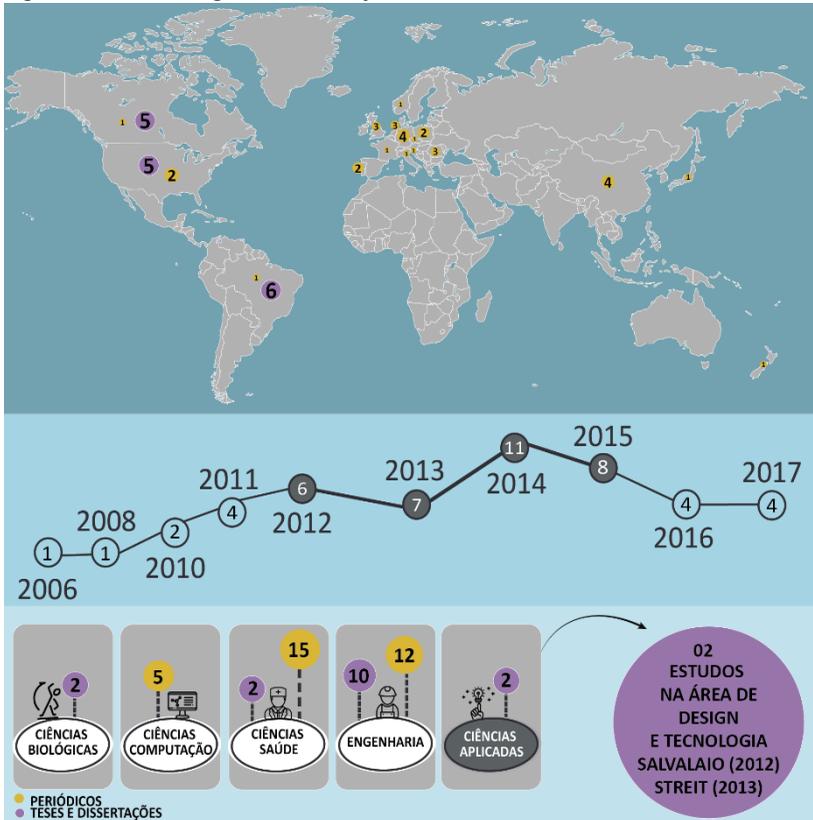
Sua contribuição no âmbito industrial, propicia a redução de custos de projeto e a concepção de produtos mais adequados aos usuários, onde a captura de movimentos torna-se um potencial para os designers quanto a simulação humana, reconhecendo as necessidades, capacidades e limitações dos usuários (SANTOS, 2014). Todavia em âmbito acadêmico, esta pesquisa favorece o ensino e a aproximação dos discentes com a instrumentação tecnológica, dado que, segundo Cambiaghi (2012) todo profissional ligado à criação de ambientes e produtos deve ter como premissa para o desempenho de sua profissão manter-se atualizado sobre as novas tecnologias e materiais como forma de oferecer aos usuários melhores resultados. Desta maneira, como relevância social, pode-se dizer que a pesquisa visa a possibilidade de projetos mais eficientes, confortáveis e seguros aos usuários.

No tocante às razões teóricas, este estudo justifica-se devido a carência de constructos teóricos que demonstram sua aplicação na área do Design, de acordo com o levantamento realizado em estudos nacionais e internacionais encontrados nos bancos de Teses e Dissertações Nacionais (Repositório da UFSC, Banco de Teses e Dissertações da Capes, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações - BDTD) e Internacionais (*Dissertations & Theses - ProQuest*), bem como nas bases de periódicos *Scopus*, *Web of Science*, *PubMed* e *Scielo*. Assim, realizou-se uma revisão sistemática da literatura (RSL)⁴, baseada em Kitchenham et al. (2009) e Levy e Ellis (2006), com o objetivo de obter um panorama geral da expressão de busca MVN *Link Biomech* da *Xsens*, para levantar os estudos que utilizaram como tecnologia de captura de movimentos o sistema MVN *Link*. Para tanto, utilizou-se como expressão de busca, a seguinte string: (“*xsens*” OR “*x-sens*” OR “*xsens MVN*” OR “*xsens MVN biomech*”). Foram encontrados 460 trabalhos e após a mineração (documentos duplicados e/ou sem relação com o tema de pesquisa), restaram 46 trabalhos, a citar: 6 teses, 10 dissertações e 32 artigos, todos apresentados no quadro 2 e 3 respectivamente no Apêndice A.

Com base na seleção do portfólio final de referências realizou-se uma análise de dados (países de origem; quantidade de publicações; ano de publicações; as áreas de conhecimento e a finalidade/objetivo da utilização da captura de movimentos), no intuito de criar um panorama geral do uso do equipamento *Xsens MVN Link*. Neste sentido, convém destacar que os países que mais estão utilizando o *Xsens* em seus estudos são, os Estados Unidos (7), Brasil (7), Canadá (6), Reino Unido (6), China (4), Alemanha (4), Romênia (3), Portugal (2) e Polônia (2). Salienta-se que nos países da Eslovênia, França, Itália, Japão, Noruega, Nova Zelândia e República Tcheca foram encontrados apenas uma publicação. A figura 1, expõe o panorama geral indicando os países, publicações por ano e as principais áreas do conhecimento, referentes a utilização do equipamento *Xsens*, encontrado na revisão sistemática da literatura.

⁴ Revisão Sistemática da Literatura: detalhada no Apêndice A.

Figura 1- Panorama geral da utilização do MVN Link.



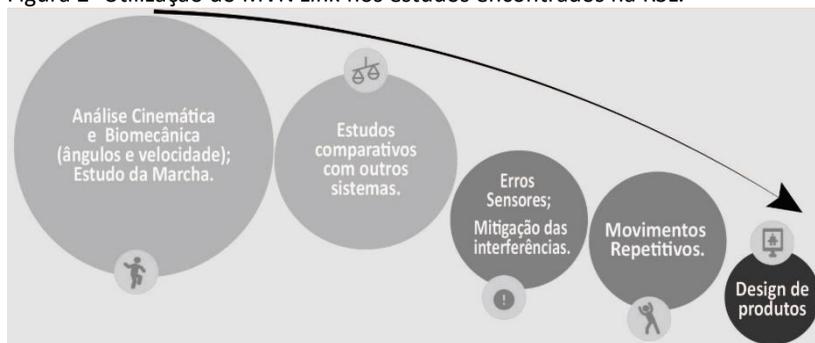
Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação as áreas do conhecimento científico, destaca-se as pesquisas em Engenharias, principalmente nas subáreas da Biomédica, Mecânica e Produção, como também a área de Ciências da Saúde. Foram encontrados somente dois trabalhos na área de Design e Tecnologia, sendo duas dissertações brasileiras, intituladas como: (I) Contribuição ao estudo da captura do movimento aplicado ao Design em tecnologia assistiva, onde Salvalaio (2012) evidencia uma base tecnológica ao design de produtos assistivos na área de TA especificadamente do controle versátil de cadeiras de rodas motorizadas a pessoas com deficiência motora severa; (II) Comparação de parâmetros biomecânicos entre sistemas de captura de movimentos: avaliação do Microsoft

Kinect, onde Streit (2013) realiza um comparativo com o sistema MVN *Link Biomech* da *Xsens* com o tradicional registro por meio de vídeo.

Em relação aos assuntos abordados (Figura 2), destaca-se com maior ênfase, os estudos da cinemática e biomecânica avaliando os ângulos e velocidade principalmente de tronco, joelho, ombro, cotovelo, coluna (segmentos L5 e S1)⁵ e o quadril, como também o estudo da marcha. Ainda, estudos comparativos com outros sistemas de captura de movimentos, e em uma escala menor sobre erros de sensores, mitigação de interferências e estudos sobre os movimentos repetitivos.

Figura 2- Utilização do MVN *Link* nos estudos encontrados na RSL.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante do exposto, percebe-se que a utilização do MVN *Link* como instrumento de coleta de dados, vem sendo utilizado em diversas áreas do conhecimento, porém com poucos estudos na área de Design e tecnologia. Portanto, tendo como base as pesquisas realizadas, identifica-se uma lacuna nos estudos da área de Design, no que tange a utilização da instrumentação tecnológica (captura de movimentos) como auxílio às equipes de projetos no processo de levantamento de dados objetivos com o usuário. Ainda, constatou-se que o levantamento de dados dos usuários vem sendo realizado por meio das recomendações básicas do manual do equipamento MVN *Link*-Protocolo Nativo (medição, montagem e calibração) que diz respeito as

⁵ Os segmentos (L5 e S1) são abreviações das vertebrae da coluna vertebral. O (L) representa lombar e o (5) o número de sua identificação (quinta vertebra lombar); enquanto o (S) representa sacro e o (1) sua identificação (primeira vertebra sacral) (HAMILL; KNUTZEN, 2012).

informações mínimas de uso do equipamento. Assim, faz-se necessário a elaboração de um protocolo sistematizado, que oriente as equipes de projeto e considere o usuário e seu contexto de uso.

Por fim, a motivação e o interesse pela temática desta pesquisa é decorrente de dois elementos principais: a atuação no Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU) ⁶ da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), e a participação como membro da Rede de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva (RPDTA), a qual visa fomentar e consolidar a área de Pesquisa em Tecnologia Assistiva (TA). Dessa forma, o pesquisador iniciou sua participação a partir de março de 2017, atuando em pesquisas que têm como ênfase o desenvolvimento de projetos com foco no usuário. Sua atuação principal foi no acompanhamento e participação de coletas de dados envolvendo o uso do equipamento MVN *Link*. Assim, nestas experiências práticas foi possível observar a tocante problemática, quanto ao levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos com os usuários por meio da captura de movimentos (equipamento MVN *Link*), devido às especificidades que envolvem o processo de coleta de dados com os usuários. Contudo, salienta-se a motivação pessoal do pesquisador em contribuir socialmente, de modo a colaborar com as pesquisas científicas auxiliando no levantamento de dados mais confiáveis e precisos dos usuários para o desenvolvimento de produtos/serviços.

1.4 ADERÊNCIA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

A pesquisa se insere na linha de pesquisa Gestão de Design com ênfase em Tecnologia, do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Esta linha de pesquisa, tem como base estudos em Gestão de Design, aplicada a organizações de base tecnológica e social, incluindo setores de alto incremento tecnológico, podendo ser considerados os aspectos tanto operacionais,

⁶ O NGD- LDU/UFSC, atua em projetos de pesquisa e de extensão no desenvolvimento de produtos e serviços, utilizando como bases conceituais o Design, a Ergonomia e a Usabilidade, e com abordagem projetual centrada no usuário e ênfase no Design Universal e Inclusivo. O LDU, integrado ao NGD, oferece o suporte tecnológico necessário à aferição de dados quantitativos aos projetos em desenvolvimento (NGD-LDU, 2017).

como táticos e estratégicos, bem como sua relação com o desempenho dos processos e a performance nas organizações. No que se refere a ênfase em Tecnologia, esta deve ser abordada por meio de técnicas de prototipagem, simulação e experimentação nos métodos, processos e serviços (POSDESIGN, 2018).

Consoante a isso, salienta-se a importância da pesquisa para a linha de pesquisa Gestão do Design com ênfase em Tecnologia do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), visando atender aos dois propósitos da linha de pesquisa. A Gestão de Design, atuando em nível operacional, que refere-se a gestão de um projeto de design (MOZOTA; KLOPSH; COSTA, 2011), a fim de contribuir no processo de levantamento de dados objetivos referente as capacidades e limitações dos usuários para o desenvolvimento de projetos mais adequados a interação usuário ao produto/serviço, como também, da ênfase em Tecnologia, ao incorporar o uso do equipamento tecnológico de captura de movimentos por sensores inerciais, como fonte de dados quantificáveis.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Dentro do universo que compreende os temas Gestão de Design e Tecnologia, esta pesquisa delimita-se inicialmente pelo seu tema. Assim, possui como temas centrais a Gestão de Design (gestão do projeto de design) e a Instrumentação Tecnológica (uso do equipamento *MVN Link Biomech*⁷ da empresa *Xsens*) para aquisição de dados precisos e objetivos, no processo de levantamento de dados biomecânicos e a cinemáticos dos usuários para o desenvolvimento de projetos.

Neste particular, vale destacar que esta pesquisa se delimita na elaboração de um protocolo (orientações e diretrizes) para o levantamento de dados objetivos (medidas quantitativas) com os usuários. Convém destacar que as medidas objetivas são complementares as medidas subjetivas (qualitativas) do usuário. Entretanto esta pesquisa é delimitada para o levantamento das medidas objetivas dos usuários, especificamente a bimecânica e cinemática.

⁷ Este equipamento tecnológico de captura de movimentos (*MVN Link*) será utilizado como referência de tecnologia nesta pesquisa por ser o equipamento disponível no NGD-LDU/UFSC; laboratório no qual o pesquisador está inserido e vem utilizando durante os últimos dois anos.

Assim, o protocolo tem como propósito auxiliar na gestão do processo de coleta de dados, guiar a operacionalização dos procedimentos e contribuir para a replicabilidade de pesquisas científicas. Como potenciais usuários dessa pesquisa destacam-se: discentes de graduação, pós-graduação, docentes e pesquisadores que vislumbram uma coleta de dados ágil, prática e confiável, podendo ser extensivo ao setor produtivo, além da área do Design, como para as áreas da Engenharia (Mecânica, Biomédica, Materiais, Produção, dentre outras) e Saúde relacionadas ao desenvolvimento de projetos (Ergonomia, Terapia Ocupacional, Fisioterapia, Medicina, dentre outras).

No que tange a delimitação temporal foram considerados as pesquisas e os projetos desenvolvidos pelo Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU/UFSC) nos anos de 2017 e 2018. A Fase 1 – Fundamentação teórica – foi efetuada no ano de 2017. A Fase 2 – Experiências Práticas- aconteceu em 2017 e 2018, por meio de estudos laboratoriais do equipamento MVN *Link* bem como pesquisas e projetos de coleta de dados desenvolvidas pelo NGD-LDU/UFSC. A Fase 3 – Desenvolvimento do protocolo -, que compreendeu a elaboração de um protocolo de coleta para o equipamento de captura de movimentos por sensores inerciais ocorreu em 2018. Já a Fase 4- Apresentação do protocolo foi realizada em novembro de 2018.

1.6 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA PESQUISA

Do ponto de vista de seus objetivos, esta pesquisa classifica-se como uma pesquisa explicativa. Para tanto, conforme proposto Sampieri, Collado e Lucio (2013), deve conter previamente uma pesquisa exploratória, descritiva e correlacional. A abordagem exploratória, proporciona maior familiaridade com o problema, sendo adequada quando o tema escolhido ainda é pouco explorado (GIL, 2007). Desse modo, a pesquisa exploratória teve como base o levantamento de informações sobre os temas de estudo (Gestão de Design e Instrumentação Tecnológica – captura de movimentos).

Como procedimento técnico da pesquisa exploratória recorreu-se ao levantamento bibliográfico, que segundo Lakatos e Marconi (2011) permite conhecer o tema de estudo, por buscar os resultados nas fontes já tornadas públicas, a fim de colocar o pesquisador em contato com o

que já foi escrito e contribuir para a construção do referencial teórico da pesquisa. Ainda como procedimento técnico utilizou-se de método observacional que segundo Fachin (2006) propõe captar com precisão os fatos essenciais de um fenômeno, a fim de gerar dados para a pesquisa. Neste sentido se utilizou de experiências práticas, para um aprofundamento de uma realidade específica, as quais foram realizadas por meio de observação participante natural, pois o pesquisador (observador) pertence ao mesmo grupo que investiga, o que facilita o rápido acesso aos dados, que são percebidos diretamente, sem qualquer intermediação (GIL, 2007). Para tanto, o pesquisador realizava estudos laboratoriais sobre o equipamento, bem como participava e interagia com coletas de dados envolvendo o equipamento de captura de movimentos nas pesquisas e projetos desenvolvidos pelo NGD-LDU/UFSC nos anos de 2017 e 2018, com reflexão permanente, atento aos detalhes, acontecimentos e interações, com o intuito de compreender os processos de coleta de dados, os padrões desenvolvidos e identificar os problemas recorrentes desta atividade (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). Isso permite ao pesquisador adquirir os conhecimentos práticos necessários sobre a utilização do equipamento, bem como as dificuldades enfrentadas pela equipe de projeto, na etapa de levantamento de dados com o usuário.

Quanto a pesquisa descritiva, Sampieri, Collado e Lucio (2013), abordam que os estudos descritivos buscam identificar e especificar as informações de cada tema de estudo para analisá-los sob diferentes pontos de vista. Já a pesquisa correlacional, busca classificar e associar as informações, estabelecendo o grau de associações entre elas e sua importância para a pesquisa (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). Dessa forma, esta pesquisa descritiva e correlacional compreendeu a reunião das informações e análise das relações existentes entre os temas levantados nas bases teóricas e nas experiências práticas para posterior elaboração do protocolo de coleta.

Com relação a abordagem do problema, esta pesquisa assume o caráter misto, que segundo Sampieri, Collado e Lucio (2013), as pesquisas exploratórias, descritiva e correlacional são predominantemente qualitativas, devido ao fato de os dados serem analisados, relacionados e hierarquizados segundo a percepção do pesquisador com base no material coletado. As coletas qualitativas buscam obter dados que serão transformados em informação, para que

possam ser analisados e compreendidos, afim de responder à pergunta de pesquisa e gerar o conhecimento (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). Já a pesquisa explicativa assume caráter quantitativo. Dessa forma, a pesquisa explicativa consistiu da descrição das informações, aplicação e avaliação do protocolo, bem como interpretação dos dados coletados. Como procedimentos técnicos para essa pesquisa foram utilizados um questionário estruturado e teste de clareza.

Por fim do ponto de vista de sua natureza, classifica-se como aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimento para aplicação prática, buscando a solução de problemas específicos (LAKATOS; MARCONI, 2011; GIL, 2010). Dessa forma, esta pesquisa, teve como desafio contribuir de forma prática para os designers e projetistas auxiliando no processo de levantamento de dados do usuário, a fim de fomentar o desenvolvimento de produtos/serviços mais adequados as capacidades e limitações dos usuários favorecendo o processo de Gestão de Design, materializada em um protocolo de coleta. Em suma, a figura 3 traz uma síntese da classificação geral da pesquisa, apresentando suas fases e procedimentos técnicos.

Figura 3- Síntese da caracterização geral da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação está organizada em seis capítulos configurados com os seguintes conteúdos:

- **Capítulo 1 - Introdução** - contempla a contextualização do tema, indica a problemática, os objetivos (geral e específicos), e os justifica. Apresenta também, a aderência ao programa de pós-graduação, a delimitação da pesquisa, a caracterização geral da pesquisa, e a estrutura da dissertação.
- **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica** – Destaca os principais conceitos que fundamentaram teoricamente a dissertação. É subdividida em: Gestão de Design abordando Design, conceituando a Gestão de Design e seus níveis de atuação. Após apresentam-se os fatores humanos associados aos projetos de design, biomecânica e os estudos antropométricos. Seguido do tópico de Instrumentação tecnológica, apontando a tecnologia (instrumentação tecnológica) como fontes de dados, o estudo da captura de movimentos e o sistema inercial de captura de movimentos MVN *Link Biomech* da *Xsens*. Ao final deste tópico, é apresentada uma síntese da fundamentação teórica.
- **Capítulo 3 - Procedimentos Metodológicos** - aborda as fases e etapas da pesquisa e os respectivos procedimentos técnicos adotados no desenvolvimento da dissertação.
- **Capítulo 4 - Desenvolvimento** - apresenta o processo de desenvolvimento do protocolo de coleta de dados com o equipamento de captura de movimentos MVN *Link Biomech* da *Xsens*.
- **Capítulo 5 - Apresentação do Protocolo** - contempla a apresentação do *Motion Capture Protocol*, sua estrutura e modo de uso.
- **Capítulo 6 - Conclusões** - pontua os resultados alcançados frente ao desenvolvimento do protocolo de coleta, as contribuições da pesquisa, bem como as possibilidades de estudos futuros e percepções do pesquisador.

Elementos pós-textuais - Por fim são apresentados os elementos pós-textuais: referências e apêndices.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos que embasam a presente pesquisa por meio de duas revisões bibliográficas sistemáticas e autores das áreas específicas (Design, Gestão de Design e Tecnologia). Para tanto, objetivando situar o leitor no contexto da pesquisa, foram utilizados estudos nacionais e internacionais. Diante disso, a fundamentação teórica da pesquisa foi organizada da seguinte forma: primeiramente apresenta-se a Gestão de Design, conceitua-se o Design, os fatores humanos/ergonomia associado aos projetos de design, a biomecânica e os estudos antropométricos. Em seguida, a utilização da Instrumentação Tecnológica (equipamentos tecnológicos) como aporte na obtenção de dados objetivos sobre o usuário. Posteriormente, aborda-se o histórico da captura de movimentos, bem como o sistema de captura de movimentos por sensores inerciais, especificamente o equipamento *MVN Link Biomech* da *Xsens*. Por fim, conclui-se a fundamentação teórica com uma síntese das informações levantadas.

2.1 GESTÃO DE DESIGN

De acordo com Martins e Merino (2011) a palavra design significa desígnio (uma intenção e um processo) + desenho (concretização de um projeto em esboço). Como propósito, a palavra design, possui dois significados, descrevendo tanto uma atividade (o processo de fazer coisas), quanto ao resultado dessa atividade (os produtos gerados nesse processo) (BEST, 2015; MOZOTA; KLÖPSCH; COSTA, 2011). Assim, o Design pode ser visto como um processo de resolução de problemas centrado nas pessoas (BEST, 2012).

Martins e Merino (2011), abordam que o campo de atuação do Design, transcende a criação de produtos e peças gráficas como elementos isolados, ou seja, faz parte de um sistema e atua no processo de gestão, justificando que o Design tem a capacidade de alinhar aspectos tangíveis e intangíveis, como marca e produto físico; as necessidades dos usuários; atributos de produtos; os materiais; as percepções; a tecnologia; ergonomia e uso de produtos. Nesta perspectiva Mozota (2008) destaca os conhecimentos específicos e próprios do campo do Design (habilidade de interpretar as observações coletadas com os usuários, durante as fases de levantamento de dados

para o projeto, bem como transformar em ideias, conceitos, processos, produtos e serviços).

Martins e Merino (2011), ressaltam que o Design vem se posicionando gradativamente de maneira estratégica nas organizações, participando do seu universo e vivenciando seus problemas, mercados, projetos e estratégias, propondo soluções integradas de comunicação e de produtos. Neste sentido, Mozota (2008) aborda que o Design vem experimentando uma mudança de paradigma, passando de uma profissão baseada em atividades, para uma profissão baseada em conhecimento. Dessa forma, entende-se que o Design pode ser um meio (ferramentas para a solução de problemas) e um fim (quando colocado a serviço de objetivos corporativos) (MOZOTA; KLOPSH; COSTA, 2011).

Assim, convém destacar que a Gestão de Design, segundo Best (2012, p.8):

É o gerenciamento bem-sucedido de pessoas, projetos, processos e procedimentos que estão por trás da criação dos produtos, serviços, ambientes e experiências que fazem parte de nossa vida diária.

Assim, termo processo “refere-se à execução de um conjunto de ações e etapas de desenvolvimento que visam atingir progressivamente determinado resultado final” (BEST, 2012, p.31). Mozota, Klöpsch e Costa (2011) ressaltam que uma das responsabilidades da Gestão de Design é orientar suas ações com foco no usuário. Best (2012) aborda que cabe ainda a Gestão de Design a identificação de formas de agregar, criar ou ainda evidenciar valores tanto no âmbito dos sistemas, produtos e serviços, quanto das próprias organizações. Assim, percebe-se que a Gestão de Design, considera tanto o ponto de vista da empresa quanto as necessidades dos usuários.

Diante disso, Best (2009), Mozota, Klöpsch e Costa (2011), atribuem três níveis de gestão: (I) Nível Estratégico; (II) Nível tático ou Funcional; e (III) Nível Operacional. O nível Estratégico refere-se ao pensamento de design na estratégia da organização interpretando as necessidades dos clientes, bem como representa a visão do Design na contribuição para todo o negócio (BEST 2009). Trata do papel do Design para unificar e transformar a visão e valores da empresa (MARTINS; MERINO 2011). Neste sentido, a função do Design, no nível Estratégico é uma competência central que pode mudar a percepção da cadeia de

valor, já que influência na compreensão do ambiente e na transformação de procedimentos (MARTINS; MERINO 2011; MOZOTA; KLOPSH; COSTA, 2011).

O nível Tático ou Funcional, está relacionado a criação de uma função de Design na empresa, onde a tomada de decisão concentra-se na função de Design enquanto elemento coordenador (MOZOTA; KLOPSH; COSTA, 2011). Neste nível, o Design se integra em todas as funções da organização, permeando equipes, processos e sistemas da empresa, onde ele se torna uma competência administrativa e muda as atividades de apoio (BEST, 2015). O foco é demonstrar como a estratégia pode tornar-se visível e tangível por meio do Design (BEST, 2009). Dessa forma, entende-se que o Design utilizado na forma tática ajuda a organização a atingir seus objetivos, em especial sobre as gestões de inovação e de tecnologia (MOZOTA; KLOPSH; COSTA, 2011; MARTINS; MERINO 2011).

Por fim, no nível operacional, o Design se manifesta, na oferta de produtos e serviços da empresa e se concentra na administração do valor agregado com decisões em torno da ação de Design como passo de integração, pois tem como escopo metas de produção e de comunicação (MOZOTA; KLOPSH; COSTA, 2011). Best (2015) corrobora que este nível se manifesta em produtos, serviços e experiências, na implementação de projetos e processos para o consumidor. Martins e Merino (2011) salientam que neste nível concentra-se os processos e projetos de design; o relacionamento entre gestores e equipes de projeto; e também a implementação das soluções e avaliações que constituem a realização efetiva do projeto.

Para Santos (2000), no nível operacional estão atrelados os seguintes objetivos: assegurar a adequação e atualização de organização, serviços e procedimentos; garantir o cumprimento do projeto pela divisão de tarefas; manter as equipes motivadas; monitorar o processo por meio de revisão e análise crítica; contribuir para a avaliação do produto; avaliar os procedimentos e implementar melhorias quando necessário; monitorar ganhos e perdas com relação ao cronograma; garantir as habilidades de design necessárias ao processo; fornecer recursos de design para atingir o programa e; participar da elaboração do *briefing* de design. Assim, percebe-se que o nível operacional está presente nas operações diárias da organização por meio do desenvolvimento de produtos e serviços.

Em síntese, os níveis da Gestão de Design podem ser caracterizados: estratégico (processos da organização), Tático (relacionamentos das pessoas) e, Operacional (valor agregado relacionado a oferta). Dessa forma, o Design, assume competências específicas para promover a mudança, e atuar em níveis de tomada de decisão, por meio do enfoque integrador e do estabelecimento de metas e objetivos para administrar e promover sua atuação. Assim, a Gestão de Design é uma ferramenta fundamental para as empresas, ao propiciar que sua estrutura organizacional se ajuste as necessidades dos usuários (MARTINS; MERINO 2011).

Neste particular, o desenvolvimento de processos operacionais e táticos, alinhados com a visão estratégica, fazem da Gestão de Design um conceito que pode aprimorar a concepção de produtos que atendam às capacidades do usuário, em consonância com as necessidades da equipe envolvida no processo de projeto. Dessa forma, entende-se que o processo de design contempla as tecnologias e inovações, que impactam as estruturas das organizações em todos os níveis, modificando a forma como interagem, viabilizam e comportam novas relações, públicos, processos e práticas, proporcionando oportunidades para o Design (BEST, 2012).

Hosking, Clarkson e Coleman (2018) explicam que a identificação das capacidade e limitações (biomecânica e cinemática) dos usuários podem reduzir o risco de fracassos e levar a uma clara diferenciação da concorrência, satisfação e fidelidade dos usuários. Ainda segundo os autores, à capacidade dos usuários varia continuamente, e a redução das demandas de capacidade para um produto/serviço resulta em mais pessoas sendo capazes de usar o produto e melhorar a experiência do usuário. Dessa forma, Mozota, Klöpsch e Costa (2011) abordam que a competitividade, a diferenciação e a inovação são favorecidas a partir da compreensão dos usuários, afinal uma compreensão ampla do usuário auxilia a Gestão de Design na definição de estratégias orientadas para o mercado.

Neste contexto, Latonda et al. (1997), afirmam que durante todo o processo de design e desenvolvimento de projeto (produto/serviço) é necessário considerar o usuário e determinar com precisão (confiabilidade) seu perfil, reconhecendo suas capacidades e limitações (biomecânica e cinemática) para compreender suas reais necessidades. Ainda é necessário abranger as possíveis utilizações que podem ser

dadas aos produtos (tangíveis e intangíveis) e quais as características básicas que os condicionam a sua utilização por meio de métodos de aferição de dados eficazes. Por fim, os autores ressaltam, a importância de alcançar algumas características comuns como (utilidade, eficiência, facilidade de uso, segurança, durabilidade, agradabilidade e preço realista), só assim, é possível projetar produtos adaptados com resultados satisfatórios para os usuários, no âmbito dos fatores humanos/ergonomia, que objetiva a melhoria da eficiência, segurança e bem-estar dos consumidores, usuários ou mesmo dos trabalhadores. Dessa forma, o próximo item aborda os fatores humanos associados aos projetos de design.

2.2 FATORES HUMANOS ASSOCIADOS AOS PROJETOS DE DESIGN

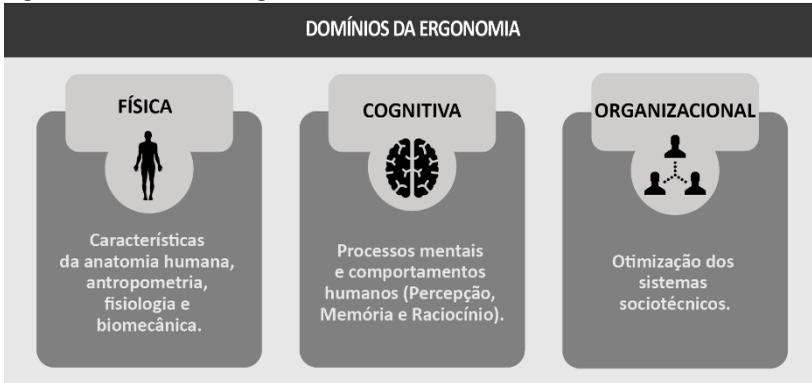
A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO, 2013), considera o termo Fatores Humanos como sinônimo de Ergonomia. Segundo a associação, Fatores Humanos é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos afim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.

O termo Ergonomia remete a tendência Européia, adotado nos principais países europeus, destinada aos estudos específicos do trabalho, ou seja, centrada nas atividades do operador. Já o termo Fatores Humanos⁸ remete a tendência Americana, particularmente nos Estados Unidos, e visa melhorar as condições de trabalho, centrada nos estudos da relação do homem no trabalho (GOMES FILHO, 2010).

Dessa forma, convém destacar, os três domínios de especialização da Ergonomia (Física, Cognitiva e Organizacional) identificados pelas Associações (ABERGO, 2013) e *International Ergonomics Association* (IEA, 2017), conforme apresentados na figura 4.

⁸ Onde se lê Fatores Humanos sempre será entendido como Ergonomia, pois esta dissertação considera o termo Fatores Humanos como sinônimo de Ergonomia.

Figura 4- Domínios da Ergonomia.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em ABERGO (2013) e IEA (2017).

A Ergonomia Física está relacionada com as características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em relação às atividades físicas. Por sua vez, a Ergonomia Cognitiva, aborda os processos mentais e comportamentos humanos, bem como, percepção, memória, raciocínio e resposta motora advindas das interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema, enquanto a Ergonomia Organizacional, refere-se à otimização dos sistemas sociotécnicos, ou seja, estrutura como os processos são gerados.

Para Tilley e Dreyfuss (2007, p. 15), “[...] Fatores Humanos abrange tanto a fisiologia quanto a psicologia e cobre a maioria dos fatores que afetam o desempenho humano em atividades que envolvem ferramentas em um meio ambiente construído”. Assim, definir os Fatores Humanos, é verificar que além de uma questão humana (usuário), existem outros elementos, a ferramenta (produto), e o ambiente (contexto) que também são relevantes para a experiência (MERINO, 2016; TILLEY; DREYFUSS, 2007).

Desta forma, segundo a IEA (2017) a Ergonomia é uma disciplina científica que se preocupa com a compreensão das interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Para tanto, tem por objetivo adequar as ferramentas e ambientes de trabalho, com a finalidade de alcançar a melhor integração entre o produto e seus usuários, no contexto da tarefa que deve ser desempenhada. Assim, os profissionais de ergonomia contribuem para a concepção e avaliação de

tarefas, empregos, produtos, ambientes e sistemas para torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações dos usuários.

Neste sentido, deve-se associar a prática dos Fatores Humanos com a utilização de métodos projetuais aplicados na criação de um produto (artefato) e/ou serviço. Afinal, são esses métodos projetuais que programam sistematicamente a concepção da ideia, respeitando os aspectos técnicos, produtivos, práticos, funcionais e estéticos.

Conforme Löbach (2001) e Gomes Filho (2010), as funções de um produto podem ser classificadas como funções práticas, simbólicas e estéticas. A este respeito, os autores afirmam que a função prática está relacionada a repercussões de natureza fisiológica (facilidade de uso, prevenção de cansaço, conforto, segurança e eficácia na utilização do objeto). A função simbólica envolve os aspectos culturais, pois abrange os valores e símbolos partilhados socialmente (criando conexões entre o usuário, suas experiências e sensações anteriores). Por fim, a função estética está associada à percepção, onde atinge o usuário a nível sensorial, ou seja, psicológico, associado também ao gosto pessoal.

Segundo Lida e Guimarães (2016), as qualidades de um produto dentro da perspectiva dos Fatores Humanos estão relacionadas com vários aspectos que possuem por objetivo satisfazer as necessidades humanas. Dessa forma, para que os produtos funcionem bem em suas interações com os seus usuários, se faz necessário a qualidade técnica, a usabilidade e a agradabilidade.

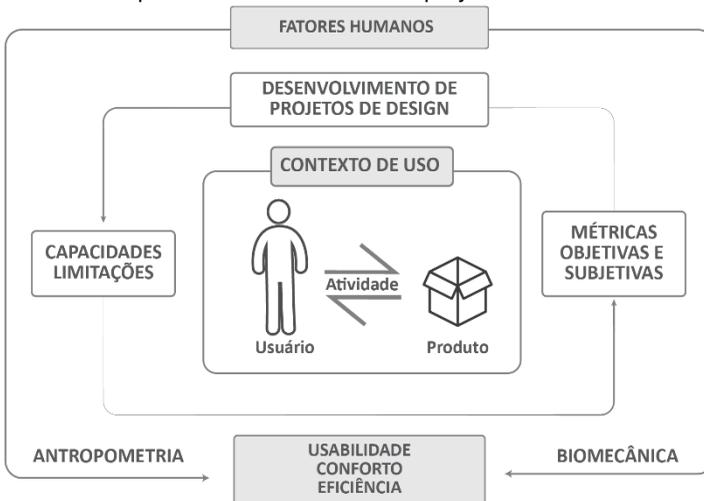
A qualidade técnica, caracteriza-se pelo funcionamento e eficiência do produto. A usabilidade é a qualidade ergonômica que permite adequação entre usuário e produto, facilitando movimentação (biomecânica e cognição), conforto (práticas de uso), facilidade de uso e segurança. Já a agradabilidade é relacionada com as preferências e gostos pessoais, referente ao fator estético onde é baseada nas reações emocionais, que proporcionam prazer ao consumidor, tornando os produtos visualmente agradáveis (IIDA; GUIMARÃES, 2016). Assim, se percebe que a usabilidade e a agradabilidade se relacionam diretamente com os Fatores Humanos.

De acordo com Latonda et al. (1997) existem três tipos de estudos referentes a biomecânica e antropometria que relacionam a interface usuário e produto. O primeiro tipo de estudo está relacionado com a análise de postura, que estabelece as relações entre o produto, a tarefa e o usuário, para que as posições consideradas apropriadas sejam

adotadas e as prejudiciais sejam evitadas. Estes estudos podem ser aplicados em design de produtos, ferramentas ou estações de trabalho. O segundo tipo de estudo refere-se a análise do nível de esforço associado ao uso de um produto ou ao desempenho de uma tarefa, com o objetivo de analisar os esforços que vem sendo submetidos as estruturas corporais, a citar: estudo da marcha, análise da tarefa com manuseio de cargas, análise do esforço realizado para pegar uma ferramenta, entre outros. Por fim, os estudos que propõem conhecer a interação entre usuário e produto, por exemplo, a análise da interação entre o usuário e a cadeira que ele senta.

Com base no exposto, o desenvolvimento de projetos de Design, requer sua fundamentação projetual embasada na interação entre o produto, o usuário e o contexto de uso (MERINO, 2016), para estabelecer usabilidade, conforto e eficiência. Diante disso, uma das ciências de alicerces a esta interação entre usuário, produto e contexto é os Fatores Humanos/Ergonomia (auxilia na compreensão das capacidades e limitações dos usuários) por meio de métricas objetivas e subjetivas, integrada aos conceitos da biomecânica e antropometria, conforme pode ser observado na figura 5.

Figura 5- Síntese para o desenvolvimento de projetos.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Tilley e Dreyfuss (2007), lida e Guimarães (2016) e Merino (2016).

Assim, no ítem a seguir serão abordados os conceitos de biomecânica e antropometria para aprofundar essa compreensão.

2.2.2 Biomecânica

Para avaliar os movimentos humanos, leva-se em conta a abordagem dos conhecimentos da cinesiologia e biomecânica. A cinesiologia, como estudo científico do movimento humano, pode ser um termo abrangente, utilizado para a descrição de qualquer forma de avaliação anatômica, fisiológica, psicológica, ou mecânica do movimento humano. Dessa forma, essa área do conhecimento enfatiza o sistema musculoesquelético, a eficiência dos movimentos do ponto de vista anatômico e as ações das articulações e dos músculos durante movimentos simples e complexos. Assim, o conteúdo do estudo da cinesiologia é utilizado como precursor para a introdução da biomecânica (HAMILL; KNUTZEN, 2012).

Segundo Hall (2009), o termo biomecânica, foi adotado pela comunidade internacional, no início dos anos 1970, para descrever a ciência voltada ao estudo dos sistemas biológicos sob uma perspectiva mecânica⁹. Para a autora a biomecânica é a aplicação dos princípios mecânicos no estudo dos organismos vivos. Foi uma transição natural à apropriação dos instrumentos da mecânica e a sua aplicação em organismos vivos (HAMILL; KNUTZEN, 2012). De acordo com Kapandji (2013, p. 3) “biomecânica trata do funcionamento do sistema musculoesquelético dos seres humanos e de todos os animais que possuem um esqueleto”. Neste sentido, utiliza-se dos princípios da mecânica, para estudar os aspectos anátomo-funcionais dos organismos vivos, ou seja, a biomecânica utiliza a mecânica para a resolução de problemas relacionados a estrutura e a função dos organismos vivos (HALL, 2009).

No que se refere a mecânica, existem duas principais subdivisões: a estática e a dinâmica. A estática é o estudo dos sistemas que não se encontram em movimento, ou que se movem a uma velocidade constante. Assim, considera-se que os sistemas estáticos estão em

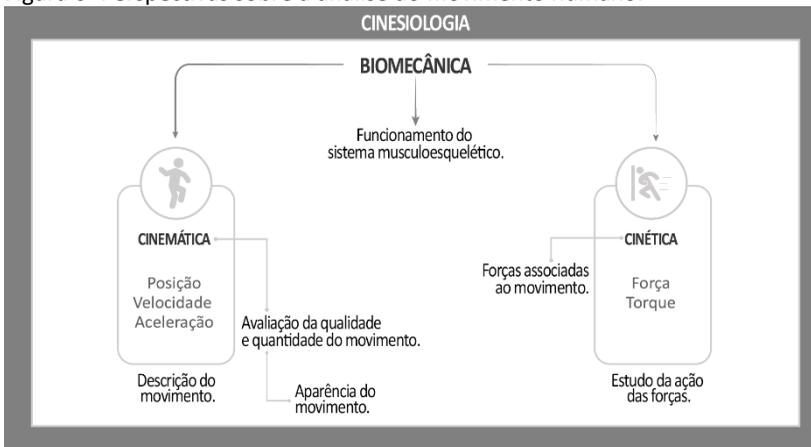
⁹ “Ramo da física que analisa as ações das forças nas partículas e nos sistemas mecânicos” (HALL, 2009, p. 2).

equilíbrios¹⁰. Enquanto a dinâmica é o estudo de sistemas nos quais a aceleração está presente, ou seja, os sistemas estão sendo acelerados (NEUMANN, 2011; HAMILL; KNUTZEN, 2012; HALL, 2009).

A este respeito, uma análise da biomecânica pode ser realizada por meio de duas perspectivas: cinemática e cinética (Figura 6). A cinemática é o ramo da mecânica que descreve os movimentos incluindo o padrão e velocidade das sequências de movimentos executadas pelos segmentos corporais, que, em geral, revelam o grau de coordenação dos indivíduos (HALL, 2009). Ainda, descreve os componentes espaciais e temporais do movimento, envolvendo a posição, a velocidade e a aceleração de um corpo, sem levar em consideração as forças que causam o movimento, pois envolve a descrição do movimento para determinar com que velocidade o objeto está se movendo, qual a altura que atinge ou a que distância se desloca (HAMILL; KNUTZEN, 2012).

No que tange a cinética, área de estudo que examina as forças que atuam em um sistema, ou seja, estudo da ação das forças. Enquanto a cinemática descreve a aparência do movimento, a cinética estuda as forças associadas ao movimento (HAMILL; KNUTZEN, 2012; HALL, 2009).

Figura 6- Perspectivas sobre a análise do movimento humano.

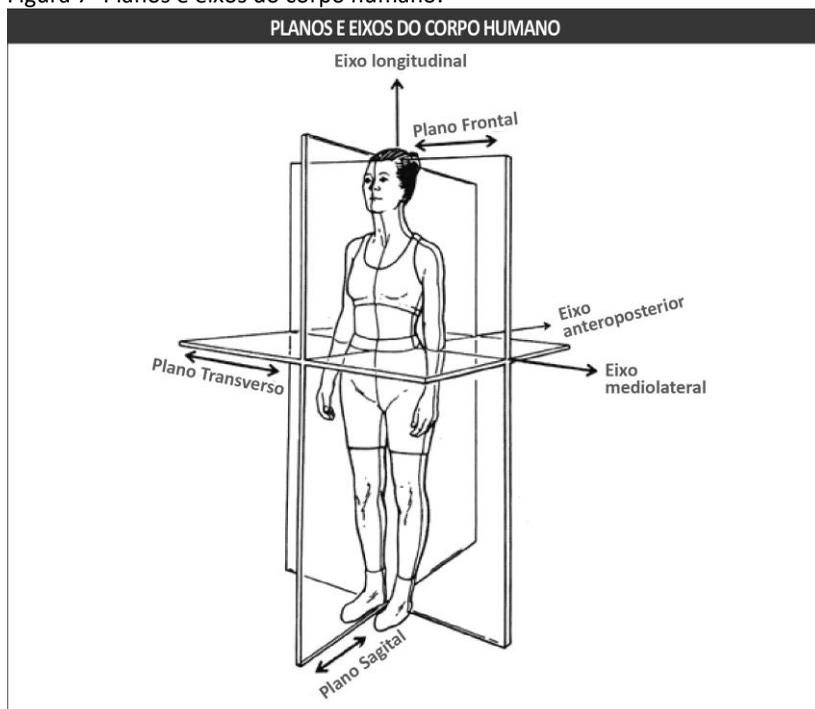


Fonte: Elaborado pelo autor com base em Hamill; Knutzen (2012) e Hall (2009).

¹⁰ “Estado de estabilidade em que não ocorre aceleração, porque as forças que fazem com que uma pessoa ou objeto comece a se movimentar, acelerar ou diminuir a velocidade são neutralizadas pelas forças opostas” (HAMILL; KNUTZEN, 2012, p. 9).

Para descrever os movimentos humanos utiliza-se um método de sistemas de planos e eixos. Um plano é uma superfície bidimensional plana, conceituado como uma superfície plana imaginária (HAMILL; KNUTZEN, 2012). Assim, denomina-se planos cardiais, os três planos de referência perpendiculares e imaginários que se originam no centro de gravidade e que dividem o corpo em duas metades de mesma massa (HALL, 2009), conforme a figura 7.

Figura 7- Planos e eixos do corpo humano.



Fonte: Hamill; knutzen (2012, p. 19).

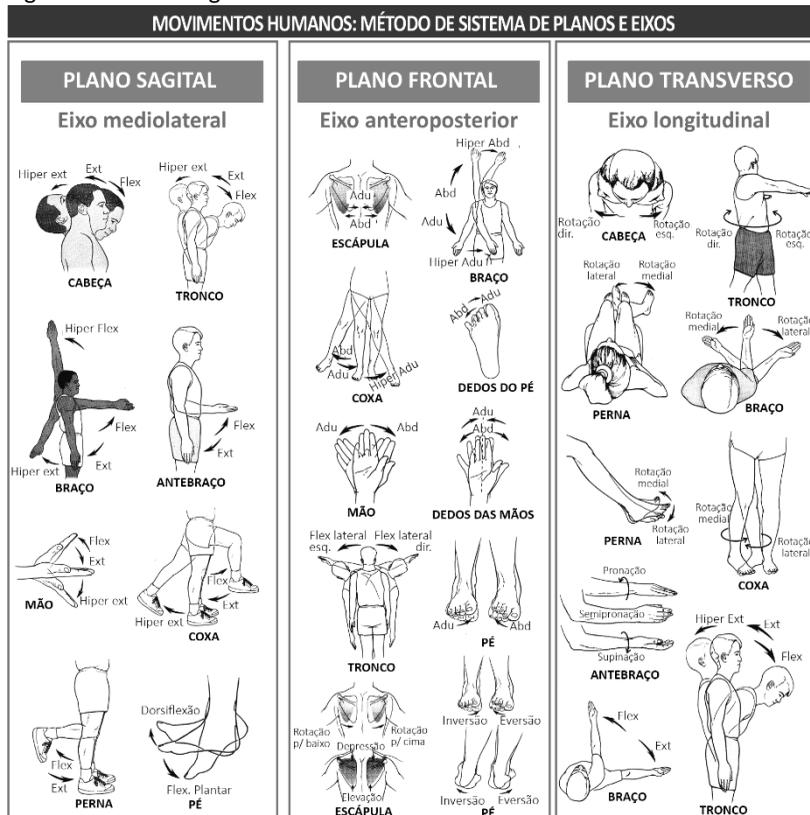
Assim de acordo com Hamill e knutzen (2012), Neumann (2011) e Hall (2009), o plano sagital, divide o corpo em duas partes direita e esquerda; o plano frontal ou coronal, divide o corpo nas partes anterior e posterior; e o plano transverso ou horizontal divide o corpo nas partes superior e inferior. Assim, o movimento ocorre nos planos ou paralelamente a eles, sempre em torno de um eixo, que pode ser:

- **Eixo mediolateral (plano sagital):** avança de um lado para o outro por meio do centro de gravidade. Os movimentos nesse plano incluem a flexão (movimento para frente no plano sagital da cabeça, tronco braço, antebraço, mão e quadril e para trás no plano sagital da perna), extensão (movimento que retorna o segmento corporal para a posição anatômica) e a hiperextensão (posição que vai além da posição anatômica na direção oposta à da flexão), a flexão dorsal (movimento que traz o dorso do pé em direção a perna) e a flexão plantar (posição em que o indivíduo fica na ponta do pé);
- **Eixo anteroposterior (plano frontal):** avança anterior e posterior em relação ao plano. Os movimentos nesse plano incluem a abdução (o segmento corporal se afasta da linha média do corpo), adução (o segmento corporal aproxima-se da linha média do corpo), flexão lateral (inclinações laterais do tronco para a direita ou para a esquerda), elevação e depressão (movimentos do cingulo do membro superior, nas direções superior e inferior respectivamente), inversão (rotação medial da planta do pé) e eversão (rotação lateral da planta do pé);
- **Eixo longitudinal (plano transverso):** os movimentos são basicamente rotações. Assim, incluem-se rotação para a direita e para a esquerda (movimentos da cabeça, pescoço e tronco), rotação medial (face anterior do segmento é voltada em direção a linha média do corpo), rotação lateral (face anterior do segmento é voltada para o plano lateral), supinação e pronação (movimentos rotacionais do antebraço sendo supinação a rotação lateral do antebraço, e pronação a rotação medial do antebraço) adução e abdução horizontal (embora sejam movimentos do plano frontal, quando o braço ou a coxa é flexionado em uma determinada posição a partir da posição anterior até a posição lateral é denominado abdução horizontal ou extensão horizontal; já o movimento partindo de uma posição

lateral até a posição anterior é denominado adução horizontal ou flexão horizontal.

No intuito de facilitar a compreensão das terminologias dos movimentos articulares nos planos sagital, frontal e transverso, elaborou-se a a figura 8, ilustrando essas terminologias.

Figura 8- Terminologia dos movimentos articulares.



Fonte: Adaptado pelo autor, como base em Hamill; knutzen (2012).

De acordo com Neumann (2011) os métodos para medir objetivamente o movimento humano permitem uma análise detalhada do movimento das articulações e do corpo como um todo. Assim, a análise cinemática, pode ser usada para a avaliação da qualidade e quantidade de movimento do corpo e de seus segmentos, e realizada

em uma variedade de ambientes, incluindo o esportivo, o ergonômico e o reabilitacional.

2.2.2.1 Antropometria- Estudos antropométricos

A palavra antropometria deriva da raiz grega *anthropos*- homem associada a *metron* – medida (NEUMANN, 2011). De acordo com Bittencourt (2011) a antropometria é uma área de estudo que aplica os métodos científicos de medidas físicas nos seres humanos, buscando as diferenças entre indivíduos e grupos sociais com o objetivo de se obter informações utilizáveis no desenvolvimento de projetos, buscando adequar os seus produtos a cada usuário.

A antropometria segundo Lida e Guimarães (2016) trata das medidas físicas do corpo humano, apontando que a indústria moderna precisa de medidas antropométricas cada vez mais detalhadas e confiáveis. A finalidade é estabelecer padrões mundiais de medidas antropométricas, possibilitando a produção de produtos universais, adaptáveis aos usuários de diversos países e regiões.

Tilley e Dreyfuss (2007) abordam que a gama da diversidade referente as variações humanas é um problema para os designers. Diante disso, abordam três categorias, a citar:

- **Intra-individuais:** os tamanhos variam durante a vida. Algumas modificações ocorrem pelo envelhecimento e/ou alimentação, outras pelos movimentos e/ou meio ambiente.
- **Interindividuais:** existem muitas diferenças entre o sexo e origem étnica.
- **Variabilidade secular:** mudanças que ocorrem de geração para geração. No entanto como a velocidade dessas modificações é relativamente lenta, têm pouco impacto no trabalho do designer.

Ao considerar essa variabilidade humana, Lida e Guimarães (2016) salientam a importância das adaptações para a aplicação dos dados antropométricos, com o intuito de aumentar a eficiência dos produtos, atendendo as necessidades dos usuários e proporcionando maior conforto e segurança. Para tanto, abordam cinco princípios para esta

aplicação, sendo eles: (I) projetos dimensionados para a média da população, ou seja, projetados para população (50 percentil), os quais geralmente são aplicados para produtos de uso coletivo; (II) projetos dimensionados para um dos extremos da população, atendendo a população superior (95 percentil) ou inferior (5 percentil), dessa forma, utiliza-se para os espaços de circulação o extremo (95 percentil) e para os alcances de movimentos o percentil inferior (5 percentil); (III) projetos que apresentam dimensões reguláveis, ou seja, as dimensões são adaptáveis aos usuários individuais; (IV) projetos dimensionados para faixas da população, no qual realiza-se o projeto em diversos tamanhos de modo que cada um acomode uma parcela da população, por exemplo, P (pequeno), M (médio) G (grande); e por fim (V) projetos adaptados aos indivíduos, onde realiza-se o projeto especificadamente para um indivíduo.

Diante disso, pode-se considerar que as medidas antropométricas representam um conjunto de medidas do corpo humano necessários ao processo projetual, de forma a descrever medições precisas e realistas que considerem as características de um grupo, raça ou mesmo indivíduo. São amplamente utilizadas no desenvolvimento de projetos, particularmente quando a usabilidade e segurança exigem um bom ajuste entre as pessoas e seu ambiente (STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002). Assim, as diferenças antropométricas individuais entre os usuários deve ser um referencial para a elaboração de projetos que atendam às necessidades humanas (BITTENCOURT, 2011). Neumann (2011) corrobora que as informações antropométricas são valiosas para os projetos de desenvolvimento de ambientes de trabalho, mobiliário, ferramentas, equipamentos, entre outros.

De acordo com Lida e Guimarães (2016) existem três tipos de medidas antropométricas, as quais devem ser selecionadas de acordo com o objetivo do projeto, são elas:

- **Antropometria estática:** as medições são realizadas nos segmentos corporais, entre os pontos anatômicos claramente identificados, com o corpo parado. Essas medidas são recomendadas para o dimensionamento de produtos e locais de trabalho que envolvem apenas movimentos leves e/ou pequenos do corpo.
- **Antropometria dinâmica:** mede o alcance dos movimentos corporais para a execução da tarefa. As

medidas são realizadas entre pontos anatômicos, tomados com o sujeito realizando algum movimento. Os movimentos são medidos separadamente, mantendo o restante do corpo estático, ou seja, não é considerado as interações entre os vários movimentos. Essas medidas complementam os dados da antropometria estática, contribuindo para a realização de projetos mais precisos.

- **Antropometria funcional:** é utilizada quando há uma conjugação de diversos movimentos corporais para a execução da tarefa. Dessa forma, esses movimentos interagem entre si, modificando os alcances, em relação aos valores da antropometria dinâmica.

Neste sentido, para a obtenção dos dados da antropometria dinâmica e funcional, são utilizados métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos incluem a acelerometria – para obtenção da velocidade dos movimentos, e a goniometria- para obtenção dos ângulos entre segmentos corporais (IIDA; GUIMARÃES, 2016). Steinfeld, Lenker e Paquet (2002) afirmam que os sistemas de captura de movimentos podem ser utilizados para caracterizar movimentos em tarefas funcionais, postura corporal completa e alterações posturais. Já para os métodos indiretos, usa-se a fotogrametria (IIDA; GUIMARÃES, 2016).

No entanto para a coleta de dados na antropometria estática, utilizam-se antropômetro (equipamento utilizado para medir a altura sentado, a altura do joelho, a distância das nádegas aos joelhos e outros intervalos similares); o compasso com leitura direta (medir largura e profundidade do corpo); escalas (medem altura do tornozelo); caixas especiais (medem os pés); balanças (medem o peso corporal); balanças de força (medem a força); gabaritos (medem diâmetros de dedos) e protractores (medem os ângulos) (TILLEY; DREYFUSS, 2007).

Cabe ressaltar que um dos problemas mais difíceis enfrentados no levantamento antropométrico é a identificação de onde fazer as medições das partes do corpo (STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002). Os autores, salientam que neste processo deve ser definido e identificado com precisão os pontos de referência no corpo humano pelo pesquisador, afinal variações na seleção destes marcos anatômicos podem fazer diferença significativa nos resultados das pesquisas. Por esse motivo os autores justificam a necessidade de uma padronização

nas abordagens de medição acarretando em benefícios, a saber, confiabilidade dos dados e replicabilidade de pesquisas científicas.

No contexto da análise do movimento a antropometria pode ser definida como a medida de características físicas do modelo do corpo humano, como altura, massa, peso, volume, densidade e centro de gravidade. Assim, o autor justifica que os conhecimentos desses parâmetros são fundamentais para conduzir uma análise cinemática e cinética, tanto para um movimento normal quanto do patológico (NEUMANN, 2011). De acordo com Steinfeld, Lenker e Paquet (2002) os designers, pesquisadores e profissionais ligados aos Fatores Humanos estão buscando dados mais confiáveis sobre antropometria de modo que eles possam utilizá-los de forma eficaz em seus projetos.

Mediante o exposto, percebe-se a relevância de compreender por meio de processos eficazes, informações que orientem o levantamento objetivo dos movimentos humanos, no que tange as capacidades e limitações dos usuários, identificando suas reais necessidades com precisão e confiabilidade. A seguir, serão tratados aspectos com relação ao suporte tecnológico para a obtenção de dados objetivos referente a biomecânica e cinemática dos usuários.

2.3 INSTRUMENTAÇÃO TECNOLÓGICA COMO FONTE DE DADOS OBJETIVOS

De acordo com Morris (2010) e Best (2012) a tecnologia remete ao conhecimento e a aplicação de ferramentas, técnicas e ciências, utilizada para dar forma ao mundo. Cipiniuk e Portinari (2011) corroboram que o conceito de tecnologia é compreendido como estudo, conhecimento e domínio sobre um determinado modo específico de operar ou fazer algo. Assim, o uso de tecnologias propicia soluções para o desenvolvimento de projetos, por meio da instrumentação tecnológica, como aporte ao levantamento de dados do usuário o que permite a inovação nos métodos de observações, e favorece positivamente os estudos de biomecânica (MÜNDERMANN; CORAZZA; ANDRIACCHI, 2006; ANDRIACCHI; ALEXANDER, 2000; HARRIS; SMITH, 1996). Marras et al. (2010) destacam a capacidade da instrumentação em rastrear dados continuamente sem interferir com a rotina de um trabalhador, possibilitando a obtenção de dados confiáveis que descrevem as exposições e os ciclos das operações.

Nesse sentido, Speck et al. (2016), Merino et al. (2016 a, c), abordam que o uso da instrumentação tecnológica, pode auxiliar em diferentes etapas do projeto, pois amplia a visibilidade dos fenômenos, o que permite uma exploração aprofundada dos sujeitos e objetos de estudo (FORCELINI; VARNIER; MERINO, 2018). Ainda, podem contribuir para o processo de desenvolvimento de projetos, auxiliando na obtenção de medições objetivas (quantificáveis), gerando informações e definições precisas (VARNIER; MERINO, 2018). Além disso, a instrumentação tecnológica vem sendo utilizada no levantamento de dados para o desenvolvimento de projetos gerando dados sobre os problemas relacionados ao conforto, segurança e usabilidade dos produtos (MERINO et al., 2018). Steinfeld, Lenker e Paquet (2002) apontam que a instrumentação tecnológica é necessária para a coleta de dados pois visa melhorar a eficácia da investigação. Dessa forma, fornece novas oportunidades para o avanço do estudo da locomoção (MÜNDERMANN; CORAZZA; ANDRIACCHI, 2006).

Em relação aos estudos de locomoção, Latonda et al. (1997) abordam a necessidade de analisar as seguintes demandas físicas: posturas e movimentos para realizar as tarefas; amplitudes que o usuário pode alcançar e a força que necessita fazer para realizar uma determinada ação. Assim, os autores ressaltam que levantar os dados referentes as capacidades humanas dos usuários, são requisitos importantes para a obtenção de informações relevantes, as quais devem ser consideradas no desenvolvimento de projetos, permitindo uma interação mecânica entre o usuário e o produto. Ainda, estas avaliações objetivas dos usuários permitem dados confiáveis, eficazes e precisos das capacidades humanas (JOHNSON; CLARKSON; HUPPERT, 2010).

Dessa forma, a instrumentação tecnológica permite uma aproximação da equipe de projeto às necessidades reais do usuário, adequando a demanda da equipe, às condições do usuário (capacidades e limitações), objetivando às informações para o desenvolvimento de projetos, permitindo gerar soluções diferenciadas (VARNIER; MERINO, 2018). Ainda, é valido ressaltar sua utilização para identificar as sobrecargas biomecânicas, como também em projetos de TA, visto que a falta de comunicação muitas vezes impede o acesso às informações (MERINO et al.,2017). No entanto, no processo de desenvolvimento de projetos em design estes recursos ainda parecem ser pouco explorados

podendo ser explicado por aspectos como custos e disponibilidade dos equipamentos (VARNIER; MERINO, 2018).

Para Forcelini, Varnier e Merino (2018) os instrumentos tecnológicos permitem a aferição de dados que podem ser analisados em tempo real ou após a captura, além de possibilitar rapidez e reprodutibilidade nas coletas, podendo ser usados na detecção de problemas, análises ergonômicas, bem como no desenvolvimento de novos projetos ou adaptações de produtos existentes. Ainda, segundo os autores, os instrumentos tecnológicos (captura de movimentos por sensores inerciais *MVN Link Biomech* da *Xsens* e termografia infravermelha), se destacam pela sua portabilidade, o que permite flexibilidade nas aferições de dados e facilita o processo de projeto.

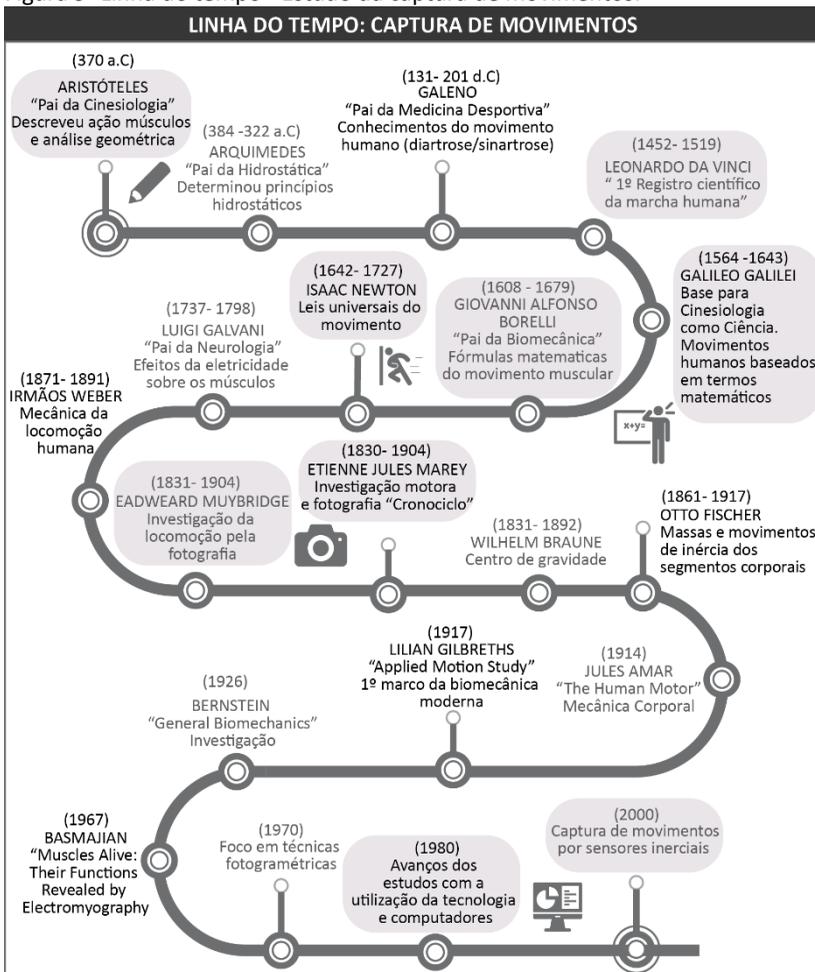
Assim, ressaltando a importância da instrumentação tecnológica para as sobrecargas biomecânicas, Salvalaio (2012) aponta que o avanço tecnológico tem permitido a rápida evolução dos métodos e sistemas de captura de movimentos. Desta forma, os sistemas atuais de captura de movimento estão mais flexíveis quanto à captura dos dados permitindo a interação em tempo real, facilidade de uso, bem como o tratamento dos dados capturados, favorecendo a obtenção de dados (SANTOS, 2014). Para Varnier e Merino (2018) a utilização da captura de movimentos permite o desenvolvimento de novos produtos, guia as etapas do processo e auxilia na identificação dos requisitos de projetos. Ainda, para os autores, esta tecnologia pode contribuir na verificação e comparação do produto, possibilitando maior viabilização do projeto. A seguir será abordado sobre a conceituação da captura de movimentos.

2.3.1 Captura de Movimentos

O sistema de Captura de Movimentos, também conhecido como *Motion Tracking* ou pela abreviação MoCap trata-se de uma técnica utilizada para mapear os movimentos realizados por um objeto e reproduzi-los em ambiente digital (ABREU, 2014; GOMIDE et al., 2009). Entende-se como um conceito utilizado em biomecânica com a finalidade de coletar dados de um corpo por meio de algum dispositivo e a partir destes dados registrados, calcular as variáveis cinemáticas do movimento (STREIT, 2013). Neste sentido Mulder e Geurts (1991) abordam que os movimentos são vistos como o resultado final de uma interação complexa entre processos perceptivos, cognitivos e motores.

De acordo com Streit (2013) diversas áreas do conhecimento contribuíram no desenvolvimento dos primeiros métodos e técnicas de descrição e análise do movimento humano. Assim, para levantar o histórico a respeito do desenvolvimento tecnológico dos sistemas de captura de movimentos durante as últimas décadas, é necessário entender sua procedência, bem como considerar a evolução da cinesiologia (Figura 9), também designada como análise do movimento.

Figura 9- Linha do tempo - Estudo da captura de movimentos.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Rasch (1991) e Settineri; Rodrigues (1976).

Diante do enquadramento histórico, apresentado na figura 9, referente a análise biomecânica do movimento humano, se percebe que este assunto era discutido mesmo antes de Cristo por filósofos como Aristóteles (370 a.C) e Arquimedes (384- 322 a.C). Posteriormente, Galeno (131- 201 d.C), Da Vinci (1452- 1519), Galileo Galilei (1564- 1643), Giovanni Borelli (1608- 1679) Newton (1642- 1727), Galvani (1737- 1798), Irmãos Weber (1871- 1891), Muybridge (1831- 1904), Marey (1830- 1904), Braune (1831- 1892) e Fischer (1861- 1917). A este respeito, Rey (2003) aborda que foi Aristóteles o precursor de estudos dos movimentos humano. Seus trabalhos aludem esquematicamente o movimento, humano e dos animais, considerando seus corpos como sistemas mecânicos. Segundo Rasch (1991) Aristóteles é considerado o Pai da Cinesiologia e foi o primeiro a descrever o complexo processo da deambulação, na qual o movimento de rotação se transforma em movimento de translação.

De acordo com Pinheiro (2008) Leonardo da Vinci (1452- 1519), realizou o primeiro estudo sobre anatomia humana contemplando o registro científico da marcha humana no contexto mecânico. Segundo Settineri, Rodrigues (1976) da Vinci construiu um dispositivo por meio de fios de cobre ligados a um esqueleto articulado unindo os pontos de origem e inserção dos músculos permitindo assim estudar suas ações. Por meio desses experimentos, estudou as funções das articulações e analisou as forças musculares. Logo, foi possível descrever as atividades de caminhar, saltar e ficar em pé a partir da posição sentada (PINHEIRO, 2008).

Mais tarde, Galileo Galilei (1564- 1643) voltou-se seus estudos aos termos da matemática, em busca das leis que reagem aos fenômenos físicos, realizando estudos sobre o equilíbrio e movimento do corpo (RASCH, 1991; SETTINERI; RODRIGUES,1976). Outra referência importante foi Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679) que, ao seguir os passos de Galileo Galilei, analisou a ação muscular e os movimentos segmentares de homens e animais (SCHEPERS, 2009; MEDVED, 2001; ROETENBERG, 2006). Consoante a isso, determinou o centro de gravidade do corpo humano e demonstrou que a respiração dependia da ação muscular e da elasticidade dos tecidos. Borelli é considerado o Pai da Biomecânica, e tornou-se o primeiro cientista a aplicar os

princípios da Física nos estudos dos movimentos de deslocação dos animais (MAGARREIRO, 2015).

Posteriormente, Isaac Newton, primeiro cientista inglês que fez contribuições para o estudo da cinesiologia, lançou o livro Fundamentos da Dinâmica Moderna, estabelecendo as três leis: da inércia, de repouso, e de movimento. As leis descrevem a relação entre as forças que atuam sobre um corpo e o seu movimento (RASCH, 1991; SETTINERI; RODRIGUES,1976).

Eadweard Muybridge foi o inventor do *zoopraxiscópio* (dispositivo capaz de reproduzir imagens em movimento) (Figura 10), que permitia estudos fotográficos descritivos sobre padrões de movimento (humano e animal) por meio de uma rede linear de câmeras sequenciais, considerado um grande marco para história dos sistemas de captura de movimentos (KITAGAWA; WINDSOR, 2008). Medved (2001) também salienta que o trabalho de Muybridge contribuiu para uma nova linguagem científica no campo da cinematática.

Mais tarde Étienne-Jules Marey (1830- 1904), inspirado pelo trabalho de Muybridge, inventou o fuzil cronográfico (Figura 10), construído em 1882, utilizando métodos gráficos e fotográficos, capazes de capturar 12 *frames* por segundo e ficarem gravados na mesma imagem, o que possibilitou a captura de imagens precisas e objetivas, passíveis de observação e mensuração (KITAGAWA; WINDSOR, 2008).

Segundo Schepers (2009) foram os alemães, Wilhelm Braune (1831- 1892) e Otto Fischer (1861- 1917), os responsáveis pelo primeiro estudo que retratou a análise matemática da marcha humana em três dimensões (3D), o que definiu em bidimensionais e de natureza qualitativa os estudos do movimento até então apresentados. Ainda determinaram o centro de gravidade, relacionando-o aos três planos que cortam o homem: plano sagital, plano transversal e plano frontal, desmembrando o corpo de cadáveres que lhes foram dados para fins de estudos (SETTINERI; RODRIGUES,1976). Para tanto, desenvolveram experimentos quantitativos e tridimensionais, onde o indivíduo analisado era totalmente equipado, fotografado e cinematografado identificando o centro de gravidade e centro das articulações (SCHEPERS, 2009). Assim a figura 10, apresenta esta evolução dos sistemas de captura de movimentos que foram sendo construídos ao longo da história, conforme destacado.

Figura 10- Evolução dos sistemas de captura de movimentos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os estudos sobre o movimento humano considerando os Fatores Humanos, encontram-se relacionados ao casal Gilberts (1917), que se dedicou ao estudo de movimentos e fadiga relacionados ao trabalho (MEDVED, 2001). A partir destes estudos, desenvolveram técnicas que visavam a melhoria do trabalho, tanto no sentido de produtividade, quanto na qualidade de vida dos trabalhadores (SILVA; PASCHOARELLI, 2010).

Posteriormente, na década de 1920, outros cientistas dedicaram-se às pesquisas da biomecânica e de seus diversos ramos (biomecânica pura, do esporte, reabilitação, eletromiografia, fatores humanos) as quais foram produzidas em diferentes laboratórios e publicados nos congressos da área (SETTINERI; RODRIGUES, 1976). Neste sentido, Mündermann, Corazza e Andriacchi (2006) abordam que na década de 1950, havia a necessidade de melhorar a compreensão da locomoção para o tratamento dos mutilados da Segunda Guerra Mundial. Assim iniciaram-se estudos na Universidade da Califórnia relacionado a mecânica do movimento, o que permitiu a consistência de muitas técnicas utilizadas até hoje para a locomoção humana, a citar a eletromiografia, e as técnicas de fotogrametria.

De acordo com Streit (2013), no período de 1980 a 2000, os estudos avançaram com a utilização da tecnologia e dos computadores,

onde foi possível encontrar sistemas integrados que permitem capturar o movimento humano por meio de dispositivos que registram dados em três dimensões por meio de métodos descritivos, equipamentos mecânicos, eletrônicos, imagens ou dados coletados a partir de sensores inerciais. Segundo a autora, estes sistemas possibilitam mensurar as variáveis cinemáticas do movimento, com uma redução no tempo de processamento, armazenamento e representação da informação, permitindo maior qualidade dos movimentos capturados.

Santos (2014) aborda que os sistemas de MoCap são constituídos de um conjunto de sensores ou marcadores posicionados no objeto a ser capturado, podendo ser uma peça ou produto ou seres vivos (humanos e animais), com a finalidade de capturar seu posicionamento, relativo ou global. A partir desses sensores são rastreados os dados de seu posicionamento e simultaneamente são enviados para uma central de processamento o que permite a reprodução da posição de movimentos do corpo de captura em um *software* próprio do equipamento. Assim, os MoCap, permitem uma interpretação visual do comportamento humano, a partir de sequência de imagens que fornecem os dados biomecânicos (ABREU, 2014). Ainda para o autor, os métodos baseados em realidade virtual, especialmente os sistemas inerciais, estão sendo utilizados em vários campos de estudo, como na Engenharia, Design, Medicina, Esporte e Jogos, os quais possibilitam melhorar o sistema de produção e as análises ergonômicas, identificando posturas e cargas biomecânicas.

Não obstante, com a finalidade de identificar as tecnologias utilizadas para a captura de movimentos e suas aplicações no desenvolvimento de projetos (produto/serviço), foi realizada uma revisão sistemática da literatura, a qual está detalhada no Apêndice B. Dessa forma, com a revisão foi possível confirmar a utilização dos sistemas de captura de movimentos para o desenvolvimento de projetos de design. Os estudos encontrados na revisão sistemática concentram-se em análises ergonômicas para o desenvolvimento de produtos/sistemas/ serviços (DEMIREL; DUFFY, 2017; LEE et al. 2017; JOUNG; LI; NOH, 2016; ESPITIA-CONTRERAS; SANCHEZ-CAIMAN; URIBE-QUEVEDO, 2014; JI; JUN, 2014; SALVALAIO, 2012), processo de concepção de novos produtos (JUN, 2015; SOLOMON, 2015; FERNANDES, 2014; MA et al. 2013; HARIH; ČRETNIK, 2013), bem como análise e avaliação de projetos (OYEKAN et al. 2017; CHOI; LEE, 2015; VELAZ et al. 2014; JOUNG; NOH,

2014; QING et al. 2013; OSTERLUND; LAWRENCE, 2012). Conforme observado nos estudos levantados, há uma preocupação com o usuário final (consumidor) bem como para o usuário indireto, ou seja, aquele que desenvolve o produto (mão de obra).

Com relação aos sistemas de captura de movimentos utilizados nas pesquisas, destacam-se: o sistema Óptico presente em 6 estudos (DEMIREL; DUFFY, 2017; LEE et al. 2017; CHOI; LEE, 2015; QING et al. 2013; MA et al. 2013; OSTERLUND; LAWRENCE, 2012), o sistema *Kinect*, em 5 estudos (OYEKAN et al. 2017; JOUNG; LI; NOH, 2016; ESPITIA-CONTRERAS; SANCHEZ-CAIMAN; URIBE-QUEVEDO, 2014; JOUNG; NOH, 2014; JI; JUN, 2014), e o sistema inercial MVN *Link*, em 2 estudos (SALVALAIO, 2012; FERNANDES, 2014). O estudo de (JUN, 2015), apresentou a utilização de dois sistemas de captura de movimento (o sistema *Kinect*, e o sistema Óptico). Ainda, foram encontrados sensores eletromagnéticos no estudo de (SOLOMON, 2015), o sistema *Markerless* (VELAZ et al. 2014), o *Flock of Birds* e a Luva 5DT (SALVALAIO, 2012), como também a utilização da imaginologia por ressonância magnética associada a tomografia computadorizada (HARIH; CRETNIK, 2013).

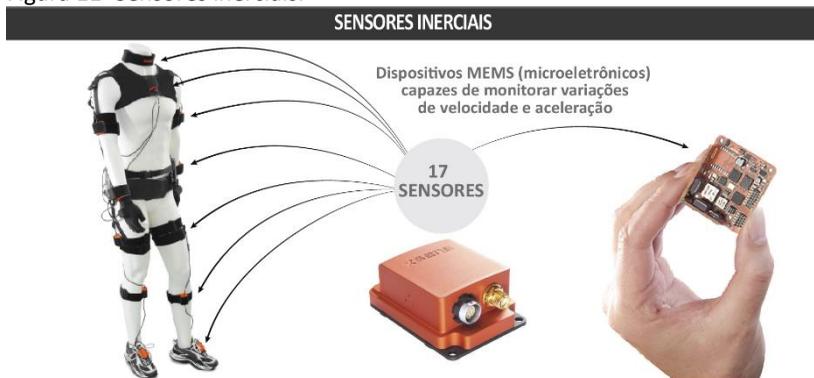
Mediante a revisão, pode-se perceber que a captura de movimentos vem sendo utilizada, ainda que em pequena escala, no desenvolvimento de projetos de Design. Cabe ressaltar que nessa revisão foram encontrados apenas dois estudos referente ao uso do equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*, os quais, já haviam sido selecionados na revisão sistemática da literatura, realizada com o propósito de obter o panorama geral da expressão de busca “*Xsens*”, apresentada na justificativa dessa pesquisa. A próxima seção aborda sobre o sistema de captura de movimento por sensores inerciais, especificadamente o equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*.

2.3.1.1 Sistema de captura de movimentos por sensores inerciais- Equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*

O sistema de captura de movimentos inercial MVN *Link Biomech* da *Xsens*, é um sistema baseado em unidades de medida inercial/IMU’s, ou seja, modelos biomecânicos e algoritmos de fusão de sensores (ROETENBERG; LUJINGE; SLYCKE, 2013). Este sistema permite visualizar e registrar, o movimento em 3D do objeto capturado, além de reproduzir os dados cinemáticos gravados do modelo biomecânico com 23

segmentos corporais e 22 articulações, incluindo o centro de massa (LONGUI, 2014; XSENS, 2012). Possui uma abordagem única, tem facilidade de uso e permite capturar qualquer movimento do corpo humano (andar, correr, saltar, rastejar ou fazer reviravoltas) de forma eficaz e em tempo real (ROETENBERG; LUINGE; SLYCKE, 2013). Ainda o equipamento MVN *Link*, utiliza 17 sensores inerciais¹¹ para rastrear o posicionamento do objeto capturado (Figura 11).

Figura 11- Sensores inerciais.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Xsens (2012).

Os rastreadores de movimento chamados de (*Motion Tracker*) MTx e MTx-L (Figura 12), são unidades de medição inercial em miniatura que contém acelerômetros, giroscópios e magnetômetros 3D, colocados em locais específicos do corpo por faixas (*straps*) ou inseridos dentro da roupa de lycra específica (*MVN Lycra Suit*) (XSENS, 2012). Na montagem do MVN *Link*, é importante fixar os sensores no corpo do usuário firmemente evitando sua movimentação (DAMGRAVE; LUTTERS, 2014; XSENS, 2012; SLOT, 2010) com atenção ao alinhamento e simetria, pois

¹¹ Os sensores inerciais são dispositivos *MEMS* capazes de monitorar variações de velocidade e aceleração, linear ou angular, direta ou indiretamente, através da conversão de forças inerciais em alguma mudança física que possa ser capturada por um transdutor correspondente e convertida em um sinal elétrico. Este sinal elétrico é submetido a processos de filtragem linear e não-linear a fim de se criar uma estimativa do sinal de entrada. A saída final representará um valor calibrado da aceleração ou velocidade medida (TORRES, 2014).

a precisão da captura depende do seu exato posicionamento (EX-LUBESKIE, 2013; SALVALAIO, 2012).

Para Carvalho (2011) os giroscópios são utilizados para medir a orientação dos segmentos corporais no espaço 3D e efetuar medições de velocidade de um objeto em torno de um centro de rotação, ou seja, consegue mensurar a velocidade angular servindo como referência de direção. Permite então, definir o ângulo e orientação dos objetos. No que tange o entendimento dos acelerômetros, Yang e Hsu (2010) afirmam que são dispositivos eletromecânicos capazes de medir a aceleração e a velocidade própria do objeto, calculando assim as forças exercidas sobre ele. Para Carvalho (2011) os acelerômetros são empregados para determinar a velocidade e a posição do objeto capturado em relação a um determinado ponto referencial relativo, sendo comum a utilização da Terra como referência. Lin (2013), complementa que os sistemas baseados em acelerômetros são capazes de adquirir e estimar vários valores cinemáticos como a velocidade e o deslocamento, quando ligados a vários segmentos do corpo do sujeito. Desta forma, os sensores determinam velocidade, aceleração e posição, ou seja, realizam a captura da cinemática dos usuários.

Figura 12- Localização dos MTx e MTx-L.



Fonte: Adaptado pelo autor, como base em Xsens (2012).

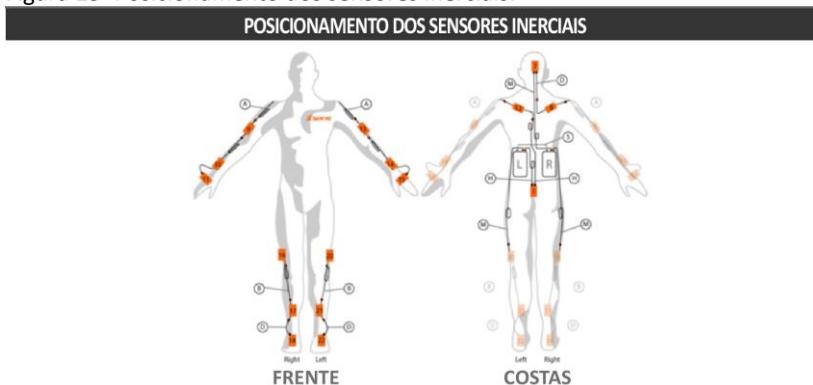
Os MTx são usados na pelve, esterno (peito) e extremidades: mãos, pés e cabeça; os MTx-L são usados nos membros superiores e

inferiores – braços, pernas e ombros, conforme pôde ser visualizado na figura 12, de modo que possam registrar os movimentos de cada segmento corporal nas coordenadas X (antero-posterior), Y (vertical) e Z (latero-lateral). O sistema de comunicação entre as centrais inerciais e o computador são transmitidos instantaneamente dos *Xbus Masters* (Baterias), por meio de antenas *wireless* (*Wireless Receiver- WR-A*) com alcance em locais abertos de até 150 metros, e em locais fechados de 50 metros (XSENS, 2012). Neste sentido, Gandy et al. (2014) salientam que o computador deve ser posicionado adjacente ao local da coleta para assegurar uma melhor gama da captura dos dados.

Este equipamento não requer um sistema de câmeras externas, emissores ou marcadores externos. Desta forma, o sistema permite o estudo do movimento humano fora do contexto laboratorial, permitindo que os movimentos possam ser capturados num contexto real dos sujeitos e/ou mesmo na execução de suas atividades da vida diária (AVD's) (SPECK et al., 2016). Assim, o sistema pode ser utilizado ao ar livre e/ou em interiores (habitação, laboratórios), uma vez que não apresenta restrições de iluminação nem constrangimentos associados às oclusões ou falta de marcadores (ROETENBERG; LUINGE; SLYCKE, 2013).

O MVN *Link* possui procedimentos de configuração, que precisam ser realizados para iniciar o processo de gravação. O primeiro se refere à fixação dos sensores inerciais ao corpo, bem como a ligação dos cabos de captura (Figura 13). Para Weenk et al. (2013), demandam atenção e cuidados pois são fundamentais para a captura precisa.

Figura 13- Posicionamento dos sensores inerciais.



Fonte: Xsens (2012, tradução nossa).

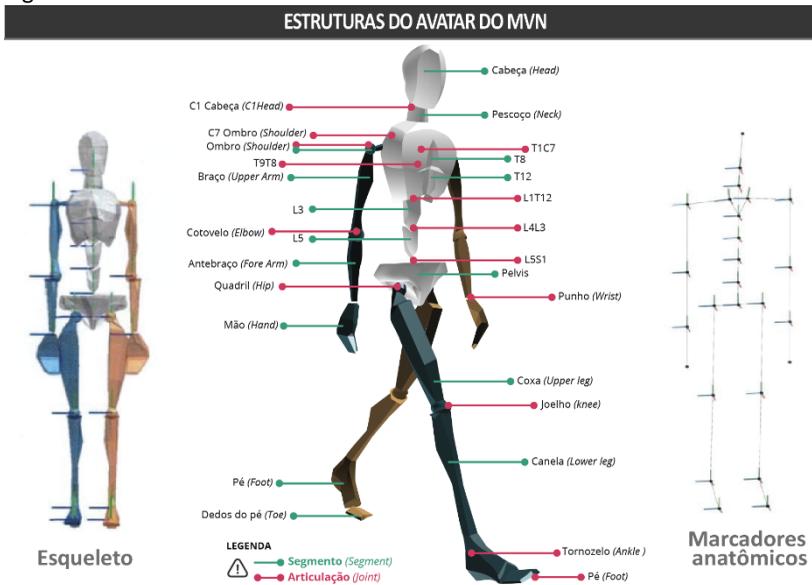
Posteriormente é realizado a definição das configurações do usuário (*suit*) no *software* para iniciar o processo de captura, onde são definidos: (1) **Quantidade de *suits***: cada *suit* é composto de 17 marcadores bem como representa a quantidade de usuários a serem capturados os movimentos; (2) **Taxa de amostragem**: taxa na qual é realizada a transmissão do posicionamento dos sensores para a captação no computador com *software*; (3) **Configuração do *suit***: escolha da estrutura e composição do *avatar* que reproduz os movimentos capturados; (4) **Cenário**: representa a configuração da cinemática desenvolvida pelo *avatar*, sendo disponíveis: padrão, com a pélvis fixa e de piso flexível; (5) **Modo de utilização dos magnetômetros**: define a forma como os magnetômetros serão utilizados durante a captura para diminuir os efeitos do *drift* (desvios), podendo ser: *Kinematic Coupling Algorithm* (KiC), que ignora os dados dos magnetômetros dos marcadores localizados nos membros inferiores (coxas, pernas e pés), durante a movimentação do corpo de captura, são utilizados em períodos onde não ocorrem movimentos; KiC sem os magnetômetros, que desativa o uso deste durante todo o período de captura e o XKF-3 que utiliza os magnetômetros e o filtro de *Kalman* para estimar a orientação dos membros inferiores (XSENS, 2012).

O próximo passo consiste no *setup* do *suit* (configuração do usuário), onde são realizados os procedimentos para compatibilizar o corpo de captura com o *avatar* do MVN *Link*. Neste passo são definidas as medidas antropométricas do corpo de captura (altura, comprimento do pé, envergadura, altura do tornozelo até o chão, altura do quadril até o chão, largura do quadril, altura do joelho até o chão, largura do corpo na altura dos ombros e altura da sola do calçado) para a calibração e, também realiza-se a configuração das distâncias dos sensores até os pontos anatômicos (*Upper leg* MTx to GT- medida do sensor da coxa até o quadril; *Lower Leg* MTx to FEM- medida do sensor da canela até o joelho; *Foot* MTx to MM- medida do tornozelo até o sensor do pé), que servem como parâmetro para utilização dos magnetômetros.

De acordo com Xsens (2012) o *avatar* possui duas estruturas, sendo o esqueleto e os marcadores anatômicos. O esqueleto possui uma representação abstrata, em comparação com o corpo humano e representa os segmentos (considerados como corpos rígidos, com suas extremidades articuladas pelos marcadores anatômicos), os quais possibilitam a rotação do corpo nos três eixos (sagital, coronal,

transversal). Todavia os marcadores anatômicos estão posicionados nas extremidades dos segmentos. Estes marcadores são virtuais derivados dos marcadores inerciais que são acoplados no corpo de captura conforme observa-se na figura 14. Ainda Xsens (2012) salienta que a malha do avatar é uma representação abstrata do esqueleto humano, portanto nem todos os marcos anatômicos estão exatamente na malha.

Figura 14- Estruturas do *avatar* do MVN.



Fonte: Elaborado pelo autor, como base em Xsens (2012).

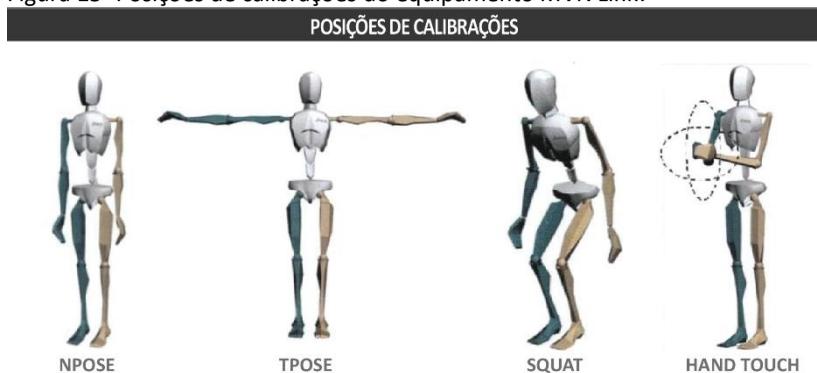
O último passo é a calibração, que segundo Rotenberg, Luinge e Slycke (2013) tem por objetivo alinhar o sistema de coordenadas dos sensores inerciais com os segmentos no sistema de referência relativo para realização dos movimentos a fim de determinar a distância relativa entre as articulações. De acordo com Xsens (2012) a calibração é um dos aspectos mais importantes para garantir dados precisos da captura. Loose e Orłowski (2015) corroboram a importância desse passo e salientam que a calibração deve ser realizada lentamente, em um ambiente magneticamente neutro, ou seja, sem interferências eletromagnéticas (FABER et al., 2016; FRICK, 2015; DAMGRAVE; LUTTERS, 2014; STREIT, 2013; XSENS, 2012; CUTTI et al., 2006).

Neste sentido, é importante destacar que é comum na detecção inercial e magnética, que as presenças de objetos ferromagnéticos podem distorcer o campo magnético e alterar o norte global percebido (XSENS, 2012). Essas interferências magnéticas ocorrem com outros aparelhos, a citar: ímãs, alto falantes, motores elétricos, celulares, estrutura de metal, carros, entre outros. Dessa maneira, o MVN *Link* possui algumas funcionalidades incorporadas que podem ser utilizadas para evitar que distúrbios magnéticos perturbem as medições.

Dentre esses recursos, incluem a capacidade de visualizar a distorção do campo magnético no avatar 3D, clicando no menu superior esquerdo do *software* MVN *Studio Pro*, no ícone ferradura, correspondente a opção 'visualizar as interferências'. Essas interferências são representadas por arcos ao redor das mãos, pélvis e pés do avatar nas cores verde (sem interferência), amarelo (pouca interferência) e vermelho (muita interferência). Além disso, podem ser utilizados os núcleos de ferrite (colocados ao redor dos cabos das baterias contra interferências eletromagnéticas) bem como, a utilização do modo de fusão de sensores o KiC- *Kinematic Coupling Algorithm* (XSENS, 2012).

Assim, após determinar o local apropriado (sem interferência eletromagnética) pode ser realizado o passo da calibração, o qual aborda quatro diferentes posições: calibrações estáticas - *Npose* ou *Tpose* e, calibrações dinâmicas - *Squat* e *Hand Touch*, conforme apresenta a figura 15.

Figura 15- Posições de calibrações do equipamento MVN *Link*.



Fonte: Adaptado pelo autor, como base em Xsens (2012).

A primeira posição é a **Npose** que corresponde a posição neutra; a segunda é a **Tpose** - posição com braços esticados na horizontal; a terceira é o **Squat** -posição de agachar, cuja finalidade é corrigir a possível orientação incorreta dos joelhos, nas duas primeiras posições de calibração; por fim a quarta posição é a **Hand Touch**- movimentação das mãos conforme orientação do *avatar* do *software* para melhorar a calibração dos membros superiores (XSENS, 2012). O processo de calibração precisa ser repetido até a indicação boa (*good*) ser alcançada (KARATSIDIS et al., 2016). Após estes procedimentos pode-se começar a movimentação do corpo de captura e a gravação dos movimentos.

Cabe ressaltar que segundo (JURKOJC; MICHNIK; CZAPLA, 2017; KARATSIDIS et al., 2016; GANDY et al., 2014; LONGHI, 2014; ECKARDT; MUNZ; WITTE, 2014; SABER-SHEIKH et al., 2010) recomendam um tempo aproximado de 10 minutos de familiarização do usuário com o equipamento MVN *Link* antes das gravações, o que permite verificar se todos os sensores estão firmes e se o usuário está confortável com o equipamento. Ainda, este procedimento permite ao usuário realizar as atividades posteriormente com mais tranquilidade sem estranhar ou ter algum constrangimento com o equipamento.

Acrescenta-se ainda, que utilizar uma câmera de vídeo simultaneamente a captura dos movimentos, posicionada perpendicular ao plano do movimento (LONGUI, 2014) para registrar as atividades que serão capturadas pelo MVN *Link*, possibilita comparar as gravações do avatar e facilitar a compreensão dos movimentos realizados por meio de verificações visuais e documentação das atividades realizadas pelos usuários. Este procedimento é recomendado nos estudos de Podmenik et al. (2017); Karatsidis et al. (2016), Damgrave e Lutters (2014), Longui (2014) e Guo et al. (2013). Ainda, Podmenik et al. (2017) sugerem que para sincronizar os dois sistemas (captura de movimentos com MVN *Link* e a câmera de vídeos) o usuário pode combinar um código com a equipe de projeto sinalizando o início da execução da atividade/tarefa.

O equipamento MVN *Link* capta movimentos por meio de 17 módulos de sensores inerciais com frequência de 120 Hz, ou seja, gera 120 *frames* por segundo, o que possibilita uma avaliação contínua do movimento dinâmico (Figura 16). Os sensores e cabos são leves e não há necessidade de instalar qualquer infraestrutura fixa. Os dados são transmitidos por uma conexão *wireless* para um computador com *software MVN Pro*, que permite a observação, gravação e análise dos

movimentos, a partir de gráficos dos ângulos das articulações, da velocidade e duração dos movimentos (SPECK et al., 2016; ROETENBERG; LUINGE; SLYCKE, 2013).

Figura 16- Processo de captura e interface do *Software MVN Pro*.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Xsens (2012).

Não obstante, Forcelini, Varnier e Merino (2018) destacam que o equipamento *MVN Link* permite coletas não invasivas de maneira rápida e confiável em contextos reais, gerando múltiplos dados (objetivos) e possibilidades de análises imediatas, que podem subsidiar as diferentes etapas de projetos. Ainda, segundo os autores, a captura de movimentos pode auxiliar na detecção de problemas, identificação de fatores de risco, bem como de defeitos e falhas de projetos. Assim, esta tecnologia auxilia no redesign de produtos, sistemas e serviços e na avaliação de alternativas de projetos, contribuindo para o desenvolvimento de soluções mais seguras, confortáveis e eficientes. No que tange as desvantagens do equipamento, ressalta-se a quantidade de cabos presos aos sensores, dificuldade de ajustes dos sensores ao corpo do usuário, possibilidade de desvios (*drifts*) dos sensores, o que pode ocasionar imprecisões nos dados coletados, limitações referentes aos planos coronal e transversal, e dispendioso em relação ao custo (FORCELINI; VARNIER; MERINO, 2018). Por isso, ressalta-se a importância e necessidade de uma rigorosa sistematização de diretrizes e orientações (Protocolo) para a coleta de dados com a captura de movimentos por sensores inerciais, o que possibilita melhores resultados nos dados adquiridos frente aos cuidados e atenções nos diferentes momentos de coleta de dados com os usuários.

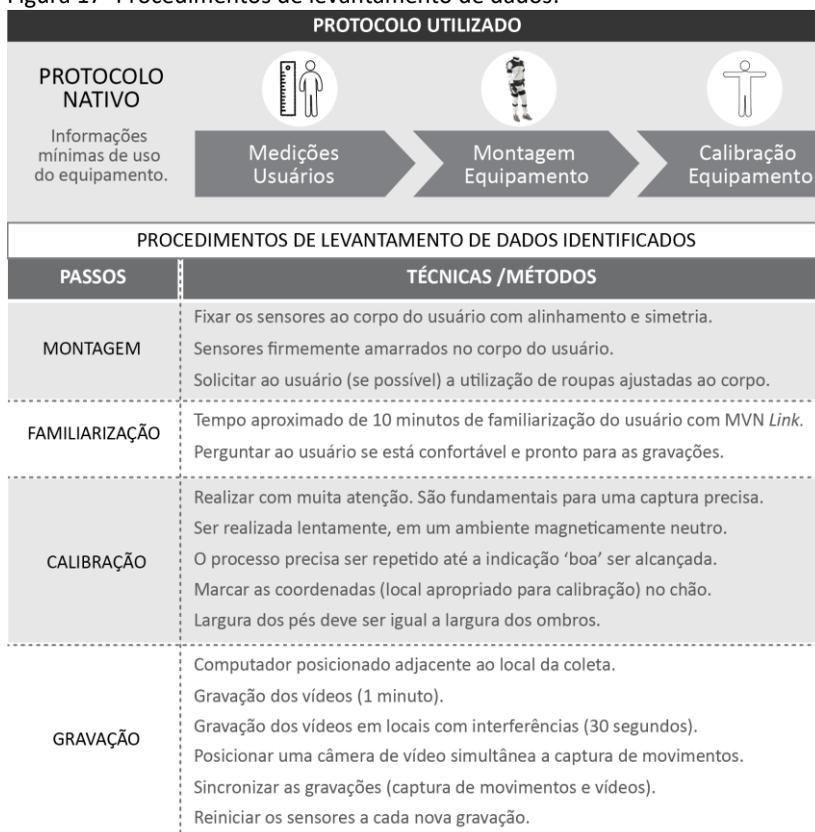
2.3.1.1.1 Protocolos, técnicas e métodos utilizados no levantamento de dados com o equipamento MVN Link Biomech da Xsens

Na revisão sistemática, apresentada na justificativa, além de obter o panorama geral de uso da captura de movimentos por sensores inerciais (equipamento MVN *Link*), buscou-se mapear e sistematizar os protocolos, as técnicas ou métodos utilizados durante a etapa de levantamento de dados com os usuários. Esta sistematização teve por objetivo levantar as instruções estabelecidas nos estudos selecionados para compreender como se deve realizar os procedimentos, compilando condutas, ações e técnicas consideradas adequadas e satisfatórias para obtenção de dados (biomecânicos e cinemáticos) confiáveis e precisos dos usuários. Santos (2014) salienta essa importância da sistematização e sequência dos procedimentos para a coleta de dados com os usuários.

Foram encontrados 460 documentos e após a mineração (documentos duplicados e/ou sem relação com o tema de pesquisa), restaram 48 estudos, a citar: 6 teses, 10 dissertações e 32 artigos. Assim, o compilado de informações foi realizado com base em 46 estudos selecionados, não estando presente o estudo de Van Hack (2012) (por abordar sobre um histórico da empresa *Xsens*) e o estudo de Brodie; Walmsley; Page (2008) (por abordar sobre o estudo de calibração dos sensores inerciais). Todos os documentos foram listados e apresentados no quadro 5 do Apêndice C, abordando os autores, objetivo do uso do equipamento, e os protocolos/técnicas/métodos utilizados nos estudos durante o levantamento de dados com os usuários.

De acordo com o levantamento realizado, foi possível perceber que o protocolo mais utilizado para a coleta de dados, é o protocolo nativo do MVN *Link* (presente no manual do equipamento), relatado em 27 estudos. Este protocolo aborda os seguintes itens: (1) medições do usuário; (2) montagem do equipamento; (3) calibração do equipamento. Neste particular, convém destacar que este protocolo não apresenta as formas de realização dos procedimentos, sendo estas as informações mínimas de uso do equipamento. Ainda, 19 estudos não relataram o protocolo utilizado para o levantamento dos dados, mas apresentam de forma geral, alguns procedimentos referentes as técnicas ou métodos utilizados durante a coleta de dados com os usuários. Estes procedimentos foram hierarquizados e sistematizados em coerência lógica para o levantamento dos dados, e são apresentados na figura 17.

Figura 17- Procedimentos de levantamento de dados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pôde ser observado na figura 17, os procedimentos de levantamento de dados com os usuários identificados na RSL, foram organizados de acordo com os seguintes passos: (1) Montagem; (2) Familiarização; (3) Calibração; e (4) Gravação. No que tange a montagem do equipamento MVN *Link*, foi identificada a importância de fixar os sensores ao corpo do usuário com atenção ao alinhamento e simetria, pois a precisão da captura depende do exato posicionamento (EX-LUBESKIE, 2013; SALVALAIO, 2012). Ainda os sensores precisam estar firmemente amarrados evitando a movimentação durante a atividade (DAMGRAVE; LUTTERS, 2014; XSENS, 2012; SLOT, 2010). Gandy et al (2014) e Martins (2013) salientam que, se possível, pode ser solicitado

ao usuário a utilização de roupas ajustadas ao corpo, de modo a facilitar o posicionamento dos sensores no usuário.

Em relação a familiarização (tempo para familiarizar o usuário com o equipamento MVN *Link*), seis (6) estudos (JURKOJC; MICHNIK; CZAPLA, 2017; KARATSIDIS et al., 2016; GANDY et al., 2014; LONGHI, 2014; ECKARDT; MUNZ; WITTE, 2014; SABER-SHEIKH et al., 2010) relataram a importância deste procedimento antes das gravações, por um período aproximado de 10 minutos, o que permite ao usuário realizar as atividades posteriormente com mais tranquilidade sem estranhar ou ter algum constrangimento com o equipamento. Ainda foi evidenciado a importância de solicitar ao usuário se está confortável e pronto para a captura antes das gravações (MARTINS, 2013).

Para o passo (3) Calibração, identificou-se nos estudos de Weenk et al. (2013), que este procedimento deve ser realizado com muita atenção, pois além de ser fundamental para a captura precisa dos movimentos é de difícil realização. Neste sentido Loose e Orłowski (2015) corroboram a importância da calibração para a captura precisa dos movimentos e afirmam que deve ser realizada lentamente, em um ambiente magneticamente neutro. Semelhantes estudos Faber et al. (2016) e Frick (2015) confirmam estas afirmativas, salientando a importância de realizar a calibração em locais sem interferências eletromagnéticas. O estudo de Guo e Xiong (2017) aponta que a largura dos pés (abertura entre um pé e outro) durante o procedimento de calibração, deve ser igual a largura dos ombros. A este respeito, Santos (2014) aborda que pode ser realizado no chão a marcação do eixo das coordenadas, facilitando a identificação no local de calibração. Ainda, Karatsidis et al. (2016) abordam que o processo de calibração deve ser repetido (quantas vezes for necessário) até a indicação 'boa' (*good*) ser alcançada com sucesso.

No que tange o passo (4) Gravação, Gandy et al. (2014) salientam que o computador deve ser posicionado adjacente ao local da coleta para assegurar uma melhor gama da captura dos dados. Quanto a frequência para a gravação dos movimentos, houve maior predominância em 120 Hz, encontrados em 12 estudos (JURKOJC; MICHNIK; CZAPLA, 2017; PODMENIK et al., 2017; ECKARDT; MUNZ; WITTE, 2014; GANDY et al., 2014; BAITEL; DELIU, 2014; SILVA et al., 2014; LONGHI, 2014; WEENK et al., 2013; STREIT, 2013; DE SHAW, 2013; MARTINS, 2013; YANG, 2011). De acordo com Xsens (2012) essa taxa de

amostragem é a taxa padrão para quando apenas um sistema está em uso. No entanto, 6 estudos utilizaram com 100 Hz (DINU et al., 2016; KUTILEK et al., 2015; DAMGRAVE; LUTTERS, 2014; BOTA; MEZEL; BIDIUGAN, 2014; ZHANG et al., 2013; GUO et al., 2013), 1 estudo com 240 Hz (KARATSIDIS et al., 2016), 1 com 60 Hz (LOOSE; ORLOWSKI, 2015), e 1 com frequência de 50Hz (SLOT, 2010). Em relação ao modo do mecanismo de fusão dos sensores (*Fusion Engine Mode*), dois estudos, Kutilek et al. (2015) e Guo et al. (2013) relataram a utilização do filtro de *Kalman* (XKF-3), utilizado para estimar a orientação dos membros inferiores, durante a gravação dos movimentos.

Ainda foi identificado a importância de realizar simultaneamente a gravação dos movimentos o registro com câmeras de vídeos (PODMENICK et al., 2017; KARATSIDIS et al., 2016; LONGUI, 2014; DANGRAVE; LUTTERS, 2009), posicionadas perpendicular ao plano de movimento (LONGUI, 2014). Neste sentido Podmenik et al. (2017) recomendam que para sincronizar os dois sistemas (equipamento MVN *Link* e a câmera de vídeos) o usuário pode realizar um código com a equipe de projeto sinalizando o início da execução da atividade/tarefa. Em relação ao tempo de gravação das atividades capturadas, Faber et al. (2015) recomendam 1 minuto de gravação, o que possibilita maior precisão dos dados capturados. Já em locais de coleta com interferências eletromagnéticas, se sugere diminuir o tempo de captura para manter a confiabilidade dos dados coletados, ou seja, 30 segundos (FRICK, 2015; STREIT, 2013). No entanto, o equipamento permite gravações ininterruptas dos movimentos, porém devem ser considerados os cuidados referente ao histórico de filtros. Neste sentido, nos estudos de Santos (2014) identificou-se que reiniciar os sensores a cada nova gravação, executando o comando (ALT + CTRL + F) para colocar o avatar na posição original, seguido do comando (ALT + CTRL + X) para executar um *reset* na posição do avatar, é possível limpar o histórico dos filtros, o que permite uma captura de dados mais confiável e uma gravação mais extensa.

De modo geral, a partir desse mapeamento e sistematização das informações referentes aos protocolos, técnicas ou métodos de levantamento de dados com os usuários referente ao equipamento MVN *Link*, foi identificado que os protocolos não são utilizados de forma global, pois, ou é indicado a utilização do protocolo nativo do equipamento, sem nenhuma descrição do mesmo, de forma bem

genérica (medições/montagem/calibração) ou não é relatado na metodologia. Assim, destaca-se que não foi identificado a utilização de um protocolo completo, que considere o usuário e seu contexto de uso.

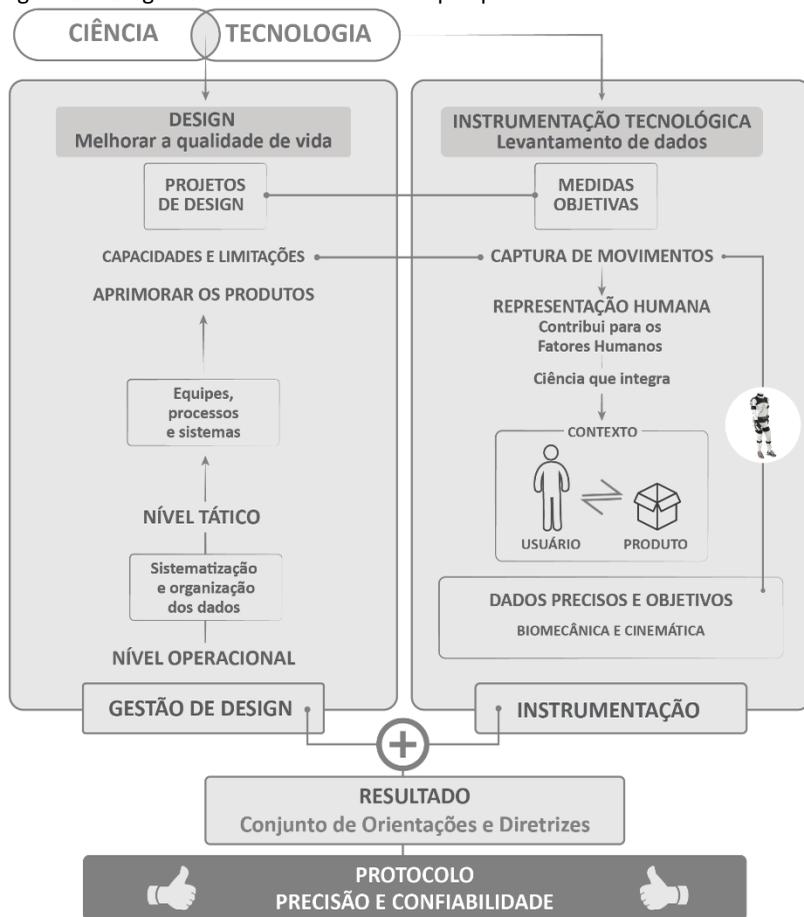
Neste sentido Cutti et al. (2006), aborda que para explorar os potenciais dos sistemas baseados em sensores inerciais, avançando em direção ao seu uso sistemático, é essencial definir protocolos de coleta específicos. Assim, percebe-se a necessidade do desenvolvimento de um protocolo de coleta com o equipamento MVN *Link*, que objetive orientar a operacionalização dos procedimentos de coleta de dados, com precisão e confiabilidade, além de auxiliar na gestão do processo de coleta e contribuir para a replicabilidade de pesquisas científicas.

2.5 SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Levando em consideração as informações levantadas na fundamentação teórica, elaborou-se o diagrama de síntese (Figura 18) relacionando os dados mencionados no presente capítulo, de modo a evidenciar a importância da Gestão de Design associada a Instrumentação Tecnológica (Captura de Movimentos) para o desenvolvimento de projetos de Design. Entende-se que o Design integra ciência e tecnologia para melhorar a qualidade de vida das pessoas por meio do desenvolvimento de projetos, os quais levam em consideração as medidas objetivas (avaliação de desempenho) e subjetivas (relatos) dos usuários. Porém esta pesquisa foi delimitada às medidas objetivas, especificamente aos dados referentes a biomecânica e cinemática, observados na literatura que nem sempre são dados confiáveis. A este respeito, como forma de obtenção destes dados, tem-se a instrumentação tecnológica- a captura de movimentos (representação humana), que contribui para os Fatores Humanos (ciência que integra o produto, usuário e contexto) auxiliando na compreensão das capacidades e limitações do usuário, por meio de dados objetivos e precisos referente a biomecânica e cinemática.

Consoante a isso, a Gestão de Design, em nível operacional, atua na sistematização e organização dos dados, de maneira a sistematizar os processos de design. Já em nível tático permeia equipes, processos e sistemas para aprimorar a concepção de produtos que atendam as capacidades e limitações dos usuários.

Figura 18- Diagrama de síntese - temas da pesquisa.



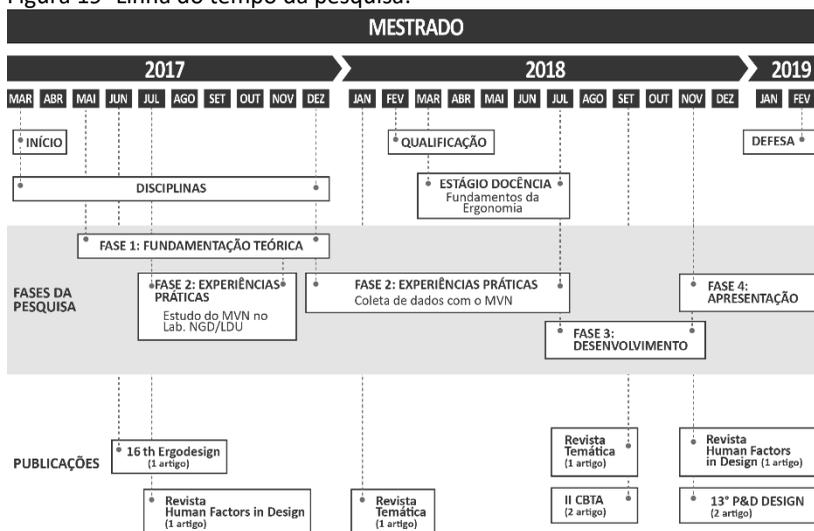
Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante do exposto, destaca-se que a união da Gestão de Design (responsável por orientar o atendimento das necessidades dos usuários) com a instrumentação tecnológica – captura de movimentos (levantamento das capacidades e limitações dos usuários), permite a organização de um conjunto de orientações e diretrizes (protocolo) que objetiva guiar a operacionalização dos procedimentos de coleta de dados do usuário, com maior precisão e confiabilidade. Assim, é possível gerar propostas que atendam as necessidades dos usuários garantindo maior diferenciação e inovação para os projetos de Design.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo compreende a descrição dos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da presente pesquisa. Desta forma, na figura 19 são apresentadas as etapas distribuídas ao longo do tempo de pesquisa (máximo: 24 meses), bem como as demais atividades e publicações realizadas durante o mestrado.

Figura 19- Linha do tempo da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A linha do tempo contempla o período de 2017 a 2019. Conforme abordado anteriormente, esta pesquisa foi dividida em quatro fases (Fase 1 - Fundamentação Teórica, Fase 2 – Experiências Práticas, Fase 3 – Desenvolvimento do Protocolo e Fase 4 – Apresentação do Protocolo).

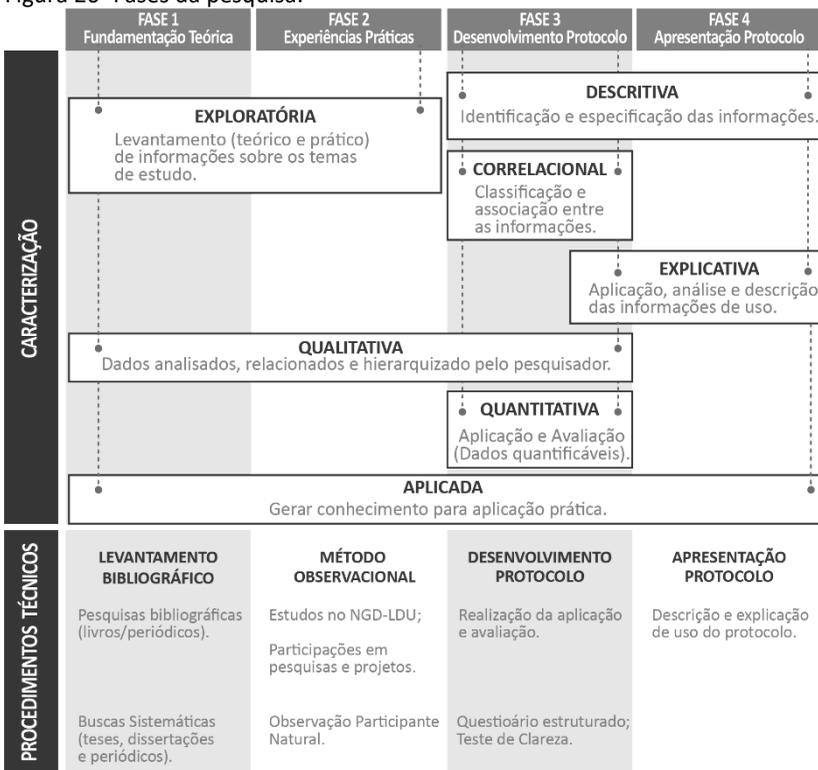
A Fase 1 iniciou em março de 2017 e compreendeu a realização das disciplinas exigidas pelo programa e o desenvolvimento da fundamentação teórica da dissertação, envolvendo pesquisas com relação as temáticas principais. A qualificação aconteceu em fevereiro de 2018. A Fase 2, iniciou em julho de 2017 finalizando em julho de 2018. A Fase 3, teve início em junho de 2018, com término em novembro de 2018, juntamente com a Fase 4. No período de março a julho de 2018 foi realizado dois estágios em docência na disciplina de Fundamentos da

Ergonomia, do curso de Design da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

As publicações realizadas durante o mestrado, como forma de disseminar os conhecimentos gerados, também podem ser visualizadas na linha do tempo, contemplando artigos em eventos nacionais e internacionais, bem como periódicos científicos e capítulos de livros. Uma tabela completa com mais detalhes sobre as publicações, está disponível no Apêndice D.

Com relação aos procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, a figura 20 ilustra uma síntese da caracterização da pesquisa apresentando a sequência das suas fases e quais objetivos estão sendo contemplados em cada fase, as quais foram orientadas pela problemática e pelo objetivo geral da pesquisa.

Figura 20- Fases da pesquisa.

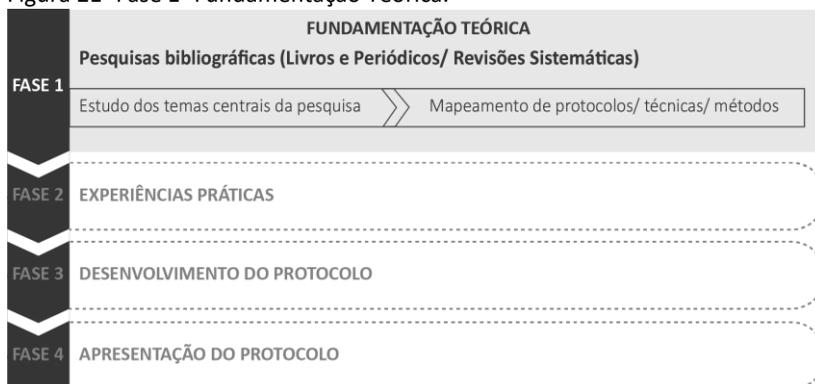


Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 FASE 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Fase 1 (Figura 21), de caráter exploratório, teve como premissa conhecer o tema de estudo para construir a fundamentação teórica da pesquisa de forma a aprofundar os conhecimentos sobre os principais temas e fornecer informações necessárias para elaboração do protocolo. Os temas pesquisados foram: Gestão de Design, Fatores Humanos, Biomecânica, Antropometria, Instrumentação Tecnológica como fonte de dados, Captura de Movimentos e o Equipamento de captura de movimentos MVN *Link Biomech* da *Xsens*.

Figura 21- Fase 1- Fundamentação Teórica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

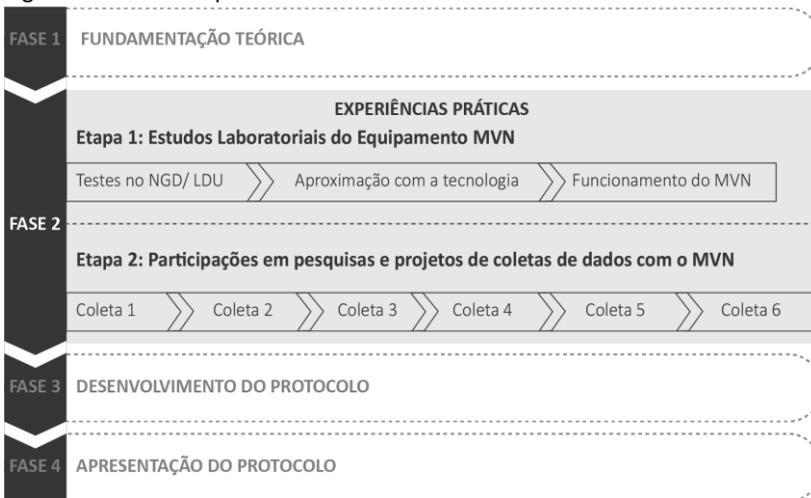
As principais fontes pesquisadas compreenderam a utilização de livros das áreas de pesquisa, como também a realização de duas revisões sistemáticas nos bancos de Teses e Dissertações Nacionais (Repositório da UFSC, Banco de Teses da Capes, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações - BDTD) e Internacionais (*Dissertations & Theses - ProQuest*), bem como nas bases de periódicos *Scopus*, *Web of Science*, *PubMed* e *SciELO*, e os eventos científicos para o aprofundamento dos temas centrais da pesquisa (Captura de Movimentos e Equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*). Como aponta Sampieri, Collado e Lucio (2013), a revisão é importante para entender a história, origem e o alcance do problema de pesquisa, justificar a importância do estudo e conhecer quais métodos foram aplicados com êxito ou não para estudar o problema de pesquisa proposto.

Diante disso, essa fase contemplou a etapa de levantamento das referências, realização das revisões sistemáticas da literatura e a construção da fundamentação teórica. Ainda foi realizado um mapeamento e sistematização de protocolos, técnicas e/ou métodos, utilizados no levantamento de dados com os usuários por meio do equipamento de captura de movimentos (MVN *Link Biomech* da *Xsens*). Por fim, realizou-se uma síntese da fundamentação teórica relacionando os temas de estudos abordados nesta pesquisa.

3.2 FASE 2 – EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS

A Fase 2, Experiências Práticas, de caráter exploratório, visou compreender na prática o funcionamento do equipamento de captura de movimentos por sensores inerciais (MVN *Link Biomech* da *Xsens*), bem como os procedimentos de levantamento de dados com os usuários adotados durante a coleta de dados. Esta fase compreendeu duas etapas: Estudos Laboratoriais do Equipamento MVN *Link* (Etapa 1); Participações em pesquisas e projetos de coletas de dados com o equipamento MVN *Link* (Etapa 2), conforme pode ser observado na figura 22.

Figura 22- Fase 2- Experiências Práticas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.1 Fase 2/ Etapa 1 - Estudos Laboratoriais do Equipamento MVN

Esta etapa compreendeu os estudos e testes realizados no laboratório NGD-LDU/UFSC, no período de julho a novembro de 2017, utilizando o equipamento MVN *Link*, para uma aproximação do pesquisador com a tecnologia da captura de movimentos por sensores inerciais. Para esse procedimento, o pesquisador realizava a montagem do equipamento em um manequim e/ou voluntário com a finalidade de compreender de maneira geral o seu funcionamento, incluindo suas formas de uso, montagem e posição correta dos sensores, isolamento de sensores, conexão dos cabos, medições dos sensores, configurações no *software* MVN, etapas de calibração, e por fim a gravação das atividades. Estes estudos práticos, eram realizados semanalmente, e tinham como resultados, além da vivência prática do pesquisador sobre o equipamento, registros de informações relevantes sobre as questões supracitadas que puderam compor o protocolo posteriormente.

3.2.2 Fase 2/ Etapa 2 - Participações em pesquisas e projetos de coletas de dados com o equipamento MVN

Esta etapa compreendeu a participação do pesquisador em pesquisas e projetos de coleta de dados envolvendo o equipamento de captura de movimentos MVN *Link Biomech* da *Xsens*, desenvolvidas pelo NGD-LDU/UFSC, no período de dezembro de 2017 a julho de 2018. Estas experiências práticas aconteceram por meio de observação participante natural do pesquisador, o que facilitou o acesso aos dados, gerando informações relevantes para a construção do protocolo (GIL, 2007), ou seja, foi possível compreender os procedimentos que deveriam ser adotados e/ ou melhorados durante a coleta de dados com o equipamento MVN *Link*.

Dessa forma, o pesquisador atuou como observador participante das equipes de projeto no levantamento de dados dos usuários envolvendo o sistema de captura de movimentos (MVN *Link*). Durante estas coletas o pesquisador estava atento aos detalhes da coleta, realizava anotações relevantes sobre os procedimentos de coleta adotados pela equipe, bem como informações sobre a interação da equipe de projeto. Além disso, eram realizadas fotografias e gravações de vídeos, para posterior reflexão sobre os procedimentos realizados

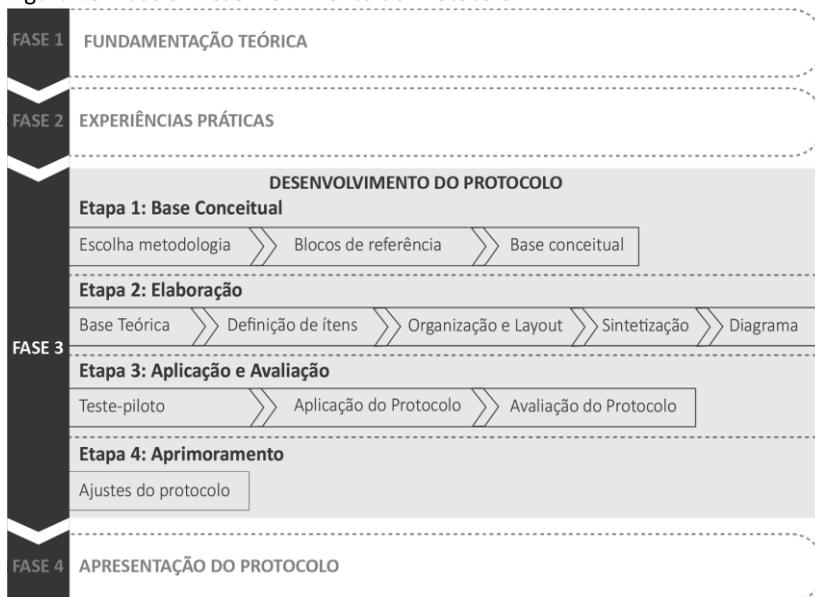
durante o levantamento de dados, a fim de gerar informações relevantes que contribuíssem para o desenvolvimento do protocolo. A seguir são apresentadas as seis coletas que foram realizadas:

- A primeira foi realizada em uma indústria automobilística, situada no Estado de Santa Catarina (SC), com o intuito de diagnosticar os esforços e acometimentos dos colaboradores durante a realização das atividades, oportunizando estabelecer um panorama mais preciso e confiável das atuais condições de trabalho, para propor ações de atenuação e/ou eliminação dos problemas.
- A segunda foi realizada com colaboradores de uma empresa prestadora de serviços gerais, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) com o objetivo de identificar e quantificar o esforço físico e avaliar os riscos ergonômicos associados a atividade de retirada dos sacos de lixo de lixeiras externas profundas.
- A terceira coleta foi realizada com a equipe Baja da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com o objetivo de realizar uma análise ergonômica para o desenvolvimento do novo carro *off-road* de competição, oportunizando a identificação de melhorias a serem incorporadas no desenvolvimento do novo carro.
- A quarta foi realizada com a equipe da Mental Tennis, empresa especializada em aulas de tênis infantis e adultos e treinamentos de competições da cidade de Florianópolis/SC. Nesta coleta, o objetivo do uso da captura de movimentos foi avaliar a *performance* dos atletas.
- A quinta esta relacionada ao levantamento de dados cinemáticos de uma usuária (com artrite reumatóide) a fim de realizar uma avaliação postural do seu deslocamento com uma muleta de quatro pontas.
- Por fim, a última coleta, foi realizada na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com uma usuária com limitações físicas e cadeirante. O objetivo da coleta foi realizar uma análise ergonômica para o desenvolvimento de um dispositivo de assistência a locomoção. Para tanto, foram coletados os dados cinemáticos dos membros superiores, isolando-se os membros inferiores no equipamento MVN *Link*.

3.3 FASE 3 – DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO

O objetivo da Fase 3, Desenvolvimento (Figura 23), tratou do desenvolvimento do protocolo de coleta, e é considerada descritiva e correlacional, pois descreve e relaciona os temas de estudo para o desenvolvimento do protocolo. Foi realizada com base nos levantamentos da Fase 1 – Fundamentação Teórica, bem como com as observações e conhecimentos adquiridos da Fase 2 – Experiências Práticas. Esta Fase compreendeu quatro etapas: Base Conceitual (Etapa 1); Elaboração (Etapa 2); Aplicação e Avaliação (Etapa 3) e; Aprimoramento (Etapa 4). Com relação as Etapas 3 e 4 são consideradas explicativas, visto que buscaram explicar a aplicação, forma de análises e descrição das informações. Vale salientar que a versão finalizada do protocolo será apresentada na Fase 4- Apresentação do Protocolo, após sua aplicação e avaliação, o que possibilitou seu aprimoramento.

Figura 23- Fase 3- Desenvolvimento do Protocolo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

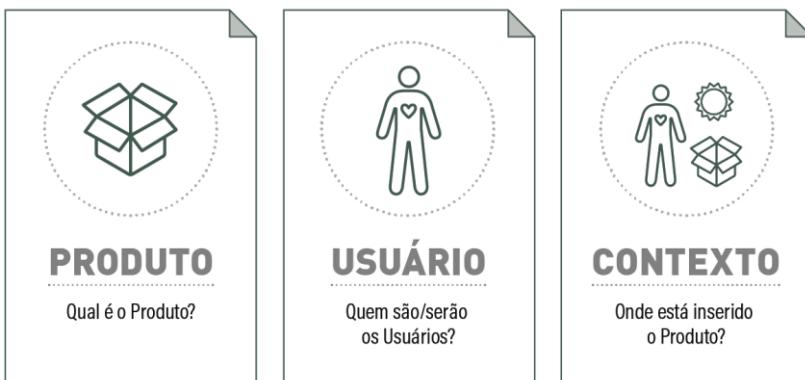
3.3.1 Fase 3/ Etapa 1 - Base conceitual

O objetivo desta etapa foi o levantamento e a organização das bases teóricas e práticas referente ao procedimento de coleta de dados com os usuários envolvendo a captura de movimentos por sensores inerciais, especificadamente o equipamento *MVN Link Biomech* da *Xsens*, resultando no estabelecimento de uma base conceitual.

Inicialmente foi realizado a escolha de uma metodologia de projeto que oferece base para o desenvolvimento do protocolo, optando-se pelo Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos (GODP) (MERINO, 2016). A escolha dessa metodologia, justifica-se por ter uma abordagem centrada no usuário¹², possibilitar ao projetista o uso de técnicas e ferramentas que permitam avaliar, guiar e verificar o projeto (produto/ serviço) durante o seu desenvolvimento e por ser a metodologia utilizada no NGD-LDU/UFSC.

Vale ressaltar que Merino (2016) propõe no GODP que cada momento de projeto (Inspiração – Ideação – Implementação) seja pensado em Blocos de Referência, divididos em: Produto, Usuário e Contexto conforme figura 24, e serviu de base para a organização das informações do protocolo de coleta.

Figura 24- Blocos de Referência: Produto, Usuário e Contexto.



Fonte: Merino (2016, p. 9).

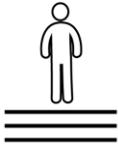
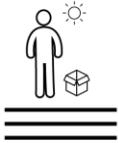
¹² Neste caso, entendido como o usuário do protocolo de coleta (equipe de projeto).

Com base na metodologia GODP e nas bases teóricas e práticas em relação aos procedimentos de coleta de dados envolvendo o equipamento MVN *Link*, foi possível estabelecer a base conceitual, culminando com a proposta de um protocolo (conjunto de orientações e diretrizes) que auxiliem na gestão das etapas de levantamento dos dados biomecânicos e cinemáticos com o usuário.

3.3.2 Fase 3/ Etapa 2 - Elaboração

Esta etapa teve como objetivo a elaboração do protocolo de coleta, onde foi estabelecido o conteúdo, bem como as etapas e procedimentos que seriam adotados para o desenvolvimento do protocolo, organizando suas orientações de acordo com os Blocos de Referência propostos por Merino (2016), Produto, Usuário e Contexto. Vale ressaltar que o item produto não foi abordado, pois o protocolo serve como aporte para o seu desenvolvimento. Dessa forma, a Etapa 2 abrange os seguintes passos: (1) Base teórica; (2) Definição dos itens; (3) Organização e *Layout*; (4) Sintetização; e (5) Diagrama de funcionamento, conforme apresentado na figura 25.

Figura 25- Sequência de desenvolvimento do protocolo.

BASE TEÓRICA	DEFINIÇÃO DOS ITENS	ORGANIZAÇÃO E LAYOUT	MATERIAL SINTETIZADO	DIAGRAMA DE FUNCIONAMENTO
LEVANTAMENTO DA LITERATURA 	USUÁRIO 	MATERIALIZAÇÃO 	SINTETIZAÇÃO 	PROTOCOLO 
EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS 	CONTEXTO 	APRESENTAÇÃO 1 PREPARAR 2 COLETAR 3 REMOVER 4 DETERMINAR	VERSÃO SUPRIMIDA 	DIAGRAMAÇÃO 
Organização dos temas de pesquisa.	Definição dos itens para compor o protocolo.	Diagramação do conteúdo em <i>layout</i> definidos.	Aborda somente itens que são preenchidos durante a coleta.	Apresenta o processo de uso do protocolo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.2.1 Passo 1- Base teórica

Este passo compreendeu a seleção da base teórica que deu suporte a definição dos itens do protocolo. Assim, realizou-se a organização do levantamento da literatura por meio do mapeamento das bases teóricas e sistematização dos protocolos / métodos e/ou técnicas adotadas nos estudos selecionados, dos quais foram utilizados: (CUTTI et al., 2006); (DAMGRAVE; LUTTERS, 2009); (ECKARDT; MÜNZ; WITTE, 2014); (EX-LUBESKIE, 2013); (FABER et al., 2016); (FRICK, 2015); (GANDY et al., 2014); (GUO et al., 2013); (JURKOJC; MICHNIK; CZAPLA, 2017); (KARATSIDIS et al., 2016); (LONGUI, 2014); (MARTINS, 2013); (PODMENIK et al., 2017); (SALVALAIO, 2012); (SANTOS, 2014); (SLOT, 2016); (STREIT, 2013); (WEENK et al., 2013) e (XSENS, 2012). Associado a base teórica, foram considerados e agrupados os levantamentos e detalhamentos observados nas experiências práticas realizadas (testes no Laboratório NGD-LDU/UFSC, bem como as pesquisas e projetos desenvolvidos com o equipamento de captura de movimentos MVN *Link*). Para descrever e correlacionar os procedimentos de levantamento de dados com os usuários que deveriam ser adotados no protocolo foi utilizado tabelas no *software* Microsoft *Excel* 2016. Assim, gerou a definição de quatro etapas que orientaram a elaboração do protocolo: Preparar (1), Coletar (2), Remover (3) e, Determinar (4).

3.3.2.2 Passo 2- Definição dos itens

Este passo compreendeu a estruturação e agrupamento dos elementos provenientes das bases teóricas selecionadas, bem como das experiências práticas, para orientar e sistematizar o desenvolvimento do protocolo, guiando as etapas do processo de coleta de dados. O agrupamento foi organizado com base nos Blocos de Referência (Merino, 2016): Usuário (agrupamento de itens referente as informações do usuário) e Contexto (agrupamento de itens referentes as informações do ambiente de coleta dos dados, compreendendo, o ambiente, as configurações de captura, os equipamentos, bem como as gravações, registros dos vídeos e as definições para as análises). A partir do agrupamento, gerou-se um conjunto de itens a serem contemplados em cada bloco de referência.

3.3.2.3 Passo 3- Organização e *Layout*

Este passo compreendeu a materialização do protocolo de coleta, ou seja, a organização dos conteúdos dentro de espaços predefinidos. Assim, se iniciou com a produção de esboços manuais em papel com o objetivo de organizar os itens definidos e as informações que tornariam o processo de coleta de dados adequado de forma dinâmica e ágil. Posterior aos esboços em papel, iniciou-se a digitalização do protocolo no programa *Microsoft Word* e por fim, sua diagramação, utilizando o *software Adobe Illustrator CC 2017*. A partir disso, foi realizado testes de impressão e implementações de melhorias até alcançar o resultado desejado. O período destinado a materialização foi de 06 meses.

Ainda neste passo foi desenvolvido uma identidade visual do protocolo (atribuído um nome), visando remeter o seu objetivo principal de orientar as equipes no levantamento de dados provenientes da captura de movimentos para o desenvolvimento de projetos. Salienta-se que este procedimento não faz relação direta com a pesquisa propriamente dita, porém faz-se necessário identificar o protocolo com uma identidade própria.

3.3.2.4 Passo 4- Sintetização

Este passo compreendeu o resumo dos conteúdos do protocolo de coleta, em um novo documento, uma versão suprimida, abordando apenas os itens que necessitam ser preenchidos durante o levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos com os usuários, bem como as observações e os lembretes. O objetivo desse material é sintetizar as informações mais importantes, tornando sua utilização mais amigável, mais prática e fácil, além de propiciar viabilidade econômica da sua impressão. Assim o protocolo completo pode ser utilizado em meio digital, facilitando a compreensão dos detalhes da coleta bem como sanar as possíveis dúvidas e questionamentos que possam ocorrer durante a realização dos procedimentos. Todavia, fica a critério do pesquisador, a escolha do material para impressão.

3.3.2.5 Passo 5- Diagrama de funcionamento

Este passo compreendeu a estruturação e apresentação de um diagrama de funcionamento do protocolo (conteúdo e estrutura), ou seja, apresenta o processo de uso do protocolo para o levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos com os usuários, por meio do equipamento de captura de movimentos MVN *Link Biomech*.

3.3.3 Fase 3/ Etapa 3 - Aplicação e Avaliação

Nesta etapa foi realizado a aplicação e avaliação do protocolo de coleta desenvolvido. Assim, teve como objetivo avaliar a estrutura, a redação e a sistemática dos procedimentos de coleta de dados com usuário, a fim de corrigir e melhorar a compreensão de seu funcionamento. Para tanto, adotou-se 3 passos: (1) Teste piloto; (2) Aplicação do protocolo; (3) Avaliação do protocolo, os quais serão apresentados a seguir.

3.3.3.1 Passo 1- Teste Piloto

Antes da aplicação do protocolo foi realizado inicialmente um teste piloto, com duas alunas de pós-graduação, nível de mestrado, com idade acima de 18 anos (uma participante e outra usuária de coleta). A finalidade deste teste foi verificar a eficácia dos procedimentos planejados para a coleta dos dados. Neste teste piloto foram testados todos os procedimentos de coleta de dados: assinatura do Termo de Consentimento Livre Esclarecido –TCLE, Termo para Uso de Voz e Imagem- TCVI, Questionário Estruturado, Protocolo de coleta e Teste de Clareza¹³, bem como a execução da atividade proposta, organização da sala, e tempo de coleta dos dados. Assim, os procedimentos aconteceram da seguinte maneira: (1) Organização da sala; (2) Breve explicação sobre o teste piloto (objetivo e como aconteceria); (3) Leitura e assinatura dos Termos (TCLE e TCVI); (4) Preenchimento do questionário; (5) Leitura individual do protocolo; (6) Coleta de dados com o MVN *Link*; (7) Preenchimento do teste de clareza.

¹³ Teste utilizado para avaliar a estrutura e redação dos conteúdos, quanto a percepção de uso do protocolo, pela equipe de projeto.

3.3.3.2 Passo 2- Aplicação do protocolo

Posteriormente ao teste piloto, foi realizado a aplicação do protocolo, em um levantamento de dados simulado por meio dos seguintes procedimentos: Questionário estruturado, coleta de dados com o equipamento MVN *Link*, sob orientação do protocolo proposto, e teste de clareza. Esta aplicação foi realizada com três participantes separadamente, em conjunto com o pesquisador, que atuou como observador desta pesquisa. A técnica de amostragem utilizada foi a não probabilística por tipicidade, ou seja, os participantes da coleta possuem propriedades típicas da população a quem se destina a presente pesquisa (MARCONI; LAKATOS 2007), assim, selecionou-se discentes de graduação e pós-graduação vinculados a área de Design. Dessa forma, os participantes selecionados eram integrantes do NGD-LDU/UFSC, em nível de doutorado, mestrado e graduação. Foram selecionados por se encaixarem no perfil do público alvo do protocolo, bem como serem potenciais usuários. Ainda cabe ressaltar que a utilização de um protocolo dessa natureza exige um conhecimento mínimo de coleta de dados com usuários, configurando outro critério de seleção.

A aplicação ocorreu em conjunto com o pesquisador responsável pela pesquisa, e contou com o auxílio de uma usuária (aluna de graduação em Design e bolsista pertencente ao NGD-LDU/UFSC, com idade acima de 18 anos). Assim, os procedimentos da aplicação do protocolo ocorreram mediante a seguinte sistemática:

- **Organização da sala para a coleta:** A sala foi organizada para a coleta, reservando um espaço amplo para que os participantes pudessem realizar as dimensões do usuário, a montagem e calibração do equipamento. Ainda foram colocados sobre uma mesa todos os equipamentos e materiais necessários para coleta (maleta do equipamento, *notebook*, câmera fotográfica, câmera de registro de vídeos, tripé para câmeras, trena, fita adesiva, fita dupla face, pranchetas, canetas, lápis, borracha e colchonete). Toda a organização e sistematização da coleta dos dados foi direcionada pelo próprio participante, seguindo as orientações do protocolo proposto.
- **Apresentação da Pesquisa, Protocolo e Assinatura dos Termos:** Os participantes foram esclarecidos pelo responsável

da pesquisa sobre seu objetivo e indicou a leitura e assinatura dos termos-TCLE e TCVI (APÊNDICES E e F respectivamente) os quais receberam em duas vias previamente assinadas pelo pesquisador. O mesmo informou que a participação era voluntária e que poderiam abandonar o procedimento a qualquer momento, sem qualquer constrangimento. Ainda explicou sobre o preenchimento do questionário, os procedimentos sobre a atividade (levantamento de dados) que deveria ser executada com o equipamento de captura de movimentos *MVN Link Biomech*, utilizando como orientação o protocolo de coleta, ressaltando que durante a coleta de dados poderiam ser esclarecidas dúvidas sobre a utilização do protocolo. Por fim, foi explicado que o participante contaria com o auxílio de uma aluna de pós-graduação (equipe de projeto) como suporte para a realização da coleta, sendo que ficaria de sua responsabilidade guiar as atividades da equipe.

- **Questionário estruturado:** Foi utilizado um questionário estruturado (APÊNDICE G) para a coleta dos dados. Segundo Lakatos e Marconi (2011) os questionários proporcionam respostas rápidas e precisas, além de liberdade e segurança nas respostas pela razão do anonimato e por ser entregue pessoalmente no local da coleta de dados. O questionário foi dividido em duas partes: (1) Dados sobre o participante e, (2) Dados sobre experiências prévias do participante com a captura de movimentos.
- **Contato com o protocolo:** Foi disponibilizado para o participante a versão impressa do protocolo de coleta (APÊNDICE J), para sua familiarização. Nesse momento foi solicitado que o participante realizasse uma leitura em voz alta do protocolo (de cada etapa) para posteriormente realizar os procedimentos de coleta com a usuária.
- **Coleta de dados com equipamento de Captura de Movimentos (MVN Link):** O participante realizou o levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos de uma usuária em um projeto simulado (redesign de uma cadeira escolar), sendo orientado apenas pelo protocolo de coleta. Se

houvessem dúvidas poderiam questionar o pesquisador responsável. O objetivo dessa coleta era gravar uma atividade (usuário sentar e levantar da cadeira escolar).

- **Aplicação do Teste de Clareza:** O teste de clareza (APÊNDICE H), teve por objetivo avaliar a percepção quanto ao uso do protocolo de coleta. Este teste foi composto por 29 questões estruturadas de acordo com as etapas do protocolo, a saber: APRESENTAÇÃO (conteúdo, forma, objetivo, utilização); ETAPA 1- PREPARAR (materiais e equipamentos necessários para realizar a coleta); ETAPA 2- COLETAR (procedimentos realizados durante a coleta de dados com o usuário); ETAPA 3- REMOVER (remoção do equipamento e forma de armazenamento); ETAPA 4- DETERMINAR (*checklist* dos segmentos e articulações); PROTOCOLO (visão geral sobre o protocolo). Ao final de cada etapa foi destinado uma questão aberta para opiniões e comentários sobre a etapa.

3.3.3.3 Passo 3- Avaliação do protocolo

Este passo compreendeu a avaliação do protocolo com base nos dados obtidos referente ao questionário estruturado e o teste de clareza. Além disso, foram consideradas as observações do pesquisador e os apontamentos registrados durante a coleta dos dados. Assim, foi realizado a organização e interpretação dos resultados no *software* Microsoft *Excel* 2016, a fim de avaliar a estrutura, a redação e a sistemática dos procedimentos de coleta de dados propostos no protocolo. Deste modo, foi possível identificar as fragilidades do protocolo e definir as melhorias e ajustes.

3.3.4 Fase 3/ Etapa 4 - Aprimoramento

Esta etapa compreendeu os ajustes do protocolo quanto a compreensão de seu funcionamento que foram implementados após a etapa de aplicação e avaliação. Foram consideradas todas as observações, comentários e sugestões realizadas pelos participantes tanto no teste de clareza como as que foram percebidas pelo pesquisador durante a coleta de dados.

3.3 FASE 4 – APRESENTAÇÃO DO PROTOCOLO

A Fase 4 (Figura 26) teve como premissa a apresentação do protocolo desenvolvido em sua versão final, abrangendo as partes que o compõem (conteúdo e estrutura) e sua forma de utilização, as quais compreendem sua Apresentação. Posteriormente, é apresentado com base nas etapas: Preparar (1), Coletar (2), Remover (3) e, Determinar (4). Esta fase também objetiva a apresentação da versão sintetizada do protocolo.

Figura 26- Fase 4- Apresentação do Protocolo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo apresenta os resultados da Fase 2 (Experiências Práticas), seguido da Fase 3 (Desenvolvimento do protocolo). Desta forma, é apresentado o processo de desenvolvimento do protocolo de coleta, passando pelas etapas de base conceitual, elaboração, aplicação e avaliação e aprimoramento.

4.1 FASE 2 - EXPERIÊNCIAS PRÁTICAS

Esta fase 2, teve como objetivo compreender na prática os procedimentos de coleta de dados com o equipamento de captura de movimentos por sensores inerciais (MVN *Link Biomech* da *Xsens*). Esta fase compreendeu duas etapas, sendo a primeira os estudos laboratoriais do equipamento no NGD-LDU/UFSC, no período de julho a novembro de 2017, e a segunda a participação do pesquisador em pesquisas e projetos de coleta de dados envolvendo o equipamento MVN *Link Biomech*, desenvolvidas pelo NGD-LDU/UFSC, no período de dezembro de 2017 a julho de 2018. A seguir serão apresentadas as etapas 1 e 2.

4.1.1 Fase 2/ Etapa 1 - Estudos Laboratoriais do Equipamento MVN

No que tange os estudos laboratoriais realizados no NGD-LDU/UFSC sobre o equipamento MVN *Link Biomech*, pode-se citar:

- Compreendeu estudos sobre seu funcionamento e a sua finalidade. Neste sentido percebeu-se que o mesmo pode contribuir para os estudos ergonômicos, a concepção de novos produtos, a avaliação e análise de projetos (produtos/serviços);
- Estudo sobre as formas de uso do equipamento: captura de movimento do corpo todo, a citar (corpo todo, corpo todo sem esterno (osso do peito), corpo todo sem as mãos, corpo todo sem esterno e sem as mãos), ou com isolamento de sensores: parte inferior do corpo; ou parte superior de corpo, a citar (parte superior do corpo, parte superior do corpo sem o esterno, parte superior do corpo sem as mãos e parte superior do corpo sem esterno e sem as

mãos). Estas formas de uso possibilitam diferentes configurações do equipamento para o levantamento de dados com o usuário;

- Detalhamento e compreensão sobre a montagem do equipamento (exato posicionamento dos sensores no usuário, bem como a forma de fixação, os quais influenciam diretamente na precisão da captura dos movimentos);
- Estudo sobre a conexão dos cabos, etapa que precede a montagem do equipamento. Para facilitar a realização desta etapa, buscou-se identificar os segmentos corporais por cores sendo, braço direito (vermelho); braço esquerdo (amarelo); perna direita (azul) e; perna esquerda (verde). Assim, realizou-se essa identificação nos cabos do próprio equipamento, o que facilitou a compreensão dos passos de ligação bem como a forma de conexão entre os sensores;
- Compreensão da realização das medidas – distâncias entre os sensores - (*Data Fusion*) que devem ser realizadas em ambas as pernas, após a conexão final dos cabos, quando utilizado o (*KiC*) como modo de mecanismo de fusão. Estas medidas são: (medidas do sensor da coxa até o trocânter maior – *Upper Leg MTx to GT*; medida do sensor da canela até o epicôndilo medial- *Lower Leg MTx to FEM* e medida do sensor do pé até o maléolo lateral- *Foot MTx to MM*). Cabe ressaltar que todas essas medidas requerem uma precisão em escala centimétrica e devem ser realizadas do marco anatômico (antropometria estática) até o meio do topo do sensor;
- Estudos sobre as configurações no *software* MVN, incluindo a forma para criar uma nova seção, as configurações do usuário no *software*, a seleção dos mecanismos de fusão, bem como a forma de preenchimento dos campos solicitados no *software*. Este estudo também contemplou mapear a melhor forma de utilizar o *Wireless Receiver (WR-A)* no *notebook*, trazendo como uma possível solução a utilização de fita dupla face para fixá-los na tampa (parte de trás da tela) do *notebook*, facilitando a movimentação do operador do *notebook* durante as gravações das atividades com os usuários;

- Estudos sobre as etapas de calibração com o usuário, compreendendo as influências das propriedades no campo magnético, bem como as melhores posturas que devem ser adotadas pelo usuário durante este procedimento. Verificou-se a necessidade de solicitar ao usuário que se movimente pela área de medição para averiguar as propriedades de campo magnético, e ao encontrar o local adequado realizar uma marcação no chão com fita crepe, cujo objetivo é realizar todas as calibrações no mesmo local. Também foi testado os núcleos de ferrite, os quais podem ser colocados ao redor dos cabos das baterias como proteção extra contra interferências eletromagnéticas (ímãs, alto falantes, motores elétricos, celulares, estrutura de metal, carros, dentre outros). Este procedimento auxilia na redução das interferências magnéticas;
- Por fim, foram realizados estudos sobre a utilização de marcadores (registro de informações importantes) que podem ser realizados durante ou após a captura dos movimentos nas gravações dos vídeos. Ainda foi realizado estudos sobre os acessórios (sensores MTX, ou seja, sensores extras - que podem ser anexados a segmentos corporais em uma gravação). Estes sensores extras permitem capturar movimentos com algum objeto/produto, por exemplo, uma bengala.

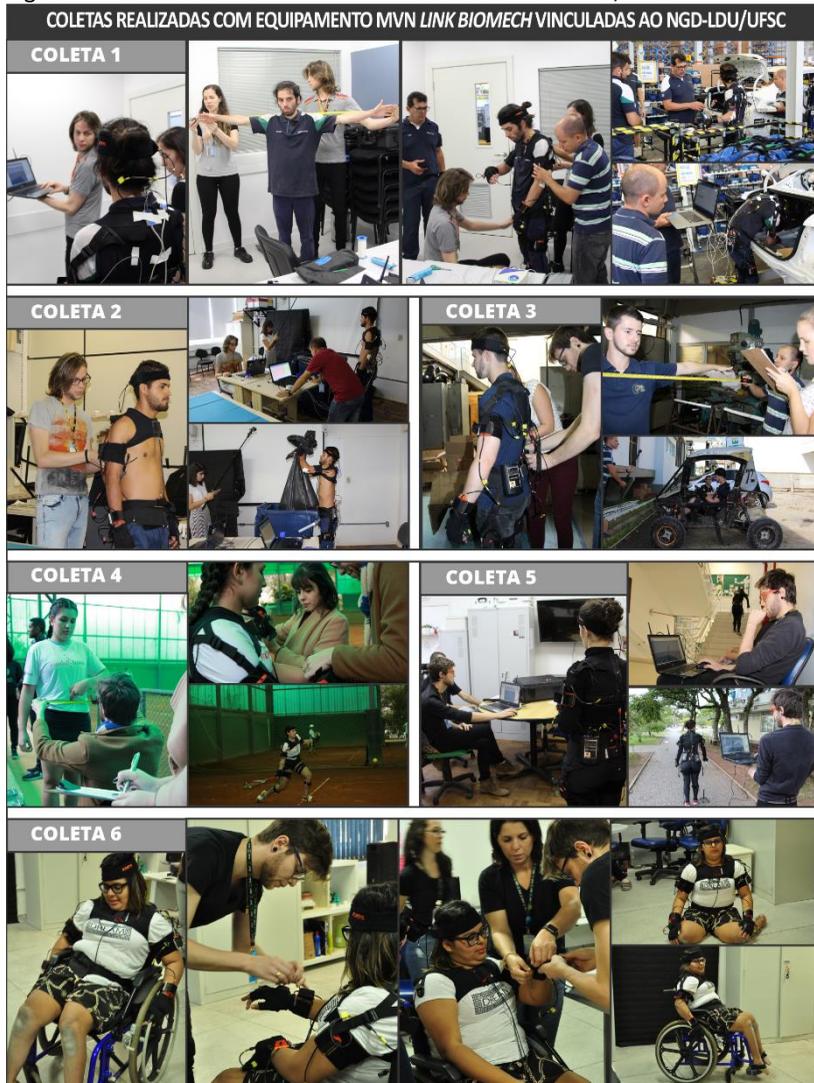
Estes estudos e testes no laboratório, permitiram ao pesquisador adquirir conhecimentos práticos sobre a utilização do equipamento MVN *Link*. Assim, estas informações e observações serviram para contribuir e auxiliar na elaboração do protocolo de coleta.

4.1.2 Fase 2/ Etapa 2- Participações em pesquisas e projetos de coletas de dados com o equipamento MVN *Link*

Esta etapa compreendeu a participação do pesquisador no levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos com usuários reais, envolvendo o equipamento de captura de movimentos MVN *Link*. Dessa forma, o pesquisador atuou como observador participante e pode interagir com as equipes de projeto. O objetivo foi compreender como eram realizados os procedimentos de coleta de dados. Assim, como já mencionado, foi possível participar de seis coletas, conforme pode ser

observado na figura 27. Ressalta-se que todos os participantes envolvidos nas coletas vinculadas ao NGD-LDU/UFSC assinaram os termos de consentimento (TCLE e TCVI).

Figura 27- Coletas com o MVN *Link* vinculadas ao NGD-LDU/UFSC.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação as anotações realizadas pelo pesquisador, com base nas experiências práticas para o desenvolvimento do protocolo (orientações e diretrizes para guiar os procedimentos de coleta de forma adequada e agilizar o levantamento de dados precisos e confiáveis dos usuários), foi possível identificar como necessidades:

- Sistematizar os procedimentos de levantamento de dados com os usuários;
- Orientar o registro de informações durante a coleta de dados;
- Nortear as informações preliminares da coleta, bem como informar sobre o papel de cada membro da equipe de projeto;
- Detalhar os materiais e equipamentos necessários para a realização da coleta de dados, evitando atrasos e contratempos;
- Detalhar as informações sobre o objetivo da coleta dos dados, bem como as atividades que serão capturadas;
- Propor imagens ilustrativas da realização dos procedimentos de coletas, principalmente referente aos passos de montagem e conexão dos cabos (manual do equipamento pouco explicativo);
- Informar sobre como mensurar as dimensões do usuário;
- Nortear detalhadamente o processo de configuração do usuário no *software*, visto que este procedimento, muitas vezes demasia tempo da equipe de projeto;
- Informar sobre os procedimentos de calibração do usuário, bem como possibilidades de prever e melhorar as interferências magnéticas;
- Propor um campo para registro das atividades realizadas pelo usuário durante as gravações dos movimentos;
- Sinalizar os equipamentos que podem auxiliar nas coletas de dados de usuários com necessidades especiais;
- Detalhar as etapas de remoção e armazenamento do equipamento;
- Explanar os tipos de análises que podem ser realizadas com o equipamento para o desenvolvimento do projeto.

Diante do exposto, é possível perceber que esta etapa possibilitou ao pesquisador adquirir conhecimentos práticos e reais sobre a utilização do equipamento MVN *Link*. Assim, facilitou o acesso aos dados e informações importantes, de maneira prática, identificando as fragilidades e dificuldades enfrentadas pelas equipes de projeto, durante a etapa de levantamento de dados com o usuário, gerando anotações e pontos relevantes a serem considerados na elaboração do protocolo. No item a seguir serão abordadas as etapas de desenvolvimento do protocolo.

4.2 FASE 3 - DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO

Neste item é apresentado o processo de desenvolvimento do protocolo de coleta, desde sua construção teórica até sua organização e materialização. Desta forma, são apresentadas as etapas 1 (Base Conceitual); 2 (Elaboração); 3 (Aplicação e Avaliação) e 4 (Aprimoramento).

4.2.1 Fase 3/ Etapa 1 - Base Conceitual

O processo de elaboração do protocolo, iniciou a partir da escolha do Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos (GODP) (MERINO, 2016). Segundo a autora, esta metodologia possibilita ao projetista o uso de técnicas e ferramentas que podem ser utilizados na Etapa 1 – Levantamento de dados (para avaliar o produto); na Etapa 3 – Criação (para guiar a escolha da melhor alternativa) e; na Etapa 5 – Viabilização (para verificar em situação real o resultado do projeto), conforme pode ser observado na figura 28. Dessa forma, esta metodologia serviu de base para o desenvolvimento do protocolo, e definição das etapas em que pode ser utilizado. Porém, cabe salientar que sua utilização é flexível e pode ser utilizado nas etapas de qualquer metodologia de projeto.

Figura 28- Etapas de utilização de técnicas e ferramentas no GODP.



Fonte: Merino (2016, p. 17).

Ainda, a metodologia GODP, conforme apresentado nos procedimentos metodológicos, orienta a organização dos dados e informações ao longo do projeto em três Blocos de Referência: Produto, Usuário e Contexto. Dessa forma, o protocolo de coleta seguiu esta orientação para organização das diretrizes e orientações do seu desenvolvimento (Figura 29). Cabe ressaltar, que para abranger as demandas a serem incorporadas no projeto (produto/serviço) deve-se compreender as capacidades e limitações do usuário, seguido das condições presentes no contexto de uso. Assim, neste protocolo o produto não é abordado, pois o protocolo servirá como aporte para o seu desenvolvimento.

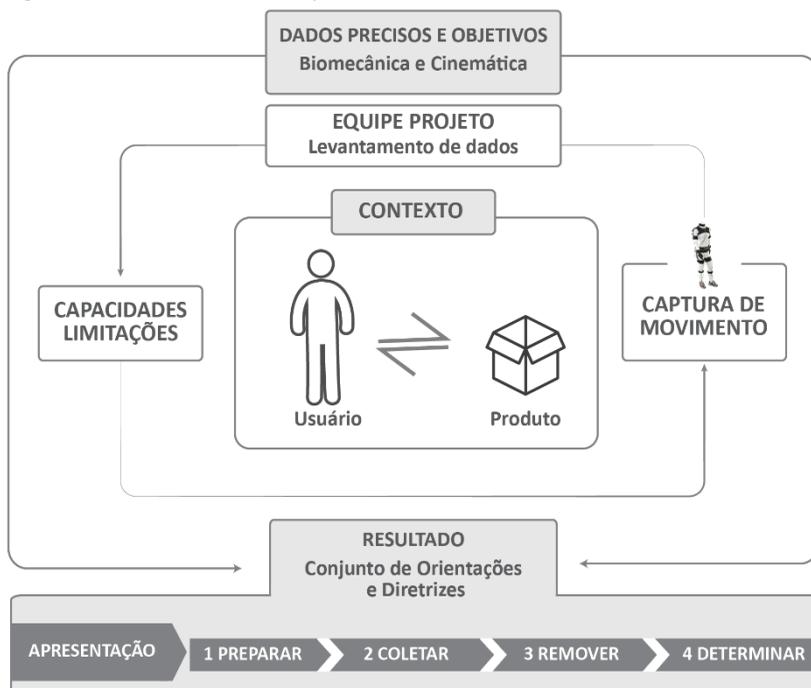
Figura 29- Blocos de Refêrências para desenvolvimento do protocolo.



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Merino (2016).

Com base na metodologia do GODP, nos Blocos de Referências, no levantamento das bases teóricas e experiências práticas referente aos procedimentos de coleta de dados com os usuários envolvendo a captura de movimentos por sensores inerciais, especificamente o equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*, se obteve o estabelecimento de uma base conceitual. Esta base conceitual guiou a elaboração do protocolo, no sentido de estabelecer as relações entre as necessidades da equipe de projeto no levantamento de dados com o usuário (capacidades e limitações) com o equipamento de captura de movimentos MVN *Link* (dados objetivos e precisos), culminando com a proposta de um conjunto de orientações e diretrizes que auxiliem na gestão das etapas de levantamento dos dados biomecânicos e cinemáticos do usuário, com maior precisão e confiabilidade (Figura 30).

Figura 30- Base conceitual do protocolo de coleta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado na figura 30, com base no resultado, (conjunto de orientações e diretrizes), o protocolo apresenta uma proposta para o levantamento de dados objetivos, precisos e confiáveis, dividido em quatro etapas e uma apresentação. A Apresentação objetiva apresentar o protocolo, seus objetivos, quando e como utilizar, a forma como os itens serão organizados, bem como sua estrutura e a ordem dos procedimentos de coletas de dados; posterior a ela, inicia-se com a etapa (1) Preparar, a qual visa decidir os fatores técnicos e pessoais, auxiliando no processo de decisão sobre: onde coletar, quando coletar, quem são os responsáveis, o que deve ser preparado no dia anterior, o que será coletado, qual o objetivo da coleta e tipo de projeto, com quem será coletado e quais as configurações da captura. Prosseguindo, na etapa (2) Coletar, se propõe guiar o procedimento de coleta dos dados com o equipamento MVN *Link* (como mensurar as dimensões dos usuários, como montar o equipamento, como realizar a conexão dos cabos do MVN *Link*, como medir as distâncias dos sensores, o tempo de familiarização com o MVN *Link*, os passos de configuração do usuário no *software*, as etapas de calibração, os passos para as gravações dos vídeos, o registro das atividades, bem como sugestões e informações relevantes para a coleta). Já a etapa (3) Remover, visa auxiliar a equipe de projeto na remoção do equipamento do usuário bem como a forma de armazenamento do MVN *Link*. Por fim a etapa (4) Determinar, objetiva determinar os dados que serão analisados pela equipe.

Assim, entende-se que o protocolo de coleta de dados orienta as equipes de projeto conduzindo o levantamento de dados objetivos com os usuários por meio de quatro etapas principais: (1) Preparar, (2) Coletar, (3) Remover e (4) Determinar. Além disso, o protocolo preza pelo rigor científico e uma padronização da coleta, o que permite a replicabilidade de pesquisas, bem como o desenvolvimento de projetos mais eficientes, considerando às capacidades e limitações do usuário.

4.2.2 Fase 3/ Etapa 2 - Elaboração

Nesta etapa são apresentados os passos para a elaboração do protocolo de coleta, partindo da base teórica até sua materialização. A Etapa 2 abrangeu os seguintes passos: (1) Base teórica; (2) a Definição dos itens; (3) Organização e *layout*; (4) Sintetização e (5) Diagrama de funcionamento. A seguir serão apresentados cada um dos passos.

4.2.2.1 Passo 1- Base teórica

Os elementos levantados (Figura 31) foram agrupados mediante as etapas propostas na base conceitual da pesquisa: Apresentação; Preparar; Coletar; Remover e Determinar.

Figura 31- Organização dos elementos - base teórica e prática.

	ELEMENTOS	REFERÊNCIA
APRESENTAÇÃO	Detalhar formas de uso de protocolos	Cutti et al. (2006)
	Importância da sequência dos procedimentos	Santos (2014)
	Importância de orientar e sistematizar os procedimentos	Experiências práticas
PREPARAR	Recomendações de roupas para o usuário (justas)	Martins (2013); Gandy et al. (2014)
	Sinalizar equipamentos que podem auxiliar usuários com deficiência	Faber et al. (2016)
COLETAR	Material e equipamentos necessários para a coleta/ Objetivo e atividades que serão capturadas/ Informações preliminares da coleta/ Papel dos membros da equipe	Experiências práticas
	Largura dos pés igual largura dos ombros para a calibração	Xiong Guo (2017)
	Gravação de movimentos com sincronização de câmeras	Podmenik et al. (2017); Longui (2014); Karatsidis et al. (2016); Dangrave, Lutters (2009)
	Repetir processo calibração até indicação 'boa' ser alcançado	Karatsidis et al. (2016); Guo et al. (2013)
	Computador posicionado adjacente ao local de coleta	Gandy et al. (2014)
	Manter usuário longe de interferências eletromagnéticas	Frick (2015); Dangrave, Lutters (2009); Cutti et al. (2006)
	Sensores estarem bem fixados no corpo do usuário	Slot (2016); Dangrave, Lutters (2009)
	Dificuldades de uso, posição sensores, fixação e conexão dos cabos	Weenk et al. (2013); Salvalaio (2012)
	Diminuir campos magnéticos calibração/ calibração lenta e devagar	Faber et al. (2016); Loose; Orłowski (2015)
	Precisão do movimento depende da posição dos sensores	Salvalaio (2012); Ex-Lubeskie (2013)
	Marcas no chão o eixo das coordenadas/ Reiniciar sensores a cada nova gravação	Santos (2014)
	Diminuir tempo de captura para manter confiabilidade dos dados	Streit (2013); Frick (2015)
	Solicitar ao usuário se está confortável e pronto para a captura	Martins (2013)
	Mensurar as distâncias entre sensores/ Calibrar Npose ou Tpose/ Núcleos de ferite	Xsens (2012)
	Período de familiarização com equipamento	Longui (2014); Karatsidis et al. (2016); Gandy et al. (2014); Eckardt; Munz; Witte (2014); Jurkojc, Michnik; Czaplá (2017); Saber- Sheikh et al. (2010)
Etapas de configuração/ Identificação de segmentos por cores/ Posição dos WR-A/ Imagens ilustrativas (montagem e conexão)/ Campo para anotações dos movimentos/ Como mensurar dimensões usuário/ Solicitar movimentação do usuário antes de calibrar	Xsens (2012); Experiências práticas	
REMOVER	Detalhar etapas de remoção e armazenamento do equipamento	Experiências práticas
DETERMINAR	Detalhar as possibilidades de análises para a equipe de projeto/ Demonstrar o avatar com seus segmentos e articulações	Experiências práticas; Xsens (2012)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Estes elementos buscaram delinear as características funcionais que o protocolo deveria contemplar. Assim, trataram de forma clara e precisa os procedimentos que devem ser adotados durante a coleta de dados com os usuários, para garantir o cumprimento de sua função (obtenção de dados objetivos, precisos e confiáveis).

4.2.2.2 Passo 2- Definição dos itens

Este passo compreendeu a estruturação e agrupamento dos elementos (base teórica e experiências práticas) com base nos Blocos de Referência: Usuário (referente às informações do usuário) e Contexto (referentes às informações do ambiente de uso do equipamento, onde será realizada a coleta dos dados, compreendendo, o ambiente, as configurações de captura, os equipamentos necessários, bem como as gravações, anotações dos vídeos e as definições para análises). Assim, cada item elencado no passo anterior, foi analisado de forma isolada e, conforme similaridades e complementaridades, foram sendo agrupados. Por fim, obteve-se para cada bloco de referência a triagem dos itens (Figura 32) organizados nas etapas definidas na base conceitual.

Figura 32- Itens do protocolo com base nos Blocos de Referência.

	USUÁRIO	CONTEXTO
APRESENTAR	Apresentar que é o usuário	Apresentar o protocolo Apresentar a forma de uso Apresentar os objetivos Apresentar a estrutura
PREPARAR	Definição do usuário Configuração da captura de movimentos	Identificação da Coleta Equipe de coleta e suas funções Equipamentos e materiais necessários Tipo de projeto e objetivo da coleta Atividades que serão capturadas
COLETA	Dimensões corporais do usuário Montagem do equipamento e conexão dos cabos no usuário Medidas das distâncias dos sensores Período de familiarização Etapas de calibração com usuário	Prever espaço coleta e preparação equipamento Configuração no <i>software</i> Interferências magnéticas/ Filtros de redefinições Sincronização de câmeras de vídeos Gravação e anotações dos movimentos Marcadores e Acessórios
REMOVER	Remoção do equipamento do usuário	Formas e cuidados de armazenamento
DETERMINAR	Identificação dos segmentos e articulações	Determinar os tipos de análises que realizadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

A triagem final dos itens por Bloco de Referência (Usuário e Contexto) serviu de base para orientar e sistematizar o desenvolvimento do protocolo. A seguir será apresentado como estes itens foram organizados no protocolo.

4.2.2.3 Passo 3- Organização e *Layout*

Este passo compreendeu a materialização do protocolo de coleta, ou seja, a organização dos conteúdos dentro de espaços predefinidos. A diagramação partiu da definição do formato para organizar os conteúdos do protocolo. O formato definido foi o A5 (148 x 210mm), com orientação retrato, para impressão formato de livreto (frente e verso). Esta impressão permite a utilização do protocolo em formato de livro, facilitando a disposição dos conteúdos e principalmente o uso e manuseio durante a realização das coletas. Após a definição do formato, os itens foram sendo materializado nas quatro etapas da base conceitual, utilizando de quadros em cinza e branco alternadamente para compor as informações. Ainda, todas as informações foram organizadas nos Blocos de Referência Usuário (representado pela cor amarela) e Contexto (representado pela cor verde). Cada etapa foi identificada pelo seu número: Preparar (1), Coletar (2), Remover (3) e Determinar (4), seguidas de uma breve explicação sobre a etapa. Os passos também seguiram as numerações, de forma a manter o direcionamento da coleta de dados. Observações e informações importantes foram destacadas com duas linhas paralelas na cor amarela (informações do usuário) e verde (informações do contexto). Também, foram utilizados elementos gráficos da *Freepik*, distribuídos por *Flaticon*, para indicar os itens, bem como facilitar o entendimento dos conteúdos, pela equipe de projeto.

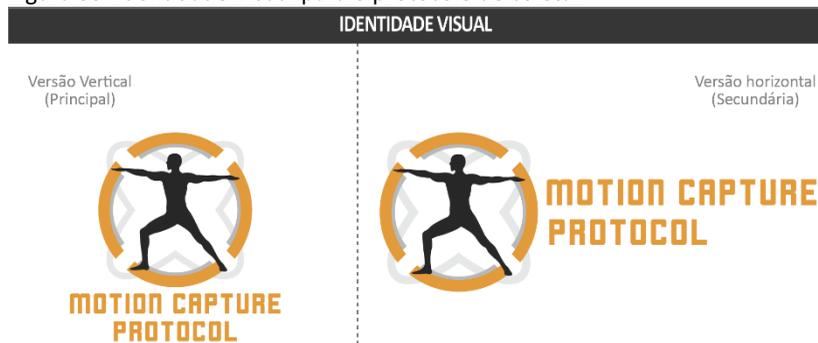
Além disso, foram utilizadas fotografias profissionais para compor o *layout* e a organização das informações. Estas fotografias foram realizadas no dia 11 de julho de 2018, no Laboratório de Fotografia da UFSC. Para isso, contou-se com o auxílio do professor de fotografia e doutorando pertencente ao NGD-LDU/UFSC e da modelo (bolsista de graduação). Estas fotografias foram tratadas no *software Photoshop* versão 2016, e serviram para exemplificar as formas de uso dos procedimentos de coletas (facilitando a identificação), principalmente

referente a montagem do equipamento, as medições das distâncias dos sensores, as etapas de calibração e remoção do equipamento. Ainda, foram úteis para exemplificar as organizações do contexto e equipamentos auxiliares, a citar: *notebook*, *Wireless Receiver*, adaptador de USB, *CmStick* (pen drive do *software* MVN) e núcleos de ferrite.

Para a Apresentação do protocolo, que teve o intuito de exemplificar e facilitar a compreensão da equipe de projeto quanto ao seu uso, apresentando sua estrutura, seus objetivos, quando e como utilizar, e a forma como os itens foram organizados para conduzir o levantamento de dados com os usuários, foi utilizado a mesma padronização, com quadros em tons de cinza e branco, ícones e as cores amarela (Usuário) e verde (Contexto). Finalizada a versão, o protocolo alcançou um total de oito páginas A4, totalizando 32 páginas no formato A5 (frente e verso).

Ao final deste procedimento, foi atribuído um nome ao protocolo, visando remeter o seu objetivo principal de orientar as equipes no levantamento de dados provenientes da captura de movimentos para o desenvolvimento de projetos. Assim, foi nomeado como *Motion Capture Protocol*. A opção pela nomenclatura na língua inglesa, visa sua universalidade e disseminação. A partir disso, foi desenvolvida uma identidade visual (Figura 33), para identificá-lo.

Figura 33- Identidade Visual para o protocolo de coleta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2.4 Passo 4- Sintetização

Este passo visou a diagramação do protocolo em uma versão suprimida, a qual, aborda somente os itens que necessitam ser

preenchidos durante o levantamento de dados dos usuários com a captura de movimentos, como também as observações e lembretes necessários durante a realização da coleta de dados.

A versão sintetizada segue a mesma diagramação para organizar os conteúdos, com formato A5 (148 x 210mm), orientação retrato, para impressão formato de livreto (frente e verso). Esta versão não aborda a apresentação do protocolo, iniciando com a identificação da coleta e etapa (1) Preparar. Dessa forma, os itens foram sendo materializados nas quatro etapas da base conceitual, utilizando-se de quadros em cinza e branco alternadamente para compor as informações, bem como um sistema de *Checklist* para guiar e orientar os procedimentos que necessitam ser seguidos durante o processo de coleta dos dados. De igual forma, todas as informações foram organizadas nos Blocos de Referência Usuário (representado pela cor amarela) e Contexto (representado pela cor verde). Cada etapa foi identificada pelo seu número e as informações e observações foram distribuídas ao longo do *layout* em formato de *Checklist*. Também, foram utilizados elementos gráficos da *Freepik*, distribuídos por *Flaticon*, para indicar os itens, bem como facilitar o entendimento dos conteúdos, pela equipe de projeto.

Finalizada a versão sintetizada (APÊNDICE K), obteve-se um total de duas páginas A4, totalizando 8 páginas no formato A5 (frente e verso). Este material pode ser impresso e orientar os procedimentos de coleta de dados. Dessa forma, a versão completa do protocolo pode ser utilizada concomitante em meio digital, para facilitar a compreensão dos procedimentos de coleta, sanar as dúvidas e questionamentos que possam ocorrer durante todo o procedimento, além de dinamizar e favorecer o trabalho em equipe. Todavia, vale ressaltar, que fica a critério do pesquisador a escolha do material para impressão.

4.2.2.5 Passo 5- Diagrama de funcionamento

Esta etapa compreendeu a estruturação de um diagrama de funcionamento do protocolo. Dessa forma, a figura 34 apresenta o processo de uso do protocolo para o levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos com os usuários, por meio do equipamento de captura de movimentos MVN *Link Biomech*.

Figura 34- Processo de uso do *Motion Capture Protocol*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Etapa 1- Preparar:** momento em que a equipe deve se reunir previamente a coleta de dados com os usuários para realizar a identificação da coleta (local e ambiente da coleta, data e horário, e quem são os responsáveis por cada tarefa), além disso, separar e organizar todos os equipamentos e materiais que serão necessários para realizar a coleta. Ainda nesta etapa a equipe precisa decidir sobre os Fatores Técnicos (tipo de projeto, objetivo da coleta, e as atividades que serão capturadas), bem como os Fatores Pessoais

(definição do usuário de coleta e quais as configurações da captura de movimentos). Esta etapa deve ser realizada preferencialmente 24 horas antes da efetiva realização da coleta.

- **Etapa 2- Coletar:** momento em que a equipe realiza a coleta de dados com o usuário. Esta etapa visa orientar todos os procedimentos de coleta de dados com o equipamento *MVN Link*. Dessa forma, inicia com a solicitação da assinatura dos termos (TCLE e TCIV) do usuário. Posteriormente, a equipe organiza um espaço amplo próximo ao local da coleta para realizar os procedimentos descritos no protocolo: dimensões do usuário; a montagem do equipamento; conexão dos cabos; medir as distâncias entre os sensores; familiarizar o usuário de coleta com o equipamento; configurar o usuário no *software*; calibração do equipamento; gravação dos vídeos e registros das atividades. Salienta-se que para todos esses passos, o protocolo apresenta sugestões e informações relevantes para sua efetiva realização.
- **Etapa 3- Remover:** momento em que a equipe finaliza a coleta de dados com os usuários. Nesta etapa, desligam-se as baterias, e remove-se o equipamento do usuário. Assim, o protocolo orienta o processo de remoção do equipamento, bem como a forma de armazenamento do *MVN Link*.
- **Etapa 4- Determinar:** momento em que a equipe se reúne e determina quais segmentos e articulações serão analisados pela equipe em cada atividade capturada na etapa 2. Ainda nesta etapa é definido o tipo de análise destes segmentos e articulações selecionados, conforme as orientações presentes no protocolo.

4.2.3 Fase 3/ Etapa 3 - Aplicação e Avaliação

Durante o desenvolvimento do *Motion Capture Protocol* foi realizado uma coleta de dados (aplicação e avaliação do protocolo) com base em um questionário estruturado e teste de clareza. A finalidade desta etapa foi avaliar a estrutura, a redação e a sistemática dos procedimentos de coleta de dados com usuário, proposto no protocolo, a fim de corrigir e melhorar a compreensão de seu funcionamento. Para tanto, inicialmente como mencionado nos procedimentos metodológicos foi realizado o teste piloto, o qual será apresentado no item a seguir.

4.2.3.1 Passo 1- Teste Piloto

O teste piloto foi realizado no dia 19 de novembro de 2018, que teve por objetivo verificar a eficácia dos procedimentos planejados para a coleta dos dados (Termos- TCLE e TCVI; Questionário Estruturado, Protocolo *Motion Capture Protocol*, Execução da Atividade Proposta, Teste de Clareza e Organização da Sala). O teste foi realizado na sala 125 do Centro de Expressão Gráfica da UFSC, e contou com a participação de duas alunas bolsistas de pós-graduação, nível de mestrado, conforme apresentado na figura 35 (uma participante e outra usuária de coleta). O tempo médio de realização do teste piloto foi de 1 hora e 30 minutos. Durante sua realização, não foi explicado o funcionamento do protocolo para a participante. Dessa forma, apenas foi relatado o objetivo do teste (verificar a eficácia dos procedimentos adotados para a coleta).

Figura 35- Realização do teste piloto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O teste piloto foi iniciado às 09h:00min com a explicação dos procedimentos da coleta, a assinatura dos termos (TCLE e TCVI) e o preenchimento do questionário estruturado sobre o participante e a captura de movimentos. Posteriormente a participante realizou a leitura individual do *Motion Capture Protocol*, para sua familiarização com o

protocolo antes de realizar a coleta de dados. Após a familiarização a participante iniciou a coleta de dados com o equipamento MVN *Link*. Ao finalizar a coleta a participante respondeu ao teste de clareza (percepção de uso do protocolo).

Durante a realização da coleta de dados, a participante seguiu a sequência indicada, porém realizou uma leitura dinâmica do protocolo, diminuindo a eficácia do seu uso durante a realização dos procedimentos de coleta com o equipamento MVN *Link*. Ainda, a participante ficou em dúvida no início da coleta, visto que, a Etapa 1-Preparar, não estava previamente preenchida no *Motion Capture Protocol*. Esta etapa foi explicada verbalmente no início do teste piloto. Além disso, foi possível perceber certa dificuldade por parte da participante em realizar a coleta dos dados sozinha, ou seja, sem contar com auxílio de uma equipe de projeto, principalmente em situações que requerem mais atenção durante a coleta, a citar: dimensões do usuário, montagem do equipamento, mensuração das medidas dos sensores, dentre outras).

Como aspecto positivo do procedimento, ressalta-se que a atividade sugerida (redesign de uma cadeira escolar) foi suficiente para realizar a avaliação do protocolo, bem como o questionário estruturado e o teste de clareza. Assim, os ajustes adotados para a coleta de dados real foram:

- Inclusão da Etapa 1- PREPARAR- previamente preenchida no *Motion Capture Protocol*;
- Modificação da dinâmica de coleta, com inclusão de solicitar ao participante a leitura em voz alta do protocolo durante a realização dos procedimentos (ler cada etapa em voz alta e executá-la de acordo com as orientações do protocolo), em vez de le-lô isoladamente. Ainda foi acrescentado que durante a coleta os participantes poderiam esclarecer dúvidas sobre a utilização do protocolo e;
- Inclusão de um suporte (pessoa) para auxiliar na coleta dos dados (que apenas auxiliará o participante mediante suas orientações, oriundas do protocolo *Motion Capture Protocol*).

No entanto, vale ressaltar, que para a coleta real não foi implementado nenhuma alteração ou ajuste no protocolo *Motion Capture*, após o teste piloto.

4.2.3.2 Passo 2- Aplicação do Protocolo

A aplicação do *Motion Capture Protocol* foi realizada no dia 21 de novembro de 2018, na sala 204 do Centro de Expressão Gráfica da UFSC. A usuária de coleta foi uma aluna bolsista de graduação em Design, pertencente ao NGD-LDU/UFSC. Participaram dessa coleta de dados:

- 1 graduanda em Design (ênfase em Produto) da UFSC. Atualmente atua no desenvolvimento de produtos assistivos por meio da digitalização e materialização 3D;
- 1 mestranda em Design (POSDESIGN/UFSC), Bacharel em Design com sanduíche em *Parsons The New School* (EUA). Atualmente pesquisa Fatores Humanos e Conforto no desenvolvimento de calçados e;
- 1 doutorando em Design (POSDESIGN/UFSC), Mestre em Fatores Humanos pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), com formação em Design Industrial.

Assim, como no teste piloto, antes da coleta de dados, a sala de aula foi preparada, com a organização dos materiais e instrumentos de coleta. Na sequência o participante foi esclarecido sobre os termos da pesquisa e solicitada a assinatura de consentimento nos mesmos. Posteriormente respondeu o questionário estruturado e iniciou os procedimentos de levantamento de dados com o equipamento de captura de movimentos MVN *Link*, utilizando como orientação o *Motion Capture Protocol*. Mediante as mudanças realizadas a partir do teste piloto, neste momento, o participante realizava a leitura de cada etapa do *Motion Capture Protocol*, em voz alta, e executava-a posteriormente. A sequência seguiu a ordem dos procedimentos proposto no protocolo:

- **Etapa 1 – Preparar:** realizou a leitura das informações previamente preenchidas pelo pesquisador;
- **Etapa 2 – Coletar:** realizou o levantamento de dados com a usuária, utilizando o equipamento MVN *Link*, seguindo os passos: mensurar, montar, conectar, medir, familiarizar, configurar, calibrar, gravar e registrar, orientando-se somente pelo *Motion Capture Protocol*.
- **Etapa 3 – Remover:** removeu o equipamento MVN *Link* da usuária e realizou seu armazenamento.
- **Etapa 4 – Determinar:** determinou os segmentos e articulações que seriam analisados.

Ao finalizar o levantamento de dados com os usuários, os participantes responderam ao teste de clareza. Na figura 36, tem-se o registro da aplicação do protocolo com os três participantes.

Figura 36- Aplicação do protocolo *Motion Capture Protocol*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, cabe ressaltar que o tempo total de realização das coletas, variou entre 1 hora e 30 minutos a 2 horas. Ao final da coleta, os dados (questionário estruturado e teste de clareza) foram analisados e serão apresentados na próxima seção.

4.2.3.3 Passo 3- Avaliação do Protocolo

A avaliação do *Motion Capture Protocol*, compreendeu a análise dos dados, considerando os resultados referente a três participantes. Em relação aos resultados do questionário estruturado, referente a primeira parte- Dados sobre o participante- é possível declarar: dois (2) participantes eram do sexo feminino e um (1) do sexo masculino. Em relação a faixa etária, a amostra foi composta por jovens adultos com idade de 22, 24 e 30 anos. Referente a formação, um participante está cursando a graduação e possui bolsa de Iniciação Tecnológica no NGD-LDU/UFSC, outro cursa o mestrado e um o doutorado, todos em Design.

Quanto aos dados referentes à segunda parte do questionário – Dados sobre experiências prévias do participante com a captura de movimentos- foi declarado: dois participantes declararam ter tido algum contato com o equipamento (um relatou ter visto o equipamento sendo utilizado em uma coleta de dados e outro declarou ter visto o seu funcionamento), no entanto ambos declararam nunca ter utilizado o equipamento *MVN Link*. Um participante declarou que nunca teve contato com o equipamento. Nenhum dos participantes declarou ter recebido alguma instrução para a coleta de dados com o equipamento de captura de movimentos *MVN Link*. Em relação as maiores dificuldades que os participantes consideram para realizar a coleta de dados com a captura de movimentos, destacam-se: realizar as dimensões dos usuários, montar o equipamento, posicionamento dos sensores, calibrar o equipamento, configurar o usuário no *software* e compreender a sequência correta dos procedimentos de coleta.

No que tange os resultados do teste de clareza, de modo geral, os participantes se declararam satisfeitos. Com relação a APRESENTAÇÃO, que compreende a apresentação do protocolo de coleta, seus objetivos, quando e como utilizar, o modo como os itens foram organizados, sua estrutura e procedimentos de coletas, todos os participantes declararam que possui linguagem clara e de fácil compreensão, permite a compreensão dos objetivos e auxiliou na compreensão da organização

dos conteúdos. Em relação as informações suficientes para sua utilização foram parcialmente satisfatórias. Assim, foi sugerido uma explicação prévia sobre as partes do corpo (anatomia) para auxiliar na compreensão dos pontos anatômicos. Como sugestão, dois participantes declararam que poderia ser alterado a forma da diagramação do *layout* do conteúdo do protocolo, facilitando a leitura das informações.

Em relação a Etapa 1- PREPARAR, que apresenta um *checklist* dos materiais e equipamentos que serão necessários para realizar a coleta, bem como dados sobre os Fatores Técnicos (sobre o projeto, objetivo da coleta e atividades que serão capturadas) e sobre os Fatores Pessoais (definição do usuário e configuração da captura de movimentos) os participantes a consideraram satisfatória, sendo de fácil compreensão e bem explicativa, a qual facilitou a organização dos materiais e equipamentos. Em relação aos campos para preenchimento os participantes relataram ser suficientes. Não foram relatadas alterações para essa etapa, sendo declarado pelos participantes que foi possível compreender todos os passos.

Na etapa 2- COLETAR, que compreende todos os procedimentos que devem ser realizados para o levantamento de dados com o usuário, apresentou dois pontos parcialmente satisfatórios, a citar: medir as distâncias dos sensores e os passos de calibração. Nesse sentido a maior dificuldade encontrada em medir as distâncias dos sensores, ou mesmo as dimensões corporais, está relacionada com a identificação dos pontos anatômicos no corpo humano. Já em relação a calibração, a dificuldade foi relacionada com a digitação equivocada de um termo (*calibration* ao invés de *calibrate*), o que gerou dúvida ao participante da coleta. Ainda como sugestão para este passo, um dos participantes, comentou sobre a possibilidade de alterar a representação dos níveis de qualidade de calibração (indicados por círculos no protocolo), e poderiam ser indicados por quadrados, como o próprio *software* apresenta.

Cabe ressaltar que os participantes relataram que as fotos e ilustrações ajudaram na montagem do equipamento e uso do *software*, bem como as cores de identificação dos lados do corpo humano auxiliaram na assimilação das partes do usuário, e conexão correta dos cabos. Como sugestão, dois participantes relataram que poderia ter vista explodida no passo 2.1- Mensurar, nas medidas: altura do quadril e altura do joelho. No passo 2.2 Passos de montagem-, foi sugerido acrescentar a informação de que a posição dos cabos não interfere na

captura dos movimentos. Já para o passo 8 da montagem do equipamento, foi sugerido alterar o termo - altura média da panturrilha pelo termo- meio da panturrilha, e no passo 12, indicar que deve ser posicionado a bateria esquerda e direita.

Em relação ao passo 2.6 Configurar- foi identificado a necessidade de acrescentar uma observação para ligar as baterias antes de iniciar o processo de configuração do usuário no *software*. De modo geral, na visão dos participantes essa Etapa 2- COLETAR orientou os procedimentos de coleta, auxiliando na montagem, conexão dos cabos, processo de gravação dos vídeos e registros de informações. Ainda foi relatado que os campos para preenchimento destinados no protocolo foram suficientes.

Com relação a Etapa 3- REMOVE, a qual compreende os passos de remoção do equipamento MVN Link, bem como sua forma de armazenamento, foi satisfatória para os participantes, e não foi relatada nenhuma alteração. Já em relação a etapa 4- DEFINIR, que compreende um checklist detalhado sobre os segmentos e articulações que podem ser analisados pela equipe de projeto, foi declarado que esta etapa facilitou a compreensão dos segmentos e orientou a sua seleção. Os campos de preenchimento foram satisfatórios e bem organizados. Dessa forma, não foram recomendadas alterações.

Por fim, com relação as questões referentes a percepção de uso geral do *Motion Capture Protocol* os participantes declararam satisfação. Todos os participantes relataram ser um guia prático, de forma fácil e ágil, que auxilia na sistematização e organização das etapas de coleta de dados biomecânicos e cinemáticos dos usuários. Ainda todos declararam que o protocolo auxiliou na tomada de decisão e utilizariam este protocolo para as coletas de dados com o equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*. Abaixo seguem alguns comentários e opiniões na íntegra, que foram relatados nas questões abertas:

“O protocolo me guiou em todos os passos, sendo que no final eu pude compreender de forma satisfatória o funcionamento do equipamento. ”
(PARTICIPANTE 2, 2018).

“ As fotos e ilustrações ajudaram na montagem do equipamento e uso do *software*. As cores de identificação das partes e lados do corpo também

ajudaram na visualização da conexão correta dos cabos.” (PARTICIPANTE 2, 2018).

“Todas as informações necessárias estão ali, bem explicadinhas.” (PARTICIPANTE 1, 2018).

“O protocolo no geral é bastante prático e didático.” (PARTICIPANTE 3, 2018).

4.2.3 Fase 3/ Etapa 4 - Aprimoramento

Esta etapa compreendeu os ajustes que foram implementados no protocolo após a etapa de aplicação e avaliação. Assim, os ajustes implementados no *Motion Capture Protocol* foram:

- Reestruturação do *layout* do Conteúdo, da Apresentação do protocolo;
- Criação de um marcador de páginas com um mapa corporal (esqueleto da anatomia humana, o qual tem por objetivo auxiliar a equipe na identificação dos pontos anatômicos durante a realização das dimensões corporais do usuário, montagem do equipamento e medições dos sensores;
- Criação de ícone representativo para o marcador de página, a fim de sinalizar e indicar sua utilização nas etapas do protocolo;
- Troca do termo *Calibration* por *Calibrate* na etapa 2.7;
- Alteração da representação gráfica dos níveis de qualidade de calibração (de círculo para quadrado);
- Inserção da vista explodida no passo 2.1 Mensurar nas medidas (altura do quadril e altura do joelho);
- Inserção da informação: a posição dos cabos não interfere na captura dos movimentos, na etapa 2.2- Montar Equipamento MVN *Link*;
- Alteração do termo - altura média da panturrilha por meio da panturrilha, no passo 8, da montagem do MVN;
- Inserção da informação: posicionar a bateria esquerda e direita, no passo 12 da montagem do MVN;

- Inserção da informação: ligar as baterias antes de iniciar o processo de configuração do usuário no *software*, no passo 2.6 Configurar.

A partir dos ajustes identificados no teste de clareza, foi gerada a versão final do *Motion Capture Protocolo* (APÊNDICE J), a qual é apresentada e tem sua sistemática de uso explicada a seguir no próximo capítulo Apresentação do Protocolo (Fase 4).

5 APRESENTAÇÃO DO PROTOCOLO

Este capítulo apresenta a Fase 4 da pesquisa - Apresentação do *Motion Capture Protocol* em sua versão final, abrangendo as partes que o compõe (conteúdo e estrutura) e forma de utilização. Dessa forma é apresentado com base na sua Apresentação, seguida das etapas: Preparar, Coletar, Remover e Determinar. Ao final é apresentado a versão sintetizada do *Motion Capture Protocol*.

5.1 MOTION CAPTURE PROTOCOL

O *Motion Capture Protocol* compreende um conjunto de orientações e diretrizes, que visam guiar as equipes de projeto no levantamento de dados precisos e confiáveis provenientes da captura de movimentos por sensores inerciais para o desenvolvimento de projetos. É um guia simples e prático, que sistematiza e orienta equipes de projetos no tocante ao levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos com os usuários, a fim de dinamizar o trabalho em equipe, contribuindo para o aumento da confiabilidade dos dados coletados, agilidade na coleta e replicabilidade das pesquisas científicas.

Dessa forma, o protocolo de coleta possui como objetivos:

- Guiar a operacionalização dos procedimentos de coleta de dados, garantindo maior precisão e confiabilidade dos dados coletados;
- Auxiliar na Gestão do processo de coleta de dados (procedimentos; forma de configurações; representações gráficas; imagens ilustrativas);
- Contribuir para a replicabilidade de pesquisas científicas.

Mediante seus objetivos, o *Motion Capture Protocol*, foi estruturado com uma apresentação inicial, seguido de quatro etapas:

- **Apresentação:** apresenta o protocolo de coleta, seus objetivos, quando e como utilizar, a forma como os itens foram organizados para conduzir o levantamento objetivo dos dados biomecânicos e cinemáticos com os usuários, bem como a estrutura do seu conteúdo e a ordem dos procedimentos de coleta;

- **Etapa 1- Preparar:** apresenta as informações gerais da coleta de dados (identificação da coleta); um checklist dos materiais e equipamentos que serão necessários para realizar a coleta; os fatores técnicos, relacionados aos dados do projeto, objetivos e atividades que serão capturadas e; por fim apresenta os fatores pessoais, ou seja, a definição do usuário e configurações da captura de movimentos;
- **Etapa 2- Coletar:** apresenta detalhadamente todos os procedimentos que devem ser contemplados para a coleta de dados com o usuário, abordando: a mensuração das dimensões corporais; os passos de montagem do equipamento; conexão dos cabos; medidas das distâncias dos sensores; familiarização do usuário com o MVN *Link*; passos de configuração do usuário no *software*; etapas de calibração; passos de gravações dos vídeos e; fichas para registros das atividades realizadas durante as gravações;
- **Etapa 3- Remover:** apresenta os passos de remoção do equipamento MVN *Link*, bem como sua forma de armazenamento.
- **Etapa 4- Definir:** apresenta um *checklist* detalhado sobre os segmentos e articulações que poderão ser analisados pela equipe de projeto, bem como o tipo de análise desses segmentos e articulações selecionados.

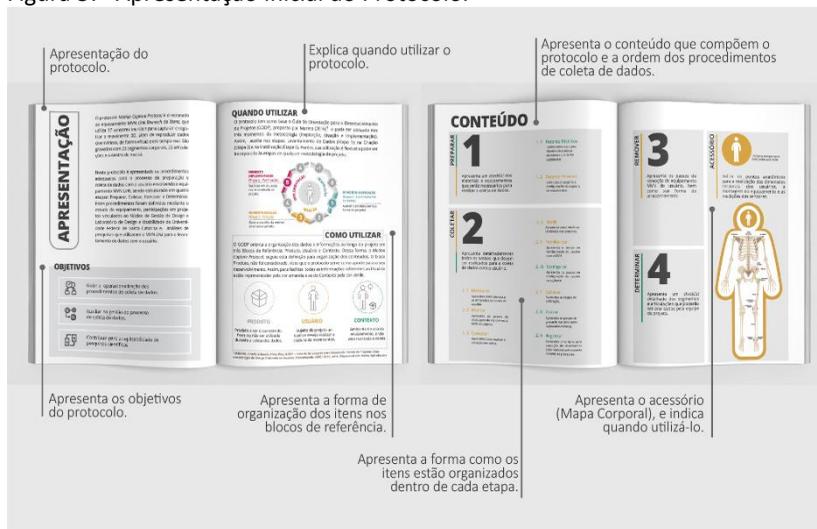
Vale ressaltar, que todas as informações supracitadas foram organizadas nos Blocos de Referência, Usuário e Contexto (MERINO, 2016), sendo identificadas por cores, amarela e verde respectivamente. Na sequência, será apresentado o protocolo desenvolvido.

5.1.1 Apresentação

Esta Apresentação (Figura 37) está organizada de maneira que os membros da equipe consigam, de forma ágil, clara e objetiva compreender as partes que compõem o *Motion Capture Protocol*, a

forma em que os itens foram organizados para conduzir o levantamento objetivo com os usuários, bem como a ordem dos procedimentos de coletas de dados com os usuários. Dessa forma, visa auxiliar a equipe de projeto na compreensão de sua funcionalidade e seu funcionamento.

Figura 37- Apresentação Inicial do Protocolo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 37, são apresentadas as especificações do protocolo de coleta, o qual inicia com a apresentação do protocolo, seus objetivos, e sua contribuição para as pesquisas científicas. Após é apresentado quando e como utilizar, bem como a forma que guiou a organização dos itens que compõem seus procedimentos - divisão nos Blocos de Referência: Produto-Usuário-Contexto (MERINO, 2016). Por último é apresentado o conteúdo, a ordem dos procedimentos de coleta, Preparar (1), Coletar (2), Remover (3) e, Determinar (4) e a forma com que os itens foram organizados dentro de cada etapa. Ao final, é apresentado o Acessório (Mapa Corporal) que auxilia a equipe de projeto com a identificação dos pontos anatômicos para realizar as dimensões corporais do usuário, montagem do equipamento e medições dos sensores. Finalizado o entendimento de sua funcionalidade e seu funcionamento, a equipe de projeto pode iniciar a primeira etapa (Preparar), a qual é apresentada no ítem a seguir.

Posteriormente, a equipe precisa separar e organizar todos os equipamentos e materiais necessários para a coleta de dados com os usuários. Para isso, o protocolo propõe um *checklist* ao lado da etapa 1 preparar, evitando esquecer algum item que possa acarretar em atrasos e contratempos durante a coleta de dados. Além disso, o protocolo, sugere recarregar um dia antes os quatro jogos de bateria do equipamento MVN Link.

No passo **1.1- Fatores Técnicos**, se sugere estabelecer o tipo de projeto, o objetivo da coleta e as atividades a serem capturadas:

- Tipo de projeto: identificação do tipo de projeto a ser desenvolvido, assinalando 'Avaliação Ergonômica' para projetos que realizam uma análise ergonômica do trabalho (AET), 'Correção' para projetos de redesenho, 'Concepção, quando se objetiva o desenvolvimento de um novo produto; 'Adaptação' para projetos de melhoria ou adaptação de um produto existente a uma necessidade específica; ou 'Outro' para diferentes tipos de projetos.
- Objetivo da coleta: especificar o objetivo geral da coleta de dados biomecânicos e cinemáticos, com o equipamento de captura de movimentos, ou seja, identificar qual a finalidade da coleta de dados com os usuários.
- Atividades capturadas: detalhar quais atividades (reais) ou tarefas (prescritas) serão capturadas com o equipamento de captura de movimentos, para facilitar a coleta e guiar a equipe na captura de todas as atividades.

Por fim, no passo **1.2- Fatores Pessoais**, se sugere definir o usuário e as configurações da captura de movimentos. No que tange ao usuário:

- Usuário (ID): identificação do usuário que será realizado o levantamento de dados com a captura de movimentos.
- Dados demográficos: dados como idade, e sexo do usuário do levantamento de dados com a captura de movimentos;
- Status do usuário: identificação das condições de independência – quando o usuário é capaz de se movimentar sozinho – ou de

dependência/semidependência – quando o usuário não é capaz de se movimentar sozinho, sendo necessário auxiliar durante a coleta de dados.

Já em relação as configurações da captura de movimentos, o protocolo sugere definir qual será o tipo de captura de movimentos selecionando umas das opções:

- Corpo todo: se serão capturados os movimentos do corpo todo do usuário;
- Corpo todo sem esterno: se serão capturados os movimentos do corpo todo do usuário apenas sem o esterno (osso longo e achatado, situado na parte vertebral do tórax – peito)
- Corpo todo sem as mãos: se serão capturados os movimentos do corpo todo do usuário apenas sem as mãos.
- Corpo todo sem esterno e sem as mãos: se serão capturados os movimentos do corpo todo do usuário sem o esterno (osso longo e achatado, situado na parte vertebral do tórax – peito) e sem as mãos.
- Parte inferior do corpo: se serão capturados apenas os movimentos da parte inferior do corpo (pernas e pés).
- Parte superior do corpo: se serão capturados apenas os movimentos da parte superior do corpo (desconsiderando os movimentos das pernas e pés).
- Parte superior do corpo sem o esterno: se serão capturados os movimentos da parte superior do corpo (desconsiderando os movimentos do esterno, das pernas e dos pés).
- Parte superior do corpo sem as mãos: se serão capturados os movimentos da parte superior do corpo (desconsiderando os movimentos das mãos, das pernas e dos pés).
- Parte superior do corpo sem o esterno e sem as mãos: se serão capturados os movimentos da parte superior do corpo (desconsiderando os movimentos do esterno, das mãos, das pernas e dos pés).

Concluindo o preenchimento desta etapa (1) Preparar, a equipe segue para a etapa 2 – Coletar, a qual será apresentada no item a seguir.

5.1.3 Etapa 2- Coletar

A etapa 2- Coletar, tem como objetivo apresentar todos os passos que devem ser realizados para a coleta de dados com o usuário. Para tanto recomenda-se prever um espaço amplo próximo ao local da coleta para realizar as dimensões do usuário, a montagem e a calibração do equipamento. Destaca-se que nesse momento se sugere a equipe solicitar ao usuário a assinatura dos Termos de Consentimento Livre Esclarecido e de Uso de Voz e Imagem. Assim, o protocolo apresenta um *Cheklis*t no canto superior direito para não esquecer desse procedimento.

Concluído esses procedimentos, se inicia o passo **2.1- Mensurar** (Figura 39), destinado a mensuração das dimensões corporais do usuário, que são exigidas pelo equipamento. Sugere-se utilizar uma fita métrica para realizar estas medidas com rigor, pois são importantes para a captura precisa dos movimentos. Assim, para cada uma das medidas, é apresentado sua descrição associada a uma foto ilustrativa, para exemplificar como mensurar cada uma das dimensões solicitadas. Ainda a equipe pode anotar estas medidas, no campo destinado ‘Medidas’, que fica ao lado da referida dimensão corporal, para posterior preenchimento no *software* do equipamento. Quanto as medidas são elas:

- Altura do corpo (*Body height*): Altura do chão até o topo da cabeça (sem calçado);
- Tamanho do pé (*Foot size*): tamanho da ponta do calçado até o final do calcanhar;
- Envergadura (*Arm span*): Largura de ponta a ponta dos dedos direitos até os dedos esquerdos em T-pose;
- Altura do tornozelo (*Ankle height*): altura do chão até o maléolo lateral (osso mais proeminente do tornozelo). Realizar essa medida com calçado;
- Altura do quadril (*Hip height*): Altura do chão até o trocânter maior (osso mais proeminente da lateral do quadril);
- Largura do quadril (*Hip Width*): Largura do corpo na altura do umbigo;
- Altura do Joelho (*Knee height*): altura do chão até o epicôndilo lateral (osso mais proeminente da base do fêmur);

- Largura do ombro (*Shoulder width*): Largura de ponta a ponta do acrômio direito até o esquerdo (ossos do ombro);
- Altura da sola do sapato (*Shoe sole height*): Altura da sola dos calçados.

Após a mensuração das dimensões corporais do usuário, se recomenda a montagem do equipamento passo **2.2- Montar Equipamento**, conforme pode ser observado na figura 39.

Figura 39- Etapa 2- Coletar – Passos 2.1 Mensurar e 2.2 Montar.

Indica como mensurar as dimensões corporais do usuário.

Checklist dos termos TCLE e TCVI.

Orienta os passos de montagem de acordo com a configuração da captura.

Ícone indicando uso do mapa corporal.

Anote as medidas nestes campos.

Informa como o MVN está organizado e sugere a melhor forma de seu manuseio.

Orienta a posição correta de cada sensor.

2 COLETAR

2.1 MENSURAR

2.2 MONTAR EQUIPAMENTO MVN

PASSOS DE MONTAGEM

Passo 1: Preparar o equipamento.

Passo 2: Montar o equipamento no usuário.

Passo 3: Verificar a posição dos sensores.

Passo 4: Ajustar o equipamento.

Passo 5: Finalizar a montagem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste passo, conforme pode ser observado na figura 39, o protocolo sugere a montagem do equipamento por duas pessoas, e informa como o equipamento MVN *Link* esta organizado na mala (em compartimentos de tecidos identificados por cores e segmentos corporais, a citar: braço direito- vermelho; braço esquerdo- amarelo; perna direita –azul; perna esquerda – verde; colete, cinto e faixa da cabeça- alaranjado; sensores e cabos extras- rosa) para facilitar o procedimento de montagem. Além disso, sugere o manuseio dos sensores sobre uma superfície macia ou mesmo um colchonete, evitando um manuseio violento, que pode alterar permanentemente as propriedades dos sensores de movimento físico, tornando o dispositivo impreciso. Ainda o protocolo informa sobre a orientação dos sensores

nos segmentos corporais (sempre verificar na etiqueta- ao lado do sensor- a sua orientação). Dessa forma, deve sempre posicionar a seta (para cima) em todos os segmentos, com exceção o sensor do esterno (peito) que é para baixo. Ainda, verificar a simetria e alinhamento, bem como reforçar a montagem (com fita firmemente amarrada) quando utilizado para realização de movimentos extremos (para evitar a movimentação dos sensores durante a atividade/tarefa).

Por fim, são orientados também, os passos de montagem do equipamento *MVN Link*, de acordo com a configuração da captura de movimentos definida no passo 1.2 – Fatores Pessoais, assim para o corpo todo (realiza a montagem de todos os passos); para a parte Inferior do corpo (realiza a montagem dos passos 7 à 12) e; para a parte superior do corpo (realiza a montagem dos passos 1 à 6, 11 e 12). Vale salientar que o protocolo apresenta detalhadamente todos os passos de montagem com o equipamento, orientando a posição correta dos sensores inercias em cada segmento corporal. Em todos os passos, estão descritos a forma de colocação dos sensores, bem como apresenta uma foto ilustrativa para melhor compreensão e identificação da posição dos sensores, de acordo com os pontos anatômicos do usuário.

Finalizada a montagem do equipamento, se realiza o passo **2.3- Conectar** (Figura 40), que tem por objetivo realizar a conexão dos cabos. Dessa forma, todos os cabos do equipamento foram identificados por cores conforme seus segmentos, mencionado na experiência prática – estudo Laboratorial no NGD-LDU/UFSC. Para realizar esse procedimento, o protocolo sugere se orientar pela direita e esquerda do usuário, para conectar as cinco etapas a seguir:

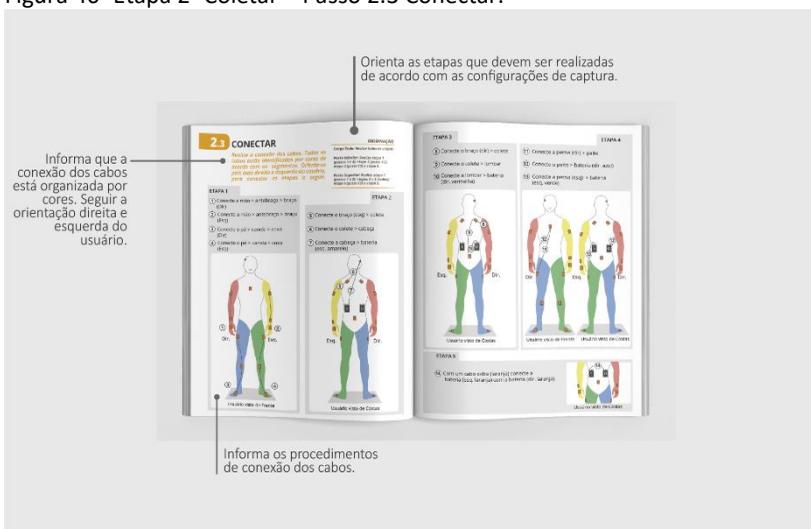
- Etapa 1: Conecte a mão, antebraço e braço direito (vermelho); Conecte a mão, antebraço e braço esquerdo (amarelo); Conecte o pé, canela e coxa direita (azul); Conecte o pé, canela e coxa esquerda (verde).
- Etapa 2: Conecte o braço esquerdo (amarelo) com o colete lado esquerdo (amarelo); Conecte o colete lado esquerdo (amarelo) com a faixa da cabeça (amarela); Conecte o cabo da faixa da cabeça (amarelo) com a bateria esquerda (amarela).
- Etapa 3: Conecte o braço direito (vermelho) com o colete lado direito (vermelho); Conecte o colete

(vermelho) com a lombar (vermelho); Conecte a lombar (vermelha) na bateria direita (vermelha).

- Etapa 4: Conecte a coxa direita (azul) com o sensor do esterno /peito (azul); Conecte o sensor do esterno/peito (azul) a bateria direita (azul); Conecte a coxa esquerda (verde) com a bateria esquerda (verde).
- Etapa 5: Com um cabo extra (laranja) conecte a bateria esquerda (laranja) com a bateria direita (laranja).

Vale salientar que além da explicação de como realizar a conexão dos cabos, o protocolo apresenta visualmente a informação descrita.

Figura 40- Etapa 2- Coletar – Passo 2.3 Conectar.



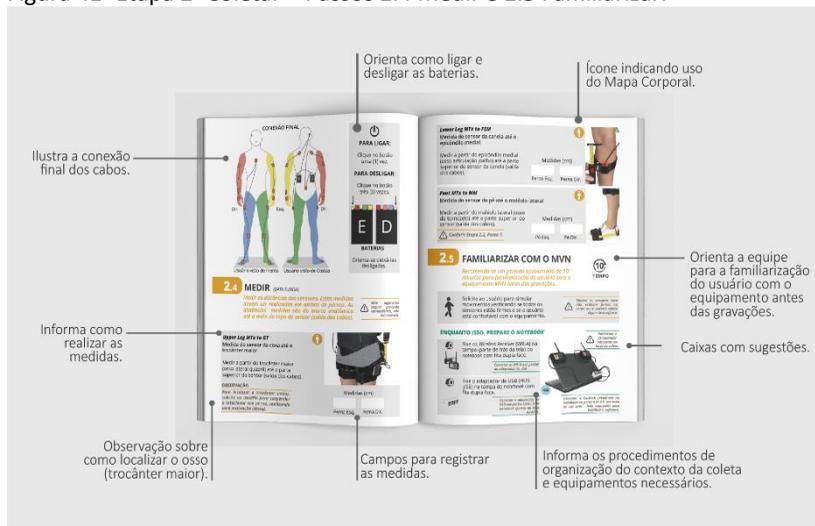
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final da conexão, para ligar o equipamento clique no botão da bateria uma (1) vez, e para desligar clique no mesmo botão três (3) vezes (Figura 41). Após esses procedimentos se realiza o passo 2.4- Medir.

O passo **2.4- Medir** tem por objetivo medir as distâncias entre os sensores. Estas medidas devem ser realizadas em ambas as pernas. As distâncias medidas são do marco anatômico até o meio do topo do sensor (saída dos cabos). O protocolo apresenta as três medidas, e descreve a forma como devem ser realizadas, bem como ilustra por meio

de fotografias, exemplificando como mensurar corretamente cada uma das medidas (Figura 41).

Figura 41- Etapa 2- Coletar – Passos 2.4 Medir e 2.5 Familiarizar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse momento a equipe já pode registrar estas medidas, no campo destinado 'Medidas Perna Esq. e Perna Dir.', que fica ao lado das fotografias, para posterior preenchimento no *software* do equipamento. Abaixo segue as medidas que devem ser realizadas:

- *Upper Leg MTx to GT* (medida do sensor da coxa até o trocânter maior. Esta medida deve ser realizada da parte superior do sensor até o trocânter maior (osso lateral do quadril). O protocolo sugere solicitar ao usuário para suspender e rotacionar a perna para localizar o trocânter maior.
- *Lower Leg MTx to FEM* (medida do sensor da canela até o epicôndilo medial). Esta medida deve ser realizada da parte superior do sensor da canela até o epicôndilo medial (osso da articulação do joelho).

- *Foot MTx to MM* (medida do sensor do pé até o maléolo lateral). Esta medida deve ser realizada da parte superior do sensor até o maléolo lateral.

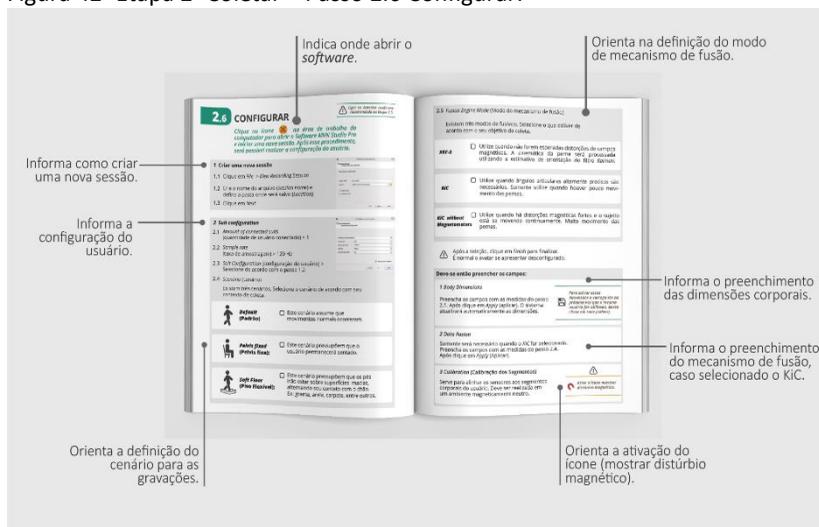
Realizadas estas medidas, o protocolo aborda o passo **2.5 Familiarizar** (Figura 41). Este passo visa um período aproximado de dez (10) minutos para familiarização do usuário (da coleta) com o equipamento MVN *Link* antes das gravações. Para tanto o protocolo, propõe a equipe que solicite ao usuário, realizar simulações de movimentos. Assim, a equipe pode verificar se todos os sensores estão firmes e se o usuário se encontra confortável com o equipamento. Caso o usuário relate algum desconforto a equipe deve realizar os ajustes dos sensores.

Durante esse período de familiarização, o protocolo sugere organizar o contexto (escolha do local de colocação do *notebook*, próximo e adjacente ao local da coleta) e equipamentos necessários para as gravações (*notebook*, *Wireless Receiver*, adaptador de *USB* e o *CmStick- pendrive* do *software* MVN). Assim, sugere que:

- Seja fixado os *Wireless Receiver* na tampa (parte de trás da tela) do *notebook*, bem como o adaptador de *USB (Hub USB)*, com fita dupla face;
- Seja conectado os *Wireless Receiver* nas portas do adaptador de *USB*. Já o adaptador nas portas *USB 2.0* do *notebook* (portas do lado direito);
- Seja conectado o *CmStick- pendrive* na porta *USB 3.0* azul (lado esquerdo) do *notebook* para habilitar o *software*.

Após o período de familiarização do usuário, e a preparação do contexto, o protocolo aborda o passo **2.6- Configurar**, que propõe a configuração do usuário no *software* (APÊNDICE I), apresentando de maneira clara e objetiva os passos que devem ser seguidos para uma configuração completa do usuário (Figura 42).

Figura 42- Etapa 2- Coletar – Passo 2.6 Configurar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este passo inicia com a abertura da *software* MVN Studio Pro na área de trabalho do *notebook*. A partir desse momento é possível iniciar uma nova seção, conforme os passos a seguir:

- Clique em *File* (Arquivo) > *New Recording Session* (Nova seção de gravação);
- Crie o nome do arquivo (*session name*) e defina a pasta onde será salvo (*Location*);
- Clique em *Next* (próximo).

Posteriormente para configurar o usuário, o protocolo sinaliza os seguintes passos abaixo (APÊNDICE I):

- *Amount of connected suits* (quantidade de usuário conectado), selecione a opção 1;
- *Sample rate* (taxa de amostragem), selecione a opção 120 Hz;
- *Suit Configuration* (configuração do usuário) > selecione de acordo com o estabelecido no passo 1.2 Fatores Pessoais;
- *Scenário* (cenário): Existem três possibilidades de cenários. Dessa forma, o protocolo sugere selecionar o cenário de acordo

com o seu contexto e objetivo da coleta de dados. Assim, sinalize no protocolo o cenário selecionado.

Default (Padrão): Este cenário assume que movimentos normais ocorreram;

Pelvis fixed (Pelvis fixa): Este cenário pressupõe que o usuário permanecerá sentado.

Soft Floor (Piso flexível): Este cenário pressupõe que os pés irão estar sobre superfícies macias, alternando seu contato com o chão. Exemplos: grama, areia, carpete macio, entre outros.

Após a seleção do cenário, o protocolo sugere a definição do modo de mecanismo de fusão (*Fusion Engine Mode*). Para essa definição se sugere três possibilidades, as quais devem ser selecionadas de acordo com o objetivo da coleta de dados:

XKF-3: Utilizado quando não forem esperadas distorções de campos magnéticos. A cinemática da perna será processada utilizando a estimativa de orientação do filtro *Kalman*.

KiC: Utilize quando ângulos articulares altamente precisos são necessários. Somente utilize o *KiC* se o usuário andar por curtos períodos durante uma medição. Pouco movimento das pernas.

KiC without Magnetometers: Utilize quando há distorções magnéticas fortes e o usuário está se movendo continuamente. Muito movimento das pernas.

Após a escolha do modo de mecanismo de fusão, sinalize no protocolo. Para finalizar, e iniciar a configuração com o usuário, basta clicar em *Finish* (finalizar). Ao finalizar, deve ser preenchido os seguintes campos:

- *Body Dimensions* (dimensões do usuário): Preencha os campos com as medidas do passo 2.1 – Mensurar. Ao finalizar o preenchimento, clique em *Apply* (aplicar), e o sistema atualizará automaticamente as dimensões.
- *Data Fusion* (medições dos sensores): Somente será necessário o preenchimento quando for selecionado o *KiC* como mecanismo de fusão. Preencha os campos com as medidas do passo 2.4 – Medir, e ao final basta clicar em *Apply* (aplicar).
- *Calibration* (calibração dos segmentos): Este procedimento tem por objetivo alinhar os sensores aos segmentos corporais do usuário. Para realizar esse

procedimento é necessário ativar o ícone de distúrbio magnético (ferradura vermelha posicionada no menu superior no canto esquerdo do *software*). Dessa forma, o protocolo sugere seguir as orientações do passo 2.7 – Calibrar (Figura 43).

Figura 43- Etapa 2- Coletar – Passo 2.7 Calibrar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para realizar esse passo, inicialmente o protocolo sugere que a equipe solicite ao usuário que se movimente pela área de medição, para verificar as propriedades no campo magnético (são visualizadas por arcos ao redor das mãos, da pélvis e dos pés) nas cores verde- adequado para calibração; amarelo- se possível escolher outro local e; vermelho- inadequado para executar a calibração. Ao encontrar o local adequado, sem muita interferência (círculos verdes), a equipe deve realizar uma marcação no chão (com fita crepe), se baseado na largura do ombro do usuário, com aproximadamente 50cm x 40cm. Neste passo, o protocolo também aborda sugestões para diminuir as interferências magnéticas:

- Se os arcos vermelhos permanecerem sobre os pés do usuário, a equipe pode solicitar ao usuário para pisar sobre um objeto (maleta do MVN *Link*; ou mesmo um

colchonete), para ganhar distância do chão no momento da realização da calibração.

- Se houver muita interferência, podem ser colocados núcleos de ferrite ao redor dos cabos das baterias.

Ao definir o local mais adequado para a calibração, e marcá-lo com a fita crepe, o protocolo sugere executar inicialmente uma etapa de calibração estática (N-pose ou T-pose). Vale salientar, que nunca podem ser combinadas essas duas calibrações, pois pode gerar imprecisões nos resultados. A escolha da Pose (N ou T), deve ser de acordo com a capacidade de realização do usuário:

- N-Pose: Recomenda-se essa postura para a calibração estática do usuário, se o mesmo conseguir segurar os braços verticalmente próximo ao corpo;
- T-Pose: Recomenda-se essa postura se o usuário não puder segurar os braços verticalmente próximo ao corpo.

Conforme pode ser observado na figura 43, o protocolo orienta como realizar cada uma das duas calibrações estáticas. Antes de realizar a calibração deve-se ativar o ícone origem (triângulo vermelho no menu superior do *software*). Para realizar a calibração, basta clicar em *Calibrate* (Calibração) no *Setup* do *software* e após em *Start* (iniciar). Na tela do *notebook* serão exibidas as posições que devem ser reproduzidas pelo usuário. Para a N-pose, a equipe deve solicitar ao usuário:

- Ficar em pé em uma superfície plana;
- Manter os pés paralelos com distância de um pé de largura (aproximadamente 10cm);
- Manter o corpo ereto;
- Manter os braços estendidos ao longo do corpo (verticalmente) e os polegares para frente;
- Olhar fixo para frente;
- Não se mover durante o processo de calibração.

Já para a calibração T-pose, a equipe deve solicitar ao usuário:

- Ficar em pé em uma superfície plana;
- Manter os pés paralelos com distância de um pé de largura (aproximadamente 10cm);
- Manter o corpo ereto;
- Manter os braços estendidos horizontalmente, polegares para frente e palmas para baixo;

- Manter os braços em uma altura paralela;
- Não esticar demais o cotovelo;
- Olhar fixo para frente;
- Os punhos, cotovelos e ombros devem estar todos alinhados.

Existem quatro níveis de qualidade de calibração: Boa (*good*); Aceitável (*acceptable*); Ruim (*poor*) e; Falha (*fail*). Caso o resultado seja aceitável, o protocolo sugere a repetição, até a opção boa (*good*) ser estimada. Além disso, o protocolo apresenta sugestões para melhorar a qualidade das calibrações:

- Uma má qualidade de calibração indica que há muito movimento durante a calibração;
- Se as pernas do avatar permanecerem cruzadas após a calibração, significa que os pés do usuário ficaram muito distantes durante a calibração.
- Se o resultado não for bom, a razão é indicada no texto (*messages for calibration*).

Ao concluir essa etapa de calibração estática, o protocolo sugere se necessário, realizar as etapas de calibração dinâmica- *Squat* (determina os eixos funcionais das pernas) necessária para quando a orientação do joelho estiver incorreta e; *Hand Touch* (calibração específica da parte superior do corpo- mãos). Para realizar a *Squat*, a equipe deve solicitar ao usuário para:

- Ficar em pé em uma superfície plana;
- Manter os pés paralelos com distância de um pé de largura (aproximadamente 10cm);
- Dobrar os joelhos e fixar por um (1) segundo;
- Não agachar muito fundo;
- Retificar as pernas e fixar por um (1) segundo;
- Repetir o agachamento duas (2) vezes.

É importante que o usuário observe a animação na tela do *notebook* para ajudar a realização da calibração. No momento da calibração o sistema detecta automaticamente os períodos de agachamento. Logo, para a calibração *Hand Touch*, é necessário que a equipe solicite ao usuário:

- Ficar em pé em uma superfície plana;
- Manter os pés paralelos com distância de um pé de largura (aproximadamente 10cm);

- Manter o corpo ereto;
- Colocar as palmas das mãos juntas;
- Mover as mãos levemente, mantendo as mãos juntas;
- Manter os cotovelos alinhados.

Para essa calibração é necessário solicitar ao usuário que observe o movimento realizado pelo avatar 3D na tela do *notebook*. Ao finalizar os procedimentos de calibração, estes dados podem ser salvos, clicando em *Save* (salvar), sendo útil se o *MVN Studio Pro* fechar inesperadamente. Assim ao reiniciar o *software* os dados podem ser recarregados (clicando em *Load*- recarregar). Finalizado esses passos, o protocolo sugere o passo 2.8 – Gravar.

O passo **2.8- Gravar** apresenta os passos para a gravação das atividades que serão capturadas com o equipamento *MVN Link*, conforme pode ser observado na figura 44.

Figura 44- Etapa 2- Coletar – Passo 2.8 Gravar.

Orienta sobre a instalação e sincronização de camera de vídeos.

Informa ícones que podem ser ativados antes das gravações.

Informa o uso de marcadores durante as gravações.

Informa o uso de marcadores após as gravações.

Informa como realizar as gravações.

Sugere tempo de gravação.

Orienta na redefinição do avatar e limpeza do filtro.

Orienta a configuração dos sensores MTX.

Informa as etapas de configuração do MTX.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste passo, o protocolo aponta que ao clicar no botão gravar (botão *REC* – vermelho, no menu superior do *software*) (APÊNDICE I) os vídeos são automaticamente salvos na pasta selecionada no item 2.6, e terá o nome da seção, com um número de teste (ex: coleta1-001.mvn; coleta1-002.mvn). Recomenda-se, antes das gravações, a instalação

(perpendicular ao plano da atividade a ser capturada) de uma câmera para registros de vídeos. Estes registros devem acontecer simultaneamente com a captura de movimentos, para registrar as atividades que serão capturadas pelo equipamento MVN *Link*. Dessa forma, o responsável pelo registro dos vídeos deve sincronizar suas gravações com o responsável pela captura de movimentos. Este procedimento permite comparar as gravações dos vídeos com as gravações do avatar, o que permite facilitar a compreensão dos movimentos realizados, por meio de verificações visuais e documentação das atividades realizadas pelos usuários. Neste momento se sugere o registro fotográfico de todo o contexto. Além disso, antes das gravações a equipe pode ativar os seguintes ícones no menu superior do *software* (sombra, centro de massa e modelo biomecânico), se houver necessidade. Ainda durante as gravações é recomendável ficar próximo ao usuário com o *notebook*, e verificar constantemente a carga das baterias, pois é possível o sinal cair quando o equipamento está longe do *notebook*, ou quando as baterias estão fracas.

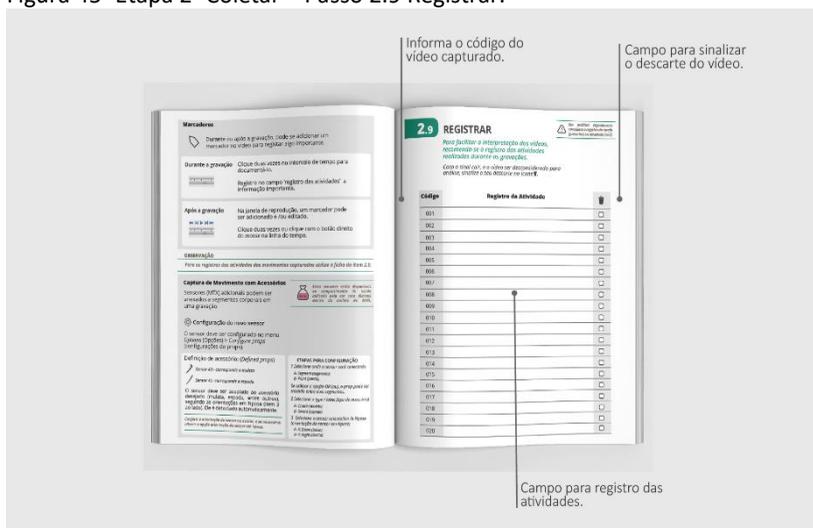
Para iniciar a gravação basta clicar no botão vermelho no menu superior, e para parar a gravação, pressione o mesmo botão. Recomenda-se a gravação de vídeos de um (1) minuto, para aumentar a precisão dos dados e, onde há muita interferência, não exceder trinta (30) segundos. No entanto, o equipamento permite gravações ininterruptas dos movimentos, permitindo gravações mais extensas, porém devem ser considerados os cuidados referentes ao histórico de filtros, para garantir a precisão dos dados capturados. Neste sentido, o passo 2.8 Gravar, recomenda redefinir a posição do avatar e limpar o histórico de filtro após o usuário permanecer por um tempo em uma área magneticamente distorcida. Assim, recomenda-se que a equipe solicite ao usuário que volte para a área de calibração, demarcada com fita crepe, e fique em posição estática para executar as funções. Para redefinir a posição do avatar e recolocá-lo na posição original, execute a função (ALT+CTRL+F), já para limpar o filtro execute (ALT+CTRL+X).

Para facilitar o registro de uma informação importante durante ou após uma gravação, o protocolo sugere adicionar um marcador no vídeo. Para isso, durante a gravação, basta clicar duas vezes no intervalo de tempo para documentá-lo. Já, para registrar após uma gravação, na janela de reprodução do vídeo, clique com o botão direito do *mouse* na linha do tempo. Caso a equipe utilize sensores (MTX) adicionais

anexados a segmentos corporais em uma gravação, o protocolo orienta a configuração desse novo sensor. Dessa forma, o sensor deve ser configurado no menu *Options* (opções) > *configure props* (configurações de *props*). Estes sensores permitem a captura de movimentos com um acessório (produto) por exemplo, uma bengala.

Para finalizar esta etapa 2 (Coletar), tem-se o passo **2.9- Registrar**, que tem por objetivo registrar as atividades capturadas por meio de uma ficha de registro (Figura 45). Esta ficha visa facilitar a seleção e interpretação dos vídeos, que serão analisados posteriormente pela equipe de projeto. O seu preenchimento se dá concomitantemente ao processo de gravação dos movimentos. A organização interna dessa ficha utiliza a mesma linguagem do protocolo (quadros branco e cinza) sendo um campo para o código do vídeo, um campo para registro da atividade e um campo para sinalizar o descarte do vídeo. No intuito de facilitar seu preenchimento, o campo código já vem preenchido com o número da seção. Além disso, durante as gravações a equipe pode sinalizar o descarte de um vídeo devido alguns inconvenientes, por exemplo, problemas de gravação, sinal do MVN fraco ou nulo, dentre outros. Dessa forma, basta preencher o campo correspondente ao seu descarte, representado pelo ícone ‘lixeira’.

Figura 45- Etapa 2- Coletar – Passo 2.9 Registrar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1.4 Etapa 3- Remover

A etapa 3- Remover, tem como objetivo apresentar os passos de remoção do equipamento MVN *Link* do usuário, bem como recomendar formas adequadas de armazenamento do equipamento (Figura 46). Dessa forma, após o término das gravações, o protocolo recomenda desligar as baterias e remover o equipamento do usuário.

Figura 46- Etapa 3- Remover



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para remoção do equipamento, o protocolo sugere os seguintes passos:

- Desconectar todos os cabos. Nunca gire ou torça os *plugs*;
- Retire a luva da mão, o sensor do antebraço e do braço (lado direito);
- Retire a luva da mão, o sensor do antebraço e do braço (lado esquerdo);
- Retire o sensor do pé, da canela e parte superior da coxa (lado direito);
- Retire o sensor do pé, da canela e parte superior da coxa (lado esquerdo);

- Retire a bateria direita e a bateria esquerda;
- Retire a cinta;
- Retire o colete;
- Retire a faixa da cabeça.

Vale destacar, que ao retirar os sensores do usuário, coloque-os sobre uma superfície macia, ou sobre o colchonete, evitando o manuseio violento, que pode alterar permanentemente as propriedades dos sensores de movimento físico, tornando o dispositivo impreciso. Após a retirada dos sensores, recomenda-se dobrar as faixas e prende-las com o próprio velcro. Posteriormente guarde o equipamento (cuidando para não dobrar os cabos) de acordo com os segmentos (braço direito, braço esquerdo, perna direita, perna esquerda, cinta, colete e faixa) nos compartimentos de tecidos identificados pelas cores (vermelho, amarelo, azul, verde e alaranjado) respectivamente. Além disso, é necessário retirar as pilhas das baterias (direita e esquerda), desconectar os *WR-A*, o *CmStick* e o adaptador de USB das portas USB do *notebook*, e retirar a fita dupla face desses equipamentos.

5.1.5 Etapa 4- Determinar

A etapa 4 – Determinar, visa apresentar um *checklist* detalhado sobre os segmentos e articulações que poderão ser analisados pela equipe de projeto (Figura 47). Dessa forma, nesta etapa a equipe determina qual segmento, articulação e/ou centro de massa será analisado. O protocolo apresenta um quadro com a relação detalhada dos itens que podem ser analisados, onde a equipe sinaliza os dados que serão utilizados para o desenvolvimento do projeto. Ainda para facilitar a compreensão da equipe referente aos segmentos e articulações, o protocolo apresenta uma imagem do avatar sinalizando os segmentos (cor azul) e as articulações (cor rosa), com o intuito de padronizar a linguagem e o entendimento entre os membros da equipe de projeto.

Neste sentido, com relação ao segmento, pode ser analisado os seguintes aspectos: Aceleração (A) que corresponde a variação da velocidade em função do tempo; Orientação (O) que diz respeito a direção e sentido do movimento dinâmico; Posição (P) que corresponde a posição do segmento em um determinado momento (estático), Velocidade (V) que se refere ao deslocamento no decorrer do tempo;

Velocidade Angular (VA) que corresponde a velocidade em que é realizado o movimento ao redor de um eixo ou ponto central e; Aceleração Angular (AA) que se refere a variação da velocidade angular no tempo. Já em relação a articulação é possível analisar o ângulo (ZXY) do movimento realizado. Destaca-se que na articulação do ombro pode ser analisado também o ângulo de euler (XZY), que se refere a orientação do ombro no espaço tridimensional. Por fim, o centro de massa se refere ao ponto ao redor do qual o peso corporal do usuário, se equilibra igualmente em todas as direções, não importando a posição em que o corpo se encontra.

Figura 47- Etapa 4- Determinar.

Informa os segmentos e articulações que podem ser analisados

Orienta a sinalização dos itens que serão analisados nos segmentos.

Orienta a sinalização dos itens que serão analisados nas articulações.

Orienta a definição do tipo de análise dos segmentos e das articulações.

Orienta a sinalização da análise do centro de massa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final do protocolo, se encontram todas as referências bibliográficas teóricas utilizadas para sua elaboração. Ainda, apresenta a forma como o protocolo deve ser referenciado, bem como o *website* onde estará disponível para o *download* e consultas *online*. A seguir, na próxima seção será apresentada a versão sintetizada do protocolo que foi desenvolvida.

5.2 MOTION CAPTURE PROTOCOL (VERSÃO SINTETIZADA)

A versão sintetizada apresenta as quatro etapas Preparar (1), Coletar (2), Remover (3) e Determinar (4), abordando apenas os itens que necessitam ser preenchidos durante o levantamento de dados com os usuários. Além disso, apresenta as observações e lembretes mais importantes durante a realização da coleta dos dados. Dessa forma, a versão sintetizada é apresentada na figura 48.

Figura 48- Motion Capture Protocol (Versão Sintetizada).

The figure displays several screenshots of the 'Motion Capture Protocol' software interface, annotated with descriptive labels in Portuguese:

- Identificação da coleta:** Points to the top section of the 'PROTÓCOLO DE COLETA MVN BIOMECH' form, including fields for 'Local de coleta', 'Iniciado', and 'Temperatura'.
- Responsáveis por cada atividade:** Points to the 'Responsáveis' section of the form.
- Checklist dos materiais e equipamentos:** Points to the '1.1 FATORES TÉCNICOS' checklist.
- Identificação do usuário:** Points to the '1.2 FATORES PESSOAIS' form, which includes fields for 'Idade', 'Sexo', 'Altura', and 'Peso'.
- Identificação da captura:** Points to the '2.1 MONTAR EQUIPAMENTO MVN' and '2.2 CONECTAR' forms.
- Orientação de montagem:** Points to the '2.3 FAMILIARIZAR COM O MVN' form.
- Familiarização do MVN:** Points to the '2.3 FAMILIARIZAR COM O MVN' form.
- Informe o tipo de projeto, objetivo e atividades a serem capturadas:** Points to the '2.1 REGISTRAR' form, specifically the 'Informe o tipo de projeto, objetivo e atividades a serem capturadas' section.
- Campos para registro das atividades:** Points to the '2.1 REGISTRAR' form, specifically the 'Registro das Atividades' table.
- Sistematiza as dimensões corporais do usuário:** Points to the '2.1 REGISTRAR' form, specifically the 'Sistematiza as dimensões corporais do usuário' section.
- Identificação dos segmentos:** Points to the '2.1 REGISTRAR' form, specifically the 'Identificação dos segmentos' table.
- Orientações para a etapa de calibração:** Points to the '2.1 REGISTRAR' form, specifically the '2.1.1 CALIBRAR' section.
- Recomendações para gravação dos movimentos:** Points to the '2.1 REGISTRAR' form, specifically the '2.1.2 GRAVAR' section.
- Recomendações para remoção do MVN:** Points to the '3.1 REMOVER' form, specifically the '3.1.1 REMOVER' section.
- Recomendações para análises:** Points to the '4.1 DETERMINAR' form, specifically the '4.1.1 DETERMINAR' section.
- Identificação das articulações:** Points to the '4.1 DETERMINAR' form, specifically the '4.1.1 DETERMINAR' section.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado na figura 48, esta versão sintetizada do *Motion Capture Protocol* apresenta o supramsmo das informações relevantes que precisam ser consideradas durante o levantamento de

dados com os usuários. Assim, estas informações estão dispostas em formato de *checklist* de modo a orientar e facilitar as equipes de projeto na realização de todos os procedimentos, o que impede o esquecimento de algum passo, ou mesmo contratempos inesperados durante a coleta dos dados. Além disso, possibilita anotações e registros de todas as informações, no próprio documento.

Convém destacar que esta versão sintetizada não aborda a apresentação do protocolo (partes que compõem o *Motion Capture Protocol*: seus objetivos; como e quando utilizar; a forma em que os itens foram organizados para conduzir o levantamento objetivo dos usuários; bem como a ordem dos procedimentos de coletas de dados com os usuários). Além disso, esta versão não apresenta imagens ilustrativas que auxiliam na compreensão dos procedimentos durante as coletas.

Neste sentido, sugere-se, então, que ao utilizar a versão sintetizada do protocolo, utilize concomitantemente com a versão completa do protocolo digitalizada, para sanar as possíveis dúvidas e questionamentos que possam ocorrer durante a realização dos procedimentos de coleta de dados. Todavia, fica a critério do pesquisador, a escolha do material para impressão.

6 CONCLUSÕES

A resposta do problema de pesquisa, de como levantar dados precisos e confiáveis com os usuários referentes a biomecânica e cinemática, para o desenvolvimento de projetos de Design, somada ao objetivo geral dessa dissertação **desenvolver um protocolo de coleta (orientações e diretrizes) para o levantamento de dados objetivos com os usuários referente a biomecânica e cinemática provenientes da captura de movimentos por sensores inerciais (equipamento MVN Link Biomech da Xsens)**, configurou-se por meio do desenvolvimento do *Motion Capture Protocol*.

Assim, o *Motion Capture Protocol* tem como principais objetivos:

- Guiar a operacionalização dos procedimentos de coleta de dados, facilitando a atuação da equipe de projeto no levantamento dos dados objetivos (biomecânicos e cinemáticos) com os usuários, no que tange a utilização do equipamento MVN *Link Biomech* da Xsens;
- Permitir a aquisições de dados (biomecânicos e cinemáticos) precisos e confiáveis dos usuários;
- Auxiliar na Gestão do processo de coleta de dados e;
- Contribuir para a replicabilidade de pesquisas científicas.

Mediante o exposto percebe-se que o *Motion Capture Protocol*, visa maior precisão na coleta de dados, além de auxiliar na tomada de decisões durante o levantamento de dados com os usuários, bem como contribuir para o desenvolvimento de projetos, visto que permite a obtenção precisa e confiável das capacidades e limitações dos usuários. Assim, o protocolo possibilita favorecer a adequação produto-usuário, contribuindo para a diferenciação e inovação nos produtos. Os procedimentos de coleta definidos e organizados com base na literatura e experiências práticas (Preparar, Coletar, Remover e Determinar) podem contribuir para o rigor científico e padronização do levantamento de dados colaborando para a replicabilidade de pesquisas científicas que envolvem o equipamento MVN *Link Biomech* da Xsens.

A etapa Preparar (auxilia na gestão da preparação da coleta, tomada de decisão da equipe, materiais e equipamentos necessários - fatores primordiais para o sucesso de uma coleta, impedindo atrasos e contratempos); Coletar (prevê as formas adequadas de levantamento de

dados com usuários, incluindo a organização do ambiente de coleta, formas de mensurar os usuários, além de detalhar todos os procedimentos para a utilização do equipamento MVN *Link*). Já a etapa Remove (visa uma remoção segura, ágil e tranquila do equipamento MVN *Link*, além de prever formas adequadas de armazenamento mantendo a confiabilidade dos sensores, conseqüentemente dados precisos); e por fim a etapa Determinar (visa o entendimento da equipe (padronizado) em relação as análises dos segmentos e articulações).

A partir dos resultados da Aplicação e Avaliação do *Motion Capture Protocol* realizada com os participantes discente de graduação e discentes de pós-graduação nível (mestrado e doutorado), constata-se que o protocolo é um guia prático, fácil e ágil, que orienta as equipes de projeto e auxilia na sistematização e organização das etapas de levantamento de dados com os usuários. Ainda os participantes declararam que o protocolo auxiliou na tomada de decisão durante o levantamento de dados com o usuário, e utilizariam este protocolo para futuras coletas com o equipamento MVN *Link*.

Em **relação aos objetivos específicos** traçados na pesquisa, considera-se que o pesquisador conseguiu cumpri-los, conforme descritos a seguir:

- O primeiro objetivo foi levantar o contexto geral da utilização da captura de movimentos no desenvolvimento de projetos. Este objetivo foi alcançado no Capítulo 2, com o suporte da realização de duas revisões sistemáticas da literatura, onde pode-se compreender o contexto geral de uso desta tecnologia e verificar sua relevância para o desenvolvimento de projetos. Assim, foi possível identificar que a captura de movimentos vem sendo utilizada para avaliar o produto/serviço, guiar o processo de desenvolvimento e auxiliar na escolha da melhor alternativa, como também verificar e comparar o resultado final.
- O segundo objetivo buscou realizar um mapeamento e sistematização de protocolos, técnicas e métodos, utilizados para a captura de movimentos por sensores inerciais, especificamente com o equipamento MVN *Link*, contemplado no Capítulo 2, na seção 2.3.1.1.1. Este objetivo foi fundamental para identificar os procedimentos utilizados nas coletas de dados, os quais serviram de base para a fase de desenvolvimento do protocolo.

- O terceiro objetivo foi identificar os procedimentos de coletas de dados na prática, com o equipamento MVN *Link*. Assim, foi atendido no Capítulo 4, na Fase 2 (Experiências Práticas), tanto nos estudos laboratoriais realizados no NGD-LDU/UFSC como na participação do pesquisador em pesquisas e projetos de coletas de dados vinculadas ao NGD-LDU/UFSC. Estes estudos foram primordiais para o entendimento prático e experimental da funcionalidade do equipamento, além de possibilitar a identificação das dificuldades enfrentadas pelas equipes de projeto durante o levantamento de dados com os usuários. Assim, estes estudos contribuíram com informações relevantes para o desenvolvimento do protocolo de coleta.
- O quarto objetivo propôs a organização dos procedimentos identificados por meio da base teórica e experiências práticas, o qual possibilitou a definição dos itens (orientações e diretrizes) que foram contemplados no protocolo, servindo de base para orientar e sistematizar o seu desenvolvimento.
- Por fim, o último objetivo referente a aplicação e avaliação do protocolo com potenciais usuários possibilitou avaliar a estrutura, redação e sistemática dos procedimentos adotados no *Motion Capture Protocol*. Dessa forma, foi possível realizar ajustes no protocolo considerando as observações, comentários e sugestões apontadas pelos participantes, a fim de melhorar a compreensão do seu funcionamento, apresentados no Capítulo 4 (Fase 3/Etapa 3 e 4).

Quanto aos procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa, estes se mostraram satisfatórios para a obtenção dos resultados aspirados pelos objetivos da pesquisa. As revisões sistemáticas auxiliaram na obtenção de estudos que envolveram a utilização da captura de movimentos. Além disso, contribuiu para identificar os procedimentos utilizados durante o levantamento de dados. Já as experiências práticas tanto no laboratório como a observação participante natural do pesquisador nos projetos vinculados pelo NGD-LDU/UFSC, foram essenciais para a identificação das dificuldades da equipe de projeto no levantamento de dados com o usuário. Esses estudos contribuíram para o desenvolvimento do protocolo e auxiliaram de forma satisfatória no entendimento do equipamento.

Convém destacar, o uso da metodologia GODP (MERINO, 2016), para o desenvolvimento do protocolo, a qual propõem a organização das informações durante o desenvolvimento do projeto em três Blocos de Referência: Produto, Usuário e Contexto. Adotar esta metodologia foi importante no início da pesquisa para organizar o grande volume de informações coletadas em relação aos procedimentos de coleta com o equipamento. Assim, esta metodologia foi adequada para organizar, segmentar, agrupar e sistematizar todas as informações do protocolo.

Vale salientar, que a realização do teste piloto, possibilitou verificar a eficácia dos procedimentos planejados para a coleta dos dados (Questionário estruturado, Protocolo *Motion Capture*, Execução da Atividade e Teste de Clareza). O procedimento adotado na coleta real se mostrou ágil e suficiente para obtenção dos resultados. Embora tenha compreendido uma parte prática, o tempo de realização de cada coleta foi satisfatório. Em relação a análise de dados, a utilização do questionário estruturado e teste de clareza, com maior número de questões objetivas, permitiu uma análise rápida e confiável. Ainda as questões abertas no teste de clareza auxiliaram na identificação do posicionamento específico de cada participante.

Esta pesquisa ao desenvolver o *Motion Capture Protocol*, pode contribuir com as equipes de projeto no levantamento adequado de dados dos usuários (padronizado e replicável), envolvendo a captura de movimentos por sensores inerciais. Dessa forma, no que tange as **contribuições desta pesquisa**, destacam-se:

- **Científica:** evidencia nessa dissertação a utilização de instrumento tecnológico (captura de movimentos) para o desenvolvimento de projetos, auxiliando na resolução de problemas quanto a consideração das necessidades dos usuários na prática projetual. O protocolo visa auxiliar equipes de projeto no processo de levantamento de dados objetivos da biomecânica e cinemática com os usuários, de forma a manter o rigor científico durante a coleta dos dados;
- **Social:** o protocolo, visa contribuir na maximização das potencialidades de êxito na concepção dos produtos/serviços, na medida em que estes levam em consideração as necessidades, capacidades e limitações dos

usuários, projetando assim, produtos, confortáveis, seguros e eficientes. Assim, entende-se que um mapeamento seguro dessas necessidades favorece a prática projetual, reduz o tempo de elaboração dos projetos, possibilita maior produtividade, e ainda, pode reduzir os custos do projeto;

- **Acadêmica:** o protocolo favorece o ensino da utilização da captura de movimentos no desenvolvimento de projetos, permitindo a utilização de dados precisos e objetivos referente as capacidades e limitações dos usuários. Além disso, propicia uma aproximação dos discentes, docentes e pesquisadores com a instrumentação tecnológica, beneficiando o desenvolvimento dos projetos.

Mediante a pesquisa realizada, entende-se que o protocolo pode contribuir para o avanço desta temática na academia científica, bem como no setor produtivo, podendo estender para além da área do Design, a citar: área da Engenharia (Mecânica, Biomédica, Materiais, Produção, dentre outras), além do esporte e a área da Saúde relacionada ao desenvolvimento de projetos, envolvendo a Fisioterapia, Medicina, e outras áreas emergentes como a Terapia Ocupacional, possibilitando soluções eficientes para os usuários. Assim, aponta-se como **oportunidades de trabalhos futuros:**

- Realizar novas aplicações e avaliações do *Motion Capture Protocol*, envolvendo diferentes contextos de atuação a citar: agricultura, mobiliário, automobilístico, tecnologia assistiva, vestuário, dentre outros, a fim de averiguar com um número maior de participantes, a compreensão, funcionalidade e eficácia do protocolo. Assim, é possível propor a evolução do protocolo, melhorias e refinamentos, a fim de tornar seu uso mais eficiente e adequado as demandas específicas de cada projeto;
- Integrar o protocolo a uma metodologia de projeto com abordagem centrada no usuário;
- Disseminar o *Motion Capture Protocol* para o âmbito científico, por meio de produção científica, tanto do Design e da Engenharia, como para às áreas da saúde,

promovendo assim seu uso nos mais diversos contextos de desenvolvimento de projetos e;

- Vislumbra-se uma possível validação do protocolo como um guia auxiliar às equipes de projeto no levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos com os usuários por meio da captura de movimentos por sensores inerciais.

Destaca-se que a contribuição dessa pesquisa (desenvolvimento do *Motion Capture Protocol*) para a Gestão de Design, possibilita o desenvolvimento e execução de projetos capazes de demonstrar resultados tangíveis e satisfatórios aos usuários. Esta gestão é importante e necessária para que possam ser estabelecidas as orientações e diretrizes sobre o levantamento de dados com os usuários. Deste modo, é possível dinamizar o trabalho em equipe, aumentar a confiabilidade dos dados, proporcionar agilidade dos procedimentos e principalmente facilitar o entendimento das necessidades do usuário sobre o contexto onde está inserido.

Em face disso, uma disciplina que vem ao encontro dessa compreensão das interações entre seres humanos e produtos é os Fatores Humanos, cujo objetivo é alcançar a melhor integração entre o produto e seus usuários, tornando-os compatíveis com suas necessidades, habilidades e limitações. Assim, se presume que associar a prática dos Fatores Humanos em métodos projetuais requer aferições biomecânicas e cinemáticas objetivas e confiáveis do usuário, para sistematizar a concepção da ideia, respeitando os aspectos técnicos, produtivos, práticos, funcionais e estéticos. Neste sentido, cabe ressaltar a importância das medidas subjetivas como métodos complementares as medidas objetivas, que quando associadas podem favorecer uma visão completa do usuário e uma análise mais precisa e confiável.

Contudo, o *Motion Capture Protocol* visa contribuir para o desenvolvimento de soluções mais eficientes, confortáveis e satisfatórias, aumentando a adequação produto-usuário. Isso se deve ao fato de que o protocolo permite obter dados objetivos da biomecânica e cinemática que podem ser utilizados no desenvolvimento dos projetos.

6.1 PERCEPÇÕES DO PESQUISADOR

Como contribuição pessoal para o pesquisador, ressalta-se o aprendizado que foi obtido sobre a captura de movimentos aplicada ao

Design, equipamento MVN *Link*, e os procedimentos de coletas de dados envolvendo os usuários reais, por meio das participações de projetos de pesquisa vinculados ao NGD-LDU/UFSC. Durante a pesquisa foi possível perceber a necessidade de o designer considerar em todo o processo do desenvolvimento do projeto o usuário, a fim de priorizar suas capacidades e limitações, de modo a gerar soluções que irão corresponder às suas demandas, ou seja, garantir o conforto, a eficiência, a segurança e qualidade dos produtos.

Para tanto, a etapa de levantamento de dados é fundamental para as equipes de projeto, visto que permite o levantamento das capacidades e limitações dos usuários, possibilitando informações para o desenvolvimento dos projetos. Cabe ressaltar a complexidade de uma coleta de dados, que envolve diversas particularidades e requer o domínio de procedimentos eficientes e confiáveis. Assim é notório a importância de gerir o processo de coleta de dados. Nesta perspectiva a pesquisa desenvolvida buscou contribuir com uma sistematização dos procedimentos de coleta, garantindo um levantamento de dados bem-sucedido, com precisão e confiabilidade o que tem sido uma procura constante no que se refere as pesquisas em biomecânica.

A Gestão de Design contribuiu nesta pesquisa para o gerenciamento do processo e procedimentos de coletas de dados orientando-os com foco no usuário, a fim de observar suas necessidades. Assim, teve um importante papel para as etapas do desenvolvimento do protocolo, visto que a maneira como foram levantados e gerenciados os dados durante a pesquisa conduziram á fundamentação propícia para o seu desenvolvimento. A compreensão dos procedimentos de coleta de dados (teóricos e práticos) com o equipamento de captura de movimentos (MVN *Link*), associados a organização e sistematização nos Blocos de Referência permitiu que as informações fossem organizadas de forma prática e visualmente tangível para as equipes de projeto.

Com o desenvolvimento da pesquisa, fica evidente que a utilização da captura de movimentos, permite mensurar às capacidades e limitações dos usuários para o desenvolvimento de produtos ou serviços, o que pode ser uma alternativa eficiente para garantir mais adequação entre produto-usuário. Logo, acredita-se na importância da união do Design, Gestão e Tecnologia, a fim de contribuir para um mapeamento das necessidades do usuário em interação com um

produto/serviço, impactando na diferenciação e inovação no desenvolvimento de soluções mais eficientes e satisfatórias.

Contudo, pela experiência vivenciada pelo pesquisador, para garantir melhores resultados no desenvolvimento de projetos, é necessário considerar o usuário e levantar dados das suas capacidades e limitações. Neste sentido, a literatura apontou certa dificuldade das equipes de projeto em obter esses dados de forma objetiva e precisa, assim ressalta-se a necessidade de estudos e pesquisas que envolvem as medidas de desempenho (objetivas) dos usuários, que complementam as medidas subjetivas (relatos) dos usuários. Dessa forma, um protocolo (orientações e diretrizes) que permita uma organização lógica e sistemática de levantamento de dados (biomecânicos e cinemáticos) dos usuários com a captura de movimentos pode garantir dados confiáveis e científicos para as equipes de projeto. Assim, percebe-se que o protocolo favorece os usuários bem como as equipes de projeto, as quais podem sentir-se mais seguras quanto aos resultados obtidos.

Não obstante, reforça-se a importância de disseminar sobre a relevância de procedimentos sistemáticos e organizados de coleta de dados com usuários, a fim de avançar nas pesquisas científicas. Além disso, a pesquisa identificou que os estudos referentes ao uso da captura de movimentos em projetos ainda são limitados. A este respeito, esta pesquisa pode contribuir para o avanço desta temática, pois permite sua adaptação para outras situações ou áreas específicas, podendo ser extensivo para além da área do Design, como as áreas da Engenharia (Mecânica, Biomédica, Materiais, Produção, dentre outras) e Saúde relacionadas ao desenvolvimento de projetos (Ergonomia, Terapia Ocupacional, Fisioterapia, Medicina, dentre outras).

Por fim, ressalto a minha satisfação em realizar essa pesquisa aplicada com o propósito de adquirir o conhecimento para a aplicação prática de modo a contribuir na solução de problemas específicos, que nessa pesquisa tratou do levantamento de dados objetivos com usuários para o desenvolvimento de projetos. A temática foi nova e desafiadora, porém muito gratificante, visto que poderá contribuir com outras pesquisas científicas, além de auxiliar projetistas e pesquisadores na melhoria do processo de desenvolvimento de produtos, afinal a pesquisa enfatiza o uso adequado de técnicas de aferições das capacidades e limitações dos usuários, envolvendo a captura de movimentos por sensores inercias.

REFERÊNCIAS

ABERGO (Associação Brasileira de Ergonomia). **O que é Ergonomia**. 2013. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>. Acesso em: 28 ago. 2017.

ABREU, Ana Betty; SANTOS, Joana; BAPTISTA, Joao. Measurement of Upper-Limb Joint Angular Kinematics: A Comparative Study in Manual and Semi-automated Assembly Line. In: **Sho2015: International Symposium on Occupational Safety and Hygiene**, Portugal, p.1-3, 2015.

ANDRIACCHI, Thomas P.; ALEXANDER, Eugene J. Studies of human locomotion: past, present and future. **Journal of biomechanics**, v. 33, n. 10, p. 1217-1224, 2000.

BAITEL, Irina; DELIU, Dan; CORDUN, Mariana. Efficiency evaluation method for punch strikes in combat sports based on cinematic parameters. In: **The International Scientific Conference eLearning and Software for Education**. "Carol I" National Defence University, p. 266, 2015.

BAITEL, Irina; DELIU, Dan. Kinematic Analysis of the Cross Punch Applied in the Full-contact System Using Inertial Navigation Technology and Surface Electromyography. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 117, p. 335-340, 2014.

BEST, Kathryn. **Design Management: managing design strategy, process and implementation**. Nova York: Bloomsbury, 2015.

BEST, Kathryn. **Fundamentos de Gestão de Design**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BEST, Kathryn. **Gestão de design: gerir a estratégia, os processos e a implementação do design**. Lisboa: Diverge Design S.A., 2009.

BITTENCOURT, Fábio. Antropometria: Conceitos. In: BITTENCOURT, Fábio (Org.). **Ergonomia e Conforto Humano: Uma visão da arquitetura, engenharia e design de interiores**. 1. ed. Rio de Janeiro: Rio Books, 2011.

BONSIEPE, Gui. **Design: como prática de projeto**. São Paulo: Blucher, 2012.

BOTA, Aura; MEZEI, Mariana; BIDIUGAN, Radu. Enhancing technical accuracy in high-level aerobic gymnastics by means of mvn motion capture systems. In: **The International Scientific Conference eLearning and Software for Education**. "Carol I" National Defence University, p. 112-118, 2014.

BRODIE, Matthew; WALMSLEY, Alan; PAGE, Wyatt. The static accuracy and calibration of inertial measurement units for 3D orientation. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering**, v. 11, n. 6, p. 641-648, 2008.

CAMBIAGHI, Silvana. **Desenho Universal: métodos e técnicas para arquitetos e urbanistas**. São Paulo: Senac, 2012.

CARVALHO, Adriano Guedes. **Influência da modelagem dos componentes de bias instabilidade dos sensores inerciais no desempenho do navegador integrado SNI/GPS**. 2011. 146f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://pgee.ime.eb.br/pdf/adriano_carvalho.pdf> Acesso em: 23 set. 2017.

CHOI, Nam-Chul; LEE, Sang Hun. Discomfort evaluation of truck ingress/egress motions based on biomechanical analysis. **Sensors**, v. 15, n. 6, p. 13568-13590, 2015.

CIPINIUK, Alberto; PORTINARI, Denise B. Tecnologia. In: COELHO, Luiz Antônio L. (Org.) **Conceitos- chave em design**. Rio de Janeiro: Novas Ideias, 2011.

CONCEITO.DE. (2015). **Conceito de protocolo**. Disponível em: <<https://conceito.de/protocolo>> . Acesso em: 05 out. 2018.

CUTTI, Andrea Giovanni et al. A simple test to assess the static and dynamic accuracy of an inertial sensors system for human movement analysis. In: **Engineering in Medicine and Biology Society**, 2006. EMBS'06. 28th Annual International Conference of the IEEE. IEEE, p. 5912-5915, 2006.

DAMGRAVE, Roy Gerhardus Johannes; LUTTERS, Diederick. The drift of the xsens motion capturing suit during common movements in a working environment. In: **Proceedings of the 19th CIRP Design Conference—Competitive Design**. Cranfield University Press, p. 338-342, 2009.

DEMIREL, Onan H.; DUFFY, Vincent G. Incorporating Tactile Cues into Human-Centered Virtual Product Design. **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, v. 27, n. 1, p. 5-16, 2017.

DESHAW, Jonathan. **New methodologies for evaluating human biodynamic response and discomfort during seated whole-body vibration considering multiple postures**. 2013. 164f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, The University of Iowa, Iowa. 2013. Disponível em: <<https://search.proquest.com/docview/1780307389?pq-origsite=gscholar>> Acesso em: 23 set. 2017.

DINU, Daniel et al. Accuracy of Postural Human-motion Tracking Using Miniature Inertial Sensors. **Procedia Engineering**, v. 147, p. 655-658, 2016.

ECKARDT, Falko; MÜNZ, Andreas; WITTE, Kerstin. Application of a full body inertial measurement system in dressage riding. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 34, n. 11, p. 1294-1299, 2014.

ESPITIA-CONTRERAS, Alvaro; SANCHEZ-CAIMAN, Pedro; URIBE-QUEVEDO, Alvaro. Development of a Kinect-based anthropometric

measurement application. In: **Virtual Reality (VR), 2014 IEEE**. IEEE, p.71-72, 2014.

EX-LUBESKIE, Chelsea L. **Evaluation of angular velocity data from inertial measurement units for use in clinical settings**. 2013. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Bioengenharia. University Clemson, Clemson-EUA, 2013. Disponível em: <https://tigerprints.clemson.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://scholar.google.com.br/&httpsredir=1&article=2598&context=all_theses> Acesso em: 23 set. 2017.

FABER, Gert S. et al. Estimating 3D L5/S1 moments and ground reaction forces during trunk bending using a full-body ambulatory inertial motion capture system. **Journal of biomechanics**, v. 49, n. 6, p. 904-912, 2016.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. 5. ed. [rev.]. São Paulo: Saraiva, 2006.

FERNANDES, Carlos Aparecido. **ERGONOMIA E PROJETO: contribuições no projeto de ferramentas manuais para agricultura familiar com ênfase nos reflexos físicos da atividade de extração manual de mandioca**. 2014. 155f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/123438/325946.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23 set. 2017.

FORCELINI, Franciele; VARNIER, Thiago; MERINO, Eugenio Andrés Díaz. Termografia Infravermelha e Captura de Movimentos: vantagens e desvantagens no desenvolvimento de projetos. In: XIII Congresso Pesquisa & Desenvolvimento em Design, 13., 2018, Santa Catarina. **Anais...** Santa Catarina: P&D, 2018.

FRICK, Eric Christopher. **Mitigation of magnetic interference and compensation of bias drift in inertial sensors**. 2015. 111f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, University of Iowa, Iowa, 2015. Disponível em:<

<https://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=6952&context=etd>.
Acesso em: 23 set. 2017.

GALBRAITH, Peter Alexander Wetherall. **Development of a novel link-segment model for estimating lower back loading in paramedics**. 2011. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Queen's University, Ontário, Canada, 2011. 99f. Disponível em:<<http://qspace.library.queensu.ca/handle/1974/6817>>. Acesso em: 23 set. 2017.

GANDY, Elizabeth A. et al. A preliminary investigation of the use of inertial sensing technology for the measurement of hip rotation asymmetry in horse riders. **Sports Technology**, v. 7, n. 1-2, p. 79-88, 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

GOMES FILHO, João. **Ergonomia do objeto**: sistema técnico de leituras. 2. ed. rev e aum. São Paulo: Escrituras, 2010.

GOMIDE, João Victor Boechat et al. Captura de movimento e Animação de Personagens em Jogos. In: VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment, 8., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBGAMES, 2009.

GUIMARAES, Carla et al. 3D Virtual Environment System Applied to Aging Study–Biomechanical and Anthropometric Approach. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 5551-5556, 2015.

GUO, Liangjie; XIONG, Shuping. Accuracy of Base of Support Using an Inertial Sensor Based Motion Capture System. **Sensors**, v. 17, n. 9, p.1-24, 2017.

GUO, Yanwei et al. Balance and knee extensibility evaluation of hemiplegic gait using an inertial body sensor network. **Biomedical engineering online**, v. 12, n. 1, p. 83-97, 2013.

GRAZIANO, Alberto da C. L. **Biomecânica: fundamentos e aplicações na Educação Física Escolar**. Porto: EDUCA, 2008.

HALL, Susan Jean. **Biomecânica básica**. 5. ed. Barueri: Manole, 2009.

HAMACHER, Daniel et al. Evaluation of a visual feedback system in gait retraining: A pilot study. **Gait & posture**, v. 36, n. 2, p. 182-186, 2012.

HAMACHER, Daniel et al. Exploring phase dependent functional gait variability. **Human movement science**, v. 52, p. 191-196, 2017.

HAMILL, Joseph; KNUTZEN, Kathleen M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2012.

HARIH, Gregor; ČRETNIK, Andrej. Interdisciplinary approach to tool-handle design based on medical imaging. **BioMed research international**, v. 2013, p.1-8, 2013.

HARRIS, Gerald F.; SMITH, Peter A. **Human motion analysis: current applications and future directions**. New York: Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE) Press, 1996.

HOSKING, Ian; CLARKSON, John; COLEMAN, Roger. **Why do inclusive design**. Disponível em: <
<http://www.inclusivedesigntoolkit.com/why/why.html>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

HUTCHISON, Randolph E. **A validation study using inertial sensor technology for knee function during gait analysis**. 2011. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, Clemson University, Clemson- Carolina do Sul, 2011. Disponível em: <
<https://search.proquest.com/docview/892742405?pqorigsite=gscholar>
 > Acesso em: 23 set. 2017.

IIDA, Itiro; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia**: projeto e produção. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA). **Definition and Domains of Ergonomics**. 2017. Disponível em: <<http://www.iea.cc/whats/index.html>> Acesso em: 30 out. 2017.

JI, Seung Yeul; JUN, Han Jong. Elementary Implementation of a Parameter-Based Generative Design System Considering the User Environment. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 13, n. 2, p. 333-340, 2014.

JOHNSON, Daniel; CLARKSON, John; HUPPERT, Felicia. Capability measurement for inclusive design. **Journal of Engineering Design**, v. 21, n. 2-3, p. 275-288, 2010.

JOUNG, Youn-Kyoung; LI, Quanri; NOH, Sang Do. XML-based neutral schema for automated ergonomic analysis with digital human simulation and inline motion capture. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 29, n. 1, p. 25-41, 2016.

JOUNG, Youn-Kyoung; NOH, Sang Do. Integrated modeling and simulation with in-line motion captures for automated ergonomic analysis in product lifecycle management. **Concurrent Engineering**, v. 22, n. 3, p. 218-233, 2014.

JUN, Seungkook. **A home-based rehabilitation system for deficient knee patients**. 2015. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e Aeroespacial, State University of New York at Buffalo, Buffalo, 2015. Disponível em: <<https://search.proquest.com/docview/1709470204?pq-origsite=gscholar>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

JURKOJĆ, Jacek; MICHNIK, Robert; CZAPLA, Krzysztof. Mathematical modelling as a tool to assessment of loads in volleyball player's shoulder joint during spike. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 12, p. 1179-1186, 2017.

KAPANDJI, Adalbert I. **O que é biomecânica?**. Barueri: Manole, 2013.

KARATSIDIS, Angelos et al. Estimation of ground reaction forces and moments during gait using only inertial motion capture. **Sensors**, v. 17, n. 1, p. 75-97, 2016.

KIM, Sunwook. **Development and Evaluation of Methods to Assess Physical Exposures in the Workplace using Wearable Technologies**. 2012. 84 f. Tese (Doutorado)- Curso de Pós- graduação em Engenharia Industrial, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg-EUA, 2012. Disponível em:<
<https://search.proquest.com/docview/1512629026?pq-origsite=gscholar>>. Acesso em: 23 set. 2017.

KITAGAWA, Midori; WINDSOR, Brian. **MoCap for Artists: Workflow and Techniques for Motion Capture**. Oxford: Focal Press, 2008.

KITCHENHAM, Barbara et al. Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. **Information and software technology**, v. 51, n. 1, p. 7-15, 2009.

KUTÍLEK, Patrik et al. Assessment of postural stability in patients with cerebellar disease using gyroscope data. **Journal of bodywork and movement therapies**, v. 19, n. 3, p. 421-428, 2015.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

LÄMKULL, Dan; HANSON, Lars; ÖRTENGREN, Roland. A comparative study of digital human modelling simulation results and their outcomes in reality: A case study within manual assembly of automobiles. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 39, n. 2, p. 428-441, 2009.

LATONDA, Lourdes Tortosa et al. **Ergonomía y discapacidad**. Valencia: IBV (Instituto de Biomecánica de Valencia), 1997.

LEE, Haerin et al. A 3D Human-Machine Integrated Design and Analysis Framework for Squat Exercises with a Smith Machine. **Sensors**, v. 17, n. 2, p. 1-22, 2017.

LEITE, Werlayne Stuart Soares. Biomecânica aplicada al deporte: contribuciones, perspectivas y desafíos. **Lecturas: Educación física y deportes**, n. 170, p. 1-9, 2012.

LEVY, Yair; ELLIS, Timothy J. A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science**, v. 9, p.181-212, 2006.

LIN, Jonathan Feng-Shun. **Automated Rehabilitation Exercise Motion Tracking**. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática, University of Waterloo, Waterloo, 2013. Disponível em: <
https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/7191/Lin_Jonathan.pdf?sequence=1>. Acesso em: 05 out. 2017.

LÖBACH, Bernd. **Design Industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

LONGHI, Adriana. **Análise cinematográfica do saque flat de tenistas infanto-juvenis**. 2014. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em:
<http://tede.udesc.br/bitstream/handle/292/1/ADRIANA%20LONGHI.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2017.

LOOSE, Harald; ORLOWSKI, Katja. Gait patterns in standard scenarios: Using Xsens MTw inertial measurement units. In: **Research and Education in Mechatronics (REM), 2015 16th International Conference on**. IEEE, p. 296-300, 2015.

MA, Liang et al. Human arm simulation for interactive constrained environment design. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, p. 1-10, 2013.

MAGARREIRO, João. **Protocolo de recolha e processamento de dados 3D cinemáticos e cinéticos da marcha em regime laboratorial e ambulatorio**. 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Biomédica- Desporto e Reabilitação, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2015. Disponível em: < https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/8236/1/Dissertacao_MEB_DR_ESTSetubal_Joao_Magarreiro_120289014.pdf >. Acesso em: 05 out. 2017.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

MARRAS, William S. et al. Instrumentation for measuring dynamic spinal load moment exposures in the workplace. **Journal Of Electromyography And Kinesiology**, [s.l.], v. 20, n. 1, p.1-9, 2010.

MARTINS, Ana Claudia Vieira. **Cinemática da primeira sequência do jion kata do karatê estilo Shotokan**. 2013. 145 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano. Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: < <http://tede.udesc.br/bitstream/handle/628/1/TESE%20DE%20DOUTORADO%20ANA%20CLAUDIA%20VIEIRA%20MARTINS%202013.pdf> > Acesso em: 23 set. 2017.

MARTINS, Rosane Fonseca de Freitas; MERINO, Eugenio Andrés Díaz. **Gestão de design como estratégia organizacional**. Rio de Janeiro: Rio Books, 2011.

MEDVED, Vladimir. **Measurement of Human Locomotion**. CRC Press. New York: Boca Raton, 2001.

MERINO, Eugenio Andrés Díaz et al. Implementation of Integrated Instrumentation in Assistive Technology. In: **International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics**. Springer, Cham, 2017. p. 549-560. Disponível em:< http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1_55 >. Acesso em: 27 ago. 2018.

MERINO, Eugenio Andrés Díaz et al. Instrumentação tecnológica integrada no desenvolvimento de produtos ergonômicos para Tecnologia Assistiva. In: I Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva, 1., 2016, Curitiba. **Anais...** Curitiba: CBTA, 2016.

MERINO, Eugenio Andrés Díaz et al. O uso da instrumentação tecnológica em projetos de tecnologia assistiva: captura de movimentos e termografia infravermelha. **Human Factors in Design (HFD)**, v. 7, n.14, p. 95-113, 2018. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796307142018095>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. **GODP - Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos**: Uma metodologia de Design Centrado no Usuário. Florianópolis: NGD/UFSC, 2016. Disponível em: <<https://ngdldu-ufsc.squarespace.com/godplivro/>>. Acesso em: 30 out. 2017.

MERLETTI, Roberto; PARKER, Philip A. **Eletromyography**: Physiology, Engineering and Noninvasive applications. New York: Wiley-IEEE Press, 2004.

MICHNIK, Robert et al. Similarities and differences of body control during professional, externally forced fall to the side performed by men aged 24 and 65 years. **Archives of Budo**, v.10, p. 233- 243, 2014.

MORIN, Edgar. **Introdução ao Pensamento Complexo**. 5ª ed. Lisboa: Instituto Piaget, 2008. 177p.

MORRIS, Richard. **Fundamentos de design de produto**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

MOZOTA, Brigitte Borja; KLÖPSCH, Cássia; COSTA, Felipe Xavier da Costa. **Gestão do Design**: usando o design para construir valor de marca e inovação corporativa. Porto Alegre: Bookman, 2011.

MOZOTA, Brigitte Borja. A Theoretical Model for Design in Management Science. **Design Management Journal**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.30-37, 2008.

MÜNDERMANN, Lars; CORAZZA, Stefano; ANDRIACCHI, Thomas P. The evolution of methods for the capture of human movement leading to markerless motion capture for biomechanical applications. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 3, n. 1, p.1-6, 2006.

MULDER, Theo; GEURTS, Sander. The assessment of motor dysfunctions: Preliminaries to a disability-oriented approach. **Human Movement Science**, v. 10, n. 5, p. 565-574, 1991.

NEUMANN, Donald A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético**: fundamentos para reabilitação. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

NGD-LDU (Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade). **Sobre o NGD-LDU**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <<https://ngdldu-ufsc.squarespace.com/ngdldu/>>. Acesso em: 15 out. 2017.

OLIVEIRA, Márlis Abreu Marques. Biomecânica. In: BITTENCOURT, Fábio (Org.) **Ergonomia e Conforto Humano**: Uma visão da arquitetura, engenharia e design de interiores. 1. ed. Rio de Janeiro: Rio Books, 2011.

OROZCO, Mônica Daniela Gomez. **Assessment of Postural Deviations Associated Errors in the Analysis of Kinematics Using Inertial and Magnetic Sensors and a Correction Technique Proposal**. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Biomédica e Biomateriais, University of Toronto, Toronto- Canada, 2015. Disponível em: <<https://search.proquest.com/docview/1739002157?pqorigsite=gscholar>>. Acesso em: 23 set. 2017.

OSTERLUND, Jeffrey; LAWRENCE, Brad. Virtual reality: Avatars in human spaceflight training. **Acta Astronautica**, v. 71, p. 139-150, 2012.

OYEKAN, John et al. Remote real-time collaboration through synchronous exchange of digitised human–workpiece interactions. **Future Generation Computer Systems**, v. 67, p. 83-93, 2017.

PASCHOARELLI, Luis Carlos; MEDOLA, Fausto Orsi; BONFIM, Gabriel Henrique Cruz. Característica Qualitativas, Quantitativas e Quali-quantitativas de Abordagens Ergonômicas: estudos de caso na subárea do Design Ergonômico. **Revista de Design, Tecnologia e Sociedade**, v. 2, p. 65-78, 2015.

PICHLER, Rosimeri Frank; MERINO Giselle Schmidt Alves Díaz. As equipes multidisciplinares na prática projetual e no contexto da TA: uma revisão sistemática. In: MEDOLA, Fausto Orsi; PASCHOARELLI, Luis Carlos (Org.) **Tecnologia Assistiva: Pesquisa e Conhecimento**. São Paulo: Canal 6 Editora, 2018.

PINHEIRO, Alan Petrônio. **Desenvolvimento de um sistema de captura e análise de movimentos baseado em técnicas de visão computacional**. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14376/1/Alan.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2017.

PODMENIK, Nadja et al. The effect of shooting range on the dynamics of limbs angular velocities of the basketball shot. **Kineziologija**, v. 49, n. 1, p. 92-100, 2017.

POSDESIGN (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN). **Mestrado e Doutorado em Design: Gestão de Design**. Florianópolis, 2018. Disponível em: <<http://www.posdesign.ufsc.br/doutorado-em-design/>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

PUNT, Michiel et al. Effect of arm swing strategy on local dynamic stability of human gait. **Gait & posture**, v. 41, n. 2, p. 504-509, 2015.

QING, Tao et al. Application of JACK on evaluation of a split seat chair. In: **Automation and Computing (ICAC), 2013 19th International Conference on**. IEEE, p. 1-6, 2013.

RASCH, Philip J. **Cinesiologia e anatomia aplicada**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

REY, Puente Fernando. Télos como arché e o fundamento temporal da ação em Aristóteles. **Revista Philosophica**, n. 26, p. 227-236, 2003.

ROETENBERG, Daniel. **Inertial and Magnetic Sensing of Human Motion**. 2006. 126 f. Tese (Doutorado). University of Twente, Enschede- Países Baixos. Disponível em: <<https://www.xsens.com/wp-content/uploads/2014/01/Inertial-and-Magnetic-Sensing-of-Human-Motion.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2017.

ROETENBERG, Daniel; LUINGE, Henk; SLYCKE, Per. Xsens MVN: full 6DOF human motion tracking using miniature inertial sensors. **Xsens Motion Technologies BV**, v.3, p. 1-9, 2013.

ROGERS, Jonathan. **MIMU sensors for joint kinematic estimation: anatomical landmarking and frame correction**. 2016. 94 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, University Queen's, Ontário- Canada, 2016. Disponível em: <http://qspace.library.queensu.ca/bitstream/handle/1974/14705/Rogers_Jonathan_H_201608_MASC.pdf?sequence=1>. Acesso em: 23 set. 2017.

SABER-SHEIKH, Kambiz et al. Feasibility of using inertial sensors to assess human movement. **Manual Therapy**, v. 15, n. 1, p. 122-125, 2010.

SALVALAIO, Cláudio Luiz. **Contribuição ao estudo da captura do movimento aplicado ao design em tecnologia assistiva**. 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-design, Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/62049>>. Acesso em: 06 out. 2017.

SAMPAIO, Rosana F.; MANCINI, Marisa C. Systematic review studies: a guide for careful synthesis of the scientific evidence. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, Flávio Anthero dos. **O design como diferencial competitivo**: o processo de design desenvolvido sob o enfoque da qualidade e da gestão estratégica. Itajaí: Univali, 2000.

SANTOS, William Rodrigues dos. **Análise técnica de um sistema de captura de movimentos integrado com um software de modelagem e simulação humana**. 2014. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/3753>>. Acesso em: 05 out. 2017.

SATO, Katsumi; USUI, Yoko; WATABE, Shinichi. The value to dance practice of CG derived from motion capture. In: **SIGGRAPH Asia 2012 Posters**. ACM, n.2, p. 1, 2012.

SCHEPERS, Martin. **Ambulatory assessment of human body kinematics and kinetics**. 2009. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso Pós-graduação em Engenharia Elétrica, da University of Twente, Enschede, 2009. Disponível em: <<https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/6038045>>. Acesso em: 08 out. 2017.

SETTINERI, Luiz Irineu Cibilis; RODRIGUES, Raul Barnech. **Fundamentos de cinesiologia**. Porto Alegre: Movimento, 1976.

SILVA, Fernando Wagner da. **Motion capture-introdução à tecnologia**. Laboratório de Computação Gráfica- LCG, COPPE/ UFRJ- Engenharia de Sistemas e Computação. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: <<https://www.visgrafimpa.br/Projects/mcapture/publ/mc-tech/>>. Acesso em: 08 out. 2017.

SILVA, José Carlos Plácido; PASCHOARELLI, Luís Carlos. **A evolução histórica da ergonomia no mundo e seus pioneiros**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010.

SILVA, Vanessa Gomes da et al. Preliminary inertial study of body postures during dental procedure. **Biodental Engineering III**, p. 287-290, 2014.

SKOGSTAD, Stale A.; NYMOEN, Kristian; HØVIN, M. E. Comparing inertial and optical mocap technologies for synthesis control. In: **Proceedings of SMC 2011 8th Sound and Music Computing Conference "Creativity rethinks science"**, Padova, Padova University Press ,p. 421-426, 2011.

SLOT, Tegan. **Occupational Biomechanics of Tree-Planters: A study of musculoskeletal symptoms, posture and joint reaction forces in Ontario tree-planters**. 2010. 227 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciências da Saúde, University Queen's, Ontário- Canada, 2016. Disponível em: <<https://qspace.library.queensu.ca/jspui/handle/1974/5534>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

SOLOMON, Tabitha A. **Application of human factors engineering in the redesign of an oscillating bone saw to reduce high risk postures of the wrist and to enhance performance**. 2015. 194 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia dos Fatores Humanos, Tufts University, Medford, 2015. Disponível em: <<https://dl.tufts.edu/bookreader/tufts:21546#page/204/mode/1up>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

SPECK, Giselle Mari et al. Processo de instrumentação integrada no desenvolvimento de projetos de Tecnologia Assistiva. In: XVIII Congresso Brasileiro de Ergonomia, 18., 2016, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABERGO, 2016.

STARRS, Paul et al. Biomechanical differences between experienced and inexperienced wheelchair users during sport. **Prosthetics and Orthotics International**, v. 36, n. 3, p. 324-331, 2012.

STEINFELD, Edward; LENKER, James; PAQUET, Victor. **The Anthropometrics of Disability: An International Workshop**. New York: U.S. Access Board, 2002. Disponível em: <<http://idea.ap.buffalo.edu//Anthro/The%20Anthropometrics%20of%20Disability.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

STREIT, Priscilla. **Comparação de parâmetros biomecânicos entre sistemas de captura de movimentos**: avaliação do Microsoft Kinect. 2013. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Curso Pós-graduação em Design, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UERJ_4ae56cb39e46495685229e8f0d842675>. Acesso em: 06 out. 2017.

TILLEY, Alvin R.; DREYFUSS, Henry. **As medidas do homem e da mulher**: fatores humanos em design. Porto Alegre: Bookman, 2007.

TONIN, Luiz Antônio et al. Avaliação de tecnologias de captura de movimentos em projetos de situações produtivas. In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 25., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENEGEP, 2015.

TORRES, Henrique. (2014). **Sensores inerciais- parte 1**. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/sensores-inerciais-parte-1/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

VAN HAK, Marcel. The Industry Standard in Low-cost AHRS. **Hydro International**, p.1-2, 2012.

VARNIER, Thiago; MERINO, Eugenio Andrés Díaz. O Uso da Captura de Movimentos no Desenvolvimento de Produtos: um estudo focado nas tecnologias e aplicações. In: XIII Congresso Pesquisa & Desenvolvimento em Design, 13., 2018, Joinville. **Anais...** Joinville: P&D, 2018.

VELAZ, Yaiza et al. Natural and hybrid bimanual interaction for virtual assembly tasks. **Virtual Reality**, v. 18, n. 3, p. 161-171, 2014.

WDO (World Design Organization). **Definition of Industrial Design**. 2018. Disponível em: <<http://wdo.org/about/definition/>>. Acesso em: 15 out. 2018.

WEENK, Dirk et al. Automatic identification of inertial sensor placement on human body segments during walking. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 10, n. 1, p. 31-40, 2013.

WOUDA, Frank et al. Estimation of Full-Body Poses Using Only Five Inertial Sensors: An Eager or Lazy Learning Approach? **Sensors**, v. 16, n. 12, p.1-17, 2016.

XSENS. **Moven: user manual. Moven Motion Capture System**. The Netherlands: Xsens Technologies B.V. 2012.

YANG, Che-Chang; HSU, Yeh-Liang. A review of accelerometry-based wearable motion detectors for physical activity monitoring. **Sensors**, v. 10, n. 8, p. 7772-7788, 2010.

YANG, Shuozhi. **Inertial sensors in estimating spatio-temporal parameters of walking**: Performance evaluation and error analysis. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação, Engenharia Mecânica e de Materiais, University Queen's, Ontário-Canada, 2011. Disponível em: <<http://qspace.library.queensu.ca/handle/1974/6664>>. Acesso em: 23 set. 2017.

ZHANG, Jing et al. Fall Detection with the Optimal Feature Vectors Based on Support Vector Machine. In: Zhang Y. et al (Org) **Health Information Science**. Shenzhen: Springer, Cham, 2014.

ZHANG, Jun-Tian et al. Concurrent validation of Xsens MVN measurement of lower limb joint angular kinematics. **Physiological measurement**, v. 34, n. 8, p. 63-69, 2013.

APÊNDICE A - RSL sobre o Equipamento MVN *Link*

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, baseada em Kitchenham et al. (2009) e Levy e Ellis (2006), com o objetivo de obter um panorama geral da expressão de busca MVN *Link Biomech* da *Xsens*, para levantar os estudos que utilizaram como tecnologia de captura de movimentos o sistema MVN *Link*. Para tanto, utilizou-se como expressão de busca, a seguinte *string*: (“*xsens*” OR “*x-sens*” OR “*xsens* MVN” OR “*xsens* MVN *biomech*”). Para tanto, o levantamento foi realizado em estudos nacionais e internacionais encontrados nos bancos de Teses e Dissertações Nacionais (Repositório da UFSC¹⁴, Banco de Teses da CAPES¹⁵, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações - BDTD¹⁶) e Internacionais (*Dissertations & Theses - ProQuest*¹⁷), bem como nas bases de periódicos *Scopus*¹⁸, *Web of Science*¹⁹, *PubMed*²⁰ e *Scielo*²¹. Vale ressaltar que todas as bases foram acessadas através do sistema CAPES.

O levantamento em teses e dissertações foi realizado em quatro bancos de dados, partindo do âmbito local (Florianópolis/SC) ao global (mundo). Primeiramente, foi realizada uma pesquisa no Repositório da UFSC, seguido do Banco de teses da CAPES, que reúne os resumos de teses e dissertações defendidas nos programas de pós-graduação do Brasil desde 1987. Posteriormente buscou-se na Biblioteca Digital

¹⁴ Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/>> Acesso em: 20 set. 2017.

¹⁵ Disponível em: <http://capesdw.capes.gov.br/banco-teses/#!/>> Acesso em: 20 set. 2017.

¹⁶ Disponível em:< <http://bdttd.ibict.br/vufind/>> Acesso em: 20 set. 2017.

¹⁷ Disponível em: < <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index?accountid=26642>> Acesso em: 20 set. 2017.

¹⁸ Disponível em:< <https://www-scopus.ez46.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic>> Acesso em: 23 set. 2017.

¹⁹ Disponível em: < http://apps-webofknowledge.ez46.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=3Eys3OqmnbIzXWXTp9C&preferencesSaved=> Acesso em: 23 set. 2017.

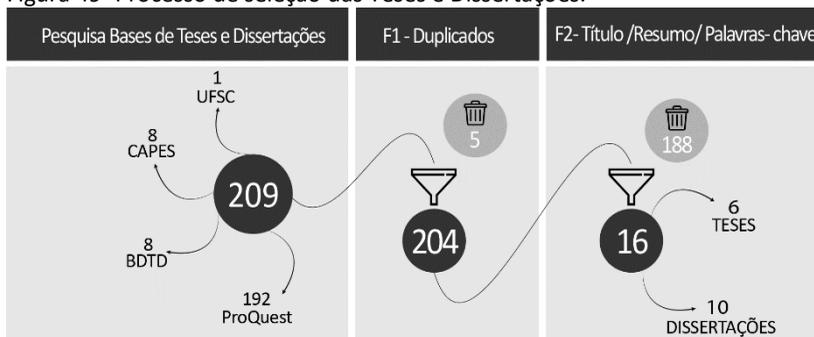
²⁰ Disponível em:< <https://www-ncbi-nlm-nih.gov.ez46.periodicos.capes.gov.br/pmc/>> Acesso em: 23 set. 2017.

²¹ Disponível em:< <http://www.scielo.org/php/index.php>> Acesso em: 23 set. 2017.

brasileira de Teses de Dissertações (BDTD) do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, que integra os sistemas de informações sobre teses e dissertações existentes nas instituições brasileiras. Por fim, fez-se o mesmo levantamento na base de dados Banco de *Dissertations & Theses (ProQuest)*, banco de teses e dissertações disponíveis na íntegra do mundo.

A pesquisa foi realizada entre os meses de setembro e outubro de 2017. Os critérios de inclusão para seleção dos documentos foram: *string* no (texto completo; idioma inglês ou português; no período de 2007 a 2017). Assim, retornou o total de 209 documentos, sendo 01 retirado do Repositório da UFSC, 08 do Banco de Teses da Capes, 08 da BDTD e 192 da *ProQuest*. Minerando os documentos duplicados no filtro 1 (F1), 204 restaram para o filtro do título, resumo e palavras-chave (F2). Neste filtro foram descartados 188 documentos por não conterem relação com o assunto de pesquisa proposto, ou seja, não utilizavam o equipamento *MVN Link Biomech* em seus estudos. Assim, com os 16 documentos restantes, fez-se a busca dos arquivos disponíveis para realização da leitura dinâmica dos documentos na íntegra. Após a realização da leitura dinâmica foram selecionados (06 teses e 10 dissertações), conforme pode ser observado na figura 49.

Figura 49- Processo de seleção das Teses e Dissertações.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir o quadro 1, apresenta a relação dos 16 documentos (6 teses e 10 dissertações) selecionados abordando a identificação do autor, ano (do mais recente para o mais antigo), país e título do trabalho.

Quadro 1- Relação dos 16 documentos selecionados na RSL.

Autor/ ano	IES/País	Título
ROGERS, 2016	<i>Queen's University / CAN</i>	<i>MIMU sensors for joint kinematic estimation: Anatomical landmarking and frame correction</i>
FRICK, 2015	<i>The University of Iowa / EUA</i>	<i>Mitigation of magnetic interference and compensation of bias drift in inertial sensors</i>
OROZCO, 2015	<i>University of Toronto / CAN</i>	<i>Assessment of postural deviations associated errors in the analysis of kinematics using inertial and magnetic sensors and a correction technique proposal</i>
SANTOS, 2014	UFSCAR/ BRA	Análise Técnica de um Sistema de Captura de Movimentos Integrado com um Software de Modelagem e Simulação Humana
FERNANDES, 2014	UFSC / BRA	ERGONOMIA E PROJETO: Contribuições no projeto de ferramentas manuais para agricultura familiar com ênfase nos reflexos físicos da atividade de extração manual de mandioca
LONGHI, 2014	UDESC / BRA	Análise cinemática do saque de tenistas infanto-juvenis
STREIT, 2013	UERJ/BRA	Comparação de parâmetros biomecânicos entre sistemas de captura de movimentos: avaliação do Microsoft Kinect
DESHAW, 2013	<i>The University of Iowa / EUA</i>	<i>New methodologies for evaluating human biodynamic response and discomfort during seated whole-body vibration considering multiple postures</i>
EX-LUBESKIE, 2013	<i>Clemson University/ EUA</i>	<i>Evaluation of angular velocity data from inertial measurement units for use in clinical settings</i>
MARTINS, 2013	UDESC /BRA	Cinemática da primeira sequência do jion kata do karatê estilo Shotokan

SALVALAIO, 2012	UFRGS/ BRA	Contribuição ao estudo da captura do movimento aplicado ao design em Tecnologia Assistiva
KIM, 2012	<i>Virginia Polytechnic Institute and State University/ EUA</i>	<i>Development and evaluation of methods to assess physical exposures in the workplace using wearable technologies</i>
GALBRAITH, 2011	<i>Queen's University / CAN</i>	<i>Development of a novel link-segment model for estimating lower back loading in paramedics</i>
HUTCHISON, 2011	<i>Clemson University / EUA</i>	<i>A validation study using inertial sensor technology for knee function during gait analysis</i>
YANG, 2011	<i>Queen's University / CAN</i>	<i>Inertial sensors in estimating spatio-temporal parameters of walking: performance evaluation and error analysis</i>
SLOT, 2010	<i>Queen's University / CAN</i>	<i>Occupational biomechanics of tree-planters: A study of musculoskeletal symptoms, posture, and joint reaction forces in Ontario tree-planters</i>

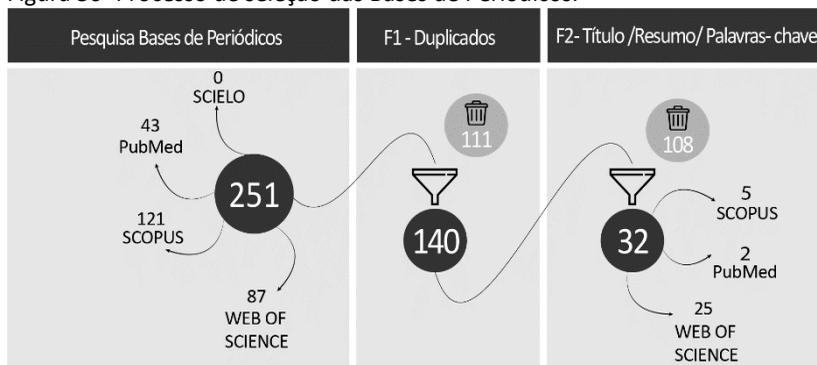
Fonte: elaborado pelo autor.

Todavia o levantamento nas bases de periódicos foi realizado na *Scopus* (por indexar mais de 21 mil periódicos e ser a maior base de dados de resumos e citações da literatura nas áreas de ciência e tecnologia); na *Web of Science* (por possuir mais de 9.000 periódicos indexados, os quais são os mais citados de suas respectivas áreas, e por abranger as áreas das ciências da saúde e das ciências sociais e aplicadas); na *PubMed* (por indexar mais de 4,5 milhões de textos completos de literatura de periódicos de ciências biomédicas e de ciências da vida); e na *Scielo* (por ser uma base multidisciplinar de maior referência para publicações brasileiras, com 355 periódicos indexados e mais de 300 mil referências).

Assim, realizou-se a pesquisa entre os meses de setembro e outubro de 2017. Os critérios de inclusão para seleção dos documentos foram: *string* no (título, resumo e palavras-chave; artigos e artigos de eventos; idioma inglês ou português; no período de 2006 a 2017). Assim,

retornou o total de 251 artigos, sendo 121 retirados da base de dados *Scopus*, 87 da base de dados *Web of Science* e 43 da *PubMed*, sendo que na *Scielo* não houve retorno de artigos. Minerando os artigos duplicados no filtro (F1), 140 artigos restaram para o filtro do título, resumo e palavras-chave (F2). Neste filtro foram descartados 108 artigos por não conterem relação com o assunto de pesquisa proposto, ou seja, não utilizavam o equipamento *MVN Link Biomech* em seus estudos. Assim, com os 32 artigos restantes, fez-se a busca dos arquivos disponíveis para realização da leitura dinâmica dos documentos na íntegra. Após a realização da leitura dinâmica foram selecionados (32 artigos) para análise, conforme pode ser observado na figura 50.

Figura 50- Processo de seleção das Bases de Periódicos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O quadro 2, apresenta a relação dos 32 documentos selecionados, abordando a identificação do autor, ano (do mais recente para o mais antigo), periódico de publicação/ evento e título do trabalho.

Quadro 2- Relação dos 32 documentos selecionados na RSL.

Autor/ ano	Periódico/Evento	Título
GUO; XIONG, 2017	<i>Sensors</i>	<i>Accuracy of base of support using an inertial sensor based motion capture system</i>
HAMACHER et al. 2017	<i>Human Movement Science</i>	<i>Exploring phase dependent functional gait variability</i>

JURKOJC; MICHNIK; CZAPLA, 2017	<i>Journal of Sports Sciences</i>	<i>Mathematical modelling as a tool to assessment of loads in volleyball player's shoulder joint during spike</i>
PODMENIK et al. 2017	<i>Kinesiology</i>	<i>The effect of shooting range on the dynamics of limbs angular velocities of the basketball shot</i>
KARATSIDIS et al. 2016	<i>Sensors</i>	<i>Estimation of Ground Reaction Forces and Moments During Gait Using Only Inertial Motion Capture</i>
DINU et al. 2016	<i>Engineering of Sport 11</i>	<i>Accuracy of postural human-motion tracking using miniature inertial sensors</i>
FABER et al. 2016	<i>Journal of Equine Veterinary Science</i>	<i>Estimating 3D L5/S1 moments and ground reaction forces during trunk bending using a full-body ambulatory inertial motion capture system</i>
ABREU; SANTOS; BAPTISTA, 2015	<i>Sho2015: International Symposium on Occupational Safety and Hygiene</i>	<i>Measurement of upper-limb joint angular kinematics: a comparative study in manual and semi-automated assembly line</i>
BAITEL; DELIU; CORDUN, 2015	<i>Rethinking Education by Leveraging the Elearning Pillar of the Digital Agenda for Europe</i>	<i>Efficiency evaluation method for punch strikes in combat sports based on cinematic parameters</i>
GUIMARAES et al. 2015	<i>6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics</i>	<i>3D virtual environment system applied to aging study - Biomechanical and anthropometric approach</i>
KUTILEK et al. 2015	<i>Journal of Bodywork and Movement Therapies</i>	<i>Assessment of postural stability in patients with cerebellar disease using gyroscope data</i>

LOOSE; ORLOWSKI, 2015	<i>16th International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM)</i>	<i>Gait Patterns in Standard Scenarios Using Xsens MTw Inertial Measurement Units</i>
PUNT et al. 2015	<i>Gait & Posture</i>	<i>Effect of arm swing strategy on local dynamic stability of human gait</i>
GANDY et al. 2014	<i>Sports Technology</i>	<i>A preliminary investigation of the use of inertial sensing technology for the measurement of hip rotation asymmetry in horse riders</i>
DAMGRAVE; LUTTERS, 2014	<i>Cranfield University Press</i>	<i>The drift of the Xsens Moven motion capturing suit during common movements in a working environment</i>
BOTA; MEZEI; BIDIUGAN, 2014	<i>Let's Build the Future through Learning Innovation</i>	<i>Enhancing technical accuracy in high-level aerobic gymnastics by means of MVN motion capture systems</i>
ECKARDT; MUNZ; WITTE, 2014	<i>Journal of Equine Veterinary Science</i>	<i>Application of a full body inertial measurement system in dressage riding</i>
BAITEL; DELIU 2014	<i>3rd International Congress on Physical Education, Sport and Kinetotherapy</i>	<i>Kinematic analysis of the cross punch applied in the full-contact system using inertial navigation technology and surface electromyography</i>
MICHNIK et al. 2014	<i>Archives of Budo</i>	<i>Similarities and differences of body control during professional, externally forced fall to the side performed by men aged 24 and 65 years</i>
SILVA et al, 2014	<i>Biodental Engineering</i>	<i>Preliminary inertial study of body postures during dental procedures</i>
ZHANG et al. 2014	<i>Health Information Science, His 2014</i>	<i>Fall detection with the optimal feature vectors based on support vector machine</i>

GUO et al. 2013	<i>Biomedical Engineering Online</i>	<i>Balance and knee extensibility evaluation of hemiplegic gait using an inertial body sensor network</i>
WEENK et al. 2013	<i>Journal of Neuroengineering and Rehabilitation</i>	<i>Automatic identification of inertial sensor placement on human body segments during walking</i>
ZHANG et al. 2013	<i>Physiological Measurement</i>	<i>Concurrent validation of Xsens MVN measurement of lower limb joint angular kinematics</i>
SATO; USUI; WATABE, 2012	<i>AS '12 SIGGRAPH Ásia</i>	<i>The value to dance practice of cg derived from motion capture</i>
VAN HAK, 2012	<i>Hydro International</i>	<i>The Industry Standard in Low-cost AHRS</i>
HAMACHER et al. 2012	<i>Gait & Posture</i>	<i>Evaluation of a visual feedback system in gait retraining: A pilot study</i>
STARRS et al. 2012	<i>Prosthetics and Orthotics International</i>	<i>Biomechanical differences between experienced and inexperienced wheelchair users during sport</i>
SKOGSTAD; NYMOEN; HØVIN, 2011	<i>Sound and music Computing network</i>	<i>Comparing inertial and optical mocap technologies for synthesis control</i>
SABER-SHEIKH et al. 2010	<i>Manual Therapy</i>	<i>Feasibility of using inertial sensors to assess human movement</i>
BRODIE; WALMSLEY; PAGE, 2008	<i>Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering</i>	<i>The static accuracy and calibration of inertial measurement units for 3D orientation</i>
CURTI et al. 2006	<i>28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society</i>	<i>A simple test to assess the static and dynamic accuracy of an inertial sensors system for human movement analysis</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE B - RSL sobre Captura de Movimentos e Produtos

Foi realizado uma revisão sistemática da literatura, utilizando o método proposto por Sampaio e Mancini (2007), que descrevem o desenvolvimento da revisão sistemática em cinco etapas: (I) Definir a pergunta; (II) Buscar a evidência; (III) Revisar e selecionar os estudos; (IV) Analisar a qualidade metodológica dos estudos; (V) Apresentar os resultados.

Assim, seguindo o método proposto definiu-se como pergunta: Como a captura de movimentos vem sendo aplicada no desenvolvimento de produtos e/ou produtos de design e quais os tipos de equipamentos tecnológicos mais utilizados?

A busca das evidências se deu em estudos nacionais e internacionais encontrados nos bancos de Teses e Dissertações Nacionais (Repositório da UFSC²², Banco de Teses da Capes²³, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações - BDTD²⁴) e Internacionais (*Dissertations & Theses - ProQuest*²⁵), bem como nas bases de periódicos *Scopus*²⁶, *Web of Science*²⁷, *PubMed*²⁸ e *Scielo*.²⁹

Os critérios de seleção das bases de dados, seguiram os mesmos critérios definidos na primeira revisão sistemática abordada na justificativa. Para tanto, utilizou-se como expressão de busca, a seguinte

²² Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/> > Acesso em: 18 nov. 2017.

²³ Disponível em: <http://capesdw.capes.gov.br/banco-teses/#!/> > Acesso em: 18 nov. 2017.

²⁴ Disponível em: < <http://bdttd.ibict.br/vufind/> > Acesso em: 18 nov. 2017.

²⁵ Disponível em: <

<https://search.proquest.com/pqdtglobal/index?accountid=26642> > Acesso em: 18 nov. 2017.

²⁶ Disponível em: < <https://www-scopus.ez46.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic> > Acesso em: 18 nov. 2017.

²⁷ Disponível em: < http://apps-webofknowledge.ez46.periodicos.capes.gov.br/WOSGeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=3Eys3OqmnbIzXWXTp9C&preferencesSaved=> > Acesso em: 18 nov. 2017.

²⁸ Disponível em: < <https://www-ncbi-nlm-nih.gov.ez46.periodicos.capes.gov.br/pmc/> > Acesso em: 18 nov. 2017.

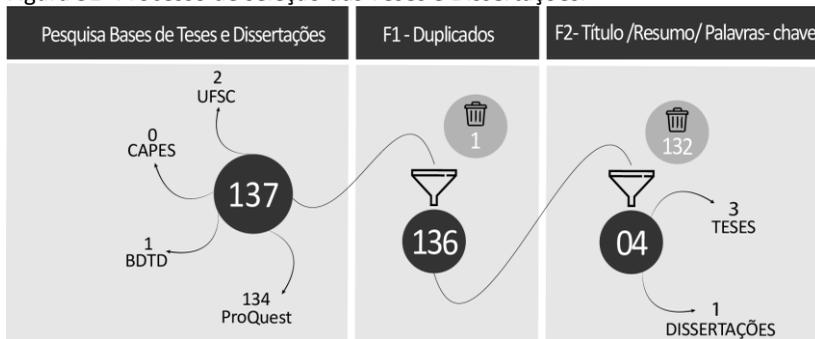
²⁹ Disponível em: < <http://www.scielo.org/php/index.php> > Acesso em: 18 nov. 2017.

string: ((“*motion capture*” OR “*motion tracking*”) AND (“*product development*” OR “*product design*”)). Vale ressaltar que todas as bases foram acessadas através do sistema CAPES.

A pesquisa foi realizada entre os meses de novembro e dezembro de 2017. Os critérios de inclusão para seleção dos documentos dos bancos de teses e dissertações foram: *string* no (texto completo; idioma inglês ou português; no período de 2012 a 2017). Já para as bases de periódicos foram: *string* no (título, resumo e palavras-chave; artigos e artigos de eventos; idioma inglês ou português; no período de 2012 a 2017).

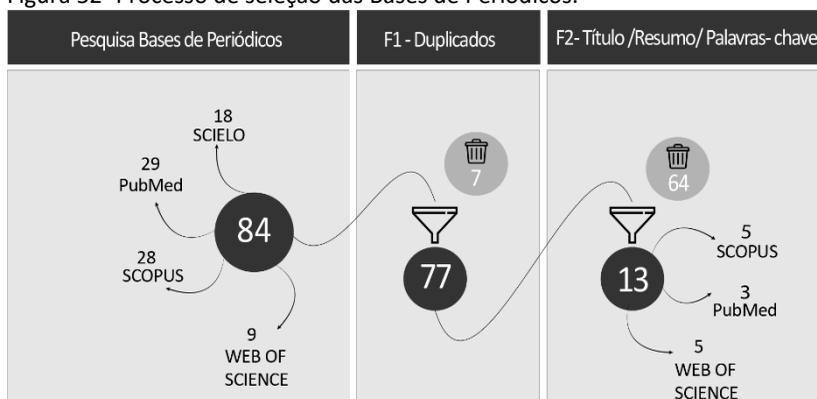
Os documentos obtidos foram selecionados considerando sua relação com o tema pesquisado. Inicialmente minerou-se os duplicados (F1), posteriormente foram analisados de acordo com o título, palavras-chave e resumo dos documentos encontrados (F2). Após a exclusão dos que não tinham relação com o tema, foi realizada a leitura dinâmica dos documentos na íntegra (F3), conforme pode ser observado nas figuras 51 e 52. O critério de seleção foi o nível de contribuição para responder a pergunta de pesquisa proposta.

Figura 51- Processo de seleção das Teses e Dissertações.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 52- Processo de seleção das Bases de Periódicos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise com relação ao conteúdo desta revisão, foi realizada com base em 17 documentos distribuídos no quadro 3. Convém destacar que os dados estão organizados por ano (dos mais recentes para os mais antigos).

Quadro 3- Relação dos 17 documentos selecionados na RSL.

Autor	Ano	Tipo*	Título
DEMIREL; DUFFY	2017	P	<i>Incorporating Tactile Cues into Human-Centered Virtual Product Design</i>
OYEKAN ET AL	2017	P	<i>Remote real-time collaboration through synchronous exchange of digitised human-workpiece interactions</i>
LEE ET AL.	2017	P	<i>A 3D Human-Machine Integrated Design and Analysis Framework for Squat Exercises with a Smith Machine</i>
JOUNG; LI; NOH	2016	P	<i>XML-based neutral schema for automated ergonomic analysis with digital human simulation and inline motion capture</i>
CHOI; LEE	2015	P	<i>Discomfort Evaluation of Truck Ingress/Egress Motions Based on Biomechanical Analysis</i>
JUN	2015	T	<i>A home-based rehabilitation system for deficient knee patients</i>
SOLOMON	2015	T	<i>Application of human factors engineering in the redesign of an oscillating bone saw</i>

			<i>to reduce high risk postures of the wrist and to enhance performance</i>
FERNANDES	2014	T	Ergonomia e Projeto: Contribuições no projeto de ferramentas manuais para agricultura familiar com ênfase nos reflexos físicos da atividade de extração manual de mandioca
VELAZ ET AL.	2014	P	<i>Natural and hybrid bimanual interaction for virtual assembly tasks</i>
ESPITIA- CONTRERAS; SANCHEZ- CAIMAN; URIBE- QUEVEDO	2014	P	<i>Development of a Kinect-based anthropometric measurement application</i>
JOUNG; NOH	2014	P	<i>Integrated modeling and simulation with in-line motion captures for automated ergonomic analysis in product lifecycle management</i>
JI; JUN	2014	P	<i>Elementary implementation of a parameter-based generative design system considering the user environment</i>
QING ET AL.	2013	P	<i>Application of JACK on evaluation of a split seat chair</i>
MA ET AL.	2013	P	<i>Human arm simulation for interactive constrained environment design</i>
HARIH; ČRETIK	2013	P	<i>Interdisciplinary Approach to Tool-Handle Design Based on Medical Imaging</i>
OSTERLUND; LAWRENCE	2012	P	<i>Virtual reality: Avatars in human spaceflight training</i>
SALVALAIO	2012	D	Contribuição ao estudo da captura do movimento aplicado ao design em Tecnologia Assistiva

*Legenda: P- Periódico | T- Tese | D- Dissertação

Fonte: Elaborado pelo autor.

No quadro 4, é apresentado o objetivo de cada documento selecionado, juntamente com o tipo de equipamento tecnológico (captura de movimentos) utilizado no estudo.

Quadro 4- Relação dos documentos com objetivos e equipamentos.

Autor/ Ano	Objetivo	Equipamento
DEMIREL; DUFFY, 2017	Capturar atributos de ergonomia de usuários dentro do ciclo virtual de desenvolvimento de produtos (carrinhos de limpeza). Avaliou L5 e L4.	Sistema óptico (<i>STT Motion Captor</i>).
OYEKAN et al. 2017	Analisa a tarefa da montagem de um trilho do telhado de um veículo.	Sensor <i>Kinect</i> (Captura de movimento em linha).
LEE et al. 2017	Biomecânica no processo de projeto para desenvolvimento de programas de treinamento e novas máquinas (agachamento de Smith).	Sistema Óptico (Sistema de captura <i>Vicon</i>).
JOUNG; LI; NOH, 2016	Propõe um método que automatiza a entrada de dados para uma simulação ergonômica.	Sensor <i>Kinect</i> (captura de movimento em linha).
CHOI; LEE, 2015	Avaliação quantitativa do desconforto de entrada e saída de caminhões com base em análises biomecânicas para o movimento do corpo humano.	Sistema Óptico (Sistema de captura <i>Vicon</i>).
JUN, 2015	Criação, análise e validação de um quadro de reabilitação. Melhorar o processo de reabilitação para paciente de joelho deficiente.	Sistema Óptico (Sistema de captura <i>Vicon</i>) e o Sistema <i>Kinect</i> (captura de movimento em linha).
SOLOMON, 2015	Análise para investigar fatores alternativos da forma para a serra sagital do osso com a intenção de reduzir a tensão do operador, pressões localizadas e posturas de pulso desviadas.	Sensores eletromagnético (Sensores, o G4™ - <i>Polhemus, Colchester, VT</i>).
FERNANDES, 2014	Identificar os requisitos ergonômicos necessários ao projeto de ferramentas manuais para a agricultura familiar.	Captura de movimento inercial (<i>XSENS</i>)
VELAZ et al. 2014	Apresenta a simulação de operações bimanuais de montagem e desmontagem para treinamento ou aplicações de design de produto.	Sistema <i>Markerless</i> .

ESPITIA- CONTRERAS; SANCHEZ- CAIMAN; URIBE- QUEVEDO, 2014	Desenvolvimento de uma ferramenta interativa para tomar medidas antropométricas.	Sensor <i>Kinect</i> (captura de movimento em linha).
JOUNG; NOH, 2014	Análise ergonômica de uma tarefa de montagem de componentes de automóveis.	Sensor <i>Kinect</i> (captura de movimento em linha).
Jl; JUN, 2014	Implementar um sistema de design generativo que possa utilizar um algoritmo de design com uma tecnologia de reconhecimento de movimento.	Sensor <i>Kinect</i> (captura de movimento em linha).
QING et al. 2013	Avaliar as diferenças do movimento humano para os sujeitos sentados em uma cadeira de assento de <i>Split Ergokinetic</i> com os sentados em cadeira de escritório padrão.	Sistema Óptico (<i>Software JACK</i>).
MA et al. 2013	Resolver parcialmente os problemas ergonômicos encontrados durante a fase de concepção.	Sistema Óptico.
HARIH; CRETNIK, 2013	Desenvolver um cabo da ferramenta com a forma ideal para aumentar o desempenho, conforto, e a estabilidade na mão.	Imaginologia por ressonância magnética (MRI) e tomografia computadorizada.
OSTERLUND; LAWRENCE, 2012	Avaliar riscos ergonômicos dos técnicos de montagem (desenvolvimento de veículo).	Sistema Óptico (<i>Software JACK</i>).
SALVALAIO, 2012	Design de produtos assistivos, para o controle versátil de cadeiras de rodas motorizadas a pessoas com deficiência motora severa.	Captura de movimento inercial (XSENS); <i>Flock of Birds</i> ; Luva 5DT.

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C - Relação dos estudos selecionados na RSL

O quadro 5, apresenta a relação dos 46 documentos selecionados na revisão sistemática da literatura (sobre o equipamento MVN Link Biomech da Xsens). Assim, é apresentado os autores, objetivo do uso do equipamento, e os protocolos/técnicas/métodos utilizados nos estudos durante o levantamento de dados com os usuários.

Quadro 5- Relação dos 46 documentos selecionados na RSL.

Autor/ Ano	Uso do Xsens Visão geral	Protocolo/ Técnica/ Método
Guo; Xiong, 2017	Avaliou a precisão do Xsens para medir a base de suporte e o centro de massa.	Protocolo nativo Xsens.
Hamacher et al. 2017	Avaliou a marcha em idosos (pé perna e coxa).	Não relata.
Jurkojc; Michnik; Czaplá, 2017	Registro do saque de vôlei (análise do ombro e cotovelo-flexão e extensão).	Protocolo nativo Xsens. Frequência de 120 Hz. Tempo para se familiarizar com o equipamento.
Podmenik et al. 2017	Descrever as velocidades angulares conjuntas de jovens jogadores de basquete, durante o seu desempenho de arremessos.	Protocolo nativo Xsens. Frequência de 120 Hz.
Dinu et al. 2016	Comparou o registro do centro de massa com o sistema óptico.	Protocolo nativo Xsens. Frequência de 100 Hz.
Karatsidis et al. 2016	Avaliou a captura de movimento durante a marcha.	Protocolo nativo Xsens. Frequência de 240 Hz. Tempo para se familiarizar com o equipamento.

Faber et al. 2016	Investigar o desempenho do sistema inercial para L5 e S1, durante a flexão do tronco.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> .
Rogers, 2016	Buscou estudar por meio de comparação, soluções para reduzir as discrepâncias dos ângulos articulares entre as unidades de medidas magnéticas e inércias e os sistemas baseados em câmera, devido as diferenças nas calibrações anatômicas.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> .
Abreu; Santos; Baptista, 2015	Utilizou o <i>Xsens</i> para avaliar a sobrecarga em postos de trabalho (linha de montagem indústria). Avaliou a amplitude de movimento do membro superior.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> .
Baitel; Deliu; Cordun, 2015	Técnicas de esporte de combate, avaliou o punho, quadril e ombro.	Não relata.
Guimaraes et al. 2015	Envolvendo idosos para construção de ambientes virtuais.	Não relata.
Kutilek et al. 2015	Avaliou a postura humana em pacientes com doenças cerebrais. Fez um comparativo com 10 pacientes e 10 indivíduos saudáveis.	Sensor na lombar e nos pés. Frequência de 100 Hz e filtro de <i>kalman</i> .
Loose; Orłowski, 2015	Avaliou a marcha a 60hz (perna, coxa e pelve).	Não relata Frequência 60Hz.
Punt et al. 2015	Avaliou a marcha pelo balanço do braço.	Não relata.
Frick, 2015	Buscou desenvolver um método de mitigação de interferência magnética por meio da projeção de um algoritmo, e o mesmo foi testado com a utilização do <i>Xsens</i> .	Não relata.

Orozco, 2015	Buscou avaliar o erro de desvio postural na cinemática da marcha, com duas abordagens de correção: correção de orientação e correção de ângulo plano. Este estudo justifica-se pela limitação no campo da reabilitação.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> .
Damgrave; Lutters, 2014	Buscou avaliar a precisão do <i>Xsens</i> utilizado em uma sala padrão avaliando um percurso de caminhada ida e volta.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> . Gravação em 100 Hz. Sincronização de câmeras.
Bota; Mezei; Bidiugan, 2014	Registro da cinemática de mulheres idosas.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> . Gravação em 100 Hz.
Eckardt; Munz; Witte, 2014	Registro de cavaleiros, avaliou a cabeça, tronco e pelve.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> . Calibração Tpose. Frequência de 120 Hz. Tempo para se familiarizar com o equipamento.
Gandy et al. 2014	Buscou avaliar a simetria da rotação externa do quadril dos cavaleiros.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> . Frequência de 120 Hz. Tempo para se familiarizar com o equipamento.
Baitel; Deliu 2014	Registro do soco (velocidade punho e extensão do cotovelo).	Protocolo nativo <i>Xsens</i> . Frequência de 120 Hz.
Michnik et al. 2014	Registro da perda de equilíbrio (centro de massa e tronco).	Não relata.
Silva et al. 2014	Sobrecarga da cabeça de um cirurgião dentista.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> . Frequência de 120 Hz.
Zhang et al. 2014	Um estudo do <i>Xsens</i> para avaliar as quedas, realizado com jovens. Resultado aponta	Protocolo nativo <i>Xsens</i> .

	que a cintura é a melhor forma para medir o movimento do corpo.	
Fernandes, 2014	Utilizou o Xsens, para simulação dos percentis 5, 50 e 95 para gerar informações de ângulos do joelho e tronco.	Protocolo nativo Xsens.
Longhi, 2014	Buscou analisar características cinemáticas do saque <i>flat</i> de tenistas infanto-juvenis. Utilizou o Xsens para registrar os ângulos articulares (máxima flexão do joelho esquerdo e máxima extensão do tronco).	Montagem do equipamento. Familiarização com o equipamento (10min); Calibração Npose. Frequência de 120 Hz e utilizaram a MVN <i>Ethernet</i> Câmera com 60hz.
Santos, 2014	Buscou estudar como a captura de movimentos integrado ao <i>software</i> de modelagem pode ser utilizado para analisar questões de ergonomia em ambientes virtuais.	Protocolo nativo Xsens.
Weenk et al. 2013	Avaliou o uso do Xsens para marcha.	Não relata. Frequência de 120 Hz.
Zhang et al. 2013	Comparou o andar, subir e descer escadas, comparado com Optotrak.	Protocolo nativo Xsens. Frequência de 100 Hz.
Guo et al. 2013	Pacientes com hemiplegia, avaliou os ângulos dos joelhos.	Montagem dos 6 sensores (pernas e pés). Calibração. Frequência de 100 Hz. Utilizaram Filtro <i>Kalman</i> . Câmera de vídeo.
Streit, 2013	Buscou avaliar comparativamente parâmetros biomecânicos (tanto antropométricos, quanto cinemáticos) de dados obtidos	Colocação dos sensores; calibração Npose, Tpose, Squat.

	a partir do Console Microsoft Kinect. Utilizou o <i>Xsens</i> em uma comparação.	Gravação. Frequência de 120 Hz.
De Shaw, 2013	O estudo utilizou o <i>Xsens</i> para fornecer uma base de medição mais precisa.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> . Frequência 120 Hz.
Ex-Lubeskie, 2013	Buscou com o estudo determinar a repetitividade dos dados de velocidade angular do joelho (flexão/extensão, adução/abdução e rotações). Comparativo <i>Xsens</i> e <i>Pro-Reflex</i> câmeras.	Não relata.
Sato; Usui; Watabe, 2012	Buscou identificar se a captura de movimentos seria um bem valioso para a prática de dança. Utilizou o <i>Xsens</i> para análise do estudo.	Não relata.
Hamacher et al. 2012	Avaliou (pelve e tronco) de mulheres com variabilidade de doença.	Não relata.
Starrs et al. 2012	Testes de biomecânica com cadeira de rodas.	Não relata.
Salvalaio, 2012	Estudo da captura de movimentos destinado a produtos assistivos. Visou aplicar ferramentas tecnológicas a design de produtos (projetar artefato de controle adaptado ao joystick para cadeiras de rodas).	Não relata Utilizou-se apenas os sensores no ombro, cotovelo e punho. Calibrou o sistema com os braços erguidos e estendidos.
Martins, 2013	Avaliar as características cinemáticas da primeira sequência do Jion kata do karatê e as contribuições do perfil técnico e das variáveis cinemáticas sobre o desempenho das atletas de kata. Utilizou o <i>Xsens</i> para registrar a velocidade angular	Protocolo nativo <i>Xsens</i> . Colocação dos sensores; calibração Npose, Tpose, Squat. Gravação. Frequência de 120 Hz.

	máxima do cotovelo e ângulo de extensão.	
Kim, 2012	Utilizou o <i>Xsens</i> e a medição de pressão no sapato para coleta de dados examinando o potencial de tais tecnologias em avaliações de exposição em comparação com sistemas de laboratório maduros (captura de movimento óptico e plataforma de força).	Protocolo nativo <i>Xsens</i> .
Skogstad; Nymoen; Høvin, 2011	Realizou uma análise comparativa do <i>Xsens</i> com o <i>Optitrack</i> utilizando como sujeito de estudo um músico. Aborda os pontos fortes e fracos de cada sistema.	Não relata.
Galbrait, 2011	Buscou avaliar as técnicas de elevação dos paramédicos. Utilizou <i>Xsens</i> para analisar as articulações L5 e S1, devido a correlação com a dor e lesão.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> .
Hutchison, 2011	Buscou realizar uma comparação dos sensores inerciais com o padrão da indústria baseado em câmera. Confirmou-o como um método eficaz. Utilizou o <i>Xsens</i> para avaliar a função dos joelhos de pacientes com fratura do membro inferior durante o pós operatório.	Protocolo nativo <i>Xsens</i> .
Yang, 2011	Avaliar e melhorar o desempenho da unidade de medição (IMU) como método de estimativa de velocidade de marcha.	Utilizaram 2 sensores (perna e pé) presos no meio dos segmentos na lateral. Frequência de 120 Hz.
Saber-Sheikh et al. 2010	Avaliou a articulação do quadril durante caminhada, em uma	Utilizou dois sensores. Tempo

	comparação com o eletromagnético.	familiaridade com o equipamento.
Slot, 2010	Lesões musculoesqueléticas para plantadores de árvores. Buscou identificar os mecanismos biomecânicos que contribuem para essas lesões com o objetivo geral de reduzir a frequência e gravidade da lesão. Utilizou o <i>Xsens</i> para dados de rotação e flexão do tronco	Sensores foram colocados na mão, antebraço direito e esquerdo e braço posterior, sacro, vértebra T1. Não se realizou calibração. Frequência de 50 Hz.
Curti et al. 2006	Um registro referente aos erros de sensores.	Teste dos sensores.

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE D - Produção Científica

Revistas

Ano	Autores	Revista	Qualis 2013/2016	Título
2018	Eugenio Andrés Díaz Merino; Franciele Forcelini; Thiago Varnier; Giselle Schmidt Alves Díaz Merino.	Human Factors in Design	B3	O uso da instrumentação tecnológica em projetos de tecnologia assistiva: captura de movimentos e termografia infravermelha
2018	Thiago Varnier; Franciele Forcelini; Gilson Braviano; Eugenio Andrés Díaz Merino.	Temática	B4	Etnografia rápida: a etnografia adaptada ao design
2018	Franciele Forcelini; Thiago Varnier; Francisco Antônio Pereira Fialho; Eugenio Andrés Díaz Merino.	Temática	B4	As técnicas de criatividade no processo de design
2017	Thiago Varnier; Eugenio Andrés Díaz Merino.	Human Factors in Design	B3	Fatores humanos aplicados a produtos de moda: materiais têxteis com termorregulação voltados ao público idoso

Congressos

Ano	Autores	Congresso	Local	Título
2018	Thiago Varnier; Eugenio Andrés Díaz Merino	13º Congresso Pesquisa & Desenvolvimento em Design	Joinville/SC	O Uso da Captura de Movimentos no Desenvolvimento de Produtos: um estudo focado nas tecnologias e aplicações
2018	Franciele Forcelini; Thiago Varnier; Eugenio Andrés Díaz Merino	13º Congresso Pesquisa & Desenvolvimento em Design	Joinville/SC	Termografia Infravermelha e Captura de Movimentos: vantagens e desvantagens no desenvolvimento de projetos
2017	Thiago Varnier; Rachel Corrêa de Quadros.	16º ERGODESIGN USIHC	Florianópolis/SC	Um estudo com idosos: abordagem de suas necessidades fisiológicas para o desenvolvimento de produtos de moda inclusiva

Capítulos de Livro

Ano	Autores	Livro	Cidade	Título
2018	Thiago Varnier; Rosimeri F. Pichler; Franciele Forcelini; Larissa M. Kanzaki; Juliana M. Maines; Giselle Schmidt Alves Díaz Merino; Eugenio Andrés Díaz Merino.	Tecnologia Assistiva. Pesquisa e Conhecimento- I	Bauru/SP	Os Princípios do Design Universal no Desenvolvimento de Produtos para Atividades da Vida Diária: Caso Descascador Manual de Legumes

2018	Franciele Forcelini; Rosimeri F. Pichler; Thiago Varnier; Larissa M. Kanzaki; Juliana M. Maines; Giselle Schmidt Alves Díaz Merino; Susana C. Domenech; Eugenio Andrés Díaz Merino .	Tecnologia Assistiva. Pesquisa e Conhecimento- I	Bauru/SP	Avaliação do desconforto no uso de descascadores manuais por usuários com Artrite Reumatoide
-------------	--	---	----------	---

Artigos no Prelo (Enviados)

Ano	Autores	Revista	Qualis 2013/2016	Título
2018	Lincoln da Silva; Franciele Forcelini; Thiago Varnier; Eugenio Andrés Díaz Merino; Leila Amaral Gontijo.	Human Factors in Design	B3	Análise dos riscos físicos da operação de checkout: uma proposta conceitual de posto de trabalho
2018	Franciele Forcelini; Thiago Varnier Giselle Schmidt Alves Díaz Merino; Eugenio Andrés Díaz Merino.	Projética	B3	Gestão de Design e Cultura Organizacional: um estudo de caso de uma microempresa de estofados
2018	Richard Luiz de Sousa Perassi; Thiago Varnier; Franciele Forcelini; Eugenio Andrés Díaz Merino.	DAPesquisa	B3	Justificativa teórico- epistemológica para adoção de etnografia rápida na área de Design

APÊNDICE E - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

1ª VIA (pesquisador)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados de Identificação

Título do projeto

Fatores Humanos associados aos Projetos de Design: Protocolo de Coleta para a Captura de Movimentos

Pesquisadores responsáveis

Profa. Dra. Giselle S. A. D. Merino (Orientadora) – (48) 99915-1003 –gisellemerino@gmail.com
Thiago Varnier (Mestrando) – (49) 99959-4353 – thiagovarnier1@gmail.com

Instituição que pertencem os pesquisadores

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Comunicação e Expressão (CCE) - Núcleo de Gestão de Design (NGD)
Campus Reitor João David Ferreira Lima - Bairro Trindade - Bloco A / Sala 111 - 1º Andar
CEP: 88040-900 / Fone: (48) 3721-6403

Ao participante da pesquisa

O Sr.(ª) está sendo convidado a participar da avaliação de um protocolo de coleta, para utilização da captura de movimentos por sensores inerciais, especificadamente o equipamento MVN Biomech da Xsens, para o desenvolvimento de projetos, de responsabilidade dos pesquisadores Giselle Schmidt Alves Díaz Merino e Thiago Varnier.

Tipo de pesquisa

A pesquisa da qual o Sr.(ª) está participando tem caráter acadêmico, ou seja, não tem fins lucrativos para os pesquisadores. Conduzida por professores e estudantes fortalece o papel da universidade em colaborar com a sociedade.

Objetivos

A pesquisa da qual o Sr.(ª) está participando tem como objetivo guiar as equipes de projeto no levantamento de dados precisos e confiáveis provenientes da captura de movimentos por sensores inerciais e apresentar sua contribuição para o processo de Gestão de Design.

Justificativa

O público desta pesquisa (acadêmicos) foi selecionado por serem os maiores beneficiados quanto ao uso do protocolo para auxiliar na prática projetual e na concepção de produtos mais adequados ao usuário e por serem os principais utilizadores de instrumentos desta natureza.

Coleta de dados

Questionário: um questionário será entregue para preenchimento de dados sobre o participante da pesquisa e a utilização da captura de movimentos para desenvolvimento de projetos. A aplicação desse questionário deverá durar em média 05 minutos.

Levantamento de dados: os participantes deverão manusear e realizar a leitura do protocolo de coleta, e na sequência iniciar um levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos do usuário utilizando o equipamento de captura de movimentos por sensores inerciais (Equipamento MVN Biomech da Xsens), tendo como orientação os procedimentos prescritos no protocolo *Motion Capture Protocol*. Ao finalizar os procedimentos de coleta, o participante deve remover o equipamento do usuário e realizar seu armazenamento conforme as indicações do protocolo. A aplicação do levantamento de dados deverá durar em média 1:30 horas.

1ª VIA (pesquisador)

Teste de clareza: Na sequência, um questionário (teste de clareza) será entregue para que os participantes possam avaliar, a partir das suas percepções, aspectos sobre a clareza, conteúdo e relevância do protocolo. A aplicação do teste deverá durar em média 10 minutos.

Benefícios e Riscos

Os benefícios relacionados ao desenvolvimento desta pesquisa envolvem a organização, sistematização e melhoria dos procedimentos de coleta de dados com o equipamento de captura de movimentos por sensores inerciais, oportunizando o desenvolvimento de projetos mais adequados às capacidades e limitações de cada usuário. Apesar da pesquisa não oferecer riscos a integridade física dos participantes, pode oferecer como potenciais riscos o incômodo ou constrangimento de ordem moral e/ou social, com relação ao preenchimento dos itens presentes no questionário utilizado como instrumento de coleta de dados.

Acompanhamento e assistência

Como acompanhamento e assistência, durante a realização da coleta de dados, o participante terá a presença dos pesquisadores durante todo o período de coleta, auxiliando quanto a possíveis dúvidas ou no pedido de desistência do participante.

Garantia de Sigilo, Privacidade, Ressarcimento e Indenização

A sua participação nesta pesquisa é voluntária, ou seja, o Sr (ª) pode recusar-se a responder o questionário, ou alguma pergunta específica. O Sr (ª) conta com garantia de sigilo e privacidade, podendo solicitar a qualquer momento a retirada dos seus dados sem qualquer prejuízo. Os custos para desenvolvimento desta pesquisa são cobertos pelos pesquisadores, tendo o Sr (ª) a garantia de que nenhum valor lhe será cobrado no decorrer da presente pesquisa. Além disso, havendo eventuais danos ou custos decorrentes da pesquisa, o Sr (ª) tem a garantia de ressarcimento e indenização.

Havendo qualquer dúvida o Sr (ª) poderá requisitar explicações ao pesquisador durante a aplicação da pesquisa. Após a assinatura deste termo, o Sr (ª) receberá uma segunda via do mesmo, rubricada e assinada.

Eu _____, RG _____,
neste ato representado por mim, _____,
RG nº _____, declaro ter sido informado e concordo em participar
como voluntário da pesquisa acima descrita.

Assinatura do Participante

Assinatura do Representante Legal

Eu, Giselle Schmidt Alves Díaz Merino, declaro que cumprirei as exigências e condições neste documento especificadas, conforme itens IV.3 da Resolução 466/12 do CNS.

Assinatura do Pesquisador(a)

Florianópolis, _____ de _____ de 20____.

2ª VIA (participante da pesquisa)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados de Identificação

Título do projeto

Fatores Humanos associados aos Projetos de Design: Protocolo de Coleta para a Captura de Movimentos

Pesquisadores responsáveis

Profa. Dra. Giselle S. A. D. Merino (Orientadora) – (48) 99915-1003 – gisellemerino@gmail.com
Thiago Varnier (Mestrando) – (49) 99959-4353 – thiagovarnier1@gmail.com

Instituição que pertencem os pesquisadores

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Comunicação e Expressão (CCE) - Núcleo de Gestão de Design (NGD)
Campus Reitor João David Ferreira Lima - Bairro Trindade - Bloco A / Sala 111 - 1º Andar
CEP: 88040-900 / Fone: (48) 3721-6403

Ao participante da pesquisa

O Sr.(a) está sendo convidado a participar da avaliação de um protocolo de coleta, para utilização da captura de movimentos por sensores inerciais, especificadamente o equipamento MVN Biomech da Xsens, para o desenvolvimento de projetos, de responsabilidade dos pesquisadores Giselle Schmidt Alves Díaz Merino e Thiago Varnier.

Tipo de pesquisa

A pesquisa da qual o Sr.(a) está participando tem caráter acadêmico, ou seja, não tem fins lucrativos para os pesquisadores. Conduzida por professores e estudantes fortalece o papel da universidade em colaborar com a sociedade.

Objetivos

A pesquisa da qual o Sr.(a) está participando tem como objetivo guiar as equipes de projeto no levantamento de dados precisos e confiáveis provenientes da captura de movimentos por sensores inerciais e apresentar sua contribuição para o processo de Gestão de Design.

Justificativa

O público desta pesquisa (acadêmicos) foi selecionado por serem os maiores beneficiados quanto ao uso do protocolo para auxiliar na prática projetual e na concepção de produtos mais adequados ao usuário e por serem os principais utilizadores de instrumentos desta natureza.

Coleta de dados

Questionário: um questionário será entregue para preenchimento de dados sobre o participante da pesquisa e a utilização da captura de movimentos para desenvolvimento de projetos. A aplicação desse questionário deverá durar em média 05 minutos.

Levantamento de dados: os participantes deverão manusear e realizar a leitura do protocolo de coleta, e na sequência iniciar um levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos do usuário utilizando o equipamento de captura de movimentos por sensores inerciais (Equipamento MVN Biomech da Xsens), tendo como orientação os procedimentos prescritos no *Motion Capture Protocol*. Ao finalizar os procedimentos de coleta, o participante deve remover o equipamento do usuário e realizar seu armazenamento conforme as indicações do próprio protocolo. A aplicação do levantamento de dados deverá durar em média 1:30 horas.

2ª VIA (participante da pesquisa)

Teste de clareza: Na sequência, um questionário (teste de clareza) será entregue para que os participantes possam avaliar, a partir das suas percepções, aspectos sobre a clareza, conteúdo e relevância do protocolo. A aplicação do teste deverá durar em média 10 minutos.

Benefícios e Riscos

Os benefícios relacionados ao desenvolvimento desta pesquisa envolvem a organização, sistematização e melhoria dos procedimentos de coleta de dados com o equipamento de captura de movimentos por sensores inerciais, oportunizando o desenvolvimento de projetos mais adequados às capacidades e limitações de cada usuário. Apesar da pesquisa não oferecer riscos a integridade física dos participantes, pode oferecer como potenciais riscos o incômodo ou constrangimento de ordem moral e/ou social, com relação ao preenchimento dos itens presentes no questionário utilizado como instrumento de coleta de dados.

Acompanhamento e assistência

Como acompanhamento e assistência, durante a realização da coleta de dados, o participante terá a presença dos pesquisadores durante todo o período de coleta, auxiliando quanto a possíveis dúvidas ou no pedido de desistência do participante.

Garantia de Sigilo, Privacidade, Ressarcimento e Indenização

A sua participação nesta pesquisa é voluntária, ou seja, o Sr (ª) pode recusar-se a responder o questionário, ou alguma pergunta específica. O Sr (ª) conta com garantia de sigilo e privacidade, podendo solicitar a qualquer momento a retirada dos seus dados sem qualquer prejuízo. Os custos para desenvolvimento desta pesquisa são cobertos pelos pesquisadores, tendo o Sr (ª) a garantia de que nenhum valor lhe será cobrado no decorrer da presente pesquisa. Além disso, havendo eventuais danos ou custos decorrentes da pesquisa, o Sr (ª) tem a garantia de ressarcimento e indenização.

Havendo qualquer dúvida o Sr (ª) poderá requisitar explicações ao pesquisador durante a aplicação da pesquisa. Após a assinatura deste termo, o Sr (ª) receberá uma segunda via do mesmo, rubricada e assinada.

Eu _____, RG _____,
neste ato representado por mim, _____
RG nº _____, declaro ter sido informado e concordo em participar
como voluntário da pesquisa acima descrita.

Assinatura do Participante

Assinatura do Representante Legal

Eu, Giselle Schmidt Alves Díaz Merino, declaro que cumprirei as exigências e condições neste documento especificadas, conforme itens IV.3 da Resolução 466/12 do CNS.

Assinatura do Pesquisador(a)

Florianópolis, _____ de _____ de 20____.

APÊNDICE F - Termo de Consentimento Uso de Voz e Imagem

1ª VIA (pesquisador)

TERMO DE CONSENTIMENTO PARA USO DE VOZ E IMAGEM

Dados de Identificação

Título do projeto

Fatores Humanos associados aos Projetos de Design: Protocolo de Coleta para a Captura de Movimentos

Pesquisadores responsáveis

Profa. Dra. Giselle S. A. D. Merino (Orientadora) – (48) 99915-1003 – gisellemerino@gmail.com

Thiago Varnier (Mestrando) – (49) 99959-4353 – thiagovarnier1@gmail.com

Instituição que pertencem os pesquisadores

Universidade Federal de Santa Catarina

Centro de Comunicação e Expressão (CCE) - Núcleo de Gestão de Design (NGD)

Campus Reitor João David Ferreira Lima - Bairro Trindade - Bloco A / Sala 111 - 1º Andar

CEP: 88040-900 / Fone: (48) 3721-6403

Eu _____, RG _____,

permito que o pesquisador relacionado acima obtenha fotografia, filmagem ou gravação de voz de minha pessoa para fins de pesquisa científica/ educacional.

Concordo que o material e as informações obtidas relacionadas a minha pessoa possam ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras, periódicos científicos e demais materiais relacionados à pesquisa. Porém, minha pessoa não deve ser identificada, tanto quanto possível, por nome ou qualquer outra forma. As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e sob sua guarda.

Assinatura do Participante

Eu, Giselle S. A. D. Merino, declaro que cumprirei as exigências e condições neste documento especificadas, conforme itens IV.3 da Resolução 466/12 do CNS.

Assinatura do Pesquisador

Florianópolis, _____ de _____ de 20____.

2ª VIA (participante da pesquisa)

TERMO DE CONSENTIMENTO PARA USO DE VOZ E IMAGEM**Dados de Identificação**Título do projeto

Fatores Humanos associados aos Projetos de Design: Protocolo de Coleta para a Captura de Movimentos

Pesquisadores responsáveisProfa. Dra. Giselle S. A. D. Merino (Orientadora) – (48) 99915-1003 – gisellemerino@gmail.com
Thiago Varnier (Mestrando) – (49) 99959-4353 – thiagovarnier1@gmail.comInstituição que pertencem os pesquisadoresUniversidade Federal de Santa Catarina
Centro de Comunicação e Expressão (CCE) - Núcleo de Gestão de Design (NGD)
Campus Reitor João David Ferreira Lima - Bairro Trindade - Bloco A / Sala 111 - 1º Andar
CEP: 88040-900 / Fone: (48) 3721-6403

Eu _____, RG _____,
**permito que o pesquisador relacionado acima obtenha fotografia, filmagem ou gravação de voz de
 minha pessoa para fins de pesquisa científica/ educacional.**
**Concordo que o material e as informações obtidas relacionadas a minha pessoa possam ser
 publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras, periódicos científicos e demais
 materiais relacionados à pesquisa. Porém, minha pessoa não deve ser identificada, tanto quanto
 possível, por nome ou qualquer outra forma. As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a
 propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e sob sua guarda.**

 Assinatura do Participante

Eu, Giselle S. A. D. Merino, declaro que cumprirei as exigências e condições neste documento
 especificadas, conforme itens IV.3 da Resolução 466/12 do CNS.

 Assinatura do Pesquisador

Florianópolis, _____ de _____ de 20____.

APÊNDICE G - Questionário



QUESTIONÁRIO

Prezado(a), você está sendo convidado a participar da pesquisa: "Fatores Humanos associados aos Projetos de Design: Protocolo de Coleta para a Captura de Movimentos", da Universidade Federal de Santa Catarina, por meio do Programa de Pós-graduação em Design. Esta pesquisa está sob a responsabilidade do mestrando Thiago Varnier e da Profa. Dra. Giselle Schmidt Alves Díaz Merino (orientadora).

Este questionário tem por objetivo avaliar o protocolo *Motion Capture Protocol*, de acordo com suas percepções, aspectos sobre a clareza, conteúdo e relevância do protocolo. Solicitamos que antes de iniciar o preenchimento, leia com atenção o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que está sendo entregue junto a esse questionário. Está coleta compreende três etapas:

1. Preenchimento do questionário: Sobre o participante e a captura de movimentos.

2. Levantamento de dados: Capturar movimentos de um usuário (projeto simulado), utilizando a captura de movimentos por sensores inerciais (Equipamento *MVN Link Biomech da Xsens*) com o protocolo *Motion Capture Protocol*. Todas as informações referentes a coleta serão fornecidas pelo pesquisador.

3. Preenchimento do teste de clareza: Sobre a percepção de uso do *Motion Capture Protocol*.

Agradecemos antecipadamente a sua colaboração nesta pesquisa!

SOBRE O PARTICIPANTE:

Idade: _____ Sexo: () Masculino () Feminino

Vínculo Institucional:

() Aluno de Graduação

() Aluno de Pós-Graduação

Instituição: _____

Instituição: _____

Curso: _____

Programa de Pós-graduação: _____

Habilitação: _____

Nível:

Semestre/fase: _____

() Mestrado () Doutorado () Pós-doutorado

É bolsista/colaborador de núcleo, laboratório e/ou incubadora? () Não () Sim, qual?

SOBRE A CAPTURA DE MOVIMENTOS:

[01] Você já teve contato com o equipamento de captura de movimentos?

() Não, nunca tive (pule para a questão 03) () Sim, já tive.

Se sim, em qual situação? _____

[02] Você teve/ recebeu alguma instrução para a coleta de dados com a captura de movimentos?

() Não () Sim, como foi? () Manual () Protocolo () Guia () Treinamento () Verbal
Outro? _____

[03] Quais você considera/imagina serem as maiores dificuldades para realizar a coleta de dados com a captura de movimentos? (pode marcar mais de uma opção).

- | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------------------|
| () Montar o equipamento. | () Realizar as dimensões do usuário. | () Realizar a conexão dos cabos. |
| () Configurar no software. | () Realizar as calibrações. | () Posicionamento dos sensores. |
| () Remover o equipamento. | () Definir as análises. | () Organização da coleta. |
| () Preparação da coleta (equipamentos e materiais). | () Sequência dos procedimentos. | () Todas as anteriores. |

APÊNDICE H - Teste de Clareza

COLETA DE DADOS

Neste momento, será realizado o levantamento de dados biomecânicos e cinemáticos de um usuário envolvendo a utilização do equipamento de captura de movimentos por sensores inerciais (MVN *Link Biomech* da *Xsens*), disponibilizado pelo Laboratório de Design e Usabilidade da UFSC, em um projeto simulado (Redesign de uma cadeira de estudo escolar).

Você deverá realizar a coleta de dados com o usuário e terá o apoio de uma auxiliar (que nunca utilizou a captura de movimentos) para realização dos procedimentos. Dessa forma você é o(a) responsável por conduzir os procedimentos de coleta de dados, sendo orientado pelo *Motion Capture Protocol*. Siga os passos abaixo para realizar a coleta de dados:

1- Realize a leitura inicial do Protocolo (Apresentação, Objetivos, Quando Utilizar e Organização);

ATENÇÃO: Após a leitura inicial, você deverá ler, em voz alta, cada etapa do protocolo e, conduzir sua auxiliar no levantamento de dados com o usuário. Se houver dúvidas, poderá questionar o pesquisador.

As informações sobre Identificação da Coleta, bem como Fatores Técnicos e Pessoais, serão fornecidos pelo pesquisador e já estão inseridas no protocolo.

2- Siga todos os passos do *Motion Capture Protocol*;

3- Grave uma atividade (solicite ao usuário para sentar e levantar da cadeira escolar).

4- Finalizado esta atividade, responda o teste de clareza abaixo.

TESTE DE CLAREZA

Teste de percepção quanto ao uso do *Motion Capture Protocol*

Agora que você utilizou o protocolo *Motion Capture Protocol*, responda as questões a seguir sobre as suas percepções quanto a sua utilização. As questões estão estruturadas de acordo com as etapas do protocolo, e ao final abordam uma visão geral sobre a utilização.

APRESENTAÇÃO (Conteúdo, forma, objetivo, utilização e organização)

Como você avalia os seguintes aspectos da APRESENTAÇÃO:

- | | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| [01] Possui linguagem clara, de fácil compreensão? | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> parcialmente | <input type="checkbox"/> Não |
| [02] Permitiu a compreensão dos objetivos do protocolo? | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> parcialmente | <input type="checkbox"/> Não |
| [03] Apresenta informações suficientes para sua utilização? | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> parcialmente | <input type="checkbox"/> Não |
| [04] Auxiliou na compreensão da organização dos conteúdos? | <input type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> parcialmente | <input type="checkbox"/> Não |

Deixe aqui sua opinião/comentário sobre a APRESENTAÇÃO:

ETAPA 1 - PREPARAR (Materiais e equipamentos que serão necessários para realizar a coleta)

Como você avalia os seguintes aspectos da Etapa 1- PREPARAR?

- [05] Facilitou a organização dos materiais e equipamentos? () Sim () parcialmente () Não
 [06] O sistema de *checklist* facilita essa organização? () Sim () parcialmente () Não
 [07] Os campos para preenchimentos foram satisfatórios? () Sim () parcialmente () Não
 [08] Você conseguiu entender todos os passos? () Sim () parcialmente () Não

Deixe aqui sua opinião/comentário sobre a Etapa 1- PREPARAR:

ETAPA 2- COLETAR (Passos realizados durante a coleta de dados com usuário)

Como você avalia os seguintes aspectos da Etapa 2- COLETAR?

- [09] Orientou os procedimentos de coleta? () Sim () parcialmente () Não
 [10] Orientou a realização das dimensões corporiais do usuário? () Sim () parcialmente () Não
 [11] Auxiliou na montagem do equipamento? () Sim () parcialmente () Não
 [12] Orientou a conexão dos cabos? () Sim () parcialmente () Não
 [13] Facilitou medir as distâncias dos sensores? () Sim () parcialmente () Não
 [14] Orientou a organização do contexto de coleta? () Sim () parcialmente () Não
 [15] Auxiliou na configuração do usuário no *software*? () Sim () parcialmente () Não
 [16] Orientou as etapas de calibração do equipamento? () Sim () parcialmente () Não
 [17] Facilitou o processo de gravação dos vídeos? () Sim () parcialmente () Não
 [18] Facilitou o resgistro das informações? () Sim () parcialmente () Não
 [19] Os campos para preenchimento foram satisfatórios? () Sim () parcialmente () Não

Deixe aqui sua opinião/comentário sobre a Etapa 2- COLETAR:

ETAPA 3- REMOVER (Remoção do equipamento e forma de armazenamento)

Como você avalia os seguintes aspectos da Etapa 3- REMOVER?

- [20] Auxiliou na remoção do equipamento? () Sim () parcialmente () Não
 [21] Facilitou a forma de armazenamento do equipamento? () Sim () parcialmente () Não

Deixe aqui sua opinião/comentário sobre a Etapa 3 - REMOVER:

ETAPA 4- DETERMINAR (Checklist dos segmentos e articulações)

Como você avalia os seguintes aspectos da Etapa 4- DETERMINAR?

- [22] Facilitou a compreensão dos segmentos e articulações? () Sim () parcialmente () Não
 [23] Orientou a seleção dos segmentos e articulações? () Sim () parcialmente () Não
 [24] Os campos para preenchimento foram satisfatórios? () Sim () parcialmente () Não

Deixe aqui sua opinião/comentário sobre a Etapa 4 - DETERMINAR:

MOTION CAPTURE PROTOCOL (visão geral)

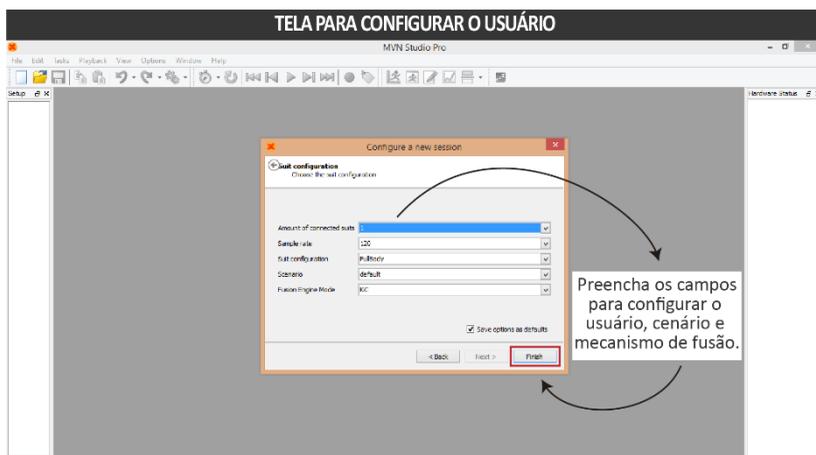
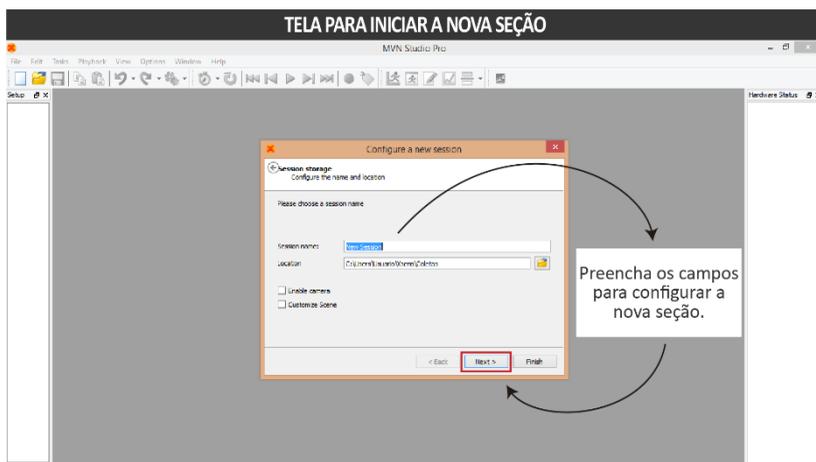
Como você avalia os seguintes aspectos do Protocolo para a coleta de dados com o equipamento MVN?

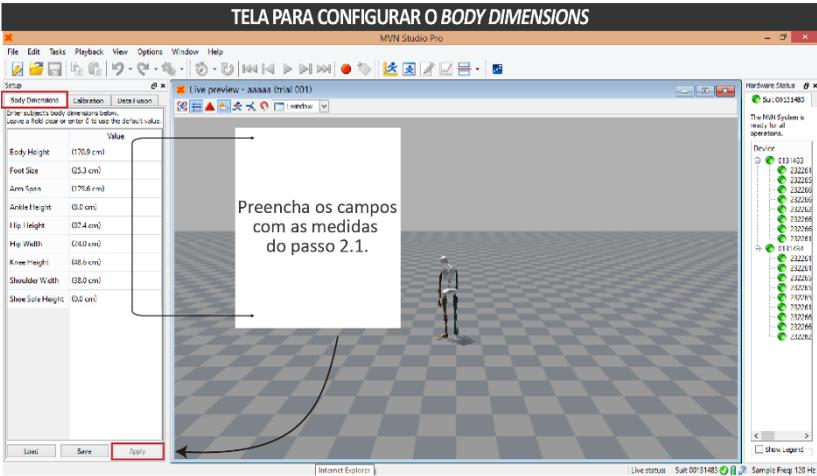
- [25] Você achou prático utilizar este guia? () Sim () parcialmente () Não
 [26] Auxiliou na sistematização e organização das
 etapas de coleta de dados biomecânicos e cinemáticos? () Sim () parcialmente () Não
 [27] As etapas (Preparar, Coletar, Remover e Determinar)
 guiam de forma fácil e ágil a equipe na coleta dos dados? () Sim () parcialmente () Não
 [28] Auxiliou na tomada de decisão? () Sim () parcialmente () Não
 [29] Você utilizaria esse protocolo para coletas de dados
 com o equipamento MVN *Link*? () Sim () parcialmente () Não

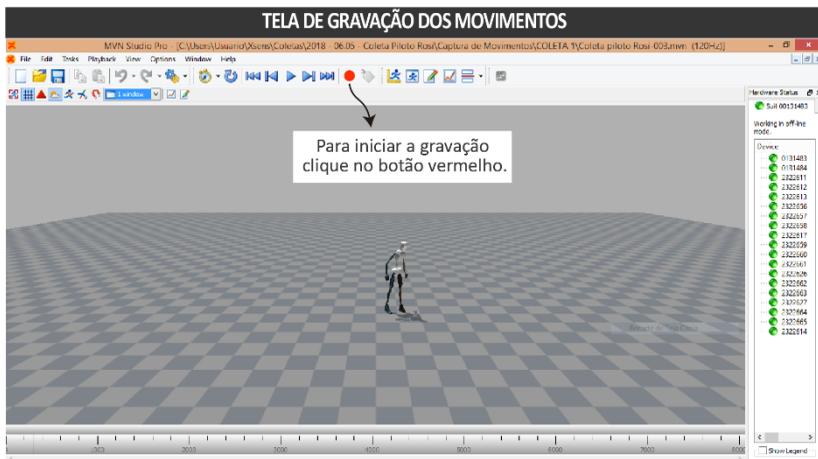
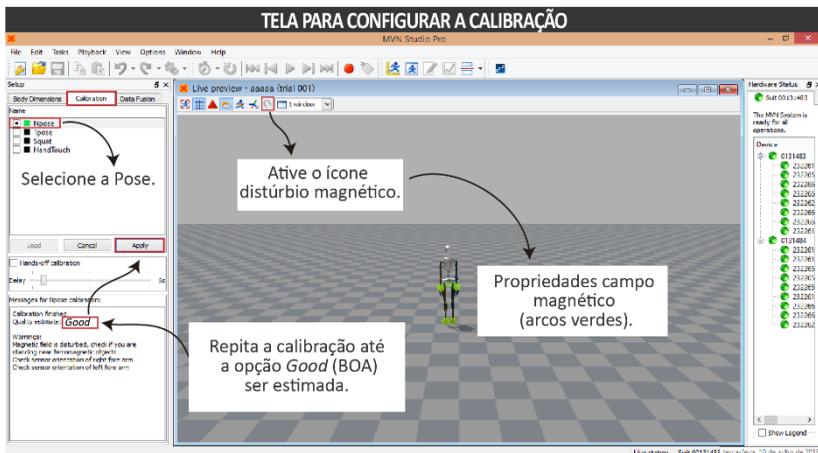
Deixe aqui sua opinião/comentário geral sobre o protocolo:

Obrigado pela sua participação!

APÊNDICE I - Telas do *Software Studio PRO*







APÊNDICE J - *Motion Capture Protocol*



**MOTION CAPTURE
PROTOCOL**

**PROTOCOLO DE COLETA
MVN LINK BIOMECH**



O processo de desenvolvimento de projetos requer resultados precisos e objetivos no levantamento de dados com os usuários, principalmente referente a biomecânica e cinemática dos movimentos humanos. Esse levantamento pode ser auxiliado pelo uso de equipamentos de captura de movimentos.

Para tanto, é necessário a utilização de protocolos adequados que visam a organização e a sistematização do processo de levantamento de dados com os usuários. Este procedimento preza pelo rigor científico e a confiabilidade dos resultados, proporcionando informações precisas para o desenvolvimento de soluções mais eficientes e adequadas aos usuários.

Dessa forma, o *Motion Capture Protocol* compreende um conjunto de orientações e diretrizes, que visam guiar as equipes de projeto no levantamento de dados com os usuários por meio da captura de movimentos por sensores inerciais. Objetiva dinamizar o trabalho em equipe, contribuir para o aumento da confiabilidade dos dados, garantir agilidade na coleta e possibilitar replicabilidade de pesquisas científicas.

APRESENTAÇÃO

O protocolo *Motion Capture Protocol* é direcionado ao equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*, que utiliza 17 sensores inerciais para capturar e registrar o movimento 3D, além de reproduzir dados cinemáticos, de forma eficaz e em tempo real. São gravados com 23 segmentos corporais, 22 articulações e o centro de massa.

Neste protocolo é apresentado os procedimentos adequados para o processo de preparação e coleta de dados com o usuário envolvendo o equipamento MVN *Link*, sendo estruturado em quatro etapas: Preparar, Coletar, Remover e Determinar. Estes procedimentos foram definidos mediante o estudo do equipamento, participações em projetos vinculados ao Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina e, análises de pesquisas que utilizaram o MVN *Link* para o levantamento de dados com o usuário.

OBJETIVOS



Guiar a operacionalização dos procedimentos de coleta de dados.



Auxiliar na gestão do processo de coleta de dados.



Contribuir para a replicabilidade de pesquisas científicas.

QUANDO UTILIZAR

O protocolo tem como base o Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos (GODP), proposto por Merino (2016)¹ e pode ser utilizado nos três momentos da metodologia (Inspiração, Ideação e Implementação). Assim, auxilia nas etapas: Levantamento de Dados (Etapa 1); na Criação (Etapa 3) e na Viabilização (Etapa 5). Porém, sua utilização é flexível e pode ser incorporado às etapas de qualquer metodologia de projeto.

MOMENTO IMPLEMENTAÇÃO

(Etapa 5 - Verificação)

Verificar em situação real o resultado do projeto.

MOMENTO IDEACÃO

(Etapa 3 - Criação)

Guiar a escolha da melhor alternativa gerada.



MOMENTO INSPIRAÇÃO

(Etapa 1 - Levantamento de dados)

Avaliar o produto/serviço (tema de projeto).

COMO UTILIZAR

O GODP orienta a organização dos dados e informações ao longo do projeto em três Blocos de Referência: Produto, Usuário e Contexto. Dessa forma, o *Motion Capture Protocol*, seguiu esta definição para organização dos conteúdos. O bloco Produto, não foi considerado, visto que o protocolo serve como aporte para o seu desenvolvimento. Assim, para facilitar, todas as informações referentes ao Usuário estão representadas pela cor amarela e as do Contexto pela cor verde.



PRODUTO

Produto a ser desenvolvido.
Pode ou não ser utilizado durante a coleta dos dados.



USUÁRIO

Sujeito do projeto ao qual se deseja realizar a captura de movimentos.



CONTEXTO

Ambiente de uso do equipamento, onde será realizada a coleta.

¹ MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. GODP – Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos: Uma metodologia de Design Centrado no Usuário. Florianópolis: NGD/ UFSC, 2016. Disponível em: <www.ngd.ufsc.br>

CONTEÚDO

PREPARAR

1

Apresenta um *checklist* dos materiais e equipamentos que serão necessários para realizar a coleta de dados.

1.1 Fatores Técnicos

Dados sobre o projeto, objetivo da coleta e atividades que serão capturadas.

1.2 Fatores Pessoais

Definição do usuário e configurações da captura de movimentos.

COLETAR

2

Apresenta detalhadamente todos os passos que devem ser realizados para a coleta de dados com o usuário.

2.1 Mensurar

Apresenta como mensurar as dimensões corporais do usuário.

2.2 Montar

Apresenta os passos da montagem do equipamento MVN no usuário.

2.3 Conectar

Apresenta como realizar a conexão dos cabos.

2.4 Medir

Apresenta como medir as distâncias dos sensores.

2.5 Familiarizar

Apresenta o tempo de familiarização do usuário com o MVN *Link*.

2.6 Configurar

Apresenta os passos de configuração do usuário no *software*.

2.7 Calibrar

Apresenta as etapas de calibração.

2.8 Gravar

Apresenta os passos da gravação das atividades capturadas (vídeos).

2.9 Registrar

Apresenta uma ficha para anotação do movimento/ação realizado pelo usuário durante as gravações.

REMOVER

3

Apresenta os passos de remoção do equipamento MVN *Link* do usuário, bem como sua forma de armazenamento.

DETERMINAR

4

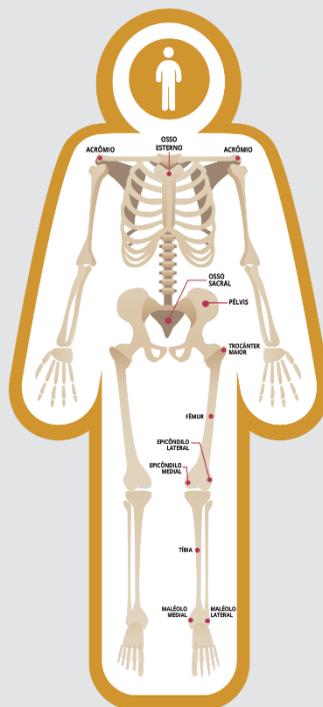
Apresenta um *checklist* detalhado dos segmentos e articulações que poderão ser analisados pela equipe de projeto.

ACESSÓRIO



Utilizar sempre que este ícone aparecer.

Indica os pontos anatômicos para a realização das dimensões corporais dos usuários, a montagem do equipamento e as medições dos sensores.



IDENTIFICAÇÃO DA COLETA

Local da coleta: _____

Data: ____ / ____ / ____ Horário: _____ Temperatura: _____

Ambiente de coleta: Interno Externo Ambos



Responsável pelos Termos: _____
 Organização do Contexto: _____
 Registro Fotográfico: _____
 Registro de Vídeo: _____
 Montagem Equipamento: _____
 Configuração Equipamento: _____
 Anotações dos Movimentos: _____
 Outra: _____

1

PREPARAR

No dia anterior, separe e organize todos os equipamentos e materiais necessários para a coleta.

- Notebook com MVN Studio PRO
- Maleta do equipamento MVN Link
- Câmera fotográfica
- Câmera de registro de vídeos
- Monopé/ Tripé retrátil para câmeras (fotográfica/vídeos)
- Mesa/suporte de apoio para Notebook
- Lona de tecido para forrar o chão (ambiente externo)
- Trena
- Fita adesiva - Crepe
- Fita dupla face
- Pranchetas
- Canetas esferográficas
- Colchonete
- Sacos plásticos de polietileno
- Termo-higro-anemômetro (medições ambientais)
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)
- Termo de Consentimento para Uso de Voz e Imagem (TCVI)

OBSERVAÇÃO



Recarregue (no modo Soft) os 4 jogos de bateria do equipamento MVN Link. Cada jogo leva cerca de 2 horas para uma carga completa. Siga as orientações prescritas no carregador do próprio equipamento.

1.1 FATORES TÉCNICOS

Estabeleça o tipo de projeto, o objetivo da coleta e as atividades a serem capturadas.

Tipo de projeto

- Avaliação Ergonômica
 Concepção (produto novo)
 Adaptação
 Correção (redesign)
 Outro _____

Objetivo

Atividades capturadas

1.2 FATORES PESSOAIS

Defina o usuário e as configurações da captura de movimentos. Se possível, solicite ao usuário que utilize roupas justas ao corpo no dia da coleta.



Se o usuário apresentar comprometimento físico ou mental, a equipe pode utilizar uma maca ou cama como suporte para realizar as medidas.



Usuário (ID): _____ Idade: _____

Sexo: Feminino Masculino

Status do Usuário: Independente Semidependente Dependente

Configurações da Captura:

- Corpo todo (*Fullbody*)
 Corpo todo sem esterno (peito) (*Fullbody no sternum*)
 Corpo todo sem as mãos (*Fullbody no hands*)
 Corpo todo sem esterno (peito) e sem as mãos (*Fullbody no sternum no hands*)
- Parte inferior do corpo (*Lowerbody*)
- Parte superior do corpo (*Upperbody*)
 Parte superior do corpo sem o esterno (peito) (*Upperbody no sternum*)
 Parte superior do corpo sem as mãos (*Upperbody no hands*)
 Parte superior do corpo sem esterno e sem as mãos (*Upperbody no sternum no hands*)

2 COLETAR

Recomenda-se prever um espaço amplo, próximo ao local da coleta, para realizar as dimensões do usuário, a montagem e a calibração do equipamento.

Solicite ao usuário a assinatura dos termos TCLV TCVI.

2.1 MENSURAR (BODY DIMENSIONS) Dimensões corporais do usuário

Utilize uma fita métrica para realizar estas medidas com rigor, pois são importantes para a captura precisa dos movimentos.

	Medidas (cm)	
Altura do corpo (Body height): <i>Altura do chão até o topo da cabeça (sem calçado).</i>	<input type="text"/>	
Tamanho do pé (Foot size): <i>Tamanho da ponta do calçado até o final do calcanhar.</i>	<input type="text"/>	
Envergadura (Arm span): <i>Largura de ponta a ponta dos dedos direitos até os dedos esquerdos em T-pose.</i>	<input type="text"/>	
Altura do tornozelo (Ankle height): <i>Altura do chão até o maléolo lateral (osso mais proeminente do tornozelo) (com calçado).</i>	<input type="text"/>	
Altura do quadril (Hip height): <i>Altura do chão até o trocânter maior (osso mais proeminente na lateral do quadril).</i>	<input type="text"/>	
Largura do quadril (Hip Width): <i>Largura do corpo na altura do umbigo.</i>	<input type="text"/>	
Altura do Joelho (Knee height): <i>Altura do chão até o epicôndilo lateral (osso mais proeminente da base do fêmur).</i>	<input type="text"/>	
Largura do ombro (Shoulder width): <i>Largura de ponta a ponta do acrômio direito até o acrômio esquerdo (ossos do ombro).</i>	<input type="text"/>	
Altura da sola do sapato (Shoe sole height): <i>Altura da sola do calçado.</i>	<input type="text"/>	

2.2 MONTAR EQUIPAMENTO MVN

Recomenda-se que duas pessoas realizem a colocação dos sensores.



O MVN Link está organizado na mala em compartimentos de tecido identificados por cores e segmentos corporais.



Quando utilizar o MVN em ambiente externo, monte-o sobre uma lona ou tecido, para evitar perder cabos e demais peças pequenas.



Evitar o manuseio violento dos sensores. Se possível, disponha-os sobre colchonete ou uma superfície macia.

Verificar na etiqueta (ao lado sensor) a orientação. Sempre posicionar a seta (↑) para cima em todos os segmentos, com exceção o sensor do esterno (peito) que é para baixo (↓).



Fixar cada cinta no corpo com atenção ao alinhamento e simetria. A precisão da captura dos movimentos depende do **exato posicionamento dos sensores**. A posição dos cabos não interfere na captura dos movimentos.



Quando utilizado para movimentos extremos, reforce a montagem, com a fita firmemente amarrada (sem bloquear a circulação), para evitar movimentação dos sensores durante atividade.



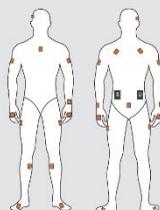
PASSOS DE MONTAGEM

De acordo com a configuração da captura de movimentos definida no passo 1.2, realize os passos de montagem do MVN *Link*.



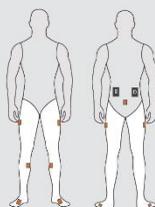
Quando utilizar o MVN em ambientes que possam umidecer os sensores, recomenda-se protegê-los com sacos plásticos de polietileno e fita crepe.

Corpo Todo



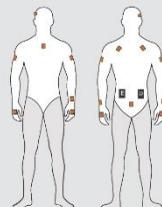
Monte todos os passos

Parte Inferior do corpo



Monte os passos 7 à 12

Parte Superior do corpo



Monte os passos 1 à 6, 11 e 12

PASSO 1

VISTA O COLETE



PASSO 3

VISTA A LUVA NA MÃO (direito)



PASSO 2

VISTA A FAIXA NA CABEÇA

Posicionar o sensor na lateral direita do usuário, logo após a orelha.



PASSO 4

VISTA A FAIXA DO ANTEBRAÇO (direito)



Posicionar o sensor logo acima do processo estilóide da ulna (osso do punho).

PASSO 5

VISTA A FAIXA DO BRAÇO (direito)



Posicionar o sensor no centro do braço (final músculo deltoide) com leve rotação para trás.

PASSO 6

REPETIR OS PASSOS 3, 4, 5 (lado esquerdo)

PASSO 7

VISTA A FAIXA DO PÉ (direito)

Posicionar o sensor sobre o dorso do pé em um ângulo de 45°. Saída do cabo do sensor para fora.

**PASSO 8**

VISTA A FAIXA DA CANELA (direito)

Posicionar o sensor na superfície plana da tíbia, parte interna (meio da panturrilha).

**PASSO 9**

VISTA A FAIXA DA PERNA SUPERIOR (direito)

Posicionar o sensor na lateral da coxa (marca de 1/3 da coxa, mais próximo a pélvis).

**PASSO 10**

REPETIR OS PASSOS 7, 8, 9 (lado esquerdo)

PASSO 11

VISTA A CINTA

Vestir a cinta na altura da pélvis, mantendo o sensor posicionado sobre o osso sacral.

**PASSO 12 VISTA AS BATERIAS**

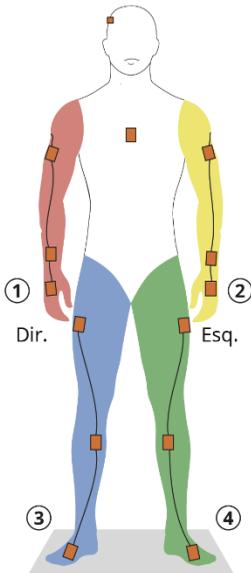
Posicionar a bateria direita e esquerda nas laterais das costas, na altura da cintura. **Realize a colocação das pilhas nas baterias.**

2.3 CONECTAR

Realize a conexão dos cabos. Todos os cabos estão identificados por cores de acordo com os segmentos. Oriente-se pelo lado direito e esquerdo do usuário, para conectar as etapas a seguir.

ETAPA 1

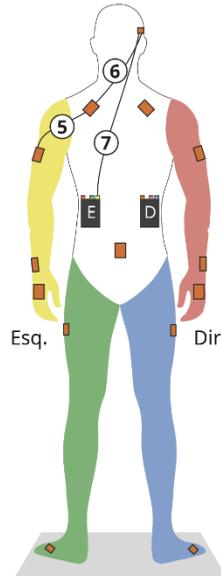
- ① Conecte a mão > antebraço > braço (Dir)
- ② Conecte a mão > antebraço > braço (Esq)
- ③ Conecte o pé > canela > coxa (Dir)
- ④ Conecte o pé > canela > coxa (Esq)



Usuário visto de Frente

ETAPA 2

- ⑤ Conecte o braço (esq) > colete
- ⑥ Conecte o colete > cabeça
- ⑦ Conecte a cabeça > bateria (esq. amarelo)



Usuário visto de Costas

OBSERVAÇÃO

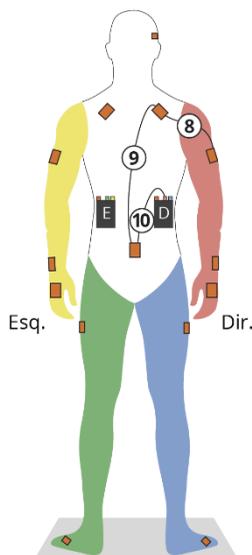
Corpo Todo: Realize todas as etapas.

Parte Inferior: Realize etapa 1 (passos 3 e 4); etapa 3 (passo 10); etapa 4 (passo 13) e etapa 5.

Parte Superior: Realize etapa 1 (passos 1 e 2); etapas 2 e 3 (todos); etapa 4 (passo 12) e etapa 5.

ETAPA 3

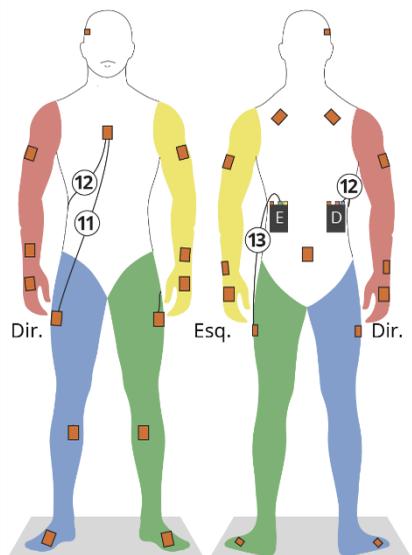
- ⑧ Conecte o braço (dir) > colete
- ⑨ Conecte o colete > lombar
- ⑩ Conecte a lombar > bateria (dir. vermelha)



Usuário visto de Costas

ETAPA 4

- ⑪ Conecte a perna (dir) > peito
- ⑫ Conecte o peito > bateria (dir. azul)
- ⑬ Conecte a perna (esq) > bateria (esq. verde)

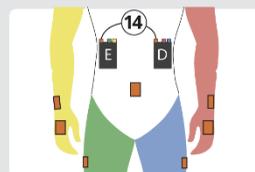


Usuário visto de Frente

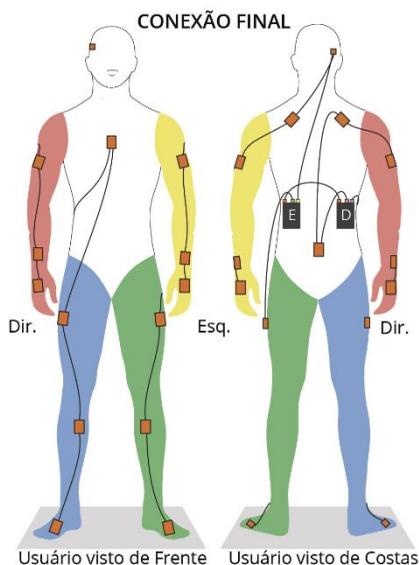
Usuário visto de Costas

ETAPA 5

- ⑭ Com um cabo extra (laranja) conecte a bateria (esq. laranja) com a bateria (dir. laranja).



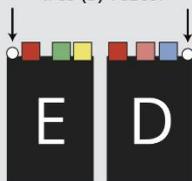
Usuário visto de Costas

**PARA LIGAR:**

Clique no botão
uma (1) vez.

PARA DESLIGAR:

Clique no botão
três (3) vezes.

**BATERIAS**

Orienta-se deixá-las
desligadas.

2.4 MEDIR (DATA FUSION)

Medir as distâncias dos sensores. Estas medidas devem ser realizadas em ambas as pernas. As distâncias medidas são do marco anatômico até o meio do topo do sensor (saída dos cabos).



*Este algoritmo
requer precisão
centimétrica, não
milimétrica.*

Upper Leg MTx to GT

Medida do sensor da coxa até o trocânter maior



Medir a partir do trocânter maior (osso lateral quadril) até a parte superior do sensor (saída dos cabos).

OBSERVAÇÃO

Para localizar o trocânter maior, solicite ao usuário para suspender e rotacionar sua perna, realizando uma inclinação lateral.



Medidas (cm)

Perna Esq.

Perna Dir.

Lower Leg MTx to FEM

Medida do sensor da canela até o epicôndilo medial

Medir a partir do epicôndilo medial (osso articulação joelho) até a parte superior do sensor da canela (saída dos cabos).

Medidas (cm)

Perna Esq. Perna Dir.

**Foot MTx to MM**

Medida do sensor do pé até o maléolo lateral

Medir a partir do maléolo lateral (osso do tornozelo) até a parte superior do sensor (saída dos cabos).

Medidas (cm)

Pé Esq. Pé Dir.



 Conferir Etapa 2.2, Passo 7.

2.5 FAMILIARIZAR COM O MVN

Recomenda-se um período aproximado de 10 minutos para familiarização do usuário com o equipamento MVN Link antes das gravações.

10
TEMPO



Solicite ao usuário para simular movimentos verificando se todos os sensores estão firmes e se o usuário está confortável com o equipamento.



Ajustar os sensores caso não estejam firmes no corpo ou o usuário relate algum desconforto.

ENQUANTO ISSO, PREPARE O NOTEBOOK



Fixe os **Wireless Receiver (WR-A)** na tampa (parte de trás da tela) do **notebook** com fita dupla face.

Conectar os **WR-A** nas portas do adaptador de USB



Fixe o adaptador de USB (**HUB USB**) na tampa do **notebook** com fita dupla face.

Conectar o adaptador de USB nas portas **USB 2.0** do **notebook** (portas do lado direito).



Posicionar o computador adjacente ao local da coleta.



Conectar o **CmStick (Pendrive)** no **notebook** na porta **USB 3.0** (entrada de cor azul - lado esquerdo) para habilitar o software.

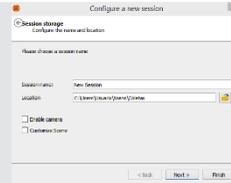
2.6 CONFIGURAR

 *Ligar as baterias conforme recomendado na Etapa 2.3.*

Clique no ícone  na área de trabalho do computador para abrir o Software MVN Studio Pro e iniciar uma nova seção. Após esse procedimento, será possível realizar a configuração do usuário.

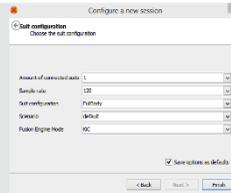
1 Criar uma nova seção

- 1.1 Clique em *File > New Recording Session*
- 1.2 Crie o nome do arquivo (*session name*) e defina a pasta onde será salvo (*Location*)
- 1.3 Clique em *Next*



2 Suit configuration

- 2.1 *Amount of connected suits* (quantidade de usuário conectado) > 1
- 2.2 *Sample rate* (taxa de amostragem) > 120 Hz
- 2.3 *Suit Configuration* (configuração do usuário) > Seleccione de acordo com o passo 1.2
- 2.4 *Scenário* (cenário)



**Default
(Padrão)**

- Este cenário assume que movimentos normais ocorreram.



**Pelvis fixed
(Pelvis fixa):**

- Este cenário pressupõem que o usuário permanecerá sentado.



**Soft Floor
(Piso Flexível):**

- Este cenário pressupõem que os pés irão estar sobre superfícies macias, alternando seu contato com o chão. Ex: grama, areia, carpete, entre outros.

2.5 Fusion Engine Mode (Modo do mecanismo de fusão)

Existem três modos de fusíveis. Selecione o que estiver de acordo com o seu objetivo de coleta.

XKF-3

- Utilize quando não forem esperadas distorções de campos magnéticos. A cinemática da perna será processada utilizando a estimativa de orientação do filtro *Kalman*.

KiC

- Utilize quando ângulos articulares altamente precisos são necessários. Somente utilize quando houver pouco movimento das pernas.

KiC without Magnetometers

- Utilize quando há distorções magnéticas fortes e o sujeito está se movendo continuamente. Muito movimento das pernas.



Após a seleção, clique em *Finish* para finalizar. É normal o avatar se apresentar desconfigurado.

Deve-se então preencher os campos:

1 Body Dimensions

Preencha os campos com as medidas do passo 2.1. Após clique em *Apply* (aplicar). O sistema atualizará automaticamente as dimensões.



Para salvar essas dimensões e carregá-las na próxima vez que o mesmo usuário for utilizado, basta clicar em *save* (salvar).

2 Data Fusion

Somente será necessário quando o *KiC* for selecionado. Preencha os campos com as medidas do passo 2.4. Após clique em *Apply* (Aplicar).

3 Calibration (Calibração dos Segmentos)

Serve para alinhar os sensores aos segmentos corporais do usuário. Deve ser realizada em um ambiente magneticamente neutro.



Ative o ícone mostrar distúrbio magnético.

2.7 CALIBRAR



Solicite ao usuário para se movimentar pela área de medição, para verificar as propriedades no campo magnético. Ao determinar o local apropriado realize uma marcação no chão (com fita crepe), baseando-se na largura do ombro do usuário, com aproximadamente 50cm x 40cm.

Verde

Adequado para calibração.

Amarelo

Se possível escolher outro local.

Vermelho

Inadequado para executar a calibração.



Se os arcos vermelhos permanecerem ao redor dos pés em todos os locais, solicite ao usuário para pisar sobre um objeto, por exemplo, a maleta do MVN ou sobre o colchonete, para ganhar distância do chão no momento da realização da calibração.



As propriedades no campo magnético são visualizadas por arcos ao redor das mãos, da pélvis e dos pés.



Núcleos de Ferrite

Podem ser colocados ao redor dos cabos das baterias como proteção contra interferências eletromagnéticas com outros aparelhos (ímãs, alto falantes, motores elétricos, celulares, estrutura de metal, carros, entre outros).



Coloque os núcleos de ferrite logo acima da faixa colorida nos cabos da bateria.

ETAPAS DE CALIBRAÇÃO

É necessário executar uma etapa de calibração estática (N-pose ou T-pose). Realize essa calibração com o usuário dentro da marcação estabelecida com a fita crepe.

Ative o ícone origem (▲) no menu superior do software.

1 Selecione a Pose (N ou T)

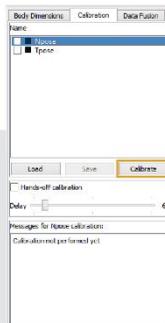
Selecione de acordo com a capacidade de realização do usuário, conforme indicado na página ao lado.



Nunca combine o N-pose com o T-pose. Isso pode gerar imprecisões nos resultados.

2 Clique em *Calibrate* (calibração) e após clique em *Start* (iniciar)

Na tela serão exibidas pelo avatar as posições que devem ser reproduzidas pelo usuário.



**N-POSE**

Recomenda-se essa postura para a calibração estática do usuário.

Solicite ao usuário:

- ① Ficar em pé em uma superfície plana;
- ② Manter os pés paralelos com distância de um pé de largura (aproximadamente 10cm);
- ③ Manter o corpo ereto;
- ④ Manter os braços estendidos ao lado do corpo (verticalmente) e os polegares para frente;
- ⑤ Manter as palmas das mãos voltadas uma para a outra;
- ⑥ Olhar fixo para frente;
- ⑦ Não se mover durante o processo de calibração.



Se as pernas do avatar 3D permanecerem cruzadas após a calibração, significa que os pés do usuário ficaram muito distantes durante a calibração. Repita o procedimento de calibração com os pés mais próximos.

Existem quatro níveis de qualidade de calibração



Boa
(good)



Aceitável
(acceptable)



Ruim
(poor)



Falha
(fail)

**T-POSE**

Recomenda-se essa postura se o usuário não puder segurar os braços verticalmente próximo ao corpo.

Solicite ao usuário:

- ① Ficar em pé em uma superfície plana;
- ② Manter os pés paralelos com distância de um pé de largura (aproximadamente 10cm);
- ③ Manter o corpo ereto;
- ④ Manter os braços estendidos horizontalmente, polegares para frente e palmas para baixo;
- ⑤ Manter os braços em uma altura paralela;
- ⑥ Não esticar demais o cotovelo;
- ⑦ Olhar fixo para frente;
- ⑧ Os punhos, cotovelos e ombros devem estar todos alinhados.



Se o resultado não for bom, a razão é indicada no texto (*messages for calibration*).



Uma má qualidade de calibração indica que há muito movimento durante a calibração.

Se o resultado por aceitável considere a repetição.

Após a calibração estática ter sido realizada e aceita com sucesso, realize, se necessário, as etapas de **Calibração Dinâmica**.



SQUAT

Determina os eixos funcionais das pernas. É necessário realizar a calibração se a orientação do joelho estiver incorreta.

Solicite ao usuário:

- ① Ficar em pé em uma superfície plana;
- ② Manter os pés paralelos com distância de um pé de largura (aproximadamente 10cm);
- ③ Dobrar os joelhos e fixar por 1 segundo;
- ④ Não agachar muito fundo;
- ⑤ Retificar as pernas e fixar por 1 segundo;
- ⑥ Repetir o agachamento duas vezes.

O sistema detecta automaticamente os períodos de agachamento. Solicite ao usuário observar a animação da tela do computador para ajudar a realizar a calibração.



Os dados da calibração podem ser salvos. Isso é útil se o MVN Studio fechar. Ao reiniciar o software os dados podem ser recarregados.



- 1 Para salvar basta clicar em Save.
- 2 Para recarregar as informações, clique em Load.



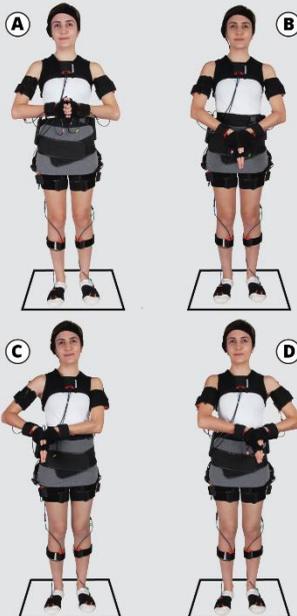
HAND TOUCH

Calibração específica da parte superior do corpo (mãos).

Solicite ao usuário:

- ① Ficar em pé em uma superfície plana;
- ② Manter os pés paralelos com distância de um pé de largura (aproximadamente 10cm);
- ③ Manter o corpo ereto;
- ④ Colocar as palmas das mãos juntas;
- ⑤ Mover as mãos lentamente, mantendo as mãos juntas;
- ⑥ Manter os cotovelos alinhados;

Solicite ao usuário que observe o movimento realizado pelo avatar 3D na tela do computador. Siga as orientações ilustradas abaixo (A, B, C, D).



2.8 GRAVAR

Ao clicar no botão gravar, o arquivo é automaticamente salvo na pasta selecionada no item 3.6 e terá o nome da seção, com um número de teste (ex: coleta1-001.mvn, coleta1-002.mvn).



Antes de gravar compare os movimentos do avatar com os do usuário. Se necessário, confira a posição dos sensores e realize nova calibração.



Antes das gravações podem ser ativados os seguintes ícones no menu superior.



Sombra



Centro de massa



Modelo biomecânico



Recomenda-se utilizar uma câmera para registros de vídeos simultaneamente a captura dos movimentos, para registrar as atividades que serão capturadas pelo equipamento MVN. Assim, o responsável pelo registro dos vídeos deve sincronizar suas gravações com o responsável pela captura dos movimentos.

Este procedimento permite comparar com as gravações do avatar e facilitar a compreensão dos movimentos realizados, por meio de verificações visuais e documentação das atividades realizadas pelos usuários.

- Posicionamento da câmera de vídeo, perpendicular ao plano da atividade a ser capturada.
- Sincronização das gravações.
- Não esquecer dos registros fotográficos de todo o contexto.



Fique próximo ao usuário com o notebook, e verifique constantemente a carga das baterias.



É possível o sinal cair quando o equipamento está longe do notebook, ou quando as baterias estão fracas.



Para iniciar a gravação deve-se pressionar o botão vermelho no menu superior. Pressione o mesmo botão para parar a gravação. Registre o movimento na ficha do item 2.9.

Recomenda-se a gravação de vídeos de até 1 minuto, para aumentar a precisão dos dados. Onde há muita interferência não exceder 30 segundos.

Durante as gravações, quando for selecionado o *Data Fusion (KiC)* no item 2.6, recomenda-se limpar o histórico de filtro após o usuário permanecer por um tempo em uma área magneticamente distorcida. Utilize as funções abaixo.

1 Redefina sua posição

A cada nova gravação (vídeo) realizar um *reset* (ALT + CTRL + F), para configurar o Avatar e colocá-lo na posição original).



Recomenda-se solicitar ao usuário que volte a área de calibração, demarcada com fita crepe e fique em posição estática para esta função.

2 Para limpar o filtro

ALT + CTRL + X (executa um *reset* na posição auxiliando os dados).



Nunca use no meio de um movimento dinâmico ou com interferências magnéticas.

Marcadores



Durante ou após a gravação, pode-se adicionar um marcador no vídeo para registar algo importante.

Durante a gravação Clique duas vezes no intervalo de tempo para documentá-lo.



Registre no campo 'registro das atividades' a informação importante.

Após a gravação Na janela de reprodução, um marcador pode ser adicionado e /ou editado.



Clique duas vezes ou clique com o botão direito do *mouse* na linha do tempo.

OBSERVAÇÃO

Para os registros das atividades dos movimentos capturados utilize a ficha do item 2.9.

Captura de Movimento com Acessórios

Sensores (MTX) adicionais podem ser anexados a segmentos corporais em uma gravação.



Estes sensores estão disponíveis no compartimento de tecido indicado pela cor rosa (Extras) dentro da mala do MVN.

Configuração do novo sensor

O sensor deve ser configurado no menu *Options* (Opções) > *Configure props* (configurações de props).

Definição de acessório: (*Defined props*)



Sensor 40 - corresponde a muleta



Sensor 41 - corresponde a espada

O sensor deve ser acoplado ao acessório desejado (muleta, espada, entre outros), seguindo as orientações em Npose (item 3 ao lado). Ele é detectado automaticamente.

Conferir a orientação do sensor no avatar, e se necessário alterar a opção orientação do sensor em Npose.

ETAPAS PARA CONFIGURAÇÃO

1 Seleccione onde o sensor será conectado

- A- Segment (segmento);
- B- Point (ponto);

Se utilizar a opção OR (ou), o prop pode ser trocado entre dois segmentos.

2 Seleccione o type / label (tipo de acessório)

- A- Crutch (muleta)
- B- Sword (espada)

3 Seleccione o sensor orientation in Npose (orientação do sensor em Npose)

- A- X: Down (baixo)
- B- Y: Right (direita)

2.9 REGISTRAR



Em análises ergonômicas considere o registro da tarefa (prescrito) ou atividade (real).

Para facilitar a interpretação dos vídeos, recomenda-se o registro das atividades realizadas durante as gravações.

Caso o sinal caia, e o vídeo ser desconsiderado para análise, sinalize o seu descarte no ícone .

Código	Registro da Atividade	
001		<input type="checkbox"/>
002		<input type="checkbox"/>
003		<input type="checkbox"/>
004		<input type="checkbox"/>
005		<input type="checkbox"/>
006		<input type="checkbox"/>
007		<input type="checkbox"/>
008		<input type="checkbox"/>
009		<input type="checkbox"/>
010		<input type="checkbox"/>
011		<input type="checkbox"/>
012		<input type="checkbox"/>
013		<input type="checkbox"/>
014		<input type="checkbox"/>
015		<input type="checkbox"/>
016		<input type="checkbox"/>
017		<input type="checkbox"/>
018		<input type="checkbox"/>
019		<input type="checkbox"/>
020		<input type="checkbox"/>

Código	Registro da Atividade	
021		<input type="checkbox"/>
022		<input type="checkbox"/>
023		<input type="checkbox"/>
024		<input type="checkbox"/>
025		<input type="checkbox"/>
026		<input type="checkbox"/>
027		<input type="checkbox"/>
028		<input type="checkbox"/>
029		<input type="checkbox"/>
030		<input type="checkbox"/>
031		<input type="checkbox"/>
032		<input type="checkbox"/>
033		<input type="checkbox"/>
034		<input type="checkbox"/>
035		<input type="checkbox"/>
036		<input type="checkbox"/>
037		<input type="checkbox"/>
038		<input type="checkbox"/>
039		<input type="checkbox"/>
040		<input type="checkbox"/>
041		<input type="checkbox"/>
042		<input type="checkbox"/>
043		<input type="checkbox"/>
044		<input type="checkbox"/>
045		<input type="checkbox"/>
046		<input type="checkbox"/>

3 REMOVER

Ao finalizar as gravações, desligue as baterias e remova o equipamento MVN Link. Dobre as faixas e prenda-as com o próprio velcro. Recoloque-as (cuidando para não dobrar os cabos) em seus respectivos compartimentos de tecidos.

Siga os seguintes passos:

- ① Desconectar todos cabos. Nunca gire ou torça os *plugs*;
- ② Retire a luva da mão, o sensor do antebraço e do braço (lado direito);
- ③ Retire a luva da mão, o sensor do antebraço e do braço (lado esquerdo);
- ④ Retire o sensor do pé, da canela e parte superior da coxa (lado direito);
- ⑤ Retire o sensor do pé, da canela e parte superior da coxa (lado esquerdo);
- ⑥ Retire a bateria direita e a bateria esquerda;
- ⑦ Retire a cinta da cintura;
- ⑧ Retire o colete;
- ⑨ Retire a faixa da cabeça.

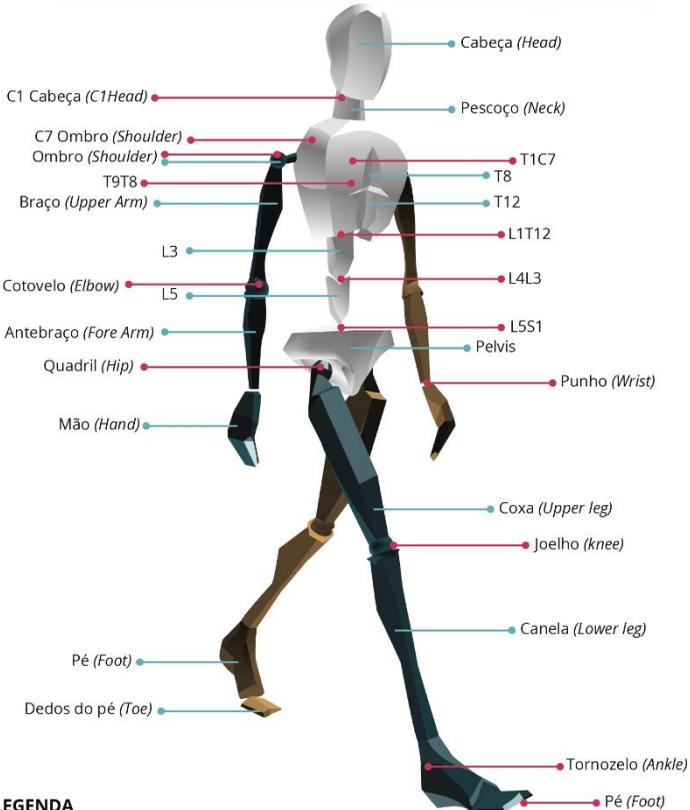


- Retire as pilhas das baterias (direita e esquerda).
- Dobre as faixas e prenda-as com o próprio velcro.
- Guarde o equipamento de acordo com os segmentos nos compartimentos de tecido.
- Nunca guarde o equipamento úmido ou molhado.
- Desconecte os *WR-A*, o *CmStick* e o adaptador de USB das portas USB do notebook.
- Retire a fita dupla face dos *WR-A* e do adaptador de USB e guarde-os na maleta do MVN.



4 DETERMINAR

Determine com a equipe qual segmento, articulação e/ou centro de massa será analisado, selecionando-os nos campos ao lado.



LEGENDA

● Segmento (Segment)

Aceleração (A): Variação da velocidade em função do tempo.

Orientação (O): Direção e sentido do movimento (dinâmico).

Posição (P): Posição do segmento em um determinado momento (estático).

Velocidade (V): Deslocamento no decorrer do tempo.

Velocidade Angular (VA): Velocidade em que é realizado o movimento ao redor de um eixo ou ponto central.

Aceleração Angular (AA): Variação da velocidade angular no tempo.

● Articulação (Joint)

Ângulo (XZY): Ângulo (XZY) do movimento realizado.

Na articulação do ombro ainda pode ser analisado:

Ângulo de Euler: Orientação do ombro no espaço tridimensional.

Centro de Massa

Ponto ao redor do qual o peso corporal do usuário, se equilibra igualmente em todas as direções, não importando a posição em que o corpo se encontra.

REFERÊNCIAS

- CUTTI, Andrea Giovanni et al. **A simple test to assess the static and dynamic accuracy of an inertial sensors system for human movement analysis.** In: Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS'06. 28th Annual International Conference of the IEEE. IEEE, p. 5912-5915, 2006.
- DAMGRAVE, Roy Gerhardus Johannes; LUTTERS, Diederick. The drift of the xsens motion capturing suit during common movements in a working environment. In: **Proceedings of the 19th CIRP Design Conference-Competitive Design.** Cranfield University Press, p. 338-342, 2009.
- ECKARDT, Falko; MÜNZ, Andreas; WITTE, Kerstin. Application of a full body inertial measurement system in dressage riding. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 34, n. 11, p. 1294-1299, 2014.
- EX-LUBESKIE, Chelsea L. **Evaluation of angular velocity data from inertial measurement units for use in clinical settings.** 2013. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Bioengenharia. University Clemson, Clemson-EUA, 2013.
- FABER, Gert S. et al. Estimating 3D L5/S1 moments and ground reaction forces during trunk bending using a full-body ambulatory inertial motion capture system. **Journal of biomechanics**, v. 49, n. 6, p. 904-912, 2016.
- FRICK, Eric Christopher. **Mitigation of magnetic interference and compensation of bias drift in inertial sensors.** 2015. 111f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, University of Iowa, Iowa, 2015.
- GANDY, Elizabeth A. et al. A preliminary investigation of the use of inertial sensing technology for the measurement of hip rotation asymmetry in horse riders. **Sports Technology**, v. 7, n. 1-2, p. 79-88, 2014.
- GUO, Yanwei et al. Balance and knee extensibility evaluation of hemiplegic gait using an inertial body sensor network. **Biomedical engineering online**, v. 12, n. 1, p. 83-97, 2013.
- JURKOJĆ, Jacek; MICHNIK, Robert; CZAPLA, Krzysztof. Mathematical modelling as a tool to assessment of loads in volleyball player's shoulder joint during spike. **Journal of sports sciences**, v. 35, n. 12, p. 1179-1186, 2017.
- KARATSIDIS, Angelos et al. Estimation of ground reaction forces and moments during gait using only inertial motion capture. **Sensors**, v. 17, n. 1, p. 75-97, 2016.
- LONGHI, Adriana. **Análise cinemática do saque flat de tenistas infanto-juvenis.** 2014. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- MARTINS, Ana Claudia Vieira. **Cinemática da primeira sequência do jion kata do karatê estilo Shotokan.** 2013. 145 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- PODMENIK, Nadja et al. The effect of shooting range on the dynamics of limbs angular velocities of the basketball shot. **Kineziologija**, v. 49, n. 1, p. 92-100, 2017.
- SALVALAIO, Cláudio Luiz. **Contribuição ao estudo da captura do movimento aplicado ao design em tecnologia assistiva.** 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-design, Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- SANTOS, William Rodrigues dos. **Análise técnica de um sistema de captura de movimentos integrado com um software de modelagem e simulação humana.** 2014. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.
- SLOT, Tegan. **Occupational Biomechanics of Tree-Planters: A study of musculoskeletal symptoms, posture and joint reaction forces in Ontario tree-planters.** 2010. 227 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciências da Saúde, University Queen's, Ontário- Canada, 2016.
- STREIT, Priscilla. **Comparação de parâmetros biomecânicos entre sistemas de captura de movimentos: avaliação do Microsoft Kinect.** 2013. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso Pós-graduação em Design, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- WEENK, Dirk et al. Automatic identification of inertial sensor placement on human body segments during walking. **Journal of neuroengineering and rehabilitation**, v. 10, n. 1, p. 31-40, 2013.
- XSENS. **Moven: user manual. Moven Motion Capture System.** The Netherlands: Xsens Technologies B.V. 2012.

COMO REFERENCIAR ESTE PROTOCOLO

VARNIER, Thiago; MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. **Motion Capture Protocol**: Protocolo de coleta MVN Link Biomech. Florianópolis: NGD/UFSC, 2019. Disponível em: <www.ngd.ufsc.br>. Acesso em: __.

Projeto gráfico: Thiago Varnier
Ícones: Freepik - distribuídos por Flaticon

NGD / LDU - UFSC

Bloco A • Sala 111 • 1º Andar
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Campus Reitor João David Ferreira Lima •
Bairro Trindade • Florianópolis - SC - Brasil
CEP 88040-900 •
www.ngd.ufsc.br
Coordenador Geral • Eugenio A. D. Merino

Fevereiro de 2019

DESENVOLVIMENTO:

Thiago Varnier (Mestrando)

Profa. Dra. Giselle S. A. D. Merino (Orientadora)

Núcleo de Gestão de Design e
Laboratório de Design e Usabilidade ngd.ufsc@gmail.com +55 48 3721-6403 @ngldu.ufscpós^{UFSC}
design

APÊNDICE K - *Motion Capture Protocol* – Versão Sintetizada

 PROTOCOLO DE COLETA MVN BIOMECH	
Local da coleta: _____	
Data: ____ / ____ / ____	Horário: _____ Temperatura: _____
Ambiente de coleta: <input type="checkbox"/> Interno <input type="checkbox"/> Externo <input type="checkbox"/> Ambos	
 Equipe de suporte	Responsável pelos Termos: _____
	Organização do Contexto: _____
	Registro Fotográfico: _____
	Registro de Vídeo: _____
	Montagem Equipamento: _____
	Configuração Equipamento: _____
	Anotações dos Movimentos: _____
	Outra: _____
<h1>1 PREPARAR</h1> <p><input type="checkbox"/> Equipamentos e materiais necessários para a coleta.</p> <p><input type="checkbox"/> Jogos de baterias recarregados.</p>	
<h2>1.1 FATORES TÉCNICOS</h2> <p>Tipo de projeto</p> <p><input type="checkbox"/> Avaliação Ergonômica <input type="checkbox"/> Concepção (produto novo) <input type="checkbox"/> Adaptação</p> <p><input type="checkbox"/> Correção (redesign) <input type="checkbox"/> Outro _____</p>	
Objetivo	_____
Atividades capturadas	_____

1.2 FATORES PESSOAIS

Usuário (ID): _____ Idade: _____

Sexo: Feminino Masculino

Status do Usuário: Independente Semidependente Dependente

Configurações da Captura:



- Corpo todo (*Fullbody*)
- Corpo todo sem esterno (peito) (*Fullbody no sternum*)
- Corpo todo sem as mãos (*Fullbody no hands*)
- Corpo todo sem esterno e sem as mãos (*Fullbody no sternum no hands*)



- Parte inferior do corpo (*Lowerbody*)



- Parte superior do corpo (*Upperbody*)
- Parte superior do corpo sem o esterno (peito) (*Upperbody no sternum*)
- Parte superior do corpo sem as mãos (*Upperbody no hands*)
- Parte superior do corpo sem esterno e sem as mãos (*Upperbody no sternum no hands*)

2 COLETAR

- Prever um espaço amplo próximo ao local da coleta, para realizar as dimensões do usuário, montagem e calibração do equipamento.
- Assinatura dos termos de Consentimento (TCLE e TCVI).

2.1 MENSURAR (BODY DIMENSIONS)

Dimensões corporais do usuário



Medidas (cm)		Medidas (cm)	
<input type="text"/>	Altura do corpo (<i>Body height</i>)	<input type="text"/>	Largura do quadril (<i>Hip Width</i>)
<input type="text"/>	Tamanho do pé (<i>Foot size</i>)	<input type="text"/>	Altura do Joelho (<i>Knee height</i>)
<input type="text"/>	Envergadura (<i>Arm span</i>)	<input type="text"/>	Largura do ombro (<i>Shoulder width</i>)
<input type="text"/>	Altura do tornozelo (<i>Ankle height</i>)	<input type="text"/>	Altura da sola do sapato (<i>Shoe sole height</i>)
<input type="text"/>	Altura do quadril (<i>Hip height</i>)		

2.2 MONTAR EQUIPAMENTO MVN

- Recomenda-se duas pessoas realizarem a colocação dos sensores.
- Fixe cada cinta no corpo com atenção ao alinhamento e simetria.
- Realize a montagem de acordo com a configuração definida na etapa 1.2.
- Confira se os sensores estão firmemente amarrados.

2.3 CONECTAR

- Realize a conexão dos fios.

2.4 MEDIR (DATA FUSION)

Medir as distâncias dos sensores.

	Medidas (cm)	
Upper Leg MTx to GT Medida do sensor da coxa até o trocânter maior	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Perna Esq.	Perna Dir.
Lower Leg MTx to FEM Medida do sensor da canela até o epicôndilo medial	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Perna Esq.	Perna Dir.
Foot MTx to MM Medida do sensor do pé até o maléolo lateral	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	Pé Esq.	Pé Dir.

2.5 FAMILIARIZAR COM O MVN

- Recomenda-se um período aproximado de 10 minutos.
- Solicite ao usuário para simular movimentos.
- Verifique se todos os sensores estão firmes, e se o usuário está confortável com o equipamento.
- Ajuste os sensores caso necessário.

2.6 CONFIGURAR

Clique no ícone  na área de trabalho do computador para abrir o Software MVN Studio Pro e iniciar uma nova sessão.

Crie uma nova sessão

Configuração do Usuário (*Suit configuration*)

2.1 *Amount of connected suits* (quantidade de usuário conectado) > 1

2.2 *Sample rate* (taxa de amostragem) > 120 Hz

2.3 *Suit Configuration* (configuração do usuário) > Selecione de acordo com o item 1.2

2.4 *Scenário* (cenário)



Default (Padrão)



Pelvis fixed (Pelvis fixa)



Soft Floor (Piso flexível)

2.5 *Fusion Engine Mode* (Modo do mecanismo de fusão)

XKF-3

KiC

KiC without Magnetometers

Clique em *Finish* para finalizar

Preencha os campos

Body Dimensions (dimensões corporais)

Data Fusion (distância dos sensores), se definido o *KiC*.

2.7 CALIBRAR



Distúrbio magnético



Origem

- Ative o ícone mostrar campo magnético.
- Verifique as propriedades do campo magnético.
- Se necessário, coloque os núcleos de ferrite.
- Realize a marcação no chão com fita crepe (50cm x 40cm).
- Ative o ícone origem.

Realize a (s) Calibração (ões)

Estática



N-POSE

OU



T-POSE

Dinâmica



SQUAT



HAND TOUCH

2.8 GRAVAR



Sombra



Centro de massa



Modelo biomecânico

- Registros fotográficos de todo o contexto.
- Posicionamento da câmera de registro de vídeos.
- Fique próximo ao usuário com o notebook.
- Sincronização das gravações (vídeos e captura de movimentos).
- Redefina a posição do usuário (ALT + CTRL + F) a cada nova gravação.

2.9 REGISTRAR

Utilize a ficha abaixo para o registro das atividades realizadas.

Código	Registro das Atividades	
001		<input type="checkbox"/>
002		<input type="checkbox"/>
003		<input type="checkbox"/>
004		<input type="checkbox"/>
005		<input type="checkbox"/>
006		<input type="checkbox"/>
007		<input type="checkbox"/>
008		<input type="checkbox"/>
009		<input type="checkbox"/>
010		<input type="checkbox"/>
011		<input type="checkbox"/>
012		<input type="checkbox"/>
013		<input type="checkbox"/>
014		<input type="checkbox"/>
015		<input type="checkbox"/>
016		<input type="checkbox"/>
017		<input type="checkbox"/>
018		<input type="checkbox"/>
019		<input type="checkbox"/>
020		<input type="checkbox"/>
021		<input type="checkbox"/>
022		<input type="checkbox"/>
023		<input type="checkbox"/>

024	<input type="checkbox"/>
025	<input type="checkbox"/>
026	<input type="checkbox"/>
027	<input type="checkbox"/>
028	<input type="checkbox"/>
029	<input type="checkbox"/>
030	<input type="checkbox"/>
031	<input type="checkbox"/>
032	<input type="checkbox"/>
033	<input type="checkbox"/>
034	<input type="checkbox"/>
035	<input type="checkbox"/>
036	<input type="checkbox"/>
037	<input type="checkbox"/>
038	<input type="checkbox"/>
039	<input type="checkbox"/>
040	<input type="checkbox"/>

3 REMOVER

- Desligue as baterias e remova o equipamento MVN *Link*.
- Retire as pilhas das baterias.
- Guarde o equipamento. Cuide para não dobrar os cabos.
- Desconecte os WR-A, o CmStick e o adaptador de USB das portas USB do computador.

4 DETERMINAR

- Determine com a equipe de projeto, selecionando na ficha ao lado, qual segmento, articulação e /ou centro de massa será analisado.



pós
design



DESENVOLVIMENTO:

Thiago Varnier (Mestrando)

Profa. Dra. Giselle S. A. D. Merino (Orientadora)

Núcleo de Gestão de Design e
Laboratório de Design e Usabilidade

 ngd.ufsc@gmail.com

 +55 48 3721-6403

 @ngldu.ufsc