



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

IranDir Izaquiel Paulo

**GESTÃO E TECNOLOGIA: SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMENTOS
POR SENSORES INERCIAIS (XSENS) PARA O LEVANTAMENTO DE DADOS NO
DESIGN CENTRADO NO SER HUMANO**

Florianópolis
2021

Iranir Izaquiel Paulo

**GESTÃO E TECNOLOGIA: SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMENTOS
POR SENSORES INERCIAIS (*XSENS*) PARA O LEVANTAMENTO DE DADOS NO
DESIGN CENTRADO NO SER HUMANO**

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

Orientador: Prof. Eugenio Andrés Díaz Merino, Dr.

Florianópolis

2021

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

Paulo, Irandir Izaquiel

Gestão e Tecnologia: : Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (Xsens) para o levantamento de dados no Design Centrado no ser Humano / Irandir Izaquiel Paulo ; orientador, Eugenio Andrés Díaz Merino, 2021.
140 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós Graduação em Design, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Design. 2. Gestão de Design. 3. Ergonomia. 4. Sensores Inerciais (Xsens). 5. Design Centrado no ser Humano. I. Andrés Díaz Merino, Eugenio . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Design. III. Título.

Irander Izaquiel Paulo

**GESTÃO E TECNOLOGIA: SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMENTOS
POR SENSORES INERCIAIS (XSENS) PARA O LEVANTAMENTO DE DADOS NO
DESIGN CENTRADO NO SER HUMANO**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Ricardo Triska, Dr.
Avaliador Interno
Universidade Federal de Santa Catarina

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

Diego Luiz de Mattos, Dr.
Avaliador Externo
Universidade do Minho

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de mestre em Design.

Prof. Dr. Ricardo Triska
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Eugenio Andrés Díaz Merino
Orientador

Florianópolis-SC, 2021.

Aos meus maiores incentivadores da vida, verdadeiros anjos que me protegeram nos meus momentos de fragilidades, e quando eu ainda não sabia voar. Que nunca mediram esforços na realização dos meus sonhos, que me amaram incondicionalmente, até suas últimas bolhas de oxigênio.

Àqueles que me guiaram pelo caminho certo, razões da minha existência, que precocemente tiveram que partir, mas que permanecem vivos aqui dentro de mim.

A vocês que em meio a simplicidade do campo me prepararam para as situações difíceis. Meus dois maiores amores, símbolos de humildade, coragem, sabedoria, bondade, garra, determinação e persistência. A quem tive a honra de poder chamar de pais, Rita e Moisés (*in memoriam*).

Em especial à minha comunidade de Pitanga da Estrada, onde vivi muitos dos melhores momentos da minha vida. A todos os amigos que ali construí e que contribuíram no processo de crescimento das minhas asas.

Dedico-lhes!

AGRADECIMENTOS

Agradecer é a mais bela maneira de externar aquele sentimento sincero e verdadeiro que foi plantado dentro de nós. É no momento presente, olhar de volta ao passado e reviver memórias e recordações de pessoas que alimentaram nossos sonhos, nos motivaram e nos ajudaram a acreditar que tudo era possível. Por isso, declaro aqui para que se eternizem meus afetuosos agradecimentos a essas pessoas especiais que, tornaram o meu caminho mais reluzente, e que direta ou indiretamente, contribuíram para que esse sonho fosse alcançado. Assim, agradeço:

A Deus pelo amparo, companhia e fortalecimento diário, sei que sem ele eu jamais teria dado passos tão grandes, com ele eu superei as dores, derrubei barreiras, me tornei mais forte e venci.

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Programa de Pós-graduação em Design (POSDESIGN/UFSC), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela adoção, receptividade e auxílio financeiro por meio da bolsa de mestrado, permitindo-me a concretização e dedicação exclusiva a este trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eugenio A. D. Merino pelos ensinamentos e momentos compartilhados. Pela dedicação, atenção, motivação e amizade. Uma das maiores referências profissionais e humanas da minha vida, que não só abraçou esse projeto, bem como a mim como um verdadeiro filho seu. Que é espelho para mim, que me fez enxergar um universo de oportunidades. Que viu em mim um futuro que nem eu mesmo ainda havia enxergado, de quem me orgulho e serei grato eternamente.

À Profa. Dra. Giselle S. A. D. Merino pelos conhecimentos partilhados, atenção e carinho. Pelas realizações proporcionadas, palavras adocicadas, chás e abraços quentinhos, de quem recebi um verdadeiro amor maternal que somente Deus é capaz de explicar, obrigado por ser agente transformador da minha vida. Por ter cuidado de mim como uma mãezona, de quem recebi todo o conforto, aconchego e amor.

Ao Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU/UFSC), pelos dias de inverno aquecidos pelo calor humano, pela troca de conhecimentos e aprendizado contínuo, pelos recursos tecnológicos disponibilizados de onde me veio à oportunidade de realizar esta pesquisa, pelas histórias de vidas compartilhadas, pelos momentos especiais e inesquecíveis que vivemos e escrevemos juntos no nosso livro da vida.

Aos amigos que construí, com quem vivi os melhores momentos durante esse tempo de mestrado, Allisson Fernandes, Victor Lima, Brenda Amorim, Camila Faccio, Carmen Riascos, Cesar Giracca, Diego de Mattos, Diogo Costa, Julia Marina Cunha, Letícia Takayama, Daniela Amaral, Ellen Makara, Giancarlo Zacchi, Leandro Pereira, Lincoln da Silva, Marcelo Demilis, Marcos dos Reis, Rachel Quadros, Fellipe Douglas, Ruan Lucas, Laura Flores, Rodrigo Cavalcante, Rubenio Barros. Em especial a Franciele Forcelini e Thiago Varnier pelo companheirismo, conhecimento compartilhado e por terem feito dos meus dias mais alegres e especiais, vocês são inspirações para mim. Carolina Rosa minha companheira de café com quem dividi muitos dos melhores momentos durante essa trajetória, Natália Mattos pelas opiniões, amizade e trocas de conhecimento.

Às três organizações participantes dessa pesquisa que abriram suas portas para mim e tornaram a realização desse estudo possível, Cooper Rio Novo, Equipe UFSC Baja SAE e a Empresa Entrega de Encomendas.

Àqueles que me receberam de braços abertos, que fizeram me sentir em meio a uma verdadeira família, de onde recebi o afeto, o carinho, a amizade verdadeira e um espaço nas suas vidas e em seus corações, Beatriz Merino, Gerson de Lima e Flávia Alves de Lima, Sra. Vera Regina Schmidt e Sr. Roberto Alves, obrigado por terem entrado em minha vida e terem tornado ela muito mais feliz.

Aos amigos que Floripa me trouxe, em especial: Eliza Vainstok(minha Elizinha), Rafael Ruffeil, Marcio Persch, Guilherme Koerich, João Paulo (de quem recebi muitos incentivos e que me fez me sentir uma pessoa melhor), Luiz Turco (vizinho, amigo e irmão que me trouxe a tranquilidade nos meus momentos de aflições, nossas conversas me ajudaram a continuar lutando incansavelmente) e meu amigo Bruno Haacke por aguentar meus ensaios da apresentação.

Aos meus familiares que de alguma forma acreditaram em mim e torceram pelo meu crescimento e realização do meu sonho, meus irmãos: Ireide (minha irmã e mãe que tanto fez por mim, dói tanto não poder tê-la ao meu lado), Ivan (seus gestos referentes a mim sempre mostram o quanto me ama), Ivandir, Ivoneide, Ivonaldo e Antonia. Agradeço também à minha cunhada Francisca Lopes, que na verdade é minha irmã de coração, de quem recebi e recebo os mais singelos gestos de carinho e amor.

A todos os meus sobrinhos primos e tios. Em especial a tia Severina (Biu) que me acolheu em sua casa, cuidou de mim e fez do meu sonho possível, a minha prima comadre (Flávia Nascimento) por ter estado sempre ao meu lado, Fabiana Nascimento (minha prima

irmã) não sei o que teria sido da minha vida sem os seus cuidados, carinho e amor por mim, eu te devo parte da minha vida. Quando o meu pai subiu ao céu vocês me abraçam aqui na Terra.

A todos os meus amigos de Pitanga da Estrada pelas orações e energias positivas enviadas. Em especial: Daniele Ferreira (minha peste satanás) aquela que me viu crescer, que riu e chorou comigo, que me deu a mão e um ombro amigo quando eu precisava levantar; Jane Cleide (minha madrinha) que sempre me alimentou com muito amor e atenção e que me deu morada em seu coração; Edna Ferreira (minha professora da 3ª e 4ª série), um dos seres humanos mais iluminado que conheço que sempre acreditou em mim desde o começo, foi dela que recebi minha oportunidade de trabalho, de aprender a ensinar, dizem até que temos o perfeccionismo em comum, mas muito mais que isso temos o sentimento de amizade e amor recíprocos), Adilson Antonio, Niédson Antonio e Raimunda Miguel (família abençoada que sempre acreditou no meu potencial) que nunca mediram esforços em tornar os meus sonhos possíveis; Gilson Rodrigues (aquele amigo que sempre foi um exemplo de superação) de quem recebi muitos incentivos, Jackeline Viana (uma ex-chefe que sempre foi amiga), Geniz (aquela amiga que nunca se cansou de me aplaudir); Maria Cristina (aquela que sempre olhou para mim e disse: - Esse mundo aqui é pequeno demais para você). Foram esses que quando tudo ainda era incerto, acreditaram em mim, me presentearam com o passaporte que me levou de encontro ao meu sonho.

Agradeço também a: Clodoaldo Ferreira (meu eterno companheiro de trabalho, com quem muito aprendi, e que fez dos meus dias de trabalho muito mais divertidos), Carmélia Ferreira (ah, essa é uma das minhas jóias raras, minha primeira diretora, que sempre acreditou no meu potencial e torceu pelo meu sucesso), Carlito Ferreira (com quem sempre pude contar na vida toda), Érica Moraes (aquela amiga que entrou na minha vida pra somar, com ela meus projetos ganharam vida); Niedja Kaline (amiga com quem sempre pude contar), Luana Lira, Elisangela Roque, Izinha, Maria de Lourdes, Luiz Roque, Rogéria Pontes, Claudia Silva, Jucilene, Luciene Rodrigues, Juliana, Henrique Rodrigues (aquele amigo irmão que topava pôr em prática todos os meus projetos), Simone de Fátima (de quem nunca me faltou, cuidado, atenção e amor), Renata Cristina e Reinaldo Lima (sem eles eu jamais teria chegado tão longe), Débora Cristina (aquela irmã que não é de sangue, mas é de coração, juntos vivemos muitas aventuras), Humberto (quem nunca mediu esforços em ajudar de forma braçal na montagem dos meus projetos), Dayane e Ronald (amigos de todas as horas), Tarcísio Barbalho, Emília Ferreira, Dennis, Etuane, Égina, Cleonison, Cleane,

Clineide, Diogo Moraes, Jussara, Cassiano, Péricles, Rayla, Emanuelle, Jackson Soares, Marlene, Edlete Ribeiro, Elenira, Manoel Bernardino, Clemilson Kyll, Anderson Rodrigues, Francisca Pedro, Adriano, José Vicente, Maria Odete (minha eterna Anali), Rogéria Balbino, José Vicente Soares, Suelma Valdivino, Terezinha Figueiredo, Maria do Céu (de quem recebia carinho diariamente e as melhores tapiocas da vida), Gerlúcia, Wanessa Silva, Thaíse de Oliveira, Oscarina, Expedito, Rosa Maria Lopes, Lucas Almeida (afilhado), João Paulino Neto (afilhado), Yasmim Camile (afilhada), Maria Vicente, Maria Luiza, Valdemar Antonio, Joana Darque, Jucileia Cavalcante, José Rodrigues, Andreza Costa, Maria Ivolite, Zeca Rodrigues, Heloísa Rodrigues (minha eterna musa inspiradora), Jane Carla, Ranielly Fernandes, Ridagno Fernandes, Rikelme, Jaísa Valdivino, Ricardo Santos, Laice Barbosa, Liege Amélia, Dayse Ana Silva, Jéssica Santos, Ana Carla de Lima, Jayra, Yasmim Duarte, Genival Lopes, Gilvan Soares, Jailson Gomes, Rafaela Nascimento, Josivana Sales, Francisco de Assis Silva, Moacir Ferreira, Luzia Rodrigues, Kaline Rodrigues, Heloísa Rodrigues, Antonia Soares, Valdir Rodrigues, Hortência Pontes, Fabiana Gomes, Taís Gomes, Sebastiana Marta, Marluce Ferreira, Maria Farias, Edyana Monteiro, Rondnele Izaias e Clemilda Ferreira.

Aos meus amigos de Camaratuba-PB, de quem sempre recebi apoio e motivação e com quem tive a honra de poder compartilhar de bons e inesquecíveis momentos. Em especial: Rubisvania Campos (de quem recebi as mais belas mensagens de fé e esperança todas as manhãs), André Silva, Marly Lima, André Filho, Natalyne Lima, Joicileide Lima Marcos Dias, Rhoberto Mello, Oanni Aguiar, Josefa Cassiano, Mércia Menezes, Geanne Lima, Maria Girlene Lima, Kaline Caroline, Kamila Karolina e Joseane Vasconcelos.

Perdi meus avós quando eu ainda era um menino, por este motivo não tive a honra de ter aqueles bons e inesquecíveis momentos. De passar o final de semana na casa dos avós, provar das receitas únicas que toda avó sabe fazer, de ouvir as melhores histórias de vida, de receber aqueles abraços quentinhos e beijos estalados. Assim, o meu coração escolheu duas pessoas incríveis que eu sempre amei como meus verdadeiros avós, Cleonice e Francisco.

Quando Deus chamou os meus pais levou consigo a parte mais importante de mim, doeu e ainda lateja dentro do meu coração, mas Deus pensou em tudo, nunca me desamparou e me deu de presente uma segunda família, de onde eu sempre recebi muito carinho, atenção e amor. Essas pessoas são presentes enviados por Deus para tornar minha vida mais feliz, a citar: Adélia (mãe, vó e amiga), Lucas (pai, vô e amigo), Maria José (Nova), Camilo, Liliane, Kamily, Narcisio Clemer, Janaina, Cristiano, Mirella, Iolanda, Murilo, Luiza Silva, Lucas

Severo, Givaldo Severo, Igor Santos, Paulo, Valdeleide, Danilo, Vinícius Danrlei, Diana, Bibiano, André, Arthur, Jhonatas, Luzinete, Laís, Leila, Lenilton, Luzenilton, Marcos, Vera, Igor, Nilton (Pitanga), Adeilza, Letícia, Rodrigo, Olier, Letícia (madrinha), José Vicente (padrinho), Jaqueline, Jordânia, Joseilton, Edina (minha capivara que amo), Everton, Evellyn e João.

Aos professores da UFPB pela minha construção acadêmica e conhecimento passado, em especial: Angélica Acioly, Gustavo de Brito, Kléber Barros, Myrla Torres, Washington Ferreira, Rodrigo Barbosa e Francisco Islard.

Aos meus eternos amigos da UFPB, aqueles que estiveram comigo nos maus e bons momentos, que fizeram dos meus dias mais leves e felizes, com quem sei que sempre poderei contar, em especial: Aline Pereira, Alisson Oliveira, Silvan Martins, Isabelle Caroline, Arthur Luna, Hyago Nóbrega, Andreza Souza, Railson Sousa, Karina Ribeiro, Danielly Florêncio, Wendell Guedes, Ana Paula (Aninha), Anita (monitora), Daniel Falcão, Matheus Constantino, Danielly Diniz, Jessileni Pessoa, Paula Thamara, Marcos Oliveira, Samara Araújo, Maria Viviane, Marcilio Carneiro, Michelle Melo, Celso de Pontes Neto, Ana Carla Donato, Brenda Chagas, Fernanda Pessoa, Yandra Maria, José Victor e Lívia Brito.

Muito Obrigado!

"A primeira parte de qualquer planejamento ou realização deve ser sempre iniciada pelo sonho, e se este for somado por outros iguais, a vitória está selada"

(Autor desconhecido).

RESUMO

Os movimentos humanos vêm sendo estudados por diferentes áreas, dentre elas medicina, ciência do esporte, engenharias e design. Por sua vez, a evolução dos métodos de mensuração, armazenamento e processamento de dados tem contribuído de maneira significativa para a análise do movimento. Como exemplo, destaca-se o Sistema de Captura de Movimentos (MoCap) caracterizado como um conjunto de ferramentas capazes de mapear e reproduzir movimentos de objetos e/ou seres vivos dentro do espaço-tempo e representá-los digitalmente em 3D. Nesse cenário, o Design Centrado no ser Humano (DCH) tem se tornado cada vez mais fundamental para os projetos de Design, por meio do levantamento preciso de dados, em tempo e situação real, permitindo análises profundas e consistentes sobre o ser humano e seu ambiente de trabalho. No entanto, muitos projetos falham ao desconsiderar durante etapas de design, desenvolvimento e implementação, as questões como fluxo de trabalho, mudança organizacional e interação do ser humano em seu contexto. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo identificar mediante um estudo multicase, as contribuições do uso do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) no processo de desenvolvimento de projetos de Design Centrado no ser Humano. Para tanto, realizou-se uma pesquisa de natureza aplicada, objetivos exploratórios e descritivos, e abordagem qualitativa. A pesquisa foi dividida em quatro fases: FASE 1 – Fundamentação teórica; FASE 2- Preparação do pesquisador; FASE 3- Estudo multicase e FASE 4- Proposta de aplicação conceitual. Quanto aos seus procedimentos técnicos, esta pesquisa foi compreendida como bibliográfica. Como resultado, fica verificado um grande potencial de aplicabilidade do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*), sendo de possível aplicação dentro e fora do ambiente laboral. A possibilidade de uso como instrumento de auxílio no processo de desenvolvimento de projetos de Design (produtos, serviços e/ou ambientes) seguindo a abordagem de Design Centrado no ser Humano é outro fator marcante. Assim como sua contribuição para as análises e avaliações relacionadas ao sujeito e seu ambiente de trabalho permitindo a identificação de problemas associados à saúde e desenvolvimento de soluções de projetos. Bem como, foi desenvolvida uma proposta de aplicação conceitual do *Xsens* dentro do setor da saúde (hospital psiquiátrico), considerando o atual contexto de distanciamento social imposto pela pandemia causada pela COVID-19.

Palavras-chave: Gestão de Design. Ergonomia. Captura de Movimentos. Sensores Inerciais (*Xsens*). Design Centrado no ser Humano.

ABSTRACT

Human movements have been studied in different areas, including medicine, sports science, engineering, and design studies movements of the human body. Therefore, measurement methods, storage, and processing data have contributed significantly to analyzing human movement patterns. As an example, the Motion Capture (MoCap) is the process of recording the movement of objects or people. This system is capable of track 3D human body motions and produces 3D animation. In this scenario, Human-Centered Design (DCH) has become increasingly fundamental for Design projects, through the accurate survey of data, in real-time and real situations, allowing deep and consistent analyzes about the human being and his Desktop. However, many projects fail to ignore issues such as workflow, organizational change, and human interaction in their context during design, development, and implementation stages. Therefore, this research aimed to identify, through a multi-case study, the contributions of using inertial sensors (Xsens) in developing Human-Centered Design projects. To that end, this research was considered applied, exploratory, descriptive, and qualitative. The research process was divided into four phases: PHASE 1 - Theoretical foundation; PHASE 2- Preparation of the researcher; PHASE 3- Multicase study and PHASE 4- Conceptual proposal. As for its technical procedures, this research was considered bibliographic. As a result, there is a great potential for applicability by inertial sensors (Xsens), it is possible to use the Mocap System both inside and outside of the work environment. The possibility of using it as an aid tool in the process of developing Design projects (products, services, and/or environments) following the Human-Centered Design approach is another important factor. Another contribution is that the system allows the identification of health problems and the development of project solutions. Lastly, a conceptual application proposal of Xsens within the health sector (psychiatric hospital) was developed, considering the current context of social distance imposed by the pandemic caused by COVID-19.

Keywords: Design Management. Ergonomics. Motion Capture. Inertial Sensors (Xsens). Human-Centered Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Resultado da busca nas bases de dados	19
Figura 2 - Resultados da filtragem dos artigos selecionados na RSL.	20
Figura 3- Seleção de Teses e Dissertações.	21
Figura 4 - Seleção de periódicos.	21
Figura 5 - Panorama mundial do <i>Xsens</i> (parte 1)	22
Figura 6 - Panorama mundial do <i>Xsens</i> (parte 2)	23
Figura 7 - Utilização do <i>Xsens</i> nos estudos encontrados na RSL.	24
Figura 8 - Critérios de escolha do equipamento <i>Xsens</i>	26
Figura 9 - Linha do tempo das coletas realizadas com o <i>Xsens</i> pelo NGD-LDU.	27
Figura 10 - Publicações das coletas com o uso do <i>Xsens</i> pelo NGD-LDU.	28
Figura 11 - Os quatro P's da Gestão de Design.	35
Figura 12 - Domínios de Especialização da Ergonomia.	37
Figura 13 - Análise do movimento humano.	41
Figura 14 - Planos e eixos do corpo humano.	42
Figura 15 - Estrutura do Sistema de Captura de Movimento.	47
Figura 16 - Os 17 sensores inerciais.	49
Figura 17 - Posicionamento dos sensores inerciais.	51
Figura 18 - Sensores inerciais MEMS.	52
Figura 19 - Barra de ferramentas da interface do Software MVN Studio.	53
Figura 20 - Corpo do avatar do MVN Link.	55
Figura 21 - As quatro posições de calibração do MVN Studio PRO.	56
Figura 22 – Seis princípios do Design Centrado no ser Humano.	58
Figura 23 - Cinco aspectos do Design Centrado no ser Humano.	59
Figura 24 - Síntese da fundamentação teórica.	60
Figura 25 - Linha do tempo do mestrado.	62
Figura 26 - Fases da pesquisa.	63
Figura 27 - Fase 1 – Fundamentação Teórica	63
Figura 28 - Preparação do pesquisador e suas respectivas fases.	64
Figura 29 - Estudo multicase e suas respectivas etapas.	66
Figura 30 – Proposta de aplicação conceitual e suas respectivas etapas.	71
Figura 31 - Postura do trabalhador durante a despenca dos cachos de banana.	78

Figura 32 - Ângulos médios das articulações e desvios padrão.....	79
Figura 33 - Identificação do piloto do ano 2019.	83
Figura 34 - Comparação da antropometria do piloto com a encontrada na literatura.	84
Figura 35 - Alterações feitas no cockpit.....	86
Figura 36 - Características dos trabalhadores 1, 2 e 3.....	87
Figura 37 - Atividades realizadas pelos trabalhadores.....	88
Figura 38 - Ombros direito e esquerdo percentis 5, 50 e 95.	89
Figura 39 - Segmento C7-T1 percentis 5, 50 e 95.....	89
Figura 40 - Segmento L5-S1 percentis 5, 50 e 95.....	90
Figura 41 - Segmentos/articulações analisados pelo Xsens durante a atividade de despenca.....	91
Figura 42 - Segmentos/articulações analisados pelo Xsens durante a acomodação do piloto no carro.....	93
Figura 43 - Segmentos/articulações analisados pelo Xsens durante as atividades de processamento.	94
Figura 44 – Identificação dos pontos de transferência na Planta baixa da Ala 1 do Hospital Psiquiátrico.	97
Figura 45 - Identificação dos pontos de transferência na Planta baixa da Ala 2 do Hospital Psiquiátrico.	98
Figura 46 - Proposta de aplicação conceitual do Xsens (situação 1).....	100
Figura 47 – Proposta de aplicação conceitual do Xsens (situação 2).	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Caracterização, fases e etapas da pesquisa.....	30
Quadro 2 - Tipos, vantagens e desvantagens dos Sistemas MoCap.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Divisão dos movimentos do corpo humano.	43
Tabela 2 - Tempo gasto para remoção de um cacho de bananas.	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABERGO – Associação Brasileira de Ergonomia
ASBANCO – Associação dos Bananicultores de Corupá
BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BU – Biblioteca Universitária
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNH – Carteira Nacional de Habilitação
CNPq – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
COVID-19 – *Coronavirus Disease 2019*
DCH – Design Centrado no Ser Humano
DCU – Design Centrado no Usuário
DMI – *Design Management Institute*
DORT- Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho
HCD – *Human Centered Design*
Hz – Hertz
IEA – *International Ergonomics Association*
ISO – *International Organization for Standardization*
LDU – Laboratório de Design e Usabilidade
MoCap – Captura de Movimentos
NGD – Núcleo de Gestão de Design
PPGD – Programa de Pós-Graduação em Design
RSL – Revisão Sistemática da Literatura
SC – Santa Catarina
TA – Tecnologia Assistiva
TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA DA PESQUISA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	17
1.2.2	Objetivos Específicos	17
1.3	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	17
1.4	ADERÊNCIA AO PPGD	24
1.5	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	25
1.6	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	28
1.7	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	30
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	33
2.1	Gestão de Design	33
2.1.1	Os "4 P's" da Gestão de Design	34
2.2	TECNOLOGIA.....	36
2.3	ERGONOMIA.....	37
2.3.1	Biomecânica.....	39
2.3.2	Antropometria.....	44
2.3.3	Captura de Movimentos.....	45
2.3.4	Sistema de Captura de movimentos por sensores inerciais (Xsens).....	48
2.3.5	Software MVN Studio PRO	53
2.4	DESIGN CENTRADO NO SER HUMANO (dch)	56
2.5	SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	59
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	62
3.1	FASE 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	63
3.2	FASE 2 - PREPARAÇÃO DO PESQUISADOR	64

3.2.1	Fase 2/Etapa 1 – Levantamento sobre o <i>Xsens</i>	65
3.2.2	Fase 2/Etapa 2 – Testes em laboratório com o <i>Xsens</i>	65
3.2.3	Fase 2/Etapa 3 – Acompanhamento e participação em coletas com o <i>Xsens</i> .	65
3.2.4	Fase 3/Etapa 4 – Utilização do <i>Xsens</i> em contexto real.....	66
3.3	FASE 3 – ESTUDO MULTICASOS	66
3.3.1	Fase 3/Etapa 1 – Critérios de Seleção dos casos.....	66
3.3.2	Fase 3/Etapa 2 – Apresentação e descrição dos casos	67
3.3.3	Fase 3/Etapa 3 – Caracterização dos sujeitos participantes dos casos	68
3.3.4	Fase 3/Etapa 4 – Procedimentos de coleta adotados	68
3.3.5	Fase 3/Etapa 5 – Análises e conclusões dos casos	70
3.4	FASE 4 – PROPOSTA DE APLICAÇÃO CONCEITUAL	71
3.4.1	Fase 4/Etapa 1 – Visitas <i>in loco</i>	71
3.4.2	Fase 4/Etapa 2 – Reestruturação das coletas	71
3.4.3	Fase 4/Etapa 3 – Proposta de Aplicação conceitual.....	72
4	ANÁLISES E CONCLUSÕES DOS CASOS	75
4.1	FASE 2 – PREPARAÇÃO DO PESQUISADOR.....	75
4.1.1	Fase 2/Etapa 1 – Levantamento sobre o <i>Xsens</i>	75
4.1.2	Fase 2/Etapa 2 – Testes em laboratório com o <i>Xsens</i>	75
4.1.3	Fase 2/Etapa 3 – Acompanhamento e participação em coletas com o <i>Xsens</i> .	76
4.1.4	Fase 2/Etapa 4 – Utilização do <i>Xsens</i> em contexto real.....	76
4.2	FASE 2 – ESTUDO MULTICASOS	76
4.2.1	Fase 3/Etapa 1 – Critérios de Seleção dos casos.....	76
4.2.2	Fase 3/Etapa 2 – Apresentação e descrição dos casos	76
4.3	FASE 4 – PROPOSTA DE APLICAÇÃO CONCEITUAL	95
4.3.1	Fase 4/Etapa 1 – Visitas <i>in loco</i>	96
4.3.2	Fase 4/Etapa 2 – Reestruturação das coletas	98
4.3.3	Fase 4/Etapa 3 – Proposta conceitual	99

5	CONCLUSÕES.....	103
5.1	CONCLUSÕES GERAIS.....	103
5.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	105
5.3	PERCEPÇÕES DO PESQUISADOR	105
5.4	ESTUDOS FUTUROS	106
	REFERÊNCIAS.....	106
	APÊNDICE A – RSL Captura de Movimentos e Ergonomia.	120
	APÊNDICE B – RSL sobre a utilização do equipamento <i>Xsens</i>.	122
	APÊNDICE C – Tipos de movimentos do corpo humano	123

Introdução

1



1 INTRODUÇÃO

O capítulo primeiro objetiva contextualizar o leitor a respeito do tema do estudo, sua problemática, a justificativa e motivação e sua aderência ao PPGD (Programa de Pós-Graduação em Design) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Por fim, é apresentada a estrutura da dissertação.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

O Design Centrado no ser Humano (DCH) tem se tornado cada vez mais fundamental para os projetos de Design (KRAMER; AGOGINO; ROSCHUNI, 2016). Uma das partes importantes nesse processo está associada ao levantamento preciso de dados, em tempo e situação real, de registros quantitativos de amplitudes, movimentos, ângulos, tempos, centro de massa de diversos segmentos corporais, os quais permitem a realização de análises profundas e consistentes a respeito do ser humano e seu ambiente de trabalho (DE SOUZA PRIM; GONÇALVES; VIEIRA, 2015). Para Silva (2016, p.13) “Este olhar focado no ser humano aliado a Gestão de Design contribui para a inovação, na qual são construídos novos significados sob a forma de produtos, serviços e processos.

Nesse contexto, o papel do designer consiste em descobrir uma maneira adequada de desenvolver projetos, identificar problemas e propor soluções por meio do método do design, para assim, posteriormente expor uma nova perspectiva (BEST, 2012). Mozota (2008), explica que assim como o design, a gestão, igualmente atua na resolução dos problemas, sistemáticas e coordenações.

Consoante a esse papel, Merino et al. (2017) salientam a importância da utilização de tecnologias durante a etapa de coleta e levantamento de dados, contribuindo na verificação de dados quantificáveis e fidedignos. Ainda, os autores destacam que a finalidade da tecnologia equivale no alcance de mensurações quantitativas (físicas, biomecânicas e fisiológicas) dos sujeitos, com o intuito de identificar suas reais necessidades.

Considerando, o contexto de desenvolvimento desta pesquisa, um aspecto dos mais relevantes, é a ergonomia, que segundo Iida e Guimarães (2016) deve ser aplicada desde a parte inicial do projeto de uma máquina, sistema, ambiente, serviço ou local de trabalho, contribuindo no melhoramento da eficiência, da confiabilidade e da qualidade das operações industriais.

As pesquisas relacionadas à postura do ser humano e ergonomia estão cada vez mais presentes no processo de desenvolvimento de produtos, serviços e ambientes, objetivando atender às necessidades do usuário e, particularmente, os conceitos de segurança, usabilidade e conforto (PATRIZI; PENNESTRÌ; VALENTINI, 2016).

Nesta perspectiva, o processo de Captura dos Movimentos humanos evoluiu e se apresenta com mais recursos promovendo maior agilidade e fidelidade ao processo no todo, a exemplo dos sensores inerciais, que permitem a Captura dos Movimentos (*MoCap*) humanos sem a necessidade de utilização de uma infraestrutura¹ para o ambiente externo, possibilitando, assim, a aplicação e mensuração de dados em qualquer ambiente (WOUDA et al., 2016). Ainda os autores, descrevem que o *MoCap* apresenta como benefícios, a redução de custos no desenvolvimento de projetos, a velocidade de obtenção e precisão dos dados.

Destaca-se ainda, que a evolução dos métodos de mensuração, armazenamento e processamento de dados contribui de maneira significativa para a análise do movimento (SILVA, 2015). Assim, dentre as metodologias de Design aplicadas e estudadas, tanto no âmbito acadêmico quanto pelas organizações, como o exemplo do *Design Thinking* e o Design Centrado no Usuário, têm dado ênfase ao ser humano, tido como elemento chave para o projeto e seu desenvolvimento (CHAVES; BITTENCOURT; TARALLI, 2013). No entanto, muitos projetos falham ao desconsiderar durante etapas de design, desenvolvimento e implementação, as questões como fluxo de trabalho, mudança organizacional e interação do ser humano e seu contexto (RINKUS et al., 2004).

Diante disso, e em consideração à falta de estudos existentes na área do design, relacionados ao uso do sistema de captura de movimentos por sensores inerciais encontrados na literatura, a problemática desta pesquisa define-se em **Como o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) pode auxiliar no processo de desenvolvimento de projetos de Design Centrado no ser Humano (DCH)?**

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos desta dissertação foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, estando descritos nas seções abaixo.

¹ Ambiente planejado equipado com microcomputadores dotados de softwares para suporte durante a realização de coletas.

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar mediante um Estudo Multicasos as contribuições do uso do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*), no processo de desenvolvimento de projetos de Design Centrado no ser Humano.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Compreender os conceitos de Gestão de Design, Biomecânica, Antropometria, Ergonomia, Captura de Movimentos (MoCap), Sistema de Captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) e Design Centrado no ser Humano;
- Levantar os principais contextos e áreas de aplicação onde a captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) tem sido utilizada;
- Identificar com qual finalidade a captura de movimentos por sensores inerciais vem sendo utilizada;
- Identificar de que forma a ergonomia se faz presente nos estudos relacionados à Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*);
- Utilizar a abordagem de Design Centrado no ser Humano por meio da priorização das necessidades dos sujeitos participantes deste estudo.

1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

A motivação pessoal pelo tema de pesquisa surgiu a partir da disponibilidade e acesso ao equipamento MVN *Link Biomech* da *Xsens*, bem como da participação do pesquisador em meio às coletas e projetos com o uso do *Xsens* pelo NGD-LDU/UFSC.

Nesse contexto, Varnier e Merino (2019) relatam que a Captura de Movimentos agiliza o processo de levantamento das capacidades/limitações físicas e motoras dos seres humanos, contribuindo na aquisição de dados quantificáveis e fidedignos de forma rápida e operativa.

Desta forma, verificou-se por meio de duas Revisões Sistemáticas de Literatura (RSL) que existem apenas três estudos sobre a Captura de Movimentos na área do Design. A primeira RSL teve como finalidade identificar e investigar pesquisas existentes sobre o Sistema de Captura de Movimentos associados à Ergonomia dentro de diferentes contextos. Esse tipo de estudo proporcionou uma síntese sob uma estratégia de mediação e demanda específica, por meio de ferramentas objetivas e estruturadas, resultando em uma avaliação crítica de estudos selecionados (SAMPAIO; MANCINI, 2007). A RSL ajuda os pesquisadores a se manterem atualizados em relação à literatura, resumindo as diversas evidências e explicando as divergências existentes entre os estudos por meio de relatórios precisos dos dados obtidos (COOK; MULROW; HAYNES, 1997).

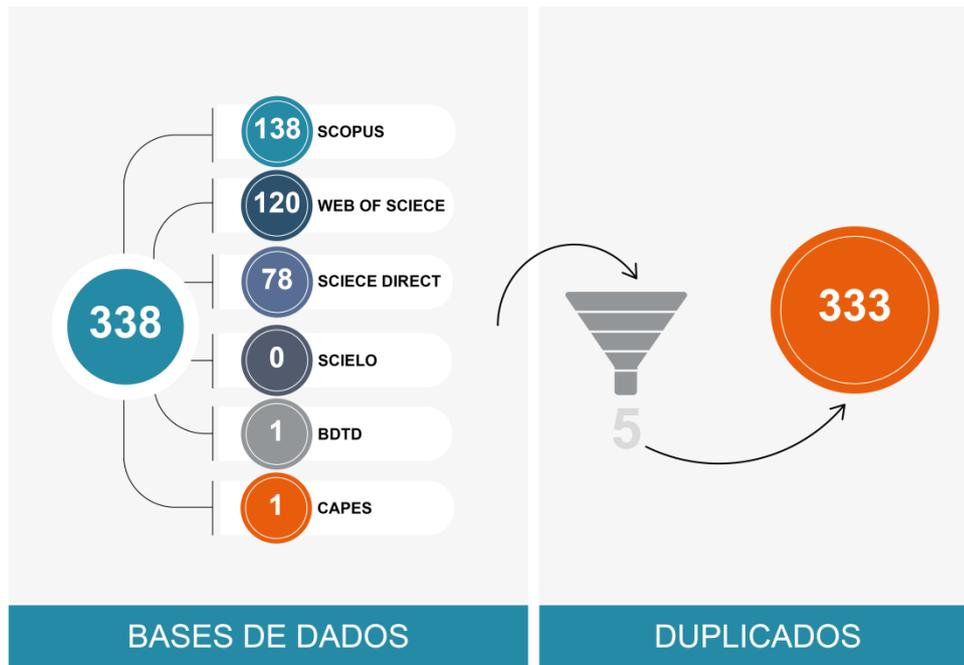
As buscas da primeira RSL aconteceram nas bases de acesso gratuito da plataforma de periódicos CAPES, *Scopus*, *Web of Science*, *Science Direct* e *Scielo*. Em seguida foram realizadas também buscas nas bases de teses e dissertações, objetivando identificar trabalhos anteriores que desenvolveram a temática. As bases de teses e dissertações nacionais escolhidas foram a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e o Catálogo de Teses e Dissertações – CAPES.

As *strings* de buscas utilizados nas bases de dados internacionais foram: ("*Motion Capture*" OR "*Motion Tracking*") AND ("*ergonomics*" OR "*Human Factors*"). Nas bases de dados nacionais, os mesmos termos foram pesquisados na língua portuguesa: ("Captura de Movimentos" OR "Rastreamento de Movimentos") AND ("ergonomia" OR "Fatores Humanos").

Em continuidade foram determinados os critérios de seleção de inclusão e exclusão dos estudos encontrados. Desta forma, os critérios de inclusão englobaram pesquisas que abordassem a captura de movimentos associada à ergonomia, artigos de periódicos acessíveis por meio do portal de periódicos CAPES, *Google Acadêmico* ou portal das editoras de forma gratuita, e trabalhos escritos nos idiomas Português e Inglês. Já os critérios de exclusão foram: estudos que não relacionassem a captura de movimentos à ergonomia, artigos de revisões, artigos que sua obtenção fosse paga e artigos apresentados em outros idiomas que não Português e Inglês.

Com isso foram encontrados 338 trabalhos resultantes da busca nas bases de dados. Os resultados são apresentados na figura 1, e com o auxílio do gerenciador de referências *Mendeley*², os arquivos encontrados nas referidas bases de dados passaram pela verificação de referências duplicadas, no total após essa verificação restaram 333 artigos (portfólio inicial).

Figura 1- Resultado da busca nas bases de dados



Fonte: Elaborado pelo autor.

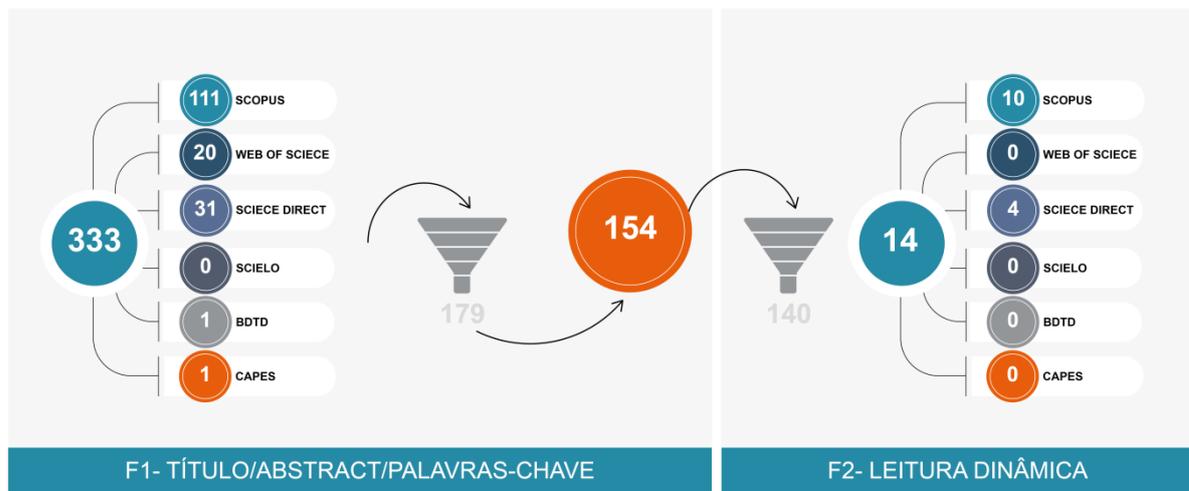
Desta forma, foi realizada a filtragem desses artigos, considerando sempre o objetivo principal dessa busca, bem como os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos na RSL. Assim, de forma simultânea foi feita a filtragem como mostra a figura 2.

No **filtro 1-** procedeu-se com a leitura dos títulos, *abstracts* e as palavras-chave obtendo um resultado de 154 artigos selecionados.

² *Mendeley* é um gerente de referência gratuita e uma rede social acadêmica que pode ajudá-lo a organizar sua pesquisa, colaborar com outras pessoas online e descobrir as pesquisas mais recentes (ELSEVIER, 2020).

No **filtro 2-** realizou-se a leitura dinâmica desses artigos e foram identificados 14 trabalhos que atendiam aos objetivos da pesquisa, assim foi feita a organização e síntese dos dados.

Figura 2 - Resultados da filtragem dos artigos selecionados na RSL.



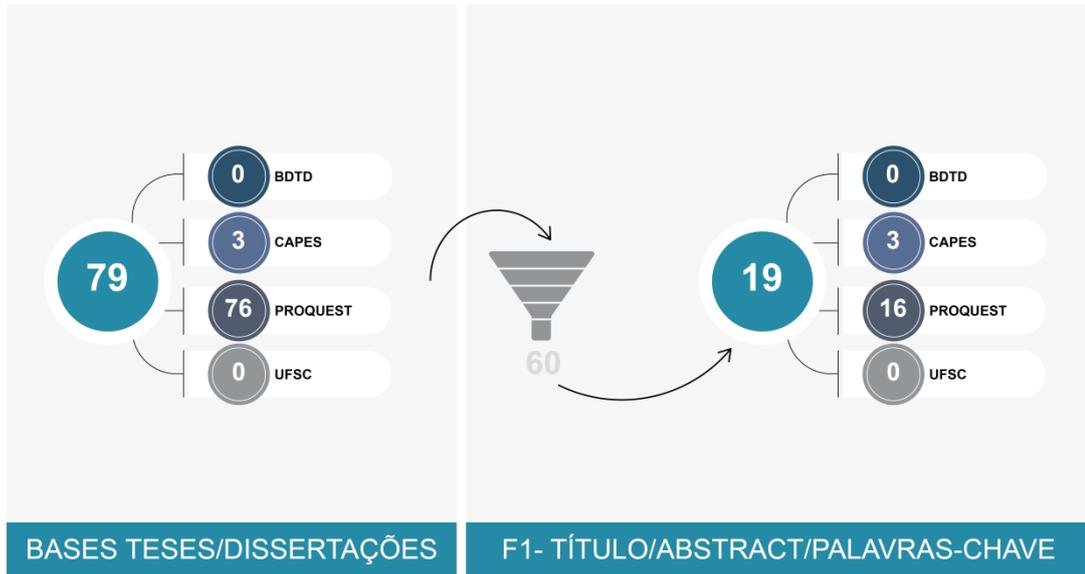
Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, obteve-se o portfólio de referências, apresentando os 14 artigos, como pode ser visto no Apêndice A.

Como forma de complementar os levantamentos e dados obtidos na primeira RSL, foi realizada uma segunda busca 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) (Figura 3), bem como nas bases de periódicos *Scopus*, *Web of Science*, *PubMed* e *Scielo* (Figura 4). Esta segunda RSL teve como finalidade a obtenção e construção do panorama geral, de onde e como a Captura de Movimentos (*Xsens*) está sendo utilizada. Para isto, foi utilizada como expressão de busca, a referente *string*: ("*xsens*" OR "*x-sens*" OR "*xsens MVN*" OR "*xsens MVN biomech*"). Foram encontrados 364 trabalhos referentes aos três últimos anos, que após a mineração e aplicação dos filtros de inclusão e exclusão (títulos, palavras-chave e abstracts),

restaram 37 trabalhos, a citar: 14 teses, 5 dissertações e 18 artigos, todos apresentados no Apêndice B.

Figura 3- Seleção de Teses e Dissertações.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 4 - Seleção de periódicos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta revisão também possibilitou a atualização do panorama mundial sobre a utilização do *Xsens*. Desta forma, o panorama a seguir contempla os trabalhos (periódicos, teses/dissertações) que relatam o uso *do Xsens*. O panorama se estende dos anos de 2006 a 2020, o mesmo está dividido em parte 1 e parte 2, onde a parte 1 (Figura 5) mostra o

quantitativo de trabalhos encontrados que utilizaram do *Xsens*, e a parte 2 (Figura 6) apresenta o quantitativo dos trabalhos distribuídos nas diferentes áreas, o que confirma a multidisciplinaridade do equipamento. Os dados foram agrupados de acordo com país de origem; quantidade de publicações; ano de publicações, as áreas do conhecimento e a finalidade/objetivo da utilização da captura de movimentos. Assim, cabe destacar que os países que mais utilizaram o *Xsens* em seus estudos são Estados Unidos (18), Canadá (12), Reino Unido (10), Brasil (10), China (9), Alemanha (4), Polônia (4), Romênia (3), Portugal (3), Bélgica (2), Eslovênia (2), Japão (2), República Tcheca (2). Destaca-se que foi identificada apenas uma publicação relacionada aos países da Itália, França, Noruega e Nova Zelândia foram encontradas apenas uma publicação.

Figura 5 - Panorama mundial do *Xsens* (parte 1)

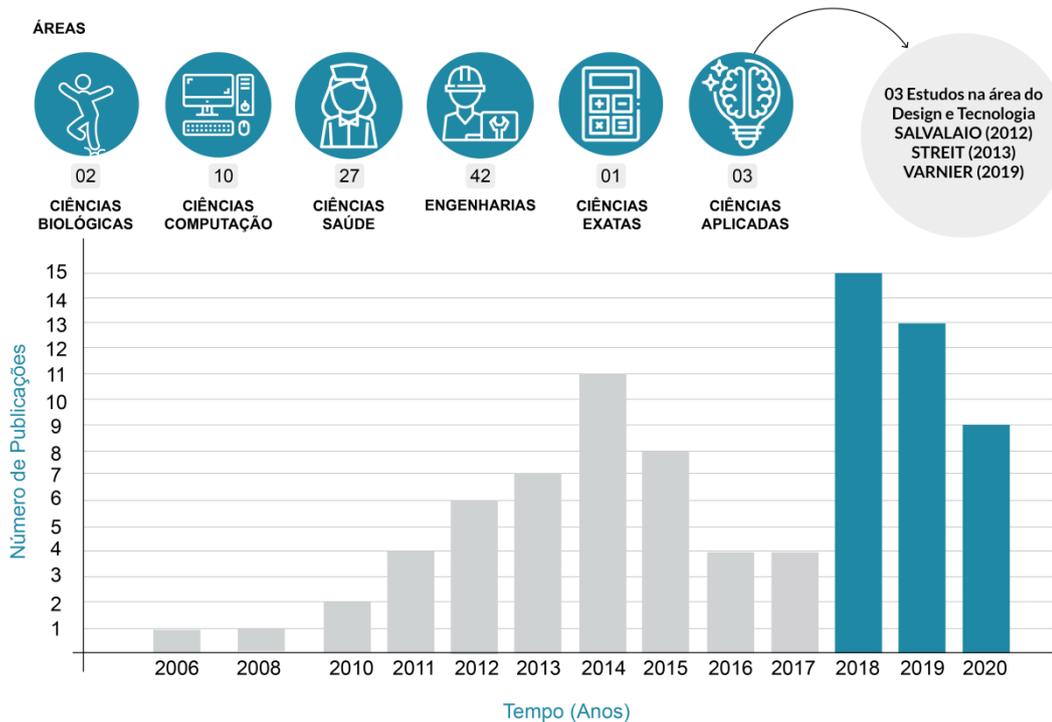


Fonte: Elaborado pelo autor.

No que se refere às áreas do conhecimento científico (Figura 6), sobressaem-se os estudos relacionados às Engenharias, sobretudo nas subáreas da Biomédica, Mecânica e Produção, bem como na área de Ciências da Saúde. A maioria destes estudos apresenta relação com a ergonomia, especificamente, na interação do ser humano e o ambiente de trabalho.

É importante ressaltar que dentre os 85 trabalhos identificados nesse período (14 anos), foram achados somente três estudos na área de Design e tecnologia, sendo estes, três dissertações brasileiras, tituladas como: (I) Contribuição ao estudo da captura do movimento aplicado ao Design em tecnologia assistiva, em que Salvalaio (2012) apresenta um suporte tecnológico ao design de produtos assistivos na área de TA, em específico no 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 33 Kinect*, neste estudo Streit (2013) apresenta um comparativo com o sistema *MVN Link Biomech* da Xsens e o tradicional registro por meio de vídeo; (III) Fatores humanos associados aos projetos de design: protocolo de coleta para a captura de movimentos, neste estudo Varnier (2019) desenvolveu um protocolo de coletas (orientações e diretrizes) para auxiliar no processo de levantamento de dados objetivos com os usuários, considerando a biomecânica e cinemática resultantes da captura de movimentos por sensores inerciais (equipamento *MVN Link Biomech* da Xsens).

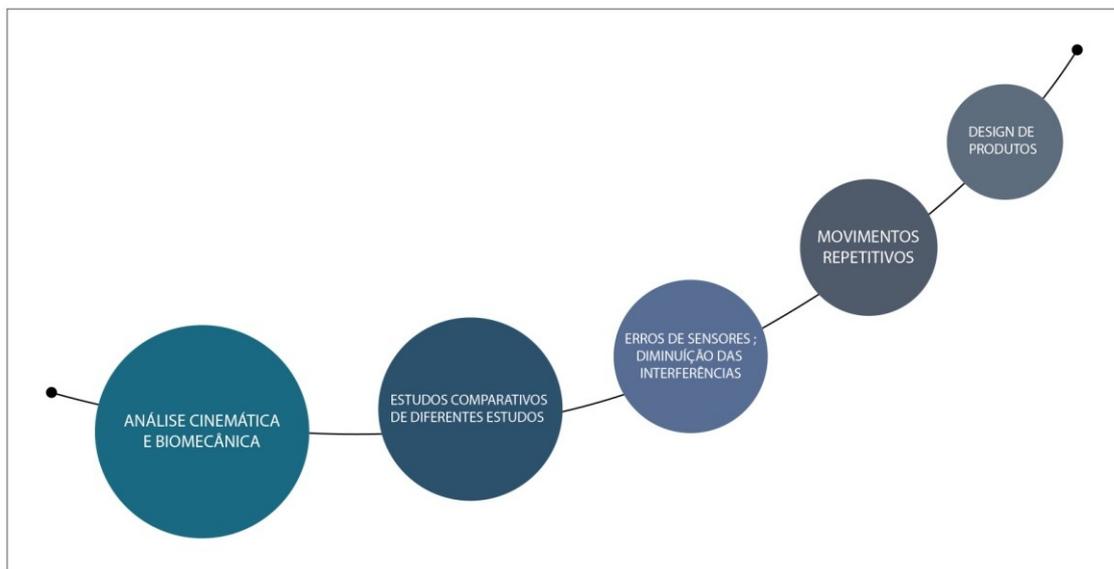
Figura 6 - Panorama mundial do Xsens (parte 2)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos assuntos abordados (Figura 7), os estudos associados à cinemática e biomecânica em análises aos ângulos e velocidade dos movimentos humanos, principalmente nas articulações do tronco, ombro, cotovelo, coluna (segmentos L5 e S1), punho e o quadril foram os mais recorrentes. Além disso, foram encontrados estudos que realizaram comparações entre os diferentes tipos de sistemas de captura de movimentos, bem como detecção e apoio na correção de erros de sensores, redução de interferências e estudos referentes aos problemas e riscos causados pelos movimentos repetitivos.

Figura 7 - Utilização do *Xsens* nos estudos encontrados na RSL.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.4 ADERÊNCIA AO PPGD

Este estudo apresenta aderência ao Programa de Pós-Graduação em Design (PPGD) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) pela natureza e identidade temática do processo de pesquisa que se concentra em temas presentes na área de concentração do POSDESIGN/UFSC, com especial inserção na linha de Gestão de Design com ênfase em tecnologia. Esta linha de pesquisa engloba estudos com base na Gestão de Design, aplicada a organizações de base tecnológica e social, incluindo setores de alto incremento tecnológico, considerando os aspectos tanto operacionais quanto táticos e estratégicos, igualmente sua relação como desempenho dos processos e a performance nas organizações. No que tange a

ênfase em tecnologia, deve-se abordar técnicas de prototipagem simulação e experimentação nos métodos, processos e serviços (POSDESIGN, 2021).

Consoante a isso, como forma de corroborar o alinhamento desta pesquisa com o PPGD e linha de Gestão e Tecnologia, destaca-se o estudo realizado por Varnier (2019) intitulado de FATORES HUMANOS ASSOCIADOS AOS PROJETOS DE DESIGN: Protocolo de coleta de dados para a captura de movimentos. O estudo visou contribuir para o processo de levantamento de dados objetivos (capacidades e limitações dos usuários) no desenvolvimento de projetos, bem como na utilização do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais na obtenção de dados quantificáveis.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Considerando o contexto que abrange os temas Gestão de Design e Tecnologia, esta pesquisa delimita-se a princípio pelo seu tema. Assim, apresenta como temas centrais a Gestão de Design (gestão do desenvolvimento projetual de Design), a Tecnologia (*Xsens*) utilizando-se dos sistemas inerciais de captura de movimentos como auxílio no processo de desenvolvimento de projetos no campo do Design Centrado no Ser Humano e a ergonomia/fatores humanos³.

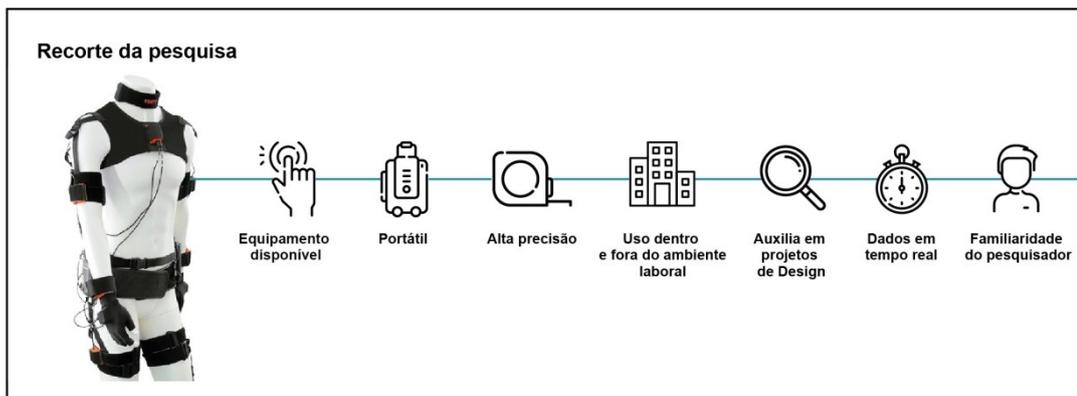
Em relação à delimitação geográfica, a presente pesquisa foi realizada em três setores diferentes localizados no estado de Santa Catarina, sendo estes: (1) Agricultura (banicultura) - Cooper Rio Novo, (2) Ensino Superior (Automotivo) - Equipe UFSC Baja SAE e (3) Serviços - Empresa de Entrega de Encomendas, devido ao vínculo existente entre estes com o NGD/LDU e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

No que corresponde a delimitação temporal a aplicação e análise deste estudo aconteceu no ano de 2019, no entanto será considerada também a coleta (1) realizada no setor da agricultura, especificamente da banicultura no ano de 2016, desenvolvida pelo Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU).

³ Ergonomia (ou 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 a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema” (ABERGO, 2020, p.1). Ressalta-se que para este estudo será utilizado o termo Ergonomia.

Cabe ressaltar que esta pesquisa apresenta um recorte referente ao Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*). O recorte se deu por conveniência e disponibilidade do equipamento (equipamento utilizado pelo NGD-LDU), portátil (de fácil transporte), por ser um equipamento de alta precisão (dados quantificáveis e fidedignos), possibilidade de uso dentro e fora do ambiente laboral (não é necessário montar uma estrutura), obtenção de dados em tempo real (possibilidade de visualização em tempo e situação real), com aplicabilidade em estudos de design (avaliações ergonômicas, desenvolvimento de produtos, etc.) e a familiaridade do pesquisador com o equipamento (experiências práticas) como apresentado na síntese visual na Figura 8.

Figura 8 - Critérios de escolha do equipamento Xsens.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse equipamento se destaca por sua portabilidade, sendo considerado adequado para a gravação e estudo do movimento do ser humano em pesquisas in loco, permitindo maior flexibilidade nas aferições de dados do projeto. Consoante a isso, são apresentados em ordem cronológica (linha do tempo), as coletas realizadas com o sistema de captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*), desde a sua aquisição 2013 até os anos atuais (Figura 9) em estudos desenvolvidos pelo NGD-LDU da Universidade Federal de Santa Catarina.

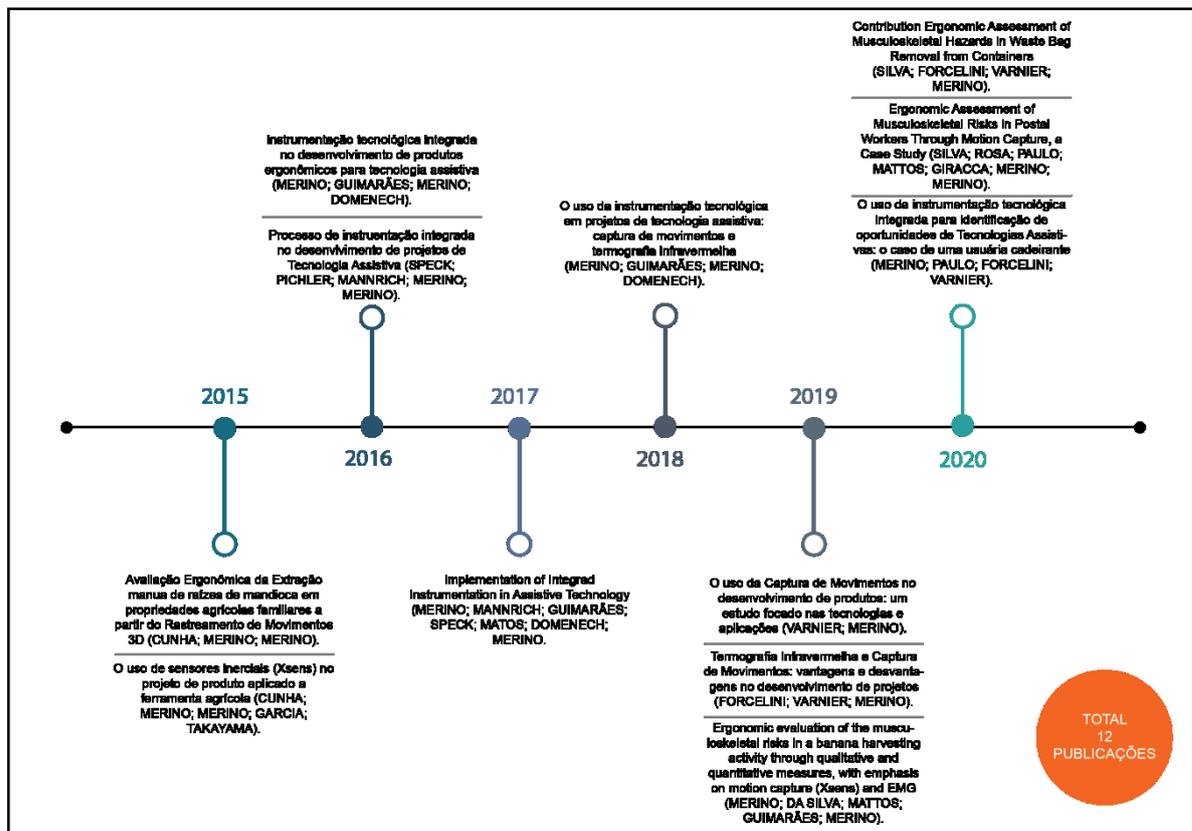
Figura 9 - Linha do tempo das coletas realizadas com o *Xsens* pelo NGD-LDU.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no acervo do NGD-LDU.

Como apresentado na figura 9, o acervo do NGD-LDU possui um registro de trinta coletas realizadas com o *Xsens*, num período de tempo de oito anos (2013 a 2020). Em destaque estão os três estudos escolhidos para esta pesquisa, que foram selecionados por meio dos seguintes critérios: equipamento disponível, estudos realizados pelo NGD-LDU em situações reais, localização, facilidade de contato e setores. Em complementação a essa linha do tempo, foi feito também um levantamento das publicações relacionadas às coletas desenvolvidas pelo NGD-LDU, bem como seus respectivos autores. A síntese visual dessas publicações e autores será apresentada a seguir na figura 10, em ordem cronológica.

Figura 10 - Publicações das coletas com o uso do Xsens pelo NGD-LDU.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no acervo do NGD-LDU.

Considerando que o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) pode auxiliar no desenvolvimento de projetos de diferentes áreas, por exemplo, o design. A utilização deste, permite a identificação de problemas relacionados às atividades humanas, bem como, a prevenção de problemas de saúde futuros. Além disso, possibilita a prescrição de recomendações corretivas sobre as condições do ser humano no posto de trabalho (FORCELINI; VARNIER; MERINO, 2019).

1.6 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

No que se refere aos objetivos, a pesquisa caracteriza-se em uma etapa exploratória (Fases: 1 e 2) e uma etapa descritiva (Fases 3 e 4). Na etapa exploratória, a pesquisa objetiva promover maior familiaridade com o problema do estudo, evidenciando-o ou gerando ideias relacionadas ao mesmo. Geralmente, engloba a etapa de levantamento bibliográfico referente

aos temas centrais da pesquisa. Na etapa descritiva, a pesquisa apresenta uma descrição referente às características de uma determinada população envolvendo o uso de ferramentas padronizadas de coleta de dados. Em geral, assume a forma de levantamento (PRODANOV; FREITAS, 2013; GIL, 2008; SILVA; MENEZES, 2005).

Acerca de sua natureza, a pesquisa classifica-se como aplicada, em razão de que "objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais" (SILVA; MENEZES, 2005).

Quanto à abordagem, a pesquisa é qualitativa. Nesse tipo de pesquisa é considerada a relação existente entre o ambiente real e o sujeito, ou seja, a ligação entre o mundo objetivo e subjetivo do sujeito, não necessitando de métodos, nem técnicas estatísticas (PRODANOV; FREITAS, 2013). No que corresponde aos procedimentos técnicos, esta pesquisa foi delineada como bibliográfica. De acordo com Gil (2008), "a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos".

Quanto aos procedimentos técnicos essa pesquisa foi dividida em quatro fases: Fundamentação Teórica (Fase1), Preparação do pesquisador (Fase2), Estudo Multicasos (Fase 3) e Proposta de aplicação conceitual (Fase 4).

Por fim, expõe-se uma síntese visual da caracterização geral e divisão das fases e etapas desta pesquisa, presente no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1- Caracterização, fases e etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação é composta por cinco capítulos, os quais abordam:

- **Capítulo 1 - Introdução:** engloba a contextualização, problemática, pergunta de pesquisa, objetivos (geral e específico), justificativa e motivação do tema, delimitação, caracterização geral da pesquisa e estrutura da dissertação. Este capítulo aponta também a aderência ao Programa de Pós-graduação em Design da UFSC e a sua respectiva linha de pesquisa, definida como Gestão de Design com ênfase em Tecnologia.
- **Capítulo 2 - Fundamentação Teórica:** discute os temas base que fundamentam o estudo. Para tal, os assuntos discutidos se apresentam sob cinco principais aborgadens Gestão de Design, Captura de Movimentos, Tecnologia, Ergonomia e Design Centrado no Ser Humano, e por fim é apresentada uma síntese da fundamentação.

- **Capítulo 3 - Procedimentos Metodológicos:** apresenta a linha do tempo percorrida durante o mestrado e os procedimentos técnicos adotados (fases e etapas) seguidos durante a pesquisa.
- **Capítulo 4 - Análises e Conclusões dos casos:** apresenta a preparação do pesquisador, os casos, suas discussões e contribuições e a proposta de aplicação conceitual.
- **Capítulo 5 - Conclusões:** são apresentadas as conclusões da dissertação em geral, bem como, as contribuições desta pesquisa, suas limitações, as percepções do pesquisador e os futuros estudos.

Ao final deste documento são apresentadas as referências utilizadas, assim como os Apêndices mencionados no decorrer do texto complementando as informações apresentadas.

Fundamentação Teórica

2



2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta e discute os temas de pesquisa, a saber: **Gestão de Design**, tema associado à orientação e gerenciamento dos processos de projetos mediante integração implícita dos sistemas e métodos existentes, considerando as pessoas em suas necessidades, os projetos, assim como processos e procedimentos projetuais; **tecnologia**, abordada como estratégia relacionada à inovação e ao favorecimento da melhoria de vida das pessoas; **Ergonomia**, utilizando-se das características humanas, com ênfase na adaptação do trabalho ao homem, bem como, da Biomecânica como preceito para o entendimento do movimento humano atendendo a Cinética e Cinemática com auxílio do **Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (Xsens)** para obtenção de dados precisos e fidedignos por meio do uso do **Software MVN Studio PRO**, com base nos princípios do **Design Centrado no ser Humano**.

2.1 GESTÃO DE DESIGN

“A Gestão de Design teve sua origem na Grã-Bretanha na década de 1960. Na época o termo referenciava-se ao gerenciamento das relações entre uma agência de design e seus clientes (MOZOTA, 2003, p.68)”.

[...] uma das palavras da moda é gestão, gestão de recursos humanos, gestão da qualidade, gestão do ensino, diversas gestões. Obviamente que, o design está incluso nesse movimento, que mais que moda, é uma tendência que vem sendo impulsionada, pela globalização, pela tecnologia, pelo alto consumo, pelas empresas e principalmente pela busca dos seres humanos, por meios de soluções para seus problemas (MERINO, 2002, p.18).

Best (2012, p.8) trata a Gestão de Design como "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".

De acordo com o *Design Management Institute* (DMI) “em um nível mais profundo, a gestão de design busca vincular design, inovação, tecnologia, gestão e clientes para fornecer vantagem competitiva em toda a linha de base tripla: fatores econômicos, sociais / culturais e ambientais”.

Best (2012) aborda que para a construção de novos processos, produtos e serviços, o design se utiliza de uma abordagem centrada no usuário, contrapondo o foco tradicional presente nas hierarquias internas ou capacidades essenciais da organização; além disso, em qualquer que seja o contexto, seja ele de produto, serviço ou organizacional, desenvolve sempre soluções considerando as pessoas. A autora ainda expõe que gerenciar o modo como o design se enquadra aos objetivos organizacionais, estratégicos e operacionais, é um dos deveres do gestor.

Para Mozota (2011, p.95) a GD envolve “gerenciar a integração do design na estrutura corporativa em nível operacional (o projeto), em nível organizacional (o departamento) e em nível estratégico (a missão)”. Deste modo, cabe destacar que a GD responde a três níveis hierárquicos, são eles: nível estratégico (políticas e missão), nível tático (sistemas e processos) e nível operacional (tangíveis e físicos), atuantes de maneira holística dentro dos contextos internos e externos do projeto (BEST, 2006).

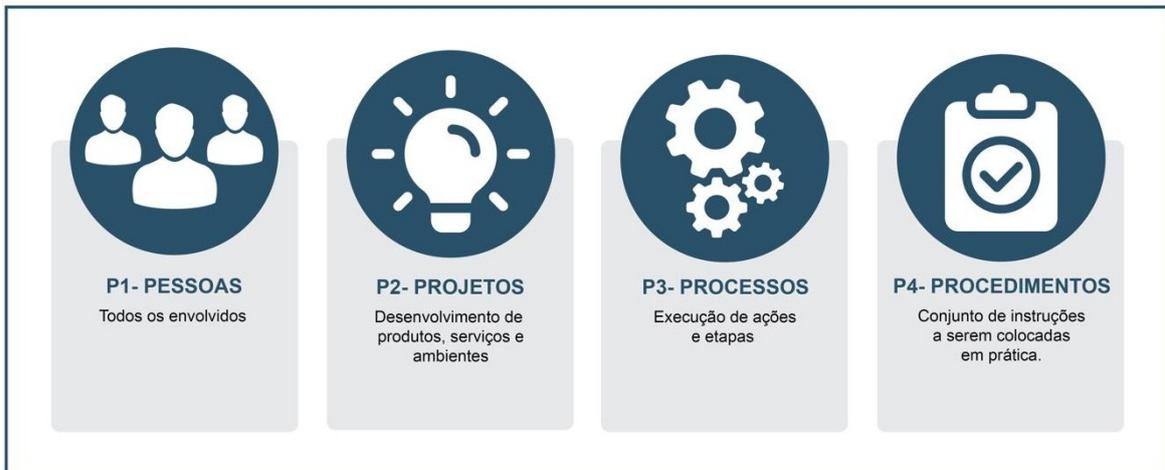
O nível estratégico, os fatores estão ligados diretamente ao ambiente organizacional associados às estratégias e ações internas, promovendo a integração do design aos padrões, controle, responsabilidade, gerenciamento e avaliação dos investimentos. E assim, evidenciando seu impacto e suas contribuições dentro da organização (MARTINS; MERINO, 2011; BEST, 2006). No que se refere ao nível tático, é responsável pelo fornecimento dos recursos para o design e gerenciamento das equipes durante os processos e serviços. O mesmo contribui para a determinação das funções da equipe dentro da organização (MARTINS; MERINO, 2011; BEST, 2006).

Por fim, o nível operacional engloba as propostas de projetos e/ou processos, manifestando-se por meio de produtos e experiências reais e tangíveis, implementando soluções e avaliando os referentes projetos (MARTINS; MERINO, 2011; BEST, 2006). Assim, como os níveis apresentados, existem outros fatores que devem ser considerados durante o gerenciamento e desenvolvimento de projetos, a exemplo dos "4 P's", que serão apresentados a seguir.

2.1.1 Os "4 P's" da Gestão de Design

Best (2012) menciona quatro respectivos P's (Figura 11) que de forma holística compõem a Gestão de Design. Estes são apresentados a seguir.

Figura 11 - Os quatro P's da Gestão de Design.



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

- **P1- Pessoas:** são todos os envolvidos de uma empresa ou instituição, sejam eles clientes, usuários, fornecedores, profissionais de diferentes áreas, dentre outros. Onde a gestão atua no gerenciamento das relações existentes entre esses indivíduos (BEST, 2012; MERINO, 2019).
- **P2- Projetos:** desenvolvimento de produtos, serviços ou ambientes. A gestão atua desde a fase inicial, de identificação da oportunidade, se faz presente também em todo o desenvolvimento, até a fase final de realização do projeto, atuando na melhoria dos processos do projeto (BEST, 2012; PICHLER, 2019)
- **P3- Processos:** execução de ações e etapas, que visam atingir um determinado resultado. Seria o como vou trabalhar? Quais passos darei e como farei para realizar tal projeto? Neste caso a gestão engloba a parte de organização e direcionamento desses processos de forma cronológica (BEST, 2012).
- **P4- Procedimentos:** considerados como um conjunto de instruções a serem colocadas em prática mediante uma tarefa ou atividade (BEST, 2012). Desta forma, compreende-se que a GD atua na definição, seleção e verificação dos procedimentos, contribuindo para o processo de padronização destes.

Assim, uma das contribuições da Gestão de Design, está em definir como relacionar todas essas pessoas, projetos, processos e procedimentos (4 P's) dentro de uma configuração interdisciplinar e colaborativa em meio a um contexto (empresarial, social, político e ambiental), para proporcionar uma experiência satisfatória, viável e prazerosa (BEST, 2012).

2.2 TECNOLOGIA

De acordo com Betz, et al. (2001) a tecnologia precisa ser gerenciada, criando estratégias e planejamentos tecnológicos, contribuindo para a pesquisa, o desenvolvimento e inovação, por meio de produtos, processos e serviços benéficos à melhoria de vida das pessoas.

Neste contexto, Lorenzetti, et al. (2002), apresentam a tecnologia como uma forma de desdobramento de produtos/objetos materiais (como produtos para satisfazer determinadas necessidades) e em objetos imateriais (processos de trabalho, conhecimentos adquiridos para a geração e desenvolvimento de produtos e inclusive para a organização das ações humanas nos processos produtivos), incluindo as tecnologias de relações de trabalho.

De acordo com Marras et al. (2010) a tecnologia possibilita localizar dados de forma constante sem interferência na rotina de um trabalhador, permitindo a obtenção de dados confiáveis. Um agente transformador do cenário competitivo é a constante evolução tecnológica que, devido os seus atributos e sua grande disseminação atingiu de forma significativa as atividades humanas, aumentando o nível de incertezas e contingências (TEÓFILO; DE FREITAS, 2007).

Cabe ressaltar que, a utilização de tecnologias computacionais em projetos de ambientes produtivos, diminui o tempo do procedimento do projeto e assim o custo relacionado ao mesmo. Outra vantagem é a possibilidade de redução de erros, isto acontece, pois, um dos principais benefícios da utilização de equipamentos computacionais é a heterogeneidade de fatores (informações, em um alto nível de detalhe) que os mesmos consideram (BRAATZ, et al., 2007).

Para Ferreira e Pena (2020, p.3) “[...] a tecnologia tem sido utilizada largamente nos mecanismos estratégicos, táticos e operacionais, visando reduzir o impacto global da crise”. Diante disso, verifica-se que, quanto mais a tecnologia evolui, maiores são as oportunidades para a ergonomia.

Desta forma, além dos produtos ergonômicos tradicionais (cadeiras, mesas, apoiadores de pés e braços, dentre outros) que podem afetar a saúde do trabalhador, a inserção de tecnologias nos estudos ergonômicos pode possibilitar que os trabalhadores reduzam as exigências físicas durante a realização de suas atividades, conseqüentemente, obtenham melhorias nas condições de trabalho (PROLABOBE, 2020).

Nesse sentido, no próximo tópico serão apresentadas informações referentes à ergonomia, tais como, definição, objetivos, domínios, utilização e suas contribuições.

2.3 ERGONOMIA

De acordo com a *International Ergonomics Association* (IEA) a Ergonomia é definida como:

Ergonomia (ou Fatores Humanos) é a disciplina científica que trata da compreensão das interações entre os seres humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos, a projetos que visam otimizar o bem-estar humano e a performance global dos sistemas. (IEA, 2020, p. 1)

Nesse contexto, a Ergonomia apresenta-se sob dois objetivos: (1) gerar conhecimentos sobre as condições de trabalho e a interação com o trabalhador; (2) apresentar conhecimentos, técnicas, instrumentos e princípios capazes de orientar no processo de transformação das condições de trabalho, concebendo melhorias nas condições relacionadas ao trabalhador e posto de trabalho. A geração do conhecimento e a racionalização da ação estabelecem, assim, o eixo central da pesquisa ergonômica (ABRAHÃO; PINHO, 2002).

Existem três domínios de especialização da Ergonomia: **Ergonomia Física**, **Ergonomia Cognitiva** e **Ergonomia Organizacional**, segundo a *International Ergonomics Association* (IEA, 2020) e corroborada pela Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO, 2020) figura 12.

Figura 12 - Domínios de Especialização da Ergonomia.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em IEA (2020) e ABERGO (2020).

Isto posto, a **Ergonomia Física** está relacionada com as características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica em relação com as atividades físicas realizadas. Onde são considerados alguns pontos importantes, como o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios musculoesqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e saúde.

No que se refere à **Ergonomia Cognitiva**, a mesma envolve os processos mentais (percepção, memória, raciocínio e resposta motora) e o comportamento e interação do ser humano com outro sistema. Incluindo principalmente, o estudo da carga mental de trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem computador, estresse e treinamento durante o desenvolvimento de projetos.

Quanto a **Ergonomia Organizacional**, trata da otimização dos sistemas sociotécnicos, abrangendo a sustentação organizacional, políticas e os processos executados, tais como as comunicações, gerenciamento de recursos, projeto de trabalho e trabalho em grupo, organizações em rede, entre outros. As informações apresentadas anteriormente foram extraídas com base no site da (ABERGO, 2020).

A ergonomia é capaz de proporcionar vários subsídios para melhorias das condições de trabalho, podendo variar de acordo com a etapa em que estes ocorrem. Em determinadas situações são bastante abrangentes, englobando a participação dos diferentes níveis administrativos e os demais profissionais (IIDA; GUIMARÃES, 2016).

De Oliveira e Ferreira (2017) relatam que a utilização da ergonomia no ambiente de trabalho é essencial, pois permite a concepção de um ambiente seguro, propício e confortável ao trabalhador. Para Freire, Soares e Torres (2017) os aspectos ergonômicos interferem diretamente no desempenho do trabalho.

Desta forma, é importante a contribuição da ergonomia, de acordo com a ocasião em que foi feita, podendo ser classificada em **concepção, correção, conscientização e participação** (WISNER, 1972; IIDA; GUIMARÃES, 2016).

- **Ergonomia de Concepção** - acontece quando a contribuição ergonômica é realizada durante o projeto de produto, da máquina, ambiente ou sistema. Considerada como a

melhor situação, uma vez que, as alternativas podem ser claramente analisadas, no entanto, exige um maior conhecimento e experiência, porque as escolhas feitas são baseadas em hipóteses.

- **Ergonomia de Correção** - dá-se a aplicação em situações reais, como resoluções de problemas correspondentes a segurança, fadiga excessiva, doenças do trabalhador ou quantidade e qualidade da produção. Uma facilidade desta é que já se têm identificados os problemas a serem solucionados.
- **Ergonomia de Conscientização** - busca capacitar os trabalhadores para a identificação e correção dos problemas do dia-a-dia ou aqueles eventuais. A conscientização acontece por meio de cursos de treinamentos, ensinando o trabalhador a atuar com segurança, reconhecendo os fatores de risco que podem surgir no ambiente de trabalho.
- **Ergonomia de Participação** - envolve o trabalhador na busca por solução para os problemas ergonômicos. Esta se baseia no princípio de que o trabalhador possui um conhecimento prático sendo envolvidos de maneira mais ativa na solução de um dado problema

Paschoarelli e Menezes (2009) expõem que é importante a aplicação da ergonomia no design de produtos e sistemas, uma vez que esta contribui no desenvolvimento de tecnologias para a melhoria da qualidade de vida humana. A ergonomia atua de forma interdisciplinar por excelência, é um dos setores de atuação fundamental da realidade presente no mundo do trabalho (BARROS et al., 2014).

Segundo Añez (2000) umas das características da ergonomia é a sua interdisciplinaridade, uma vez que diversas áreas, a exemplos da antropometria e biomecânica permitem analisar as condições de trabalho enfrentadas pelo ser humano, estas são apresentadas nos próximos tópicos.

2.3.1 Biomecânica

O movimento humano vem sendo estudado e com isso, diferenciados métodos de registros foram e estão sendo criados, para identificar e analisar as estruturas e comportamentos das funções físicas durante a execução de tarefas (FARIA, 2018).

Desta forma, analisar o movimento humano se tornou mais ágil, devido à disponibilidade de diversos sistemas de captura de movimentos. O rastreamento por meio de sensores inerciais, por exemplo, trouxe a possibilidade de capturar o movimento humano sem a necessidade de ter uma infraestrutura⁴, facilitando, portanto, mensurações em qualquer ambiente (WOUDA et al., 2016).

O corpo humano pode ser considerado como um conjunto de segmentos organizados em equilíbrio estático ou dinâmico, onde o movimento é provocado por forças internas que atuam fora do eixo das articulações, acarretando em deslocamentos angulares dos segmentos e por forças externas ao corpo. Assim, oportunizando o surgimento da ciência responsável por descrever, analisar e modelar os sistemas biológicos, a Biomecânica (AMADIO et al., 1999).

Desta forma, a Biomecânica é compreendida como uma ciência multidisciplinar que estuda o movimento humano por meio da Cinemática (descrição do movimento), Cinética (causa do movimento e análise de forças). Neste contexto, a Biomecânica permite analisar, resolver e/ou avaliar os problemas que, devido a alguma limitação (física, mental ou sensorial) são refletidas nas condições mecânicas dos seres humanos (VITAL et al., 2015; HALL, 2009; OZKAIA et al., 2017; REMESAL; PUENTE, 2003). Deste modo, um sistema fundamental para a Biomecânica é a captura de movimentos, utilizada na descrição e análise dos membros do corpo humano (FARIA, 2018).

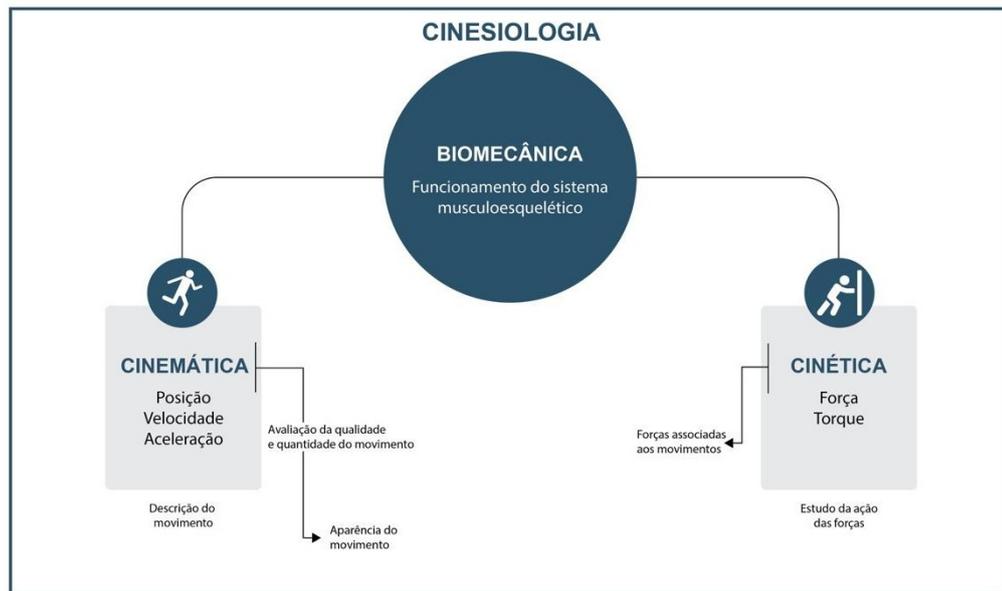
A “biomecânica trata do funcionamento do sistema musculoesquelético dos seres humanos e de todos os animais que possuem um esqueleto” (KAPANDJI, 2013, p. 3) Para Hall (2009), a Biomecânica se utiliza dos fundamentos da mecânica no estudo dos aspectos anátomo-funcionais, aplicando seus princípios na resolução dos problemas associados à estrutura e função dos organismos vivos. Ainda a autora, explica que o termo, biomecânica surgiu da combinação do prefixo bio (vida), com o campo da mecânica (estudo das forças).

Quanto à mecânica, existem duas principais subdivisões: a estática e a dinâmica. A estática é o estudo que trata dos sistemas que se encontram em repouso (sem movimento), ou em uma velocidade constante. Enquanto que a dinâmica trata dos sistemas dependentes da

⁴ Ambiente planejado equipado com microcomputadores dotados de softwares para suporte durante a realização de coletas.

aceleração (HALL, 2009). Desta forma, uma análise biomecânica pode considerar duas respectivas concepções: cinemática e cinética (Figura 13).

Figura 13 - Análise do movimento humano.

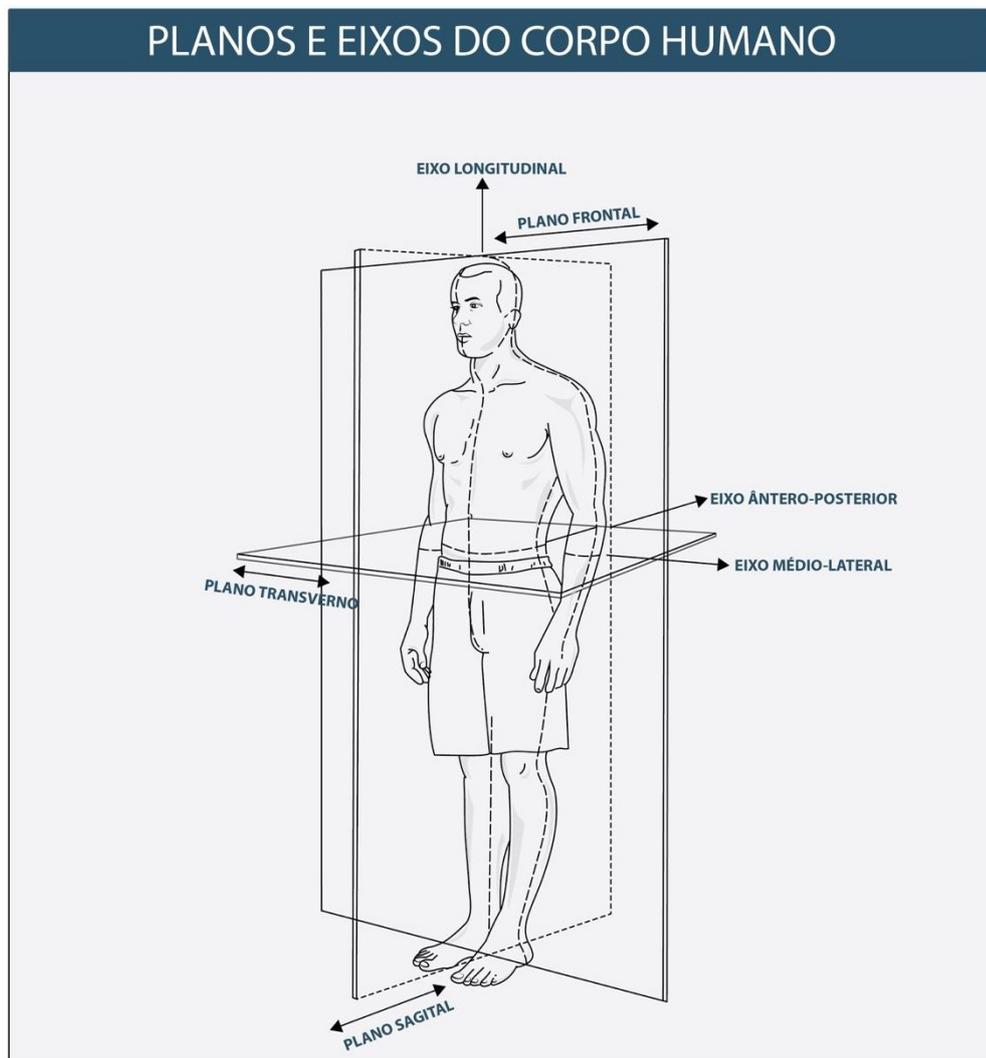


Fonte: Elaborado pelo autor com base em Hamill; Knutzen (2012) e Hall (2009).

De acordo com a Figura 13, percebe-se que a cinemática é o estudo da descrição do movimento, que envolve o padrão e velocidade da sequência de movimentos realizados pelos segmentos corporais, que geralmente expõem o grau de coordenação do indivíduo. Além disso, considera as características do movimento sob uma perspectiva espacial e temporal, englobando a posição, velocidade e aceleração de um objeto, sem levar em conta as forças causadoras do movimento, visto que, envolve a descrição do movimento na determinação da velocidade com que o objeto se move, qual a altura que atinge ou a que distância se desloca (HAMILL; KNUTZEN, 2012).

Para a descrição dos movimentos humanos é utilizado um método universal, baseado num sistema de planos e eixos. Um plano é uma superfície bidimensional plana, que pode ser conceituado como uma superfície plana imaginária (HAMILL; KNUTZEN, 2012). Deste modo, consideram-se planos cardinais, os três planos de referência perpendiculares e imaginários que dividem o corpo em duas metades de mesma massa (HALL, 2009), como mostra a figura 14.

Figura 14 - Planos e eixos do corpo humano.



Fonte: Adaptado de Hall (2009, p.35)

Consoante a isso, Hall (2009) expõe que o **plano sagital** ou plano anteroposterior (AP), divide o corpo na vertical em duas partes (direita e esquerda); o **plano frontal** ou plano coronal divide o corpo na vertical nas partes anterior e posterior, enquanto o **plano transverso** ou horizontal segmenta o corpo nas partes superior e inferior. Desta forma, quando se observa o movimento do corpo humano, deve-se aplicar o conhecimento relacionado aos eixos. Estes conhecidos como linhas imaginárias que ultrapassam os planos do corpo em sentido perpendicular.

- **Eixo médio-lateral:** estende-se da direita para esquerda ou vice-versa de forma perpendicular ao plano sagital, é responsável por possibilitar os movimentos de Flexão⁵ e Extensão⁶;
- **Eixo Antero-posterior:** estende-se sentidos anterior para posterior, perpendicularmente ao plano frontal, possibilitando os movimentos de Abdução⁷ e Adução⁸.
- **Eixo longitudinal:** avança de cima para baixo ou vice-versa em sentido perpendicular ao plano transverso. Esse eixo possibilita os movimentos de rotação medial⁹ e rotação lateral¹⁰. A Tabela 1 apresenta a divisão referente à execução dos movimentos do corpo humano. Consoante a isso, no Apêndice C podem ser observados os principais movimentos realizados pelo ser humano.

Tabela 1 - Divisão dos movimentos do corpo humano.

PLANOS	EIXOS	MOVIMENTOS	ARTICULAÇÕES
Sagital	medio-lateral	Flexão, Extensão e Hiperextensão; Dorsiflexão e Flexão Plantar.	cabeça, tronco, braços, antebraços, mãos, coxas, pernas e pés.
Frontal	Antero-posterior	Abdução, Adução, Elevação e Depressão, Inversão e Eversão, Desvio Radial e Ulnar.	escápulas, braços, coxas, dedos dos pés, mãos, dedos das mãos, tronco e pés.
Transverso	Longitudinal	Rotação Lateral e Medial, Pronação e Supinação.	cabeça, tronco, pernas, braços, coxas, antebraços.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Hamill, Knutzen e Derrick (2016).

Hamill, Knutzen e Derrick (2016) destacam que durante a análise dos movimentos humanos é importante identificar a denominação dos segmentos e utilizá-los de forma

⁵ “É um movimento de curvatura em que se diminui o ângulo relativo da articulação entre dois segmentos adjacentes” (HAMILL; KNUTZEN, 2012).

⁶ “É definida como o movimento que retorna um segmento corporal à posição anatômica a partir de uma flexão” (HALL, 2016, p.53).

⁷ “É um movimento de afastamento da linha mediana do corpo ou segmento” (HAMILL; KNUTZEN, 2012, p.13)

⁸ “É o movimento de retorno do segmento na direção da linha mediana do corpo ou segmento” (HAMILL; KNUTZEN, 2012, p.13)

⁹ Rotação Medial ou interna refere-se ao movimento de um segmento com relação a um eixo vertical que o atravessa, de modo que a superfície anterior do segmento movimenta-se na direção da linha mediana do corpo, enquanto a superfície posterior se movimenta afastando-se da linha mediana (HAMILL; KNUTZEN, 2012).

¹⁰ Rotação Lateral ou externa é o movimento oposto, em que a superfície anterior se movimenta na direção da linha mediana (HAMILL; KNUTZEN, 2012).

coerente, bem como a compreensão sobre os planos e eixos, onde ocorre determinado movimento. Neste contexto, predomina-se a busca por medições cada vez mais precisas e confiáveis para a utilização em projetos, tendo a antropometria como a ciência que lida com isto. Assim, a mesma será apresentada a seguir.

2.3.2 Antropometria

De acordo com Añez (2000), a Antropometria é considerada como a ciência que estuda as dimensões físicas do corpo humano, e que possui uma relevância especial, uma vez que, com o surgimento dos sistemas complexos de trabalho, tornou-se de suma importância, obter o conhecimento a respeito das medidas físicas do ser humano com exatidão.

Nesse sentido, Iida e Guimarães (2016) apresentam três tipos de medidas antropométricas, que devem ser consideradas de acordo com o objetivo a ser alcançado, são estas:

- **Antropometria estática (tomadas para medidas com o corpo parado):** nesta as medições são realizadas nos segmentos corporais, entre pontos anatômicos identificados com o corpo parado (esse tipo foi utilizado neste estudo). Recomenda-se o uso dessas medidas no dimensionamento de produtos e postos de trabalho, onde acontecem pequenos movimentos corporais.
- **Antropometria dinâmica (para medidas de alcance):** nesta as medidas são realizadas entre pontos anatômicos com o sujeito executando algum movimento. Esses movimentos são medidos de forma separada, mantendo-se o restante do corpo estático. Os dados complementam a antropometria estática, contribuindo para o desenvolvimento de projetos mais precisos.
- **Antropometria funcional (para medidas que impactam na execução de tarefas):** esta é aplicada quando existe a combinação de diversos movimentos corporais ao mesmo tempo para execução de uma determinada tarefa. Os movimentos interagem entre si, gerando a modificação dos alcances, referentes aos valores da antropometria dinâmica.

Deste modo, na transição da Antropometria estática para a dinâmica e desta para a funcional, verifica-se um aumento do grau de complexidade, necessitando de instrumentos de

medida e procedimentos específicos para cada tipo (IIDA; GUIMARÃES, 2016). “Uma das grandes aplicabilidades das medidas antropométricas na ergonomia é no dimensionamento do espaço de trabalho” (AÑEZ, 2000, p.106). O autor ainda afirma que com o avanço da tecnologia, se tem o aumento da precisão e automatização das técnicas de medições, permitindo melhorias na definição da antropometria humana e da mecânica do espaço de trabalho.

Nesse contexto, um sistema que vem sendo utilizado por diversas áreas de conhecimentos, para estudos relacionados ao ser humano, é a Captura de Movimentos, que será apresentado a seguir.

2.3.3 Captura de Movimentos

A medição dos movimentos humanos tem sido fonte de estudo de diversas áreas relacionadas com a medicina, ciência do esporte e engenharia biomédica, por exemplo, (KOPNIAK, 2015). O Sistema de Captura de Movimentos ou MoCap¹¹ como também é conhecido, trata-se de um conjunto de ferramentas utilizados no mapeamento e reprodução dos movimentos de objetos ou seres vivos no espaço-tempo e que são refletidos para um ambiente digital (GOMIDE et al., 2009; GOMÉZ ECHEVERRY et al., 2018).

Ainda convém destacar, que esses Sistemas de Captura de Movimentos são compostos por um *hardware* específico e um *software* característico para a leitura e tratamento dos dados gravados. Dentre suas principais aplicações estão os estudos para otimização do desempenho esportivo, a realização das análises ortopédicas ou verificação do processo de reabilitação (na medicina) e a produção de filmes e jogos (em animação 3D) (KOPNIAK, 2015).

Desta forma, o MoCap possibilita a captura de indicadores de movimento, com base em coordenadas contínuas e angulares, velocidades e acelerações de segmentos e articulações, sendo rigorosamente dependente da tecnologia de captura de movimento (com marcador ou sem marcador). Em face disso, Tonin et al. (2015) destacam que os sensores utilizados para o sistema de captura de movimento podem ser apresentados em diferentes categorias, sendo

¹¹ A sigla MoCap vem do inglês *Motion Capture*, sistema utilizado para mapear os movimentos do corpo humano e reproduzi-los em ambiente virtual de forma 3D (ECHEVERRY et al., 2018). Essa sigla será usada ao longo deste documento.

elas: (I) inerciais, (II) mecânicos, (III) ópticos, (IV) magnéticos, (V) *markerless* - sem marcadores e os (VI) acústicos (ARAÚJO, 2015). O quadro 2 apresenta uma síntese de funcionamento de cada tecnologia e suas vantagens e desvantagens, esse quadro foi resultado dos estudos realizados por Ramón, Candelas e Medina (2007) e Tonin et al. (2015), como complemento e atualização do mesmo foi acrescido a tecnologia de "sensores acústicos" apontada por Araújo (2015).

Quadro 2 - Tipos, vantagens e desvantagens dos Sistemas MoCap.

TECNOLOGIA	FUNCIONAMENTO	VANTAGENS	DESvantagens
Mecânica	Variação de voltagem de potenciômetro em estrutura mecânica.	Robustez; Precisão; Latência baixa.	Incômodo para o corpo de captura; Medidas relativas.
Magnética	Variação de campo magnético medido em receptores.	Medidas absolutas, precisas; Sem oclusão.	Erros devido a distorção magnética
Inercial	Integração da velocidade angular de góscopios.	Precisão; Sem oclusão; Sensores pequenos;	Medidas relativas; Acúmulo de erros.
Óptica	Triangulação de marcadores em imagens capturadas por câmeras.	Medidas absolutas, precisas.	Oclusões; Infraestrutura complexa; Necessidades de calibração.
Markerless	Rastreamento da silhueta do corpo de captura.	Sem marcadores; Trajes casuais.	Baixa precisão; Tecnologia pouco aprimorada.
Acústica	Conjunto de emissores sonoros colocado nas principais articulações e três receptores sensores são posicionados no local de captura, assim uma triangulação das distâncias deles é feita em relação aos três receptores.	Sem oclusão; Sem interferência por objetos metálicos.	Reflexões do som emitido pelos transmissores; Ruídos externos; Incômodos dos cabos; Número limitado de transmissores.

Fonte: Adaptado de Ramón, Candelas e Medina (2007).

De acordo com Sônego e Cliquet Júnior (2006) a progressão das técnicas de mensuração, armazenagem e tratamento de dados, contribuíram significativamente para o estudo do movimento humano. Seguindo a mesma linha de pensamento, Szczesna et al. (2017) ressaltam que as aferições remotas dos seres humanos, podem proporcionar melhorias das condições de saúde geral e qualidade de vida dos mesmos, auxiliando por exemplo, no processo de reabilitação de pacientes e desenvolvimento de produtos confortáveis.

Chen, Kuang e Li (2016) acrescentam que a captura de movimento possui seu campo de aplicação multidisciplinar apresentando a influência da tecnologia para diversas áreas. Além disso, possibilitou acesso de pesquisa na interação humano - computador, passando pelo

desenvolvimento de filmes e televisão, bem como no controle de robôs, jogos interativos, treinamento esportivo, reabilitação médica, entre outros campos. Ainda os autores, explicam que o sistema de movimento do corpo do ser humano define-se basicamente por meio da localização das articulações que unem os ossos, refletindo principalmente no movimento entre as transformações ósseas e o deslocamento referente ao espaço.

Logo, a captura de movimento humano fundamentada em sensores de movimento atinge dados precisos, considerando dois parâmetros específicos, sendo eles: ângulo de movimento articular e deslocamento central, onde os sensores coletam movimentos originais efetuados em tempo real. A figura 15 ilustra o funcionamento do Sistema de Captura de Movimento por sensores inerciais (*Xsens*).

Figura 15 - Estrutura do Sistema de Captura de Movimento.



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

A amplitude do campo da análise do movimento humano, como já mencionado anteriormente, engloba diferentes áreas que vêm compartilhando de dispositivos e métodos tecnológicos. Na análise clínica, por exemplo, seus conhecimentos têm sido aplicados no diagnóstico e planejamento de tratamentos (prescrição ortopédica ou protética, intervenção cirúrgica ou medicação); na reabilitação os terapeutas com base nos comprometimentos individuais e desafios do sistema motor utilizam a análise do movimento de forma estratégica, para o desenvolvimento de novos métodos para melhorias dos processos de reabilitação; nos esportes, treinadores e atletas usam a análise de movimento na obtenção de dados

biomecânicos visando melhorias no desempenho dos atletas e prevenção de lesões (SILVA, 2014).

Conforme Moeslund et al. (2006) as aplicações dessa tecnologia dividem-se em três partes, sendo estas: monitoramento - quando um ou mais objetos são rastreados e monitorados no decorrer de um determinado tempo; controle - relacionado à criação de interfaces digitais (jogos, ambientes virtuais e para fazer animação) e análise - que envolve o detalhamento dos movimentos sob uma visão clínica, possibilitando a realização de diagnósticos de pacientes e/ou melhorias na performance de atletas.

Por fim, é importante salientar que esta pesquisa se concentra no estudo e investigação acerca do sistema de captura de movimentos por sensores inerciais, especificamente o equipamento *MVN Link Biomech* da empresa *Xsens*¹², que será apresentado a seguir.

2.3.4 Sistema de Captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*)

Os sensores inerciais *MVN Link Biomech* da *Xsens*, utilizados na captura dos movimentos são organizados em unidades de medida inercial/IMU's¹³, isto é, modelos biomecânicos e algoritmos de união de sensores (ROETENBERG; LUNGE; SLYCKE, 2013). Esses aparelhos de aferição de ângulo proporcionam dados angulares a algoritmos cinemáticos utilizados para estabelecer a postura corporal (ROETENBERG, 2006).

Forcelini, Varnier e Merino (2018) apresentam a tecnologia da captura de movimento por sensores inerciais como auxílio aos pesquisadores por meio de uma mensuração precisa da biomecânica e oportunidade de identificar os fatores de risco associados aos sujeitos. Ainda os autores corroboram que, os dados obtidos colaboram no processo de projeto,

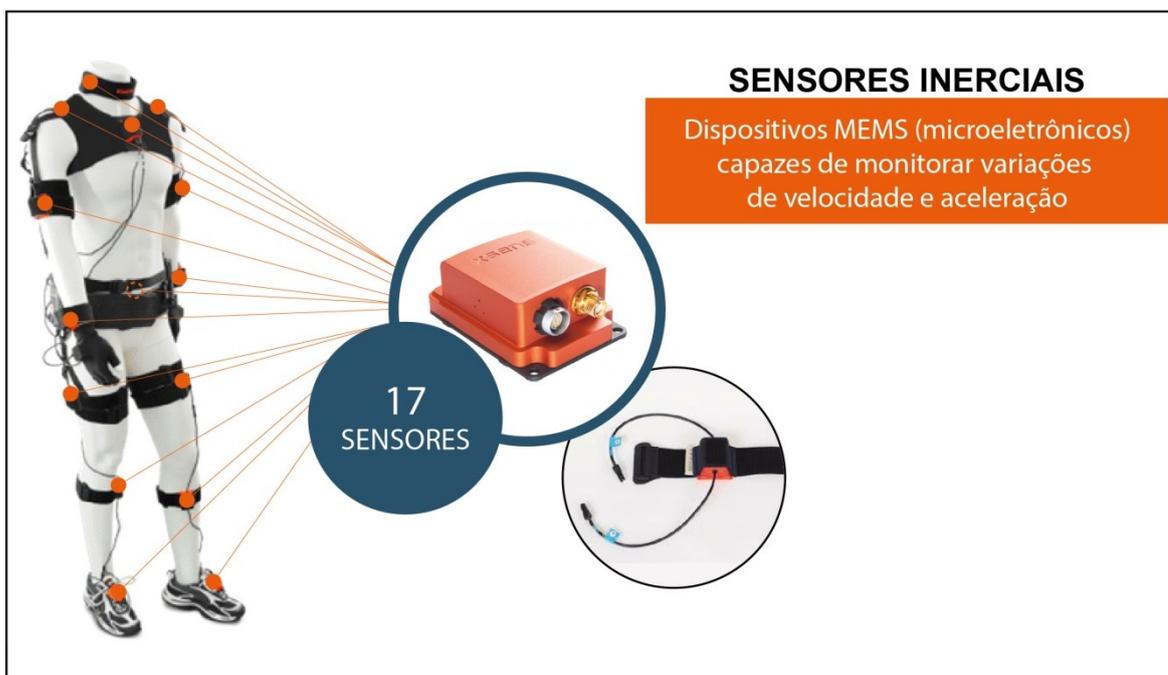
¹² A escolha do equipamento se deu por conveniência, uma vez que este é disponibilizado pelo NGD-LDU, laboratório do qual o pesquisador faz parte. Além do mais, foram considerados alguns aspectos vantajosos da utilização do *Xsens*, tais como: portabilidade, alta precisão, possibilidade do uso dentro e fora do ambiente laboral, visualização de dados em tempo real, dentre outros.

¹³ Trata-se de um sistema autônomo que realiza a medição dos movimentos lineares e angulares normalmente com uma tríade de giroscópio e tríade de acelerômetros, gerando as quantidades necessárias de velocidade angular e aceleração na estrutura do sensor/corpo (XSENS, 2012).

auxiliando no desenvolvimento e avaliação de produtos e atividades, bem como na análise das interações entre usuário e produto/ambiente.

Esse sistema possibilita a análise individual dos movimentos articulares humanos dos eixos de rotação e posição. Do mesmo modo, esse sistema garante a visualização e registro em tempo real do movimento em 3D do sujeito, replicando os dados cinemáticos gravados do modelo biomecânico com 23 segmentos corporais e 22 articulações, incluindo o centro de massa (LONGHI, 2014, XSENS, 2012). Além disso, o equipamento *MVN Link*, utiliza 17 sensores inerciais para o rastreamento e posicionamento do sujeito (Figura 16).

Figura 16 - Os 17 sensores inerciais.



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

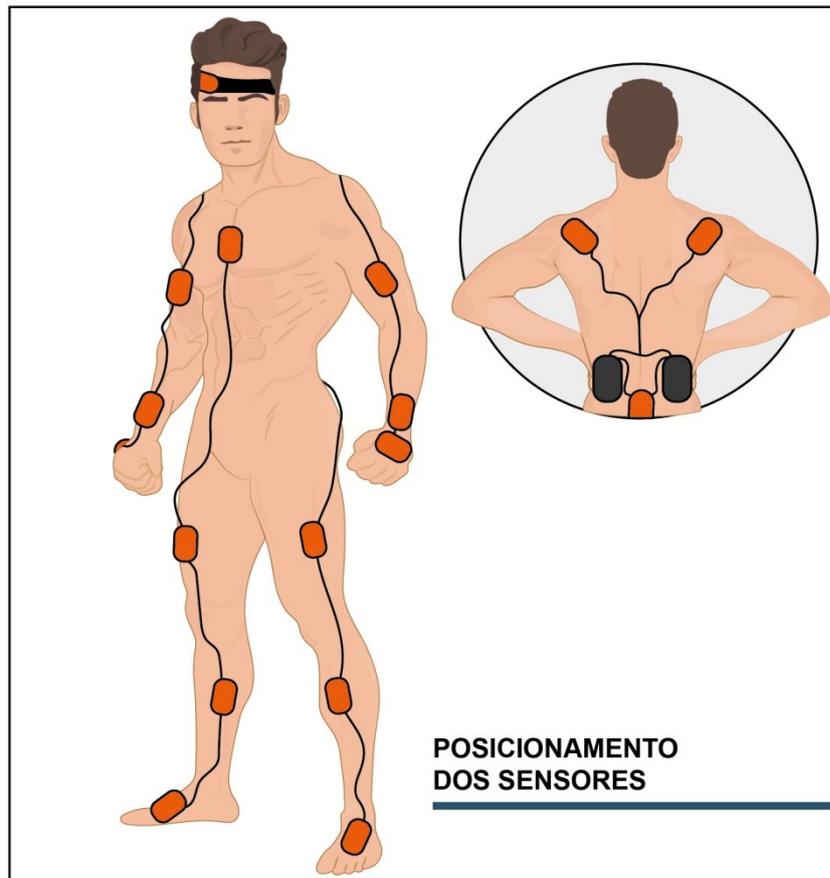
Os rastreadores de movimento também conhecidos como (*Motion Tracker*) MTx e MTx-L, considerados unidades de medição inercial em miniatura, possuem acelerômetros, giroscópios e magnetômetros 3D, que devem ser posicionados em locais específicos do corpo por faixas (*Straps*) ou introduzidos dentro da roupa de lycra específica (*MVN lycra Suit*) (LONGHI, 2014; 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, de modo que possam registrar os movimentos de cada segmento corporal nas coordenadas X (antero-posterior), Y (vertical) e Z (latero-lateral).

A comunicação entre as centrais inerciais e o computador ocorre diretamente dos *Xbus Masters* (Baterias), por mediação de antenas *Wireless* (*Wireless Receiver* - WR-A) com alcance em ambientes abertos de até 150 metros, e em ambientes fechados de 50 metros (XSENS, 2012). Os acelerômetros são usados para definir a velocidade e a posição do objeto/sujeito capturado referente a um ponto específico relativo, comumente utiliza-se a Terra como referência. Já os giroscópios são empregados para determinar o ângulo e orientação dos objetos /sujeitos, se assimilados por determinado período de tempo, gera mudança de ângulo referente ao ângulo conhecido a princípio (CARVALHO, 2011; ROETENBERG, 2006). Neste contexto, o sistema de captura de movimentos MVN *Link Biomech* é realizado em tempo real por intermédio de 17 indicadores de sensores inerciais, em uma proporção de 120 frames por segundo (120 Hz) de forma eficiente e precisa (ROENTENBERG; LUINGE; SLYCKE, 2013). Assim, sua aplicação ajustada a um *software* (MVN) de simulação possibilita vantagens durante o desenvolvimento de projetos, uma vez que permite a análise constante do movimento apresentando dados precisos dos segmentos e articulações corporais (XSENS, 2012; SPECK et al., 2016; VARNIER, 2019).

Os sensores possuem uma conexão em série o *Xbus Masters*, o que representa a existência de apenas um cabo expandindo-se a cada membro. O *Xbus Masters* atua na sincronização de todas as amostragens dos sensores, concede energia aos sensores e trabalha com a comunicação sem fio com o PC ou *notebook*. O peso total do sistema é de 1,9 kg (incluindo 8 pilhas AA). Os sensores podem ser utilizados nos pés, pernas, pelve, ombros, esterno, cabeça, testa, braços e mãos (como mostra a Figura 17) (XSENS, 2012; SPECK et al., 2016).

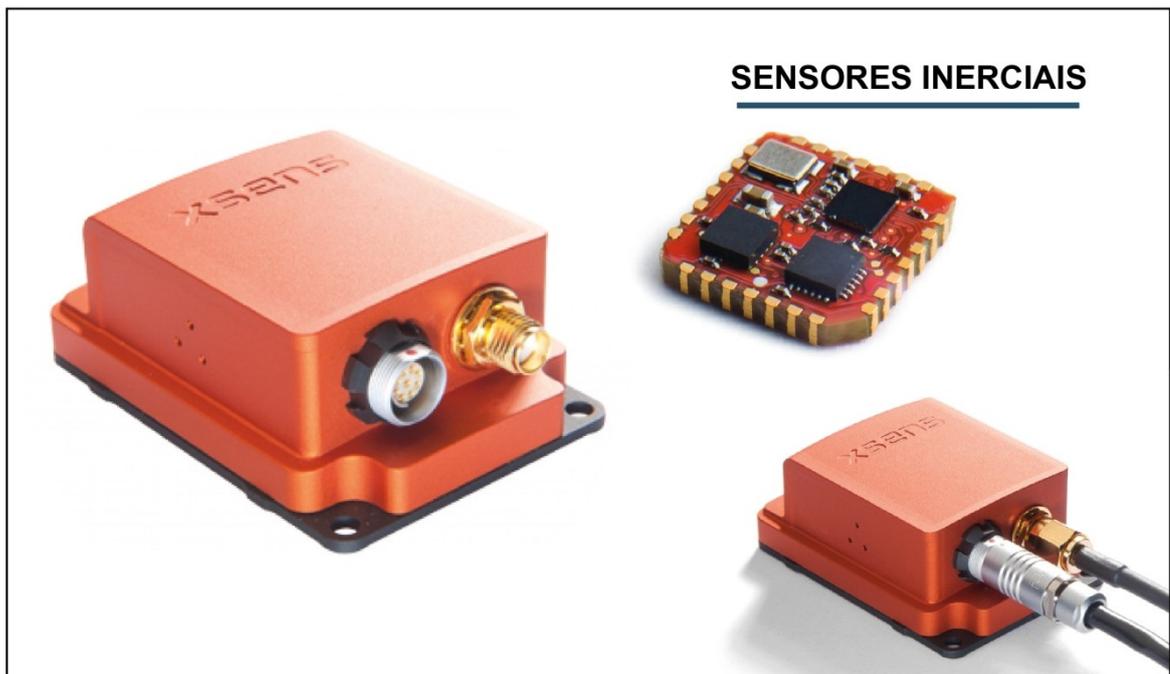
Figura 17 - Posicionamento dos sensores inerciais.



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

Com base no exposto acima se faz necessário, o aprofundamento do conhecimento relacionado aos sensores inerciais, visando uma melhor compreensão sobre sua composição e seu funcionamento, como mostra a Figura18.

Figura 18 - Sensores inerciais MEMS.



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

- **O que são sensores inerciais e como eles funcionam?**

No que se refere à inércia esta pode ser definida como “a propriedade que os objetos têm de opor resistência à aceleração” (SILVA, 2020). Os sensores inerciais MEMS medem somente alguns mm quadrados, e apresentam como vantagens, o peso, resistência ao impacto, consumo de energia e principalmente o custo reduzido de produção (ROMENING et al. 2003).

- **O que são acelerômetros inerciais MEMS e como eles funcionam?**

Estes são compostos por um sistema de mola de massa, que existe no vácuo. Desta forma, a aceleração gerada no acelerômetro resulta na locomoção da massa no sistema de molas. Essa locomoção da massa precisa do sistema mola-massa, por isso, necessita de uma calibração (PEREIRA, 2016).

- **O que são giroscópios inerciais MEMS e como eles funcionam?**

São sensores que permitem medir a velocidade de rotação de um objeto em torno de um eixo denominado de velocidade angular (PEREIRA, 2016).

2.3.5 Software MVN Studio PRO

O *Software* MVN é disponibilizado com um pacote, o *MVN Studio* responsável pelo controle do sistema. Podem ser encontradas duas versões do *MVN Studio*, o *MVN Studio Standard* e o *MVN Studio PRO* (esta foi a versão utilizada nesse estudo). Contudo, são ofertados outros pacotes de *Software* adicionais, com a finalidade de atender às demandas específicas dos usuários (XSENS, 2012).

De acordo com o *Xsens* (2012), o *Software* é utilizado de forma ágil e permite a visualização e gravação dos movimentos humanos em tempo real. Este foi desenvolvido para um fluxo ideal relacionado às etapas de gravação e análise do movimento. Desse modo, para uma melhor compreensão, a Figura 19 apresenta a barra de ferramentas que é exibida na interface do *MVN Studio PRO*, uma vez que, esta possibilita o acesso de muitas das funções do *Software*.

Figura 19 - Barra de ferramentas da interface do Software MVN Studio.



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

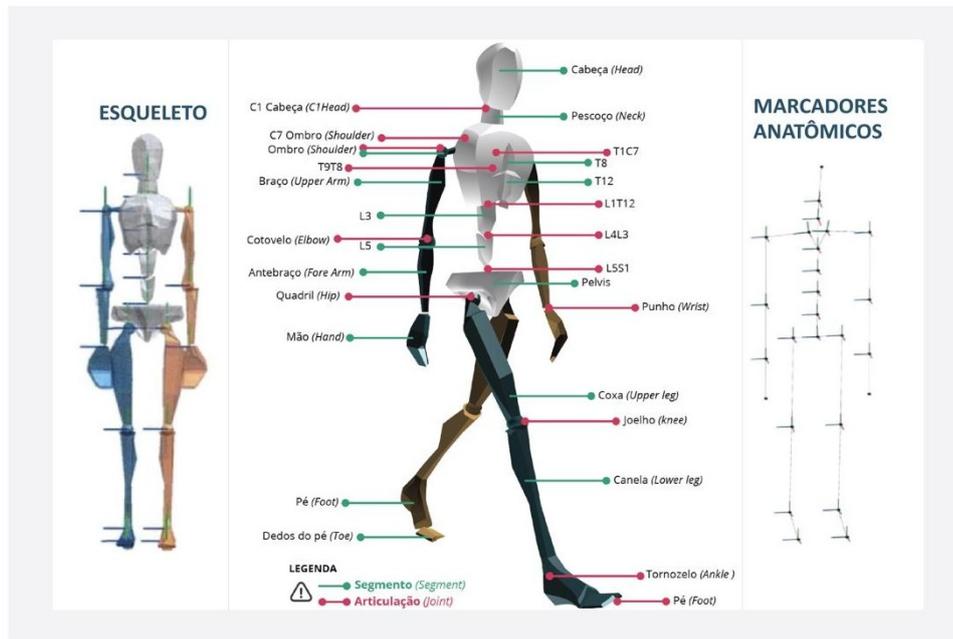
Este *Software* proporciona uma ampla gama de dados. Desta forma, por meio do fluxo de rede do *MVN Studio*, é possível obter a cada frame, dados relacionados à posição e orientação de 23 segmentos do corpo. Resultando num total de 138 números de pontos flutuantes a uma taxa de 120 Hz. É importante ressaltar que o *MVN* apresenta uma série de procedimentos para que seja realizado o processo de captura dos movimentos, a iniciar pela fixação dos sensores inerciais ao corpo do usuário e a ligação dos cabos de captura, considerado como um procedimento que exige muita atenção e cuidado, para que se obtenha precisão na captura dos movimentos (XSENS, 2012).

Após isso, acontece o levantamento das informações e configurações dos usuários (*Suit*) dentro do *Software* para dar início ao processo de captura de movimentos, na qual são definidos: **(1) Quantidade de Suits:** cada *suit* é constituído por 17 marcadores, que representa o número de usuários que serão capturados os movimentos; **(2) Taxa de amostragem:** nesta ocorre a transmissão do posicionamento dos sensores para a visualização por meio do *software* no computador; **(3) Configuração do *suit*:** seleção da estrutura e composição do *avatar* que reproduz os movimentos capturados; **(4) Cenário:** apresenta a configuração da cinemática reproduzida pelo *avatar*, disponíveis nas formas padrão, com a pélvis fixa e de piso flexível; **(5) Modo de utilização dos magnetômetros:** são definidas as formas de utilização dos magnetômetros durante a captura para a diminuição dos desvios (*drift*), sendo estes: *Kinematic Coupling Algorithm* (KIC), que desconsidera os dados dos membros inferiores (coxas, pernas e pés), durante a movimentação do corpo de captura, e são usados quando não ocorrem movimentos; KIC sem os magnetômetros, realiza a desativação deste durante todo o tempo de captura e o XKF-3, este utiliza os magnetômetros e o filtro de *Kalman* para determinar a orientação dos membros inferiores (XSENS, 2012).

Em seguida acontece a realização da configuração do usuário (*setup do suit*) que tem como finalidade alinhar o corpo de captura com o *avatar*¹⁴ (Figura 20) do *MVN Link*. Neste passo são definidas as medidas antropométricas (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) essas medidas são utilizadas na calibração do *software*. É realizada também a configuração das distâncias entre os sensores e 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) estes servem de referências para a utilização dos magnetômetros.

¹⁴ Neste estudo será compreendido como a Representação virtual em 3D do sujeito capturado.

Figura 20 - Corpo do avatar do MVN Link.



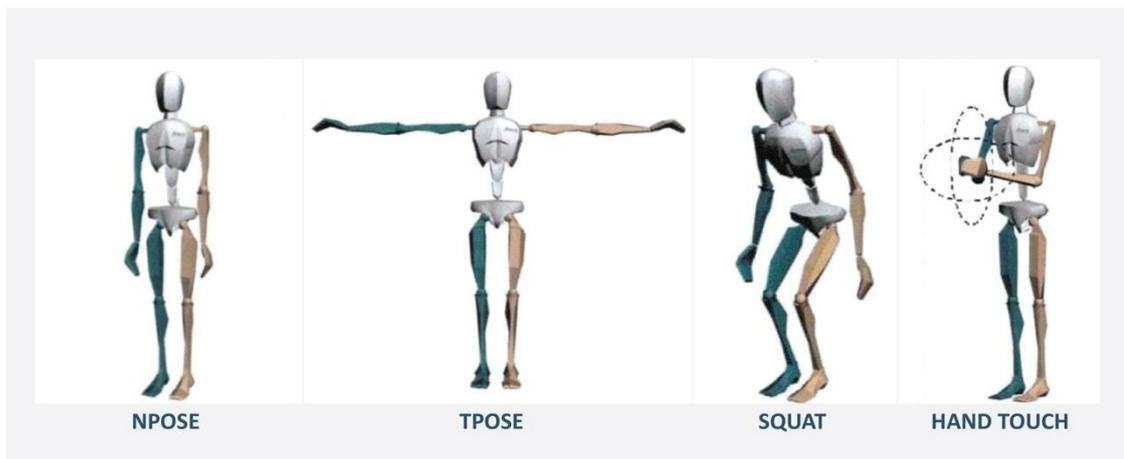
Fonte: Elaborado pelo autor com base em *Xsens* (2012) e Varnier (2019)

Por fim, é realizada a calibração. Segundo o *Xsens* (2012) esta etapa é importante para garantir a obtenção de dados precisos. É onde acontece o alinhamento dos sensores inerciais e os segmentos responsáveis pela realização dos movimentos. Esse procedimento deve ser realizado em um ambiente sem interferência eletromagnética, uma vez que, a existência de objetos ferromagnéticos pode interferir e distorcer o campo magnético.

Desta forma, essas interferências são visualizadas por meio de arcos em volta das mãos, pélvis e pés do *avatar*. Apresentados nas cores, verde (sem interferência), amarela (pouca interferência) e vermelha (muita interferência). Têm-se como possibilidades também a aplicação dos núcleos de ferrite (colocados em volta dos cabos das baterias contra as interferências eletromagnéticas), e a utilização do uso de modo de fusão de sensores KIC-*Kinematic Coupling Algorithm* (XSENS, 2012).

Com o ambiente de coleta adequado (sem interferência eletromagnética) realiza-se a calibração com as quatro posições: Npose ou Tpose (calibrações estáticas) e, *Squat* e *Hand Touch* (calibrações dinâmicas), como mostra a Figura 21.

Figura 21 - As quatro posições de calibração do MVN Studio PRO.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em *Xsens* (2012) e Varnier (2019).

Desta forma, cabe ressaltar que tão importante quanto o *software* MVN na realização da captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) são os usuários e a compreensão de suas características, para que sejam obtidos dados precisos e confiáveis. Nesse sentido, o tópico a seguir apresenta a abordagem de Design Centrado no ser Humano.

2.4 DESIGN CENTRADO NO SER HUMANO (DCH)

Existem diversos termos relacionadas ao Design Centrado no ser Humano (DCH)¹⁵ que vêm sendo discutidos por vários autores. Zhang e Dong (2019) apresentam o termo "design centrado no homem". Para De Souza e Savi (2015), Harada et al., (2016) e Merino (2019), o termo mais adequado seria "Design Centrado no Usuário" (DCU), uma vez que as informações são referentes a um centro específico, o usuário. Autores como Best (2012) e Tonetto e Da Costa (2011) utiliza o termo **Design centrado nas pessoas**.

Um fato que contribuiu para a diferenciação do termo e do conceito das palavras **usuário** para **humano**, foi a implementação do termo nas normas técnicas internacionais, exposta pela *International Organization for Standardization* - ISO, na norma ISO 9241-210,

¹⁵ Ressalta-se que nesta pesquisa se optou por usar a sigla DCH, uma vez que esta condiz com a adoção do termo em Português.

denominada Ergonomia da interação humano-sistema, referindo-se a parte 210, especificamente: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos (GIACOMIN, 2012; KEINONEN, 2010).

Deste modo, a presente pesquisa adotou o termo Design Centrado no ser Humano (DCH) que segundo Giacomini (2012) "tem suas raízes em áreas como ergonomia, ciência da computação e inteligência artificial". Ainda segundo o autor, o DCH está fundamentado sob o uso de técnicas que comunicam, interagem, empatizam e instigam as pessoas envolvidas, buscando o conhecimento de suas reais necessidades, anseios e experiências que, normalmente ultrapassam suas próprias percepções.

Para responder aos aspectos da abordagem centrada no humano, uma das possibilidades seria definir o problema conjuntamente com a solução (GASSON, 2003).

O projeto centrado no homem é uma abordagem ao desenvolvimento de sistemas interativos que visa tornar os sistemas utilizáveis e útil, concentrando-se nos usuários, em suas necessidades e exigências, e aplicando recursos humanos fatores / ergonomia e conhecimento e técnicas de usabilidade. Essa abordagem aumenta a eficácia e eficiência, melhora o bem-estar humano, satisfação do usuário, acessibilidade e sustentabilidade; e neutraliza possíveis efeitos adversos do uso na saúde humana, segurança e desempenho (ISO 9241-210, p.6)

Em consonância com a ISO 9241-210, quaisquer que sejam os processos de design e atribuições de encargos e papéis adotados, para atender a uma abordagem centrada no ser humano, deve-se considerar os respectivos princípios apresentados na Figura 22.

Figura 22 – Seis princípios do Design Centrado no ser Humano.



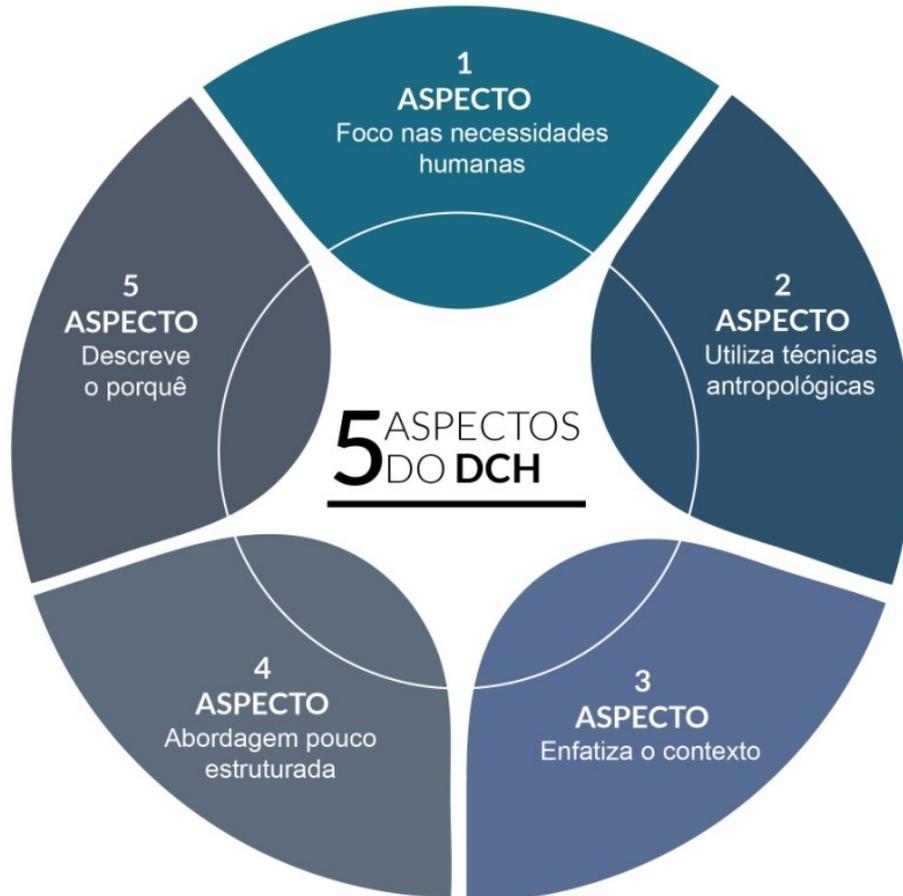
Fonte: Elaborado pelo autor com base na ISO 9241-210 (2011)

O Design Centrado no ser Humano (DCH), ou *Human Centered Design* (HCD), pode ser compreendido como um processo baseado nas necessidades dos sujeitos mais afetados (VECHAKUL; SHRIMALI; SANDHU, 2015). Para Steen (2011), as pessoas são as verdadeiras condutoras do DCH. Assim, um fator relevante é a multidisciplinaridade referente aos profissionais envolvidos, uma vez que estes interagem com os usuários em potencial por meio de suas experiências, compartilhando ideias e o conhecimento para o processo de inovação, identificando problemas e propondo soluções.

Estes projetos consideram por sua vez, o contexto de uso (ambiente onde o sistema será usado) com foco específico em tornar os determinados sistemas utilizáveis. Podendo ser considerado como uma atividade multidisciplinar que envolve os fatores humanos e fundamentos e métodos da ergonomia, objetivando aumentar a eficácia, segurança e satisfação dos usuários, melhorando a produtividade e as condições de trabalho (ISO 13407, 1999).

De acordo com Van Pelt e Hey (2011) o DCH apresenta aspectos relevantes e singulares que se sobressaem quando comparados com outras metodologias, conforme pode ser observado na figura 23.

Figura 23 - Cinco aspectos do Design Centrado no ser Humano.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Van Pelt e Hey (2011).

2.5 SÍNTESE DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em consonância com as informações apresentadas, foi elaborado um diagrama (Figura 24), apresentando os pontos de contato existentes, entre os principais temas abordados no presente capítulo, bem como, evidenciar a relevância da Gestão de Design (considerando as pessoas, projetos, processos e procedimentos), associada à tecnologia, ergonomia, com foco no auxílio ao desenvolvimento de projetos de Design Centrado no ser Humano.

Desta forma, entende-se que a Gestão de Design, que atua na resolução de problemas, quando somada à abordagem de Design Centrado no ser Humano, pode contribuir no

desenvolvimento de soluções, com ênfase nas particularidades e necessidades das pessoas envolvidas. Se utilizando da ergonomia para possibilitar melhorias nas condições do trabalho, bem como da tecnologia (no recorte desta pesquisa, delimitada ao sistema de captura de movimentos por sensores inerciais) na geração de benefícios à vida das pessoas, a exemplo da reabilitação, uma vez que a demanda por sistemas capazes de monitorar os movimentos corporais continuam crescendo em razão do aumento de pessoas idosas (SZCZESNA et al., 2017). Considerando os dados objetivos e precisos (*Software MVN Studio PRO*) relacionados à biomecânica, antropometria e cinemática.

Figura 24 - Síntese da fundamentação teórica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, a maneira como esses temas estão interligados e se complementam, contribui para a fluidez no processo de desenvolvimento de projetos, uma vez que permitem a identificação das particularidades dos sujeitos e de cada organização de forma rápida e objetiva, auxiliando no desdobramento das ações, facilitando o levantamento e análise dos dados.

Procedimientos Metodológicos

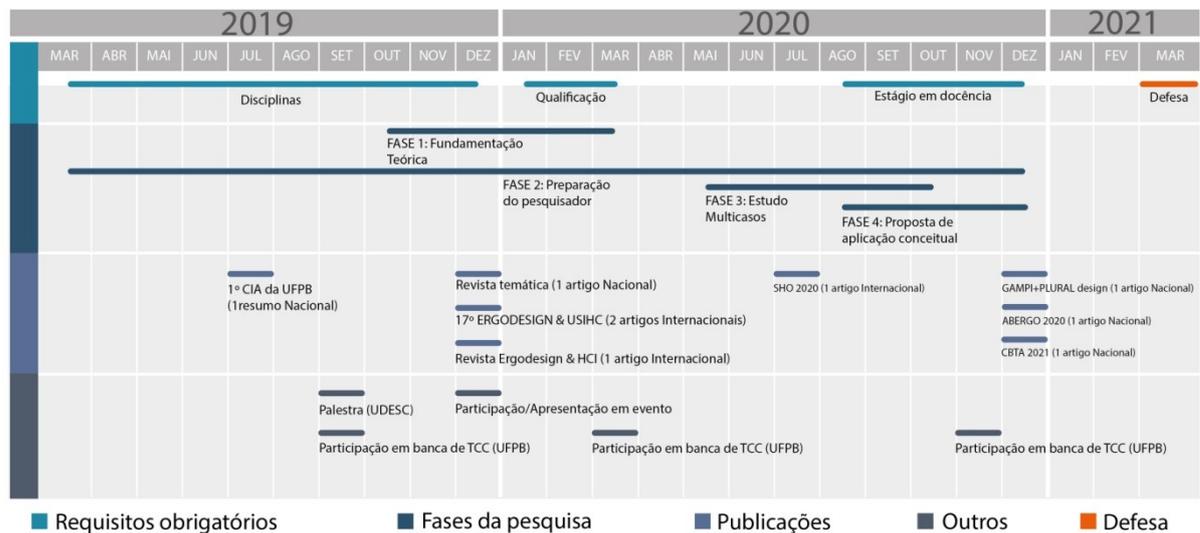
3



3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento da pesquisa. Assim, a Figura 25 mostra por meio de uma síntese visual as fases realizadas durante a pesquisa, bem como, as demais atividades e publicações realizadas no decorrer do mestrado. Quanto às publicações realizadas, obteve-se um total de oito trabalhos publicados sendo: 2 artigos completos em periódicos, 4 artigos completos em anais de congressos, 1 capítulo de livro e 1 resumo expandido.

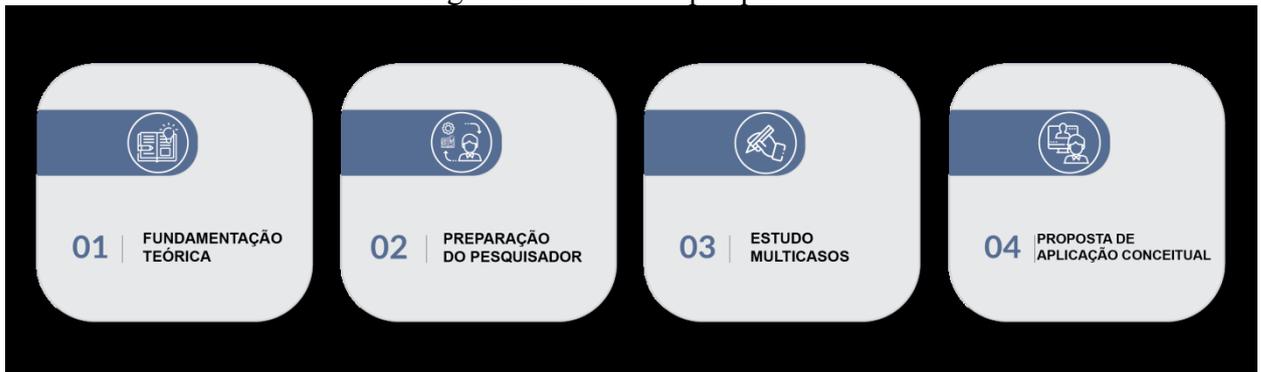
Figura 25 - Linha do tempo do mestrado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A linha do tempo abrange os anos de 2019 a 2021, sendo o primeiro o ano de ingresso no mestrado. Com objetivos exploratórios e descritivos, natureza aplicada e abordagem qualitativa, a pesquisa utilizou os procedimentos técnicos divididos em quatro fases: Fundamentação Teórica (Fase1), Preparação do pesquisador (Fase2), Estudo multicaseos (Fase3) e Proposta de aplicação conceitual (Fase 4), como mostra a Figura 26.

Figura 26 - Fases da pesquisa



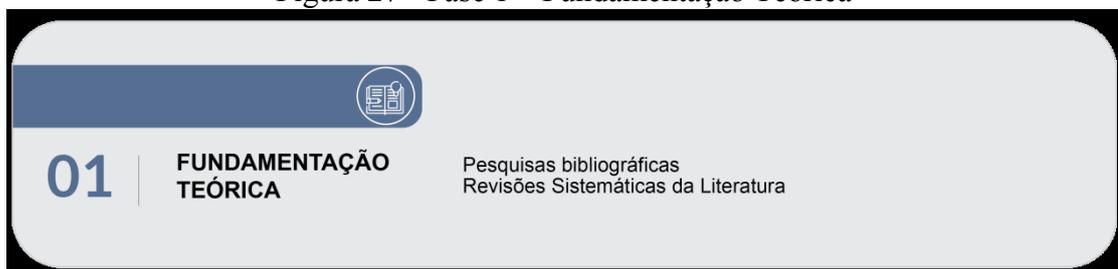
Fonte: Elaborado pelo autor.

A Fase 1: iniciada em março de 2019, refere-se ao cumprimento das disciplinas exigidas pelo Programa de Pós-graduação em Design e a elaboração da fundamentação teórica da pesquisa, contemplando levantamentos, revisões e pesquisas relacionadas aos temas norteadores do estudo. A qualificação aconteceu em março de 2020.

3.1 FASE 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Fase 1, fundamentação teórica (Figura 27) teve como propósito conhecer e se aprofundar nos temas de estudo. Os temas pesquisados foram: Gestão de Design, Tecnologia, Ergonomia, Biomecânica, Antropometria Captura de Movimentos, Sistema de captura de movimentos por sensores inerciais, *Software MVN Studio PRO* e Design Centrado no Ser Humano.

Figura 27 - Fase 1 – Fundamentação Teórica



Fonte: Elaborado pelo autor.

As pesquisas bibliográficas aconteceram nas bases de dados nacionais e internacionais como:

- Artigos científicos: em bases de dados como, Portal de Periódicos CAPES, *Scopus*, *Web Of Science*, *Science Direct*, *Scielo* e base de dados da área da saúde PubMed.

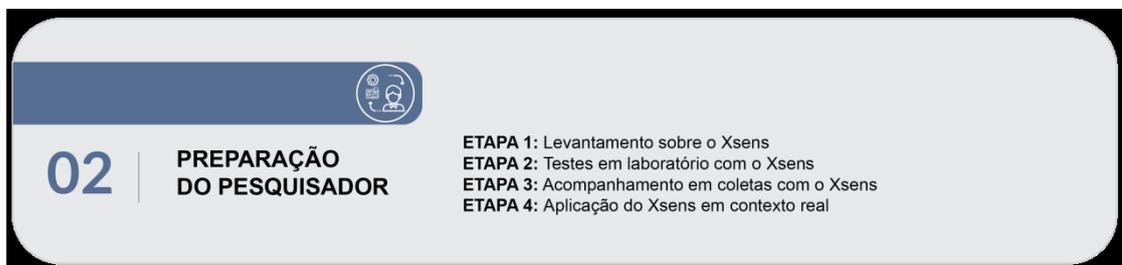
- Teses e dissertações: no Catálogo de Teses e Dissertações da Capes, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) e (*Dissertations & Theses* (ProQuest)).
- Livros: disponíveis na Biblioteca Universitária da UFSC, acervo do NGD-LDU e acervo pessoal físico e digital;
- Homepage: em *websites* sobre os temas de interesse e no site da empresa fabricante do equipamento (*Xsens*) utilizado neste estudo.

Por fim, realizou-se uma síntese da fundamentação teórica apresentando os pontos de contato existentes entre os temas de estudos abordados nesta pesquisa (p.60).

3.2FASE 2 - PREPARAÇÃO DO PESQUISADOR

A fase 2, preparação do pesquisador (Figura 28) apresenta o percurso de aprendizado do pesquisador em relação aos conhecimentos e utilização da captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*), isto se justifica por se tratar de uma tecnologia complexa que exige uma imersão para sua correta compreensão.

Figura 28 - Preparação do pesquisador e suas respectivas fases.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O percurso foi dividido em quatro etapas:

(1) levantamento sobre o *Xsens* (leituras de artigos científicos, teses e dissertações, do manual e site do equipamento);

(2) testes em laboratório com o *Xsens* (montagem do equipamento, conexão dos cabos, calibração, desmontagem e armazenamento do mesmo);

(3) acompanhamento e participação em coletas com o *Xsens* (o pesquisador auxiliou no processo de desenvolvimento de coletas e utilização do equipamento);

(4) utilização do *Xsens* pelo pesquisador em contexto real (o pesquisador utilizou o Sistema de captura de Movimentos por sensores inerciais da *Xsens* em pesquisa a campo).

3.2.1 Fase 2/Etapa 1 – Levantamento sobre o *Xsens*

Nesta etapa foi realizado o levantamento de dados sobre a captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) em bases de dados (Google Acadêmico, *Scielo*, *Web Of Science*, *Scopus*), eventos (CBTA e P&D) e no próprio site da empresa (fabricante) *Xsens*, a fim de se obter informações específicas. Bem como, compreender o processo de aplicabilidade do equipamento, seu funcionamento e contribuições para os estudos desenvolvidos.

3.2.2 Fase 2/Etapa 2 – Testes em laboratório com o *Xsens*

Nesta etapa foram seguidos os seguintes passos:

- Agendamento (data e horário)
- Preparação do equipamento no dia anterior com a verificação dos itens e carregamento das baterias;
- Montagem do equipamento utilizando um manequim em escala real;
- Funcionamento dos sensores inerciais e *software MVN Studio PRO*;
- Remoção, manutenção, limpeza e armazenamento do equipamento;
- *Backup* dos dados coletados para o acervo do NGD-LDU.

Esses passos foram definidos com base em: CASO 1 (Manual de uso do *Xsens*) e CASOS 2 e 3 (com base no *Motion Capture Protocol*) detalhados na Fase 3.

3.2.3 Fase 2/Etapa 3 – Acompanhamento e participação em coletas com o *Xsens*

Esta etapa se refere à participação do pesquisador em pesquisas e projetos, com coletas de dados utilizando o Sistema de Captura de Movimentos *MVN Studio PRO* da *Xsens*, realizadas pelo NGD-LDU de março a novembro de 2019.

3.2.4 Fase 3/Etapa 4 – Utilização do *Xsens* em contexto real

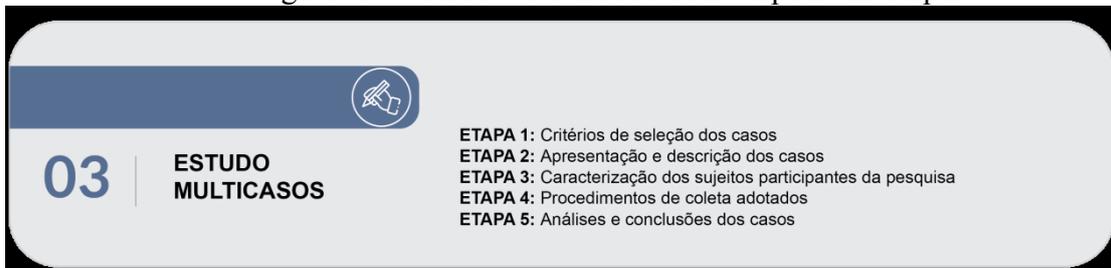
Nesta etapa, foi realizada a utilização do *Xsens*. Para tal os passos seguidos foram:

- Definição do contexto de coleta;
- Equipe de coleta;
- Objetivo de coleta;
- Procedimentos de coleta.

3.3 FASE 3 – ESTUDO MULTICASOS

A Fase 3, estudo multicasos (Figura 29), apresentou os três casos selecionados para o desenvolvimento desta pesquisa, divididos nos seguintes setores: agricultura familiar; serviço e o setor automotivo. Para uma melhor compreensão e desenvolvimento desta fase, ela foi dividida em cinco etapas, que correspondem a: etapa 1: critérios de seleção dos casos; etapa 2: apresentação e descrição dos casos; etapa 3: caracterização dos sujeitos participantes dos casos; etapa 4: procedimentos de coleta adotados e etapa 5: análises e conclusões dos casos.

Figura 29 - Estudo multicasos e suas respectivas etapas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os detalhes de cada etapa realizada são apresentados a seguir.

3.3.1 Fase 3/Etapa 1 – Critérios de Seleção dos casos

Esta etapa compreendeu a definição dos critérios de seleção, considerando as informações apresentadas na fase anterior, sendo estes:

- Equipamento disponível: o equipamento deve estar disponível;
- Estudos realizados pelo NGD-LDU em situações reais: estudos desenvolvidos pelo NGD-LDU em situação real com acervo e acesso as informações.
- Localização: organizações localizadas no estado de Santa Catarina, com viabilidade de visitação e acesso.
- Facilidade de contato: organizações com vínculos junto a UFSC e/ou NGD-LDU.
- Setores: as organizações devem representar ao menos três setores: ensino, agricultura e serviços.

3.3.2 Fase 3/Etapa 2 – Apresentação e descrição dos casos

Esta etapa compreendeu a apresentação e descrição dos casos que atenderam aos critérios selecionados, sendo estes:

- Histórico: caracterização das organizações;
- Setor: atuação das organizações;
- Problemática/oportunidade: problema e/ou oportunidade do estudo;
- Objetivo da utilização do *Xsens*: objetivo e contexto de aplicação.

Essas informações foram levantadas com base nos trabalhos encontrados na literatura (artigos científicos, teses e dissertações), visitas a campo, observações assistemáticas e consultas realizadas no acervo pessoal de dados do NGD-LDU.

Na Cooper Rio Novo (caso 1): foi realizada uma análise da frequência de movimento, bem como amplitude articular e tempo de finalização da tarefa de despencamento (corte e remoção dos cachos do engajo central) dos cachos de bananas, com a finalidade de detectar o risco de lesões musculoesqueléticas nos membros superiores e na coluna cervical dos trabalhadores. Vale ressaltar que durante a execução desta tarefa é usada como ferramenta uma faca comum, uma faca curva ou até mesmo uma espátula

Na equipe UFSC Baja SAE (caso 2): foi realizada uma avaliação do posicionamento do piloto dentro do veículo, o piloto manteve seus pés sobre o acelerador (pé direito) e freios (pé esquerdo) e suas mãos postas ao volante. Foi feita também uma análise estrutural do veículo e identificação de riscos relacionados à postura do piloto. Foram

analisados os ângulos das articulações e segmentos dos joelhos, tornozelos, quadris, C7-T1, ombros e antebraços do piloto durante a pilotagem do veículo.

Na empresa de entrega de encomendas (caso 3): foi realizada uma avaliação dos riscos de doenças Osteomusculares relacionados à execução das atividades de processamento de encomendas para a entrega. A avaliação foi feita com três sujeitos, onde foram analisadas as amplitudes articulares e tempo de execução das atividades sob uma frequência de 120 Hz, cada registro de captura teve período de 30 segundos. Vale ressaltar que as coletas contaram com a participação de uma equipe multidisciplinar composta por designers, engenheiros e um fisioterapeuta. A análise dos movimentos aconteceu por meio da medição da flexão e extensão dos ombros bilateralmente, da flexão anterior cervical, especificamente, no segmento C7-T1 e flexão anterior da região lombar, no segmento L5-S1. Os resultados obtidos foram separados de acordo com a articulação e segmento analisado do corpo.

3.3.3 Fase 3/Etapa 3 – Caracterização dos sujeitos participantes dos casos

Nesta etapa, foi realizada a caracterização dos sujeitos participantes dos casos do estudo. Desta forma as informações levantadas foram:

- idade;
- gênero
- altura;
- lateralidade;
- tempo de permanência na organização.

Essas informações foram definidas de acordo com os dados necessários para o preenchimento do protocolo de coleta com o *Xsens* e com base no questionário sociodemográfico.

3.3.4 Fase 3/Etapa 4 – Procedimentos de coleta adotados

Nesta etapa foram definidos os procedimentos de coleta. Estes foram apresentados da seguinte forma: no caso 1 (Cooper Rio Novo) foram utilizados procedimentos com base no manual do próprio equipamento (sugerido pelo fabricante, uma vez que o protocolo utilizado

pelo laboratório ainda não tinha sido elaborado) enquanto que nos casos 2 (Equipe UFSC Baja SAE) e 3 (Empresa de entrega de encomendas) foram utilizados os procedimentos propostos pelo *MOTION CAPTURE PROTOCOL*¹⁶, apresentados abaixo.

Procedimentos de coleta:

- **Definição e organização do ambiente:** foi definido e organizado um espaço amplo, sem interferência magnética e próxima ao local da coleta para a realização destes;
- **Introdução breve sobre o funcionamento do equipamento:** foi feita uma breve descrição relacionada ao equipamento e uso durante a coleta, a fim de deixar sob conhecimento do usuário todas as informações necessárias referentes ao estudo;
- **Mensuração das dimensões corporais do usuário:** aqui foram coletadas as medidas antropométricas do usuário, respectivamente: altura do corpo, tamanho do pé, envergadura, altura do tornozelo, altura do quadril, largura do quadril, altura do joelho, largura do ombro e a altura da sola do sapato, com as dimensões definidas e anotadas passou-se para a etapa seguinte, a montagem;
- **Montagem do equipamento:** o equipamento foi vestido ao corpo do usuário, a montagem foi feita por duas pessoas (pesquisadores);
- **Conexão dos cabos:** com o equipamento já acoplado ao corpo do usuário foi feita a conexão dos cabos, ligando um sensor a outro;
- **Medidas das distâncias entre os sensores:** este algoritmo requereu precisão centimétrica, onde foram consideradas especificamente, o posicionamento dos sensores das duas pernas. As distâncias medidas foram do marco anatômico até o meio do topo do sensor (saída dos cabos);
- **Familiarização do usuário com o equipamento:** nesta etapa o usuário passou um tempo realizando movimentos aleatórios com o equipamento acoplado ao seu corpo por aproximadamente 10 minutos, o propósito desta etapa foi justamente confirmar ao usuário sua liberdade e autonomia durante a captura dos seus movimentos;

¹⁶ 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" (VARNIER; MERINO, 2019).

- **Passos de configuração do usuário no software:** aqui os dados que foram coletados e registrados na etapa de mensuração das dimensões corporais do usuário foram transferidos para a plataforma do *software*;
- **Etapas de calibração:** foi solicitado ao usuário, que se movimentasse pela área de medição para a verificação das propriedades do campo magnético. É importante ressaltar, que o *software* permite a visualização do campo magnético por meio de arcos ao redor das mãos, da pélvis e dos pés, que variam nas cores verde (adequado para a calibração), amarelo (se possível escolher outro local) e vermelho (inadequado para executar a calibração). Após tal verificação foi realizada a calibração na postura estática N-pose e/ou T-pose).
- **Gravação dos vídeos:** num primeiro momento foram comparados os movimentos do *avatar* com os movimentos do usuário somente após a checagem foram iniciadas as gravações dos vídeos do usuário na execução das atividades prescritas;
- **Preenchimento das fichas para registros das atividades realizadas durante as gravações:** para um controle e organização dos registros das atividades, as mesmas foram escritas nas fichas de registros, organizadas por título e número;
- **Remoção e armazenamento do equipamento:** após a realização da coleta, o usuário deslocou-se para o espaço onde aconteceu a montagem, lá se deu a remoção do equipamento pela equipe de pesquisadores e colocado de volta na sua maleta de armazenamento;
- **Tratamento e análise dos dados:** o tratamento dos dados iniciou-se no mesmo dia da coleta, porém em ambiente laboratorial (NGD-LDU), onde os dados coletados foram exportados para uma planilha no Excel e tratados, para análise e avaliação a posteriori de um fisioterapeuta.

3.3.5 Fase 3/Etapa 5 – Análises e conclusões dos casos

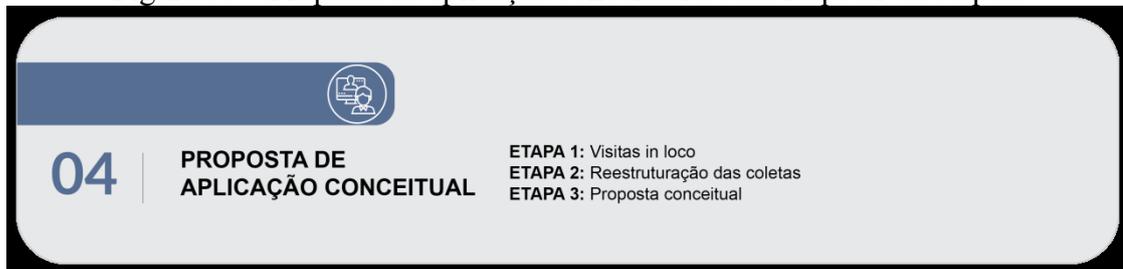
Nesta etapa, os dados foram tabulados no *Software* do equipamento, o *MVN Studio PRO*, e em seguida exportados para uma planilha no *Excel*, onde esses dados foram tratados e analisados por um profissional da saúde (um fisioterapeuta, que faz parte da equipe do NGD-LDU). Onde foram consideradas informações associadas à Gestão de Design enfatizando os 4 P's (pessoas, projetos, processos e procedimento); a ergonomia (adaptação do trabalho ao homem); biomecânica (cinemática e cinética), antropometria, a captura de movimentos

(sensores inerciais); o *Software MVN Studio PRO* e os princípios do Design Centrado no ser Humano. Seus resultados serão apresentados por meio de imagens, gráficos, tabelas, ilustrações e descrições.

3.4 FASE 4 – PROPOSTA DE APLICAÇÃO CONCEITUAL

Esta fase, caracterizada como proposta de aplicação conceitual (Figura 30) teve como objeto de estudo o setor da saúde, especificamente, um Hospital Psiquiátrico da região Sul do Brasil, esta fase foi dividida em três etapas: etapa 1- visitas *in loco*, etapa 2- Reestruturação das coletas e etapa 3- proposta de aplicação conceitual.

Figura 30 – Proposta de aplicação conceitual e suas respectivas etapas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.1 Fase 4/Etapa 1 – Visitas *in loco*

Nesta etapa foram realizadas as visitas ao Hospital Psiquiátrico, a fim de levantar informações e dados relacionados à:

- estrutura;
- trabalhadores e pacientes;
- tarefas e atividades realizadas;
- rotina e fluxo de trabalho (funcionamento).

Essas informações foram consideradas para o desenvolvimento da proposta de aplicação conceitual neste setor.

3.4.2 Fase 4/Etapa 2 – Reestruturação das coletas

Durante o desenvolvimento deste estudo, especificamente no mês de março de 2019 surgiu a pandemia de COVID-19, também conhecida como pandemia de coronavírus, afetando os sistemas educacionais a nível mundial. Esta levou ao fechamento de escolas, universidades e faculdades, bem como ao distanciamento e isolamento social. Com isso, a realização das coletas com o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) no contexto real do Hospital Psiquiátrico se tornou inviável. Sendo necessários ajustes nos procedimentos de coleta adotados. Que ficaram da seguinte forma:

- 1- As coletas presenciais foram descartadas;
- 2- A aplicação real tornou-se conceitual;
- 3- Foi desenvolvida uma nova estratégia de utilização e aproveitamento dos dados levantados antes da pandemia por meio de uma proposta de aplicação, que será apresentada em formato conceitual.

3.4.3 Fase 4/Etapa 3 – Proposta de Aplicação conceitual

Nesta etapa, após os dados levantados nas etapas anteriores, e com o distanciamento e isolamento social causado pela pandemia de COVID-19, foi desenvolvida, com base na literatura e dados obtidos, uma proposta de aplicação conceitual do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*). O objetivo desta proposta foi identificar por meio da utilização do sistema de captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) os riscos de Lesões Osteomusculares associados à atividade de transferência de pacientes da equipe de enfermagem (enfermeiros e técnicos) de um Hospital Psiquiátrico na região Sul do Brasil.

Para isso, foram analisados dados coletados e os identificados na literatura. A partir disso, foram identificados no Hospital os locais onde seria aplicada a captura de movimentos (*Xsens*) representados de forma visual com base na planta do hospital, observações feitas durante as visitas e necessidades dos sujeitos do estudo. Quanto à atividade de transferência definida para análise dos movimentos com o *Xsens* nesse estudo foram desenvolvidas a partir das fotografias tiradas em contexto real, ilustrações que demonstram visualmente o processo de realização da atividade de transferência (do leito para a cadeira de rodas e vice versa; do guincho para a cadeira de banho) e os envolvidos (pacientes e equipe de enfermagem), bem

como destaca a utilização do sistema de captura de movimentos e quais segmentos se pretende analisar com este sistema.

Acredita-se que a utilização da captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) neste contexto possibilitaria a identificação dos riscos relacionados à saúde dos trabalhadores e pacientes, como também permitiria por meio das análises dos movimentos, ações corretivas, atribuindo melhorias ao fluxo de trabalho e qualidade de vida. O estudo teve como base, a Gestão de Design, os princípios do Design Centrado no ser Humano, ergonomia e tecnologia como auxílio no projeto.

Análises e Conclusões dos casos

4



4 ANÁLISES E CONCLUSÕES DOS CASOS

Este capítulo apresenta os resultados referentes à Preparação do pesquisador (Fase2), Estudo multicasos (Fase 3) e Proposta de aplicação conceitual (Fase 4).

4.1FASE 2 – PREPARAÇÃO DO PESQUISADOR

4.1.1 Fase 2/Etapa 1 – Levantamento sobre o *Xsens*

Esta etapa permitiu ao pesquisador a compreensão e aprofundamento sobre o equipamento utilizado neste estudo, aumentando seu conhecimento e domínio sobre o mesmo. Tais informações foram de suma importância durante o processo de aprendizagem, facilitando o entendimento relacionado ao uso do *Xsens* na prática.

4.1.2 Fase 2/Etapa 2 – Testes em laboratório com o *Xsens*

Os testes realizados no NGD-LDU/UFSC com o equipamento *Xsens* foram de suma importância para o processo de preparação do pesquisador, uma vez que estes oportunizaram a realização de simulações de coletas em ambientes reais, proporcionando a compreensão dos dados relacionados ao seu funcionamento e função. Bem como o entendimento sobre sua contribuição para pesquisas relacionadas à ergonomia, biomecânica, desenvolvimento de novos produtos, *redesign* e na avaliação e análise de projetos (produto/serviço). Ainda, o pesquisador pôde compreender na prática a importância de se considerar todo o processo referente às coletas, desde o momento de pré-coleta, onde é realizada a separação do equipamento, roteiro de coleta, organização do material (carregamento das baterias, câmera fotográfica, pranchetas, trena, tnt, dentre outros) até o pós-coleta onde é realizado o descarregamento dos arquivos, armazenamento do equipamento e tratamento dos dados coletados. Esses testes também possibilitaram agilidade e eficácia do pesquisador durante o momento de montagem e desmontagem do equipamento, além da atenção a ser dada no posicionamento exato dos sensores, conexão dos cabos, distanciamento entre os sensores, ligamento e calibração do software.

4.1.3 Fase 2/Etapa 3 – Acompanhamento e participação em coletas com o *Xsens*

Tais experiências práticas desenvolvidas por meio da observação participante natural do pesquisador, de registros etnográficos e anotações, possibilitaram o acesso aos dados, obtendo informações importantes a serem consideradas durante a coleta de dados com o sistema *MVN Link* em estudos futuros. Assim, mediante sua atuação como observador participante e seus registros feitos das equipes de projeto no levantamento de dados dos usuários, o pesquisador adquiriu mais conhecimento e domínio sobre os procedimentos e utilização do sistema.

4.1.4 Fase 2/Etapa 4 – Utilização do *Xsens* em contexto real

O pesquisador esteve à frente de forma direta na aplicação do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) em contextos reais, sendo estes: equipe UFSC Baja SAE (caso 2) onde foi realizada sua primeira coleta utilizando o equipamento, empresa de entrega de encomendas (caso 3), onde foram realizadas três coletas. Bem como, da verificação de dados gerados na Cooper Rio Novo (caso 1) onde participou indiretamente.

4.2 FASE 2 – ESTUDO MULTICASOS

4.2.1 Fase 3/Etapa 1 – Critérios de Seleção dos casos

Considerando os critérios de seleção adotados foram selecionados três casos de três diferentes setores, sendo estes: agricultura- associação de bananicultores, a Cooper Rio Novo (caso1), ensino - equipe de competição composta por graduandos dos cursos das engenharias, a Equipe UFSC Baja SAE (caso 2) e serviços - empresa de entrega de encomendas (caso 3).

4.2.2 Fase 3/Etapa 2 – Apresentação e descrição dos casos

No que se refere às informações sobre os casos e objetivos da realização das coletas, estas são apresentadas a seguir.

- **Cooper Rio Novo:**

A Rio Novo é uma cooperativa de bananicultores localizada na cidade de Corupá, ao norte do estado de Santa Catarina. Sua história teve início em 2006, a partir da iniciativa de um grupo de produtores da ASBANCO – Associação dos Bananicultores de Corupá que, após 11 anos com esta forma de união, resolveram criar um novo grupo de associados com interesse de discutir a qualidade da banana produzida e que não era reconhecida pelos compradores. A partir deste movimento é fundada a Cooperativa da Agricultura Familiar Rio Novo – Cooper Rio Novo, em abril de 2006.

A Cooper conta com 22 famílias associadas (dado referente ao ano de 2020), destaca-se que a produção de banana vem das propriedades dessas famílias. De acordo com os as informações fornecidas pela equipe administrativa, a Cooper possui 225 mil pés de bananas plantadas em uma área de 130 hectares (BARROS, 2020).

A oportunidade de aplicação desse estudo no referente contexto, deu-se por meio do NGD/LDU - Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade da UFSC, em uma parceria que surgiu desde o ano de 2014, uma vez que em seu primeiro contato com o NGD/LDU a Cooper Rio Novo apresentou sua principal demanda, que se enquadrava de forma provável para a introdução do Design e da Gestão de Design.

De acordo com Aguiar (2017) além de possuir fatores importantes no panorama agrícola estadual, a Cooper envolveu outras perspectivas, bem como: características favoráveis à imersão do design, uma vez que a iniciativa surgiu dos próprios cooperados; como também o setor administrativo acessível e propenso ao desenvolvimento dos projetos de design e geração de mudanças. Dentre tais projetos desenvolvidos segundo essa parceria, identificou-se a oportunidade de atuação relacionada à saúde dos trabalhadores em seu processo produtivo, mediante o desenvolvimento de uma ferramenta que auxiliasse em suas atividades, especificamente na etapa de despenca (TAKAYAMA et al., 2015).

Participaram deste estudo três sujeitos do sexo masculino, todos destros e que comumente realizavam a tarefa de despenca por um tempo aproximado de 4 horas por dia.

No que se refere aos procedimentos de uso do equipamento da *Xsens* como mencionado nos procedimentos metodológicos, neste estudo os sensores inerciais foram colocados nos trabalhadores e calibrados conforme as diretrizes do fabricante. Após a

instalação e calibração do equipamento, os trabalhadores executaram a tarefa da maneira habitual dentro de um período de 5 minutos. Geralmente, esse período de tempo equivale à remoção de cinco cachos de bananas. Após a gravação dos movimentos, os dados foram analisados no *software* da *Xsens MVN Studio Pro* e exportados para o *Microsoft Excel 2010*, onde foram calculadas as médias e desvios padrão das amplitudes de movimentos articulares e do tempo de execução das tarefas, com o propósito de identificar os riscos de lesões musculoesqueléticas. Desta forma a Figura 31 apresenta as posturas do trabalhador na utilização da ferramenta (faca curva) na execução da atividade de despenca dos cachos de banana.

Figura 31 - Postura do trabalhador durante a despenca dos cachos de banana.



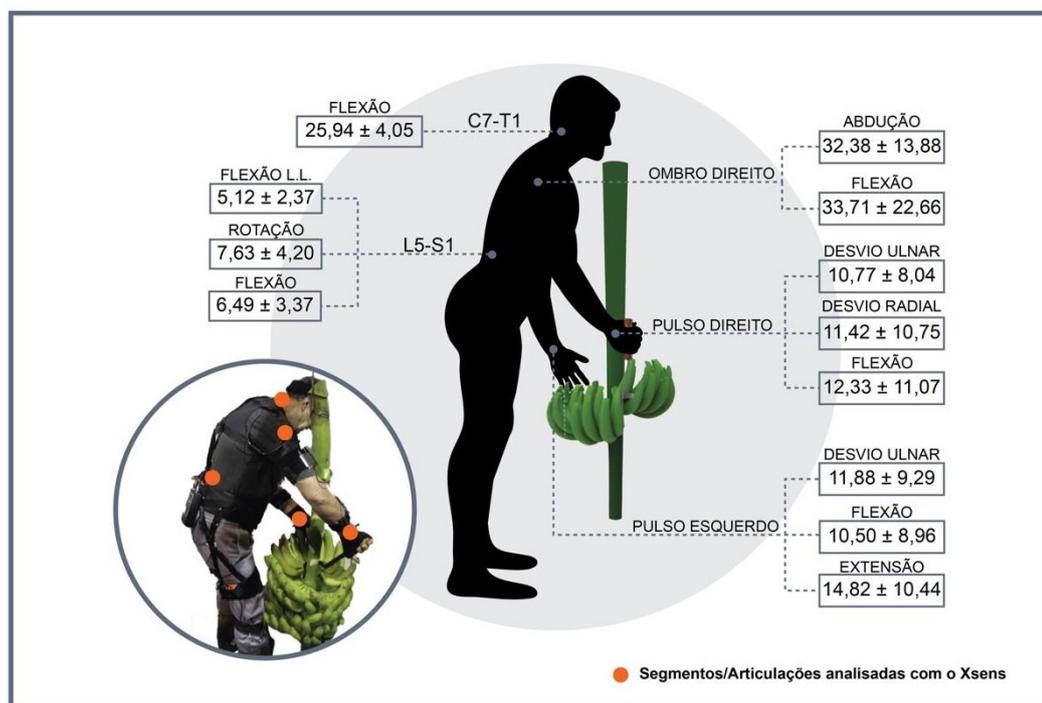
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Takayama et al. (2015); Merino et al. (2018).

Segundo Takayama, Merino e Merino (2015) durante a realização da tarefa de despenca o trabalhador permanece de pé com o dorso inclinado e levemente torcido. Durante parte do tempo os braços são postos para baixo e em movimento constante, casualmente os braços se direcionam para cima. Quanto às pernas, estas ficam retas no início da tarefa, e flexionam-se para o corte das penas inferiores. Assim, destaca-se que durante a realização da tarefa acontece o movimento de flexão do punho (onde são aproximadas as faces anteriores das mãos e do antebraço durante o corte de separação, e extensão do punho (onde são

aproximadas as faces posteriores da mão e do antebraço) na qual o punho volta à posição normal de pega.

Ainda nesse contexto, a figura 32 apresenta os ângulos médios da articulação e desvios padrão durante a execução da tarefa. Ressalta-se que os três trabalhadores eram destros, e utilizavam a mão esquerda para segurar o engajo e a direita para segurar a ferramenta de corte na remoção dos cachos.

Figura 32 - Ângulos médios das articulações e desvios padrão.



Fonte: Adaptado de Merino et al. (2018).

Considerando as análises, o ombro direito dos trabalhadores apresentou abdução e flexão $\geq 60^\circ$ para uma média de 3,14% e 10,56% da tarefa, respectivamente. Quanto ao punho direito, houve um desvio $\geq 10^\circ$ ulnar por tempo médio de 22,28%, enquanto desvio $\geq 15^\circ$ desvio radial, flexão e extensão ocorreram em média 15,66%, 18,00% e 9,81% da tarefa, respectivamente. Em relação à articulação C7-T1 dos trabalhadores houve $\geq 20^\circ$ de flexão para uma média de 88,63% da tarefa, enquanto na articulação L5-S1 ¹⁷ houve $\geq 1^\circ$

¹⁷ C7-T1: é o segmento que liga o pescoço (coluna cervical) à parte superior das costas (coluna torácica).

¹⁸ L5-S1: L= lombar número 5 e S= sacral 1, são vértebras da coluna.

de flexão lateral esquerda, rotação e flexão uma média de 81,77%, 92,91% e 95,03% da tarefa, respectivamente.

Consoante a isso, a Tabela 2 expõe o tempo médio em intervalos de segundos (com desvio padrão) que cada trabalhador gastou para remover um cacho de bananas. Com base nesses dados, em um turno de 8 horas, os trabalhadores poderiam remover até 903 cachos.

Tabela 2 - Tempo gasto para remoção de um cacho de bananas.

Tempo gasto para remover um cacho de bananas.		
TRABALHADOR	TEMPO DE TAREFA	DESVIO PADRÃO
Trabalhador 1	38.32	7.90
Trabalhador 2	31.39	9.57
Trabalhador 3	25.87	6.56
MÉDIA	31.86	9.07

Fonte: Adaptado de Merino et al. (2018)

De acordo com a análise gerada pela captura de movimentos com sensores inerciais na articulação C7-T1 dos trabalhadores, ocorreu flexão $\geq 20^\circ$ para média de 88,63% da tarefa, ao mesmo tempo em que o ângulo médio de flexão foi de $25,94^\circ \pm 4,05$. Por consequência, a flexão cervical $\geq 20^\circ$ eleva o risco de dor e distúrbios nesta região resultante do aumento da carga compressiva nas sustentações osteomusculares da coluna cervical (SZETO et al., 2005). Isso se dá, devido à variância no ângulo de flexão cervical que provoca alterações na altura do disco intervertebral podendo acarretar em uma degeneração (ANDERST et al., 2014). De acordo com McNee et al. (2013) períodos extensos de flexão cerebral podem ocasionar em fadiga e dor muscular crônica, gerando a diminuição do comprimento muscular, bem como a imobilidade da coluna cervical (NING et al., 2015).

No que diz respeito à articulação L5-S1, foi obtida uma média de $5,12^\circ \pm 2,37$ de flexão lateral esquerda, $7,63^\circ \pm 4,20$ de rotação e $6,49^\circ \pm 3,37$ de flexão para frente. Além do mais, houve $\geq 1^\circ$ de flexão lateral esquerda, rotação e avanço flexão para uma média de 81,77%, 92,91% e 95,03% da tarefa, respectivamente. Desta forma, pode-se dizer que essa atividade possui risco de distúrbio musculoesquelético para a coluna lombar, visto que pesquisas têm apresentado um aumento na sobrecarga da coluna lombar em diferentes

ângulos de rotação, bem como flexões e/ou torções frequentes de tronco (LOTTERS et al., 2003).

Quanto aos ângulos médios de abdução e flexão do ombro direito foram $32,38^\circ \pm 13,88$ e $33,71^\circ \pm 22,66$, respectivamente. Além do mais, ocorreram abdução e flexão $\geq 60^\circ$ para uma média de 3,14% e 10,56% da tarefa, respectivamente. Desta forma, ressalta-se que a quantidade de tempo em que o ombro direito permaneceu em $\geq 60^\circ$ de flexão ou abdução é capaz de diminuir os riscos de lesões musculoesqueléticas, já que o risco de distúrbios Osteomusculares surge com o ombro em flexão e /ou abdução $> 90^\circ$ (PUNNETT et al., 2000).

Quanto às posturas do punho, estas tiveram como maiores valores médios da amplitude de movimento, o desvio ulnar ($10,77^\circ \pm 8,04$), desvio radial ($11,42^\circ \pm 10,75$) e flexão ($12,33^\circ \pm 11,07$) no punho direito e desvio ulnar ($11,88^\circ \pm 9,29$), flexão ($10,50^\circ \pm 8,96$) e extensão ($14,82^\circ \pm 10,44$) no punho esquerdo. Especificamente, no punho direito, ocorreu desvio $\geq 10^\circ$ ulnar por tempo médio de 22,28%, enquanto desvio $\geq 15^\circ$ radial flexão e extensão ocorreram em média 15,66%, 18,00% e 9,81% da tarefa, respectivamente. Uma vez que as posturas neutras de preensão e amplitudes "seguras" de movimentos considerados pela literatura ergonômica, de forma preventiva no desconforto e sobrecarga consistem em $\leq 15^\circ$ de flexão e extensão, $\leq 10^\circ$ de desvio radial, e $\leq 15^\circ$ de desvio ulnar (PADULA; SOUZA; GIL, 2006).

Conclusão do caso

O Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da *Xsens* permitiu a identificação dos riscos de lesões relacionados à posição dos ombros, pulsos e coluna cervical dos trabalhadores durante a execução da tarefa de despenca, uma vez que trabalharam em abdução acima de 60° e realizaram movimentos inadequados acima dos limites angulares. Desta forma, a captura de movimentos associada à ergonomia de correção possibilitou a visualização do problema e desenvolvimento de medidas corretivas para melhorias da qualidade de vida do trabalhador, por exemplo, alterações na ferramenta utilizada na atividade de despenca.

- **Equipe UFSC Baja SAE:**

A equipe UFSC Baja SAE é uma equipe de competição, criada por alunos do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, que foi fundada no ano de 1996, e participou de sua primeira competição em 1997 sob orientação do professor Honorato Antônio Tomelin com o nome de Equipe Floripa. O professor Tomelin permaneceu frente ao projeto como orientador até o ano de 2000 durante esse tempo a equipe construiu os protótipos Papa terra (1997), Berbigão (1998) e Baiacu (1999), os dois últimos nomes fazendo referência a espécies da fauna marinha de Florianópolis.

No ano 2000 a equipe passou por algumas mudanças, bem como a de orientação, em que o professor Narciso Angel Ramos Arroyo ficou à frente da equipe, que teve seu nome mudado para Vento Sul. No respectivo ano uma equipe de Baja independente foi fundada, nomeada de Uiraçu, esta sob orientação do professor Lauro Cesar Nicolazzi. Em 2003 teve início a competição Baja SAE Brasil - etapa Sul, que ocorreu na cidade de Gravataí e ficou conhecida somente por Baja Sul. Foi em 2003 também que as equipes se uniram, formando assim, a atual Equipe UFSC Baja SAE, permanecendo sob a orientação do professor Nicolazzi. O projeto da equipe se desenvolveu e evoluiu junto com o crescimento do movimento Baja no Brasil. Durante os anos de 2000 a 2013 a equipe competiu com dois carros com projetos distintos entre si, apresentados inicialmente como Ilhéu e Uiraçu e mais tarde como Puma e Jaguar.

A equipe tem como finalidade construir protótipos *off-road* do tipo Baja. No processo de desenvolvimento e realização do projeto, estudantes aplicam os conhecimentos, técnicas e experiências obtidas dentro e fora da sala de aula, alcançando assim, como resultado o modelo do veículo a ser usado durante as competições, que acontecem dentro dos âmbitos regional, nacional e mundial. Há mais de vinte anos, a equipe UFSC Baja vem alcançando grandes conquistas; dentre os seus principais títulos está o de heptacampeã Sul-brasileira, onde conquistou o primeiro lugar na competição regional Sul nos anos de 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011 e 2012, além de ter estado presente três vezes em meio as três melhores equipes do país em 2005, 2009 e 2013 (os últimos dois anos garantindo a participação da equipe na competição internacional nos Estados Unidos). A equipe classificou-se também ocupando a quarta colocação na competição nacional nos anos de 2006 e 2018, obteve também o pódio várias vezes em provas dinâmicas como suspensão, tração e aceleração.

Este estudo foi realizado em julho de 2019, na oficina do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina. Cabe ressaltar que, a escolha do piloto

(sujeito da pesquisa) bem como, seu tempo de permanência no comando do veículo foi determinada por escolha da equipe, uma vez que no regulamento Baja SAE Brasil¹⁹ não existem critérios que definam isso, o único critério que consta é que para ocupar o posto de piloto precisa possuir a Carteira Nacional de Habilitação (CNH). Logo, as dimensões do carro devem ser adaptadas com base na antropometria do piloto que está no volante naquele referido período, para que se tenha uma melhor adequação e desempenho durante a realização das provas.

Nesse contexto, Zitkus et al (2016) relatam que o conforto do piloto de um veículo está associado a pelo menos três aspectos: sua postura, a vibração do veículo e o tempo de realização da tarefa de condução. Para Huet e Moraes (2003) manter-se na posição de sentado (a) por um período ininterrupto pode causar desconforto. Desta forma, este estudo teve como finalidade uma análise antropométrica do piloto no veículo atual, visando identificar os problemas ergonômicos relacionados à acomodação no veículo, em específico às suas dimensões e quais melhorias poderiam ser implementadas no novo *cockpit* do veícul

Assim, foram consideradas as dimensões antropométricas (ângulos dos movimentos recomendados por Tilley, 2005). Desse modo, com base no levantamento realizado com o piloto verificou-se que suas medidas eram equivalentes ao percentil 50°. Suas características estão apresentadas na Figura 33.

Figura 33 - Identificação do piloto do ano 2019.

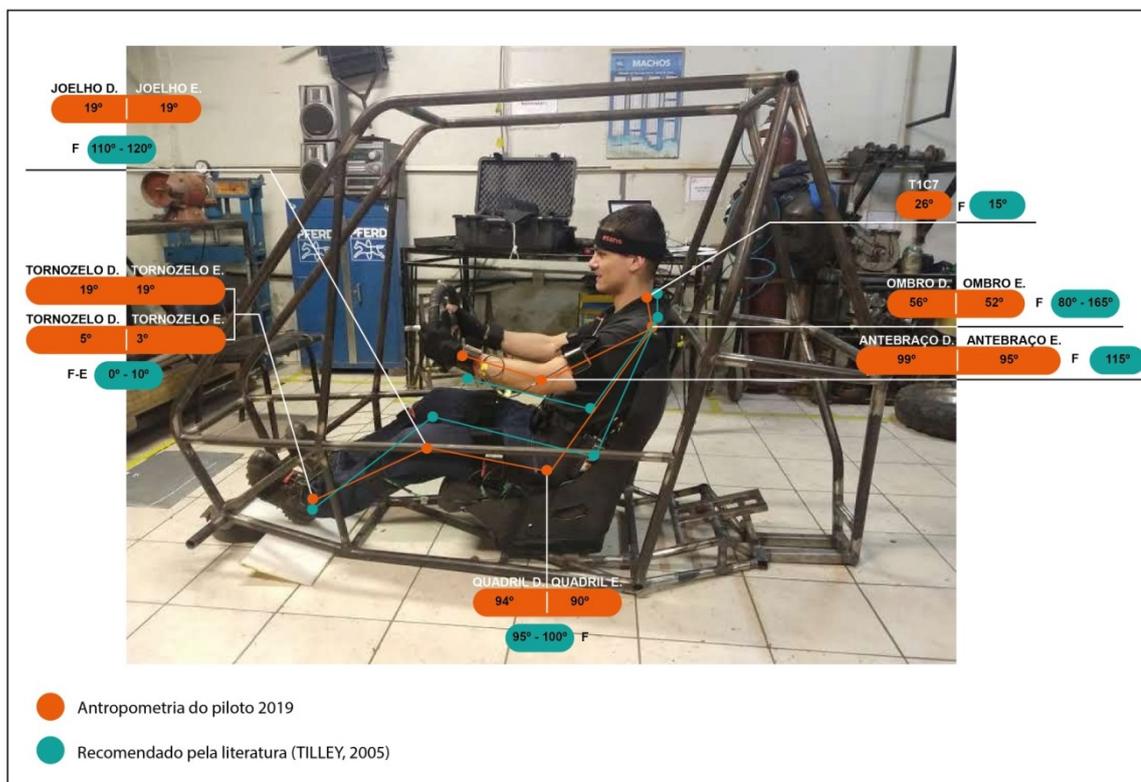


Fonte: Elaborado pelo autor.

¹⁹ Baja SAE Brasil “é um desafio estudantil com o objetivo de promover aos participantes uma experiência de aplicar na prática seus conhecimentos adquiridos academicamente, sob a forma de um processo integrado de desenvolvimento, garantindo excelência no âmbito internacional (BRASIL SAE, 2018).

No que se refere à captura de movimentos a análise foi feita com o veículo em repouso, onde o piloto entrou no veículo e simulou a posição durante a corrida. Os dados obtidos permitiram analisar se as dimensões estruturais do veículo condiziam com as necessidades básicas do piloto durante sua utilização, bem como, riscos relacionados à sua postura, visando sua segurança e conforto. Desta forma, foram analisados os dados referentes aos ângulos das articulações e segmentos (joelhos, tornozelos, quadris, C7-T1, ombros e antebraços) do piloto durante a pilotagem do veículo, seguido da conferência com as dimensões encontradas na literatura, como mostra a Figura 34.

Figura 34 - Comparação da antropometria do piloto com a encontrada na literatura.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Acervo NGD-LDU (2019) e Tilley (2005).

De acordo com a figura 35, as informações apresentadas na cor verde representam os ângulos recomendados pela literatura. Enquanto que as em laranja são os ângulos do piloto com percentil 50, o que nem sempre está de acordo com as recomendações ergonômicas.

O ângulo de flexão entre os joelhos apresenta 86° quando deveria ter entre 110° e 120°, para não ocasionar desconforto ao piloto.

Os tornozelos apresentam ângulos de 19° de flexão no direito e esquerdo e 5° de extensão no direito e 3° no esquerdo, quando é recomendado que tenha entre 0° e 10°.

No que se refere aos ângulos de flexão dos quadris, o direito apresenta 94° e o esquerdo 90°, sendo que deveria ter entre 95° e 100°.

Quanto ao segmento C7-T1, este apresenta ângulo de flexão de 26°, onde deveria ter 15°.

O ângulo de flexão dos ombros são 56° o direito e 52° o esquerdo, sendo que é recomendado ter entre 80° e 165°.

Os antebraços apresentam ângulos de 99° de flexão do direito e 95° do esquerdo, quando é recomendado ter 115°.

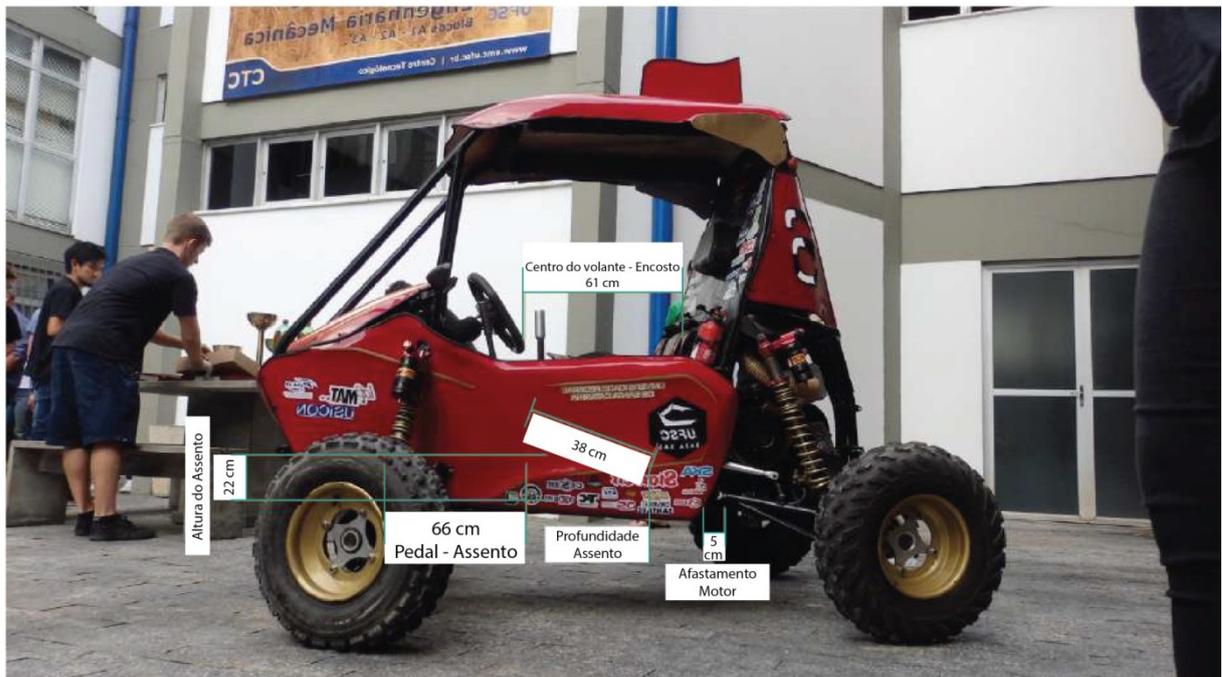
Consoante a essas observações fica claro que os ângulos do piloto percentil 50 no *cockpit* demandam correções para melhorias no desempenho do veículo e do piloto. Desta forma, foram propostas recomendações ergonômicas referentes à estrutura do veículo, sem desconsiderar as dimensões padrões que constam no regulamento da competição. Tais recomendações ergonômicas estão descritas a seguir.

- Aumentar app. 16 cm a distância entre o banco e os pedais;
- Afastar horizontalmente app. 11 cm o volante do encosto;
- Aumentar a altura do assento em app. 5 cm;
- Manter o ângulo entre assento e encosto entre 95 e 100;
- Afastar horizontalmente o assento do motor (no mínimo) 5 cm;
- Aproximar o encosto da cabeça do piloto (distância máxima 2,5 cm com capacete);
- Acrescentar apoio lateral para a cabeça;
- Manter profundidade do assento (38 cm);
- Aumentar densidade da espuma do assento (espuma laminada D30).

Por fim, considerando a existência de algumas restrições, bem como normas relacionadas às dimensões do veículo, a equipe buscou atender ao maior número de recomendações possíveis. De acordo com o recomendado na análise realizada com a captura de movimentos (*Xsens*) o *cockpit* foi alongado em 16 cm, o que de tal forma aumentou a

distância entre o banco e o pedal, foi definida também a posição do volante, o assento sofreu uma elevação da base e recebeu uma nova espuma (D30), bem como se manteve a profundidade do assento (Figura 35).

Figura 35 - Alterações feitas no cockpit.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no acervo da Equipe UFSC Baja SAE (2019).

Conclusão do caso

Assim, pode se destacar como contribuição do uso do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da *Xsens*, o auxílio no processo de desenvolvimento do novo produto (veículo), uma vez que o mesmo proporcionou maior precisão e rapidez na obtenção e visualização dos dados. Bem como, possibilitou analisar o posicionamento estrutural e os movimentos do piloto, associando a biomecânica, ergonomia e o foco no ser humano, tornando o produto final mais ergonômico, confortável e eficaz.

- **Empresa de entrega de encomendas (serviços)**

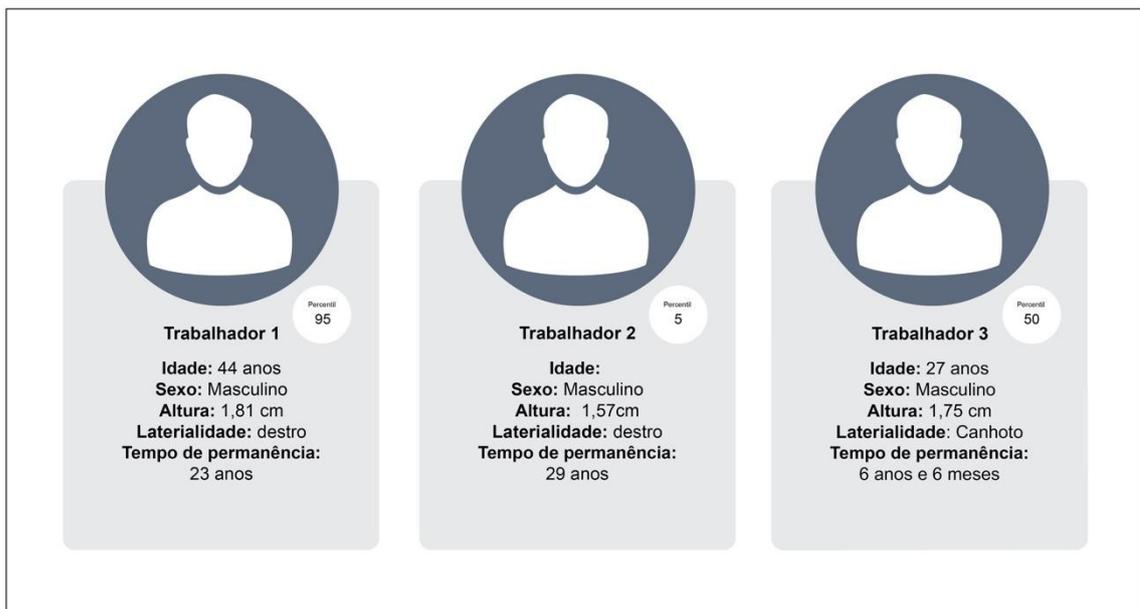
A empresa teve sua criação no ano de 2003, tendo como objetivo entregas de encomendas, na época direcionadas ao *e-commerce* e serviço SEDEX 10. O atendimento

realizado pela empresa abrangia toda a Grande Florianópolis, mas com os anos foram sendo agregados novos serviços, como por exemplo, a substituição de *toners* de máquinas fotocopadoras da Xerox do Brasil, onde acontecia a entrega de um *toner* novo e o recolhimento do usado que era devolvido à empresa Xerox.

Atualmente a empresa está instalado em um prédio de 3.000M², conta com 84 funcionários concursados, 14 motoristas terceirizados mais equipe de limpeza, conservação e vigilância. Conta também com uma frota de 60 veículos entre 600 e 1500 Kg, e distribui cerca de 6.000 objetos/dia, além do serviço de coleta, logística reversa e malotes.

Este estudo foi realizado em novembro de 2019, no Galpão sede da empresa. A amostra foi composta por três trabalhadores do sexo masculino, com os percentis 5, 50, 95 (Figura 36), que trabalharam por mais de 12 meses realizando atividades de processamento de pedidos para entrega durante mais de 4 horas por dia.

Figura 36 - Características dos trabalhadores 1, 2 e 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As coletas tiveram como finalidades avaliar os riscos de doenças osteomusculares relacionada à execução das atividades de processamento de encomendas para a entrega. A definição das atividades que foram coletados os movimentos, deram-se mediante, à observação do pesquisador, relatos e reclamações dos trabalhadores e foram desenvolvidas dentro de quatro diferentes estações de trabalho (contexto real), respectivamente:

1. Levantamento de cargas
2. Leitura de códigos de barra
3. Separação de cargas
4. Carregamento do carro

As atividades foram executadas pelos três sujeitos atendendo à mesma sequência de execução (Figura 37) onde foram analisadas as amplitudes articulares e tempo de execução das atividades.

Figura 37 - Atividades realizadas pelos trabalhadores.



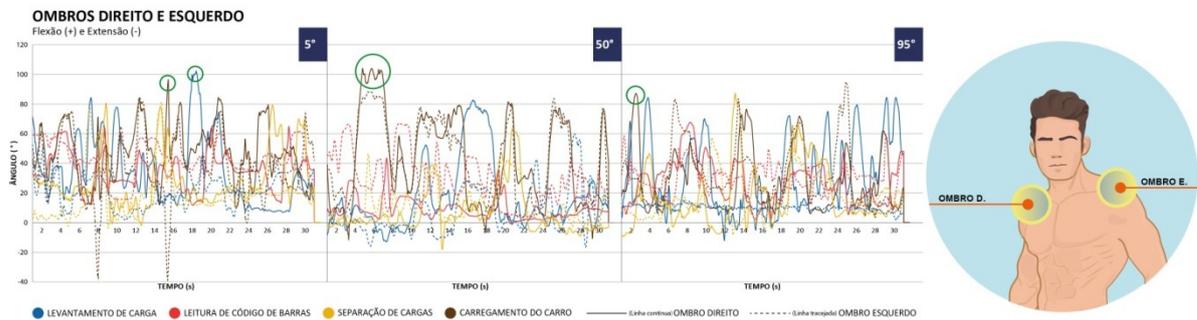
Fonte: Elaborado pelo autor com base no Acervo NGD-LDU (2019).

Desta forma, os resultados obtidos com a captura de movimentos (*Xsens*) podem ser observados nos gráficos a seguir (Figuras 38, 39,40) de acordo com cada parte do corpo e percentil analisado.

- **Ombros**

No que se refere aos movimentos realizados pelos ombros direito e esquerdo dos trabalhadores, se consegue perceber flexão/extensão, bem como, durante a execução das atividades de levantamento de cargas e o carregamento do carro, obtiveram os maiores ângulos com valores superiores a 60° em alguns momentos das atividades. Além do mais, ocorreu predominância do uso do membro superior direito do percentil 5, da mesma forma, pode-se observar nos percentis 50 e 95, presentes na Figura 38.

Figura 38 - Ombros direito e esquerdo percentis 5, 50 e 95.



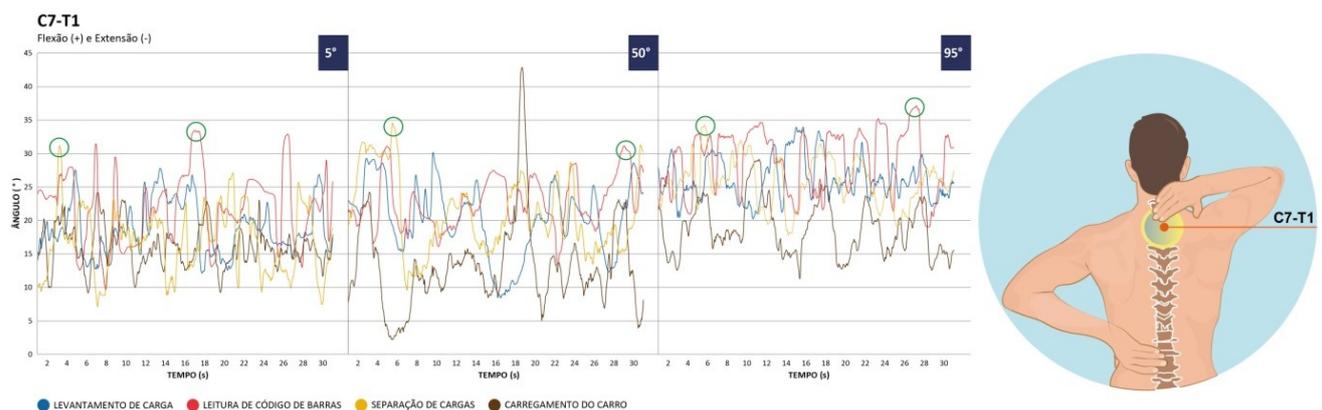
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Silva et al. (2020).

Apesar de ter havido predominância no uso do membro superior direito. Foi possível observar que durante a execução da atividade de leitura de códigos de barras, o membro superior esquerdo atingiu maiores valores angulares em razão de sua função apoio na exploração das superfícies das caixas para encontrar o código de barras.

- **Segmento C7-T1**

Quanto ao segmento C7-T1, que mostra a flexão anterior cervical, os movimentos realizados estão apresentados na Figura 39 a seguir.

Figura 39 - Segmento C7-T1 percentis 5, 50 e 95.



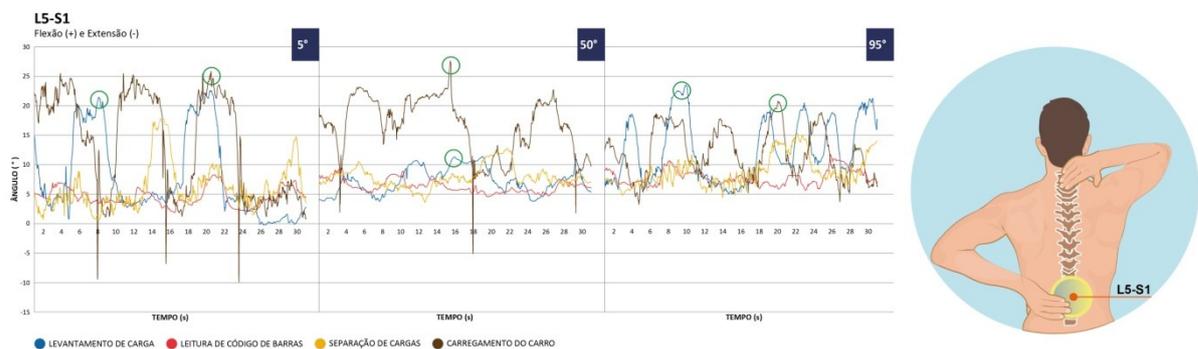
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Silva et al. (2020).

No segmento C7-T1, a atividade de leitura de código de barras apresentou os maiores valores angulares. Ainda, foi observado nos sujeitos avaliados, que quanto maior o percentil, maiores são os valores angulares da flexão anterior cervical.

- **Segmento L5-S1**

O próximo gráfico refere-se aos movimentos do segmento L5-S1, que permitem observar a flexão anterior da lombar, como mostra a Figura 40.

Figura 40 - Segmento L5-S1 percentis 5, 50 e 95.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Silva et al. (2020).

Em relação aos valores angulares relacionados ao segmento L5-S1. As atividades de carregamento do carro e levantamento de carga obtiveram os maiores valores. Também foi possível observar um comportamento repetitivo na atividade de carregamento do carro.

Conclusão do caso

O Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da *Xsens* permitiu a identificação dos problemas ergonômicos (organizacionais) existentes no posto de trabalho referente à execução das atividades de levantamento de cargas, leitura de códigos de barra, separação e carregamento do carro. Os principais movimentos executados (flexão e extensão), as articulações/ segmentos mais afetados pela repetitividade, sobrecarga de trabalho e suas amplitudes. Desta forma, as análises com o *Xsens* possibilitaram a definição de recomendações ergonômicas, como a correção de posturas dos trabalhadores e implementação de novos equipamentos adequando o trabalho ao homem.

- **SÍNTESE DOS CASOS**

Observou-se que, os resultados dos casos apresentados utilizando e analisados com o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) apresentaram algumas características em comum, mesmo existindo a diferenciação de setores, como a repetição de alguns segmentos/ articulações (C7-T1, L5-S1, ombros).

O caso 1 (Cooper Rio Novo) referente ao setor da agricultura familiar, o *Xsens* possibilitou avaliar o risco de lesões musculoesqueléticas na tarefa de processamento de bananas, especificamente o despencamento. A coleta também teve a participação de uma equipe multidisciplinar, tendo como procedimentos, etapas condizentes com a realidade do contexto e do trabalhador. As articulações e segmentos analisados foram os ombros, C7-T1, L5-S1 e os punhos (Figura 41). O tempo de realização da coleta foi o mesmo dos demais casos, como resultado obteve-se o *redesign* da ferramenta de despenca.

Figura 41 - Segmentos/articulações analisados pelo Xsens durante a atividade de despenca.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Acervo do NGD-LDU.

Cabe ressaltar que neste caso a **Gestão de Design** contribuiu na obtenção de metas organizacionais, por meio da orientação e otimização dos processos e procedimentos de projeto e no gerenciamento das pessoas envolvidas, bem como atuou na identificação das

necessidades dos sujeitos participantes, garantindo a aplicação do Design na Cooper. Quanto ao **Design Centrado no ser Humano**, o estudo atendeu aos seis princípios²⁰ presentes nessa abordagem, uma vez que o processo de levantamento e análise dos dados, e recomendações foram desenvolvidos de acordo com as especificidades dos sujeitos participantes deste, interferindo diretamente no resultado final do projeto, onde foram considerados os sujeitos, contexto e interações destes com o produto. No que se refere à **Ergonomia** esse estudo envolveu a ergonomia de correção, uma vez que sua aplicação se deu num contexto real e visou solucionar problemas relacionados à segurança, fadiga e doenças dos trabalhadores, e à ergonomia de participação, essa se deu por meio de um processo participativo onde os trabalhadores se envolveram na busca por resoluções de problemas ergonômicos associados à execução da atividade de despencamento e ferramenta (faca curva) utilizada. Desta forma, o **Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da Xsens** permitiu análises detalhadas sobre a Biomecânica dos movimentos dos sujeitos durante a realização da atividade, contribuindo de forma significativa no *redesign* da ferramenta utilizada na despenca de bananas.

No caso 2 (Equipe UFSC Baja SAE), uma equipe do setor de ensino (automotivo), o **Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da Xsens** permitiu a identificação dos problemas ergonômicos na relação homem-produto, especificamente, na acomodação do piloto no carro. Ressalta-se a importância da equipe multidisciplinar da coleta, composta por designers, engenheiros e fisioterapeutas durante a realização da coleta, processo de tratamento e de análise dos dados. Os procedimentos foram feitos de acordo com o *Motion Capture Protocol*, a coleta teve um tempo de realização aproximado de 1 hora. O ambiente de coleta (oficina) por apresentar muitos equipamentos e peças metálicas causou interferência magnética durante a calibração do equipamento (*Xsens*). Em relação às articulações e segmentos a serem analisados foram adotados para análise com a Captura de Movimentos, os joelhos, tornozelos, quadris, C7-T1, L5-S1, ombros e antebraços (Figura 42). A utilização do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da *Xsens* permitiu também, uma avaliação e consequente identificação das disfunções ergonômicas (antropométricas) resultando em recomendações que serviram de apoio para o reprojeto

²⁰ 1° O design é baseado em uma compreensão explícita de usuários, tarefas e ambientes; 2° Os usuários estão envolvidos em todo o design e desenvolvimento; 3° O design é orientado e refinado pela avaliação centrada no usuário; 4° O processo é iterativo; 5° O design aborda toda a experiência do usuário; 6° A equipe de design inclui habilidades e perspectivas multidisciplinares.

(redimensionamento) da estrutura do veículo por parte da equipe de projetistas do Baja. A **Gestão de Design** auxiliou no gerenciamento e desenvolvimento do projeto, especificamente nas etapas de levantamento e análise dos dados, por meio de processos planejados e estruturados, onde reduziu o desperdício de tempo e erros, permitindo resultados melhores referentes à qualidade, precisão e objetividade dos dados. Considerando os resultados obtidos e a necessidade de adaptações e correções identificadas, relacionadas ao piloto e estrutura do veículo foram utilizados os princípios do **Design Centrado no ser Humano** a fim de gerar melhorias à vida deste. Quanto a **Ergonomia**, esta possibilitou as alterações recomendadas pela literatura, considerando a biomecânica dos movimentos do piloto e sua antropometria proporcionando mais conforto e segurança.

Figura 42 - Segmentos/articulações analisados pelo Xsens durante a acomodação do piloto no carro.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Acervo do NGD-LDU.

O caso 3, referente a uma empresa de entrega de encomendas do setor de serviços, o **Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da Xsens** proporcionou uma

avaliação dos riscos relacionados a doenças Osteomusculares durante a execução das atividades de processamento de encomendas para a entrega, como no caso 2 os procedimentos adotados foram os mesmos. As atividades analisadas (levantamento de cargas, leitura de código de barras, separação de cargas e carregamento do carro) seguiram a ordem de realização adotada pelos trabalhadores em seu dia-a-dia de trabalho. Como no caso 2, o tempo de realização da coleta e as limitações foram as mesmas, bem como a participação da equipe multidisciplinar. As articulações e segmentos analisados foram: ombros direito e esquerdo, C7-T1 e L5-S1 (Figura 43).

Figura 43 - Segmentos/articulações analisados pelo *Xsens* durante as atividades de processamento.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no acervo do NGD-LDU (2019).

Como resultado obteve-se as avaliações para posteriores recomendações ergonômicas. Neste caso, a **Gestão de Design** auxiliou na organização, planejamento e definição das etapas de desenvolvimento do projeto, bem como no gerenciamento da equipe e realização das coletas. Com base nos princípios do **Design Centrado no ser Humano** foram consideradas as necessidades e comportamentos dos sujeitos durante a execução das atividades para que as

possíveis recomendações atendam às necessidades dos sujeitos, contribuindo com a produtividade de forma ágil. Em relação à **Ergonomia** esta proporcionou meios para melhorias das condições de trabalho, contribuindo para um ambiente seguro, benéfico e confortável ao trabalhador, uma vez que seus aspectos interferem no desempenho do trabalho.

4.3 FASE 4 – PROPOSTA DE APLICAÇÃO CONCEITUAL

Com base nos temas que compuseram a fundamentação teórica e os resultados obtidos nos três casos apresentados, nesta fase foi proposta uma aplicação conceitual do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) em um quarto setor (Saúde).

Desta forma, considerando os critérios de seleção adotados nos demais casos (equipamento disponível, estudos realizados pelo NGD-LDU em situações reais, localização, facilidade de contato, setores) o setor definido foi o da Saúde, especificamente, um Hospital Psiquiátrico localizado na região Sul do Brasil.

A aplicação do **Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da Xsens** seria realizada nas alas 1 e 2 do hospital especificamente, nos dormitórios e banheiros durante a atividade de transferência dos pacientes (do leito para a cadeira de rodas e do guincho elétrico para a cadeira de banho). O desenvolvimento desta coleta tomaria como base o *Motion Capture Procol*, e teria o auxílio de uma equipe multidisciplinar formada por Designers, Engenheiros (biomédico, segurança do trabalho) Terapeutas Ocupacionais e Fisioterapeutas. A aplicação aconteceria em dias alternados (considerando o fluxo de trabalho) no período da manhã (turno em que é realizado o banho dos pacientes) com duração aproximada de 60 minutos, participariam do estudo todos os sujeitos envolvidos na realização da atividade (enfermeiros e técnicos de enfermagem).

Assim, os procedimentos da coleta seguiriam a seguinte sistemática:

1 - Levantamento dos dados pessoais do sujeito: altura, peso, gênero, lateralidade e tempo de trabalho no hospital, e assinatura do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).

2 – Organização do ambiente de coleta: verificação de objetos que viessem a atrapalhar a realização da coleta e/ou gerasse riscos aos sujeitos da pesquisa;

3- Mensurações das dimensões do corpo do sujeito: Altura do corpo, Tamanho do pé, Envergadura, Altura do tornozelo, Altura do quadril, Largura do quadril, Altura do Joelho, Largura do ombro, Altura da sola do sapato;

4- Montagem e calibração do equipamento: Seria feita a colocação dos sensores ao corpo do sujeito, conexão dos cabos e ligação das baterias para posteriormente ser realizada a calibração.

5- Gravação: após o equipamento calibrado, começaria a gravação da captura de movimentos durante a realização das atividades de transferência do sujeito.

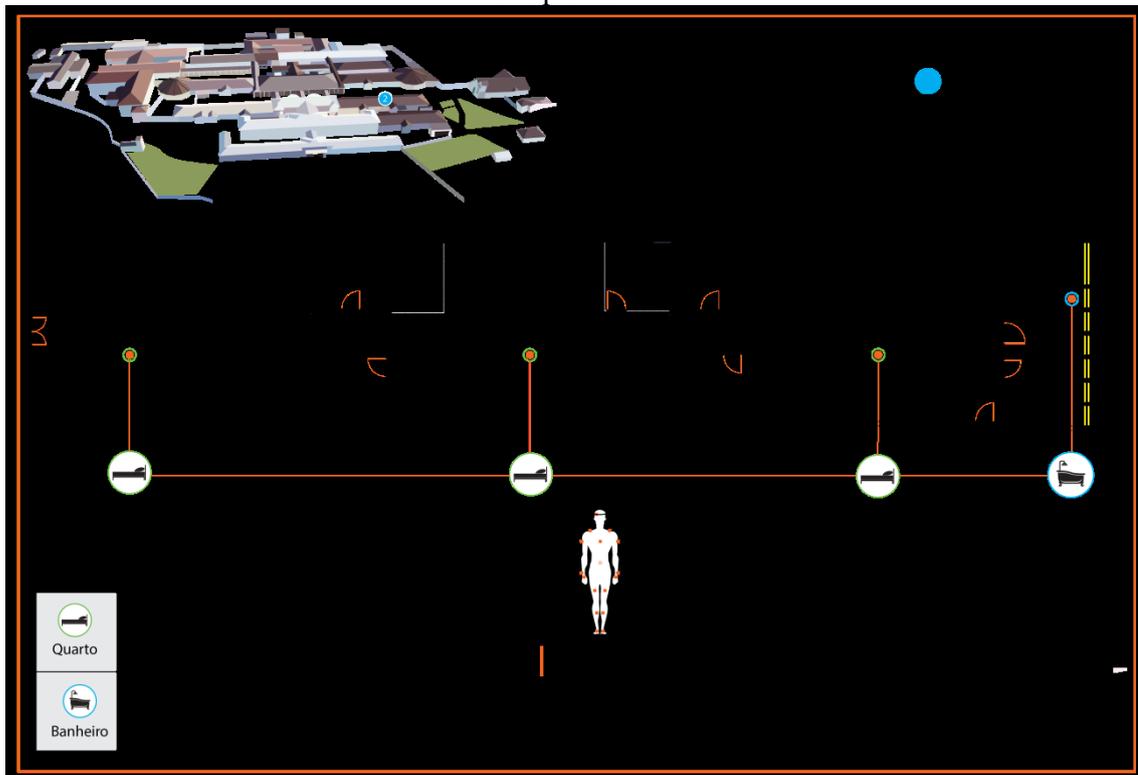
Para tal, se utilizaria da Gestão de Design no planejamento, estruturação e organização da coleta dando ênfase às pessoas, projetos, processos e procedimentos (4P's) bem como aos aspectos da ergonomia, contribuindo na otimização do bem-estar do sujeito, reduzindo os problemas relacionados à segurança e conforto por meio de medidas corretivas (ergonomia de correção), seguindo a abordagem de Design Centrado no ser Humano por meio da identificação e consideração das necessidades dos usuários e empregando os seus princípios.

4.3.1 Fase 4/Etapa 1 – *Visitas in loco*

Esta etapa compreendeu as pesquisas a campo desenvolvidas por uma equipe multidisciplinar, formada por designers, engenheiros (biomédico e de segurança do trabalho), fisioterapeutas e Terapeutas Ocupacionais. As visitas foram realizadas nos meses de julho, setembro, outubro e novembro de 2019, tendo como objetivo o reconhecimento do contexto do hospital: estrutura, instalações, equipes de profissionais, número e categoria dos pacientes, serviços oferecidos e fluxo de funcionamento, bem como identificar oportunidades para futuros estudos. As visitas abrangeram os referentes espaços: alas 1 e 2 (masculina, feminina e mista), espaço de socialização (Centro de Convivência), espaço da Terapia Ocupacional, casa de Convivência e o setor da Fisioterapia.

Por meio das visitas, observações e levantamentos foi possível identificar os locais onde o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) apresenta potencial de aplicação, especificamente na atividade de transferência de pacientes (do leito para a cadeira de rodas e vice-versa e do guincho elétrico para a cadeira de banho e vice-versa), considerada como problemática central desta proposta. Com as visitas também ficou evidente

Figura 45 - Identificação dos pontos de transferência na Planta baixa da Ala 2 do Hospital Psiquiátrico.



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Acervo NGD-LDU.

Como fatores limitantes para esse estudo podem ser considerados, o diagnóstico dos pacientes (transtornos mentais), a idade (maioria acima de 50 anos) e o tempo de permanência da internação (abandonos), o que de tal forma contribui para a sobrecarga de trabalho dos profissionais envolvidos.

4.3.2 Fase 4/Etapa 2 – Reestruturação das coletas

Em março de 2019 teve início a pandemia causada pela COVID-19²², que coincidiu com o cronograma definido para a realização das coletas no Hospital Psiquiátrico. Esta pandemia ocasionou no distanciamento e isolamento social, interferindo diretamente no planejamento e gerenciamento das coletas em situação real. Com isso, algumas questões

²² "A COVID-19 é uma doença causada pelo coronavírus, denominado SARS-CoV-2, que apresenta um espectro clínico variando de infecções assintomáticas a quadros graves" (BRASIL, 2020).

precisaram ser revistas e ajustadas como, o cronograma da aplicação do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*), o contato com usuários reais e os procedimentos de coleta adotados. Desta forma, a Gestão de Design foi de suma importância, uma vez que atuou de forma estratégica e sistêmica nas relações predominante entre o projeto, as pessoas envolvidas e os processos e procedimentos a serem seguidos, permitindo a reorganização, reestruturação e redefinição das ações de aplicação do *Xsens* nesse setor aliada ao Design Centrado no ser Humano, considerando as necessidades e experiências dos usuários.

4.3.3 Fase 4/Etapa 3 – Proposta conceitual

Esta proposta se desenvolveu a partir da pandemia causada pela COVID-19 segundo mencionado no item anterior, teve como objetivo a identificação dos riscos de Lesões Osteomusculares associados à atividade de transferência de pacientes (especificamente os segmentos C7-T1 e L5-S1) realizada pela equipe de enfermagem (enfermeiros e técnicos) de um Hospital Psiquiátrico localizado na região Sul do país. A Análise se daria por meio da utilização do Sistema de Captura de Movimentos inerciais da *Xsens*. Para alcançar tal objetivo foram analisados os dados levantados (registros fotográficos, observações assistemáticas e anotações) durante as visitas iniciais realizadas de forma presencial, bem como foram feitas buscas na literatura, a fim de adquirir bases estruturais que sustentassem esse modelo de proposta.

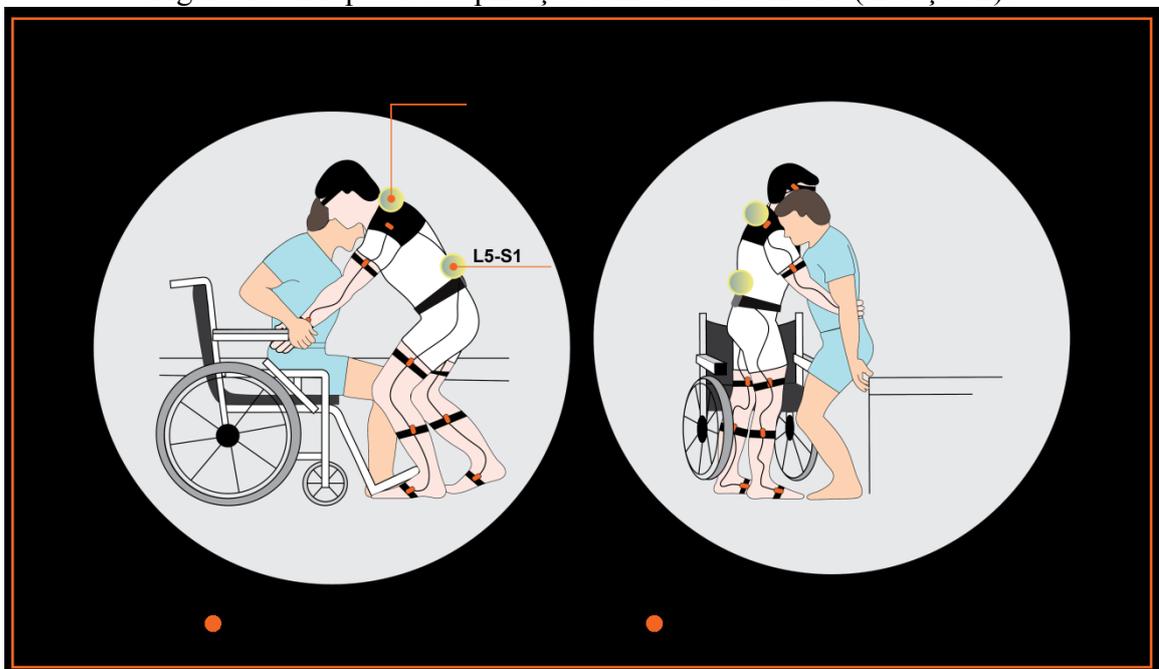
Cabe ressaltar que, no processo de desenvolvimento desta, participou uma equipe multidisciplinar formada por Designers, Engenheiros (biomédico, segurança do trabalho), Fisioterapeuta e Terapeutas Ocupacionais que auxiliou na identificação e atendimento das especificidades dos sujeitos envolvidos, visando à segurança e satisfação destes.

A proposta de aplicação foi direcionada às alas 1 e 2 do hospital, especificamente nos setores dos dormitórios e banheiros, locais onde são realizadas as transferências dos pacientes. Quanto às atividades escolhidas para serem analisadas foram definidas, a transferência do leito para a cadeira de rodas e vice-versa e do leito para o guincho elétrico vice-versa. Como sujeitos participantes da pesquisa foi escolhida a equipe de enfermagem (enfermeiros e técnicos). Quanto aos critérios de escolha relacionados aos sujeitos participantes da pesquisa, atividade e articulações/segmentos que seriam analisados com o *Xsens*, estes podem ser justificados por meio da literatura, uma vez que, autores têm abordado em seus estudos os

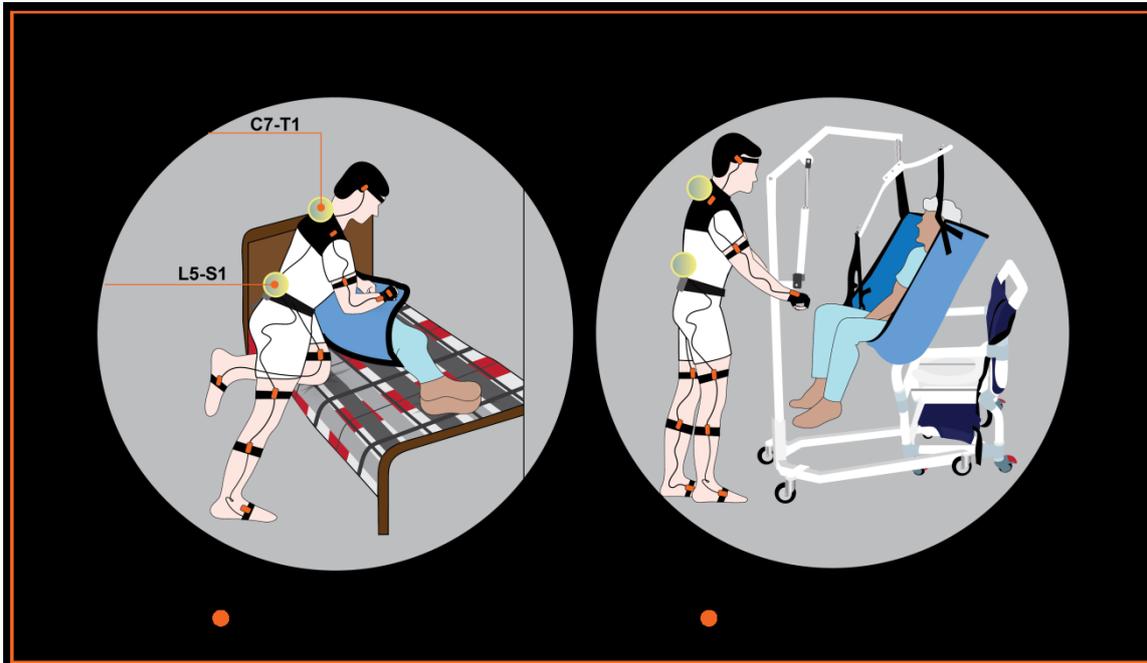
problemas, atenção e cuidados voltados a este setor. Gallasch e Alexandre (2003) escrevem que a equipe de enfermagem está sujeita as lesões na coluna, devido à realização da movimentação e transferência de pacientes, regularmente, sendo considerado um dos fatores que mais causam lesões à coluna cervical (CORRÊA; PASCHOARELLI; SILVIA). Desta forma, a inserção de novas tecnologias voltadas para a melhoria do ritmo de trabalho pode possibilitar soluções para a saúde do trabalhador (PASA, et al., 2015).

Considerando tais informações, as figuras 46 e 47 demonstram uma proposta de aplicação conceitual do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) associada à equipe de enfermagem (enfermeiros e técnicos) durante a realização da atividade de transferência dos pacientes. Essas figuras foram desenvolvidas a partir das fotografias tiradas no hospital durante as visitas presenciais ocorridas antes do período de pandemia. As figuras permitem a visualização das posturas dos trabalhadores e podem auxiliar na identificação de problemas relacionados à interação dos trabalhadores, pacientes e o ambiente de trabalho, bem como destaca os principais segmentos/articulações atingidos por lesões devido à execução da transferência.

Figura 46 - Proposta de aplicação conceitual do *Xsens* (situação 1).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 47 – Proposta de aplicação conceitual do *Xsens* (situação 2).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o resultado proveniente da proposta de aplicação, pretende-se propor recomendações ergonômicas, principalmente de cunho corretivas, a fim de diminuir o desconforto e adoecimentos dos trabalhadores e pacientes durante e após a realização da atividade de transferência. Além disso, propor a sistematização do processo de realização da atividade por meio da Gestão de Design e da Tecnologia (Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da *Xsens*) de modo que seja possível reduzir o tempo de execução, esforços realizados, melhorar o fluxo de trabalho e assim possibilitar que a atividade seja desempenhada de forma segura e confortável por todos os envolvidos.

Conclusões

5



5 CONCLUSÕES

O capítulo de conclusão desta dissertação foi dividido em quatro tópicos, sendo estes:

- a) Conclusões gerais
- b) Limitações da pesquisa
- c) Percepções do pesquisador
- d) Estudos futuros

5.1 CONCLUSÕES GERAIS

Esta pesquisa partiu da problemática de que muitos projetos falham ao desconsiderar em suas etapas de desenvolvimento e implementação questões relacionadas à abordagem Centrada no ser Humano, e da falta de estudos de Design associados à utilização da captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*). A partir disso, foi elaborada a pergunta de pesquisa: Como o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) pode auxiliar no desenvolvimento de projetos de Design Centrado no ser Humano (DCH)?

Para isso, a pesquisa apresenta uma série de contribuições identificadas por meio do estudo multicase (Fase 3) sendo atingido assim o objetivo geral da pesquisa. Desta forma, fica verificado um grande potencial de aplicabilidade do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*), bem como, o auxílio no processo de desenvolvimento de projetos de Design (produtos, serviços e/ou ambientes) seguindo os princípios do Design Centrado no ser Humano.

Quanto aos objetivos específicos, foram alcançados os seguintes resultados:

- A compreensão dos conceitos de Gestão de Design, Biomecânica, Antropometria, Ergonomia, Captura de Movimentos (MoCap), Sistema de Captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) e Design Centrado no ser Humano foi atingida na Fundamentação Teórica (FASE 1) por meio das pesquisas bibliográficas e Revisões Sistemáticas de Literatura, que contribuiu para o conhecimento do pesquisador sobre os temas e facilitou a aplicação nas fases posteriores;
- O levantamento dos principais contextos e áreas de aplicação onde a captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) vem sendo utilizada foi atingido por meio

dos resultados das revisões de literatura e desenvolvimento do panorama geral (Figuras 5 e 6);

- A identificação de com que finalidade a Captura de Movimentos por sensores inerciais vem sendo utilizada foi alcançada e pode ser verificada em síntese tanto na Figura 7, quanto nos Apêndices A e B, corroborada na pesquisa por meio do estudo multicasos (FASE 3);
- A identificação da forma como a ergonomia se faz presente nos estudos relacionados à Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) se deu por meio das análises biomecânicas, cinemáticas e antropométricas dos sujeitos. Nos estudos destacaram-se as análises relacionadas às articulações do tronco, ombros, cotovelos, coluna (segmentos L5 e S1) punhos e o quadril.
- A utilização da abordagem de Design Centrado no ser Humano por meio da priorização das necessidades dos sujeitos participantes deste estudo foi atingido mediante a consideração dos princípios e aspectos do DCH em todo o planejamento e desenvolvimento do estudo, especificamente no Estudo multicasos (FASE 3) e na Proposta de aplicação conceitual (FASE 4).

Quanto aos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa, as revisões sistemáticas e pesquisas bibliográficas deram sustentação e auxiliaram na obtenção de estudos existentes que abordaram a captura de movimentos, bem como, contribuiu para a definição dos procedimentos de levantamento de dados. A preparação do pesquisador em laboratório (testes) e participação nos projetos e coletas desenvolvidos junto ao NGD-LDU (*in loco*) foram fundamentais para o aprimoramento, evolução e domínio sobre os procedimentos de utilização do *Xsens*. Quanto ao estudo multicasos cabe destacar a importância da oportunidade de realizar a pesquisa dentro de contextos reais e interação com os sujeitos participantes do estudo. Ressalta-se também a participação da equipe multidisciplinar (designers, engenheiros, fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais) para o desenvolvimento e auxílio do projeto. No que se refere à Proposta de aplicação conceitual esta foi considerada suficiente, embora exista a necessidade de aprofundamentos e detalhes mais técnicos.

Assim, o uso do *Software MVN Studio PRO*, possibilitou informações mais precisas, rápidas e detalhadas dos sujeitos participantes do estudo. Assim como, contribuiu para as análises e avaliações relacionadas ao sujeito e seu ambiente de trabalho, permitindo a

identificação de problemas associados à saúde destes, e auxiliou no desenvolvimento de soluções.

Por fim, destaca-se a importância da Gestão de Design na organização, desenvolvimento e execução deste estudo, bem como no gerenciamento das pessoas (P1) envolvidas, dos processos (P3) realizados e dos procedimentos (P4) de projeto (P2) adotados, uma vez que esta pode ser compreendida como a administração das atividades de Design considerando os objetivos da empresa a curto, médio e longo prazo. Auxiliando na organização, aumentando a eficiência, a competitividade e diferenciando seus produtos e serviços (MARTINS; MERINO, 2011). Cabe ressaltar ainda, que neste estudo a GD integrou os princípios do Design Centrado no ser Humano, orientando os casos por meio de uma abordagem inovadora, disposta a atender e solucionar quaisquer problemas.

As conclusões indicam que o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais da *Xsens*, contribui significativamente para o desenvolvimento de projetos de Design, reduzindo custos e proporcionando maior velocidade e precisão dos dados (WOUDA et al., 2016), oferecendo a visualização e análise dos dados em tempo real, bem como a facilidade de aceitação e adaptação do equipamento pelos usuários e sua portabilidade que permite sua utilização dentro e fora do ambiente laboral.

5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Como limitações da pesquisa citam-se a interrupção dos trimestres por conta da pandemia da COVID-19. Devido a essas restrições também não foi possível continuar com as pesquisas a campo. Desta forma, foi necessário reestruturar o processo de desenvolvimento da pesquisa, desenvolvendo de forma conceitual a última fase da pesquisa, ainda assim, existe uma pretensão de continuidade destes estudos em nível de doutoramento.

5.3 PERCEPÇÕES DO PESQUISADOR

Com relação às percepções do pesquisador, destacam-se o conhecimento e aprendizagem adquiridos sobre o processo de Gestão de Design de forma prática, bem como as informações obtidas sobre o funcionamento e utilização do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) associado ao Design. Além da compreensão e entendimento da relevância em planejar, preparar e organizar os procedimentos de coleta de

dados, principalmente quando se tem contato com usuários reais. Ressalta-se também a importância das experiências e vivências enriquecedoras, por meio das participações em projetos de pesquisa desenvolvidos pelo NGD-LDU/UFSC.

Este estudo despertou no pesquisador interesses ainda maiores em continuar se aprofundando e fomentando seus conhecimentos sobre os temas da Gestão de Design, Tecnologia, especificamente, a de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*), Ergonomia e do Design Centrado no ser Humano, a fim de contribuir com as equipes de projetos.

5.4 ESTUDOS FUTUROS

Como futuros estudos pretende-se integrar o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) a outras tecnologias (como a Termografia Infravermelha e Dinamometria Manual, por exemplo), bem como sistematizar essas tecnologias por meio de um protocolo de coleta de dados objetivos, que auxilie no processo da Gestão de Design com foco no fator humano.

Pretende-se ainda, aplicar o Sistema de Captura de Movimentos em outros setores (odontologia, moda, dança, musculação, por exemplo) para fomentar ainda mais seu nível de aplicabilidade e assim, despertar o interesse de outros pesquisadores e instituições em utilizar do Sistema de Captura de Movimentos para desenvolver pesquisas relacionadas ao ser humano.

Ainda, pretende-se realizar uma análise estatística mais detalhada e aprofundada, bem como correlações. Integrar outros instrumentos de coleta qualitativos (considerando a percepção dos sujeitos envolvidos de forma integrada às coletas quantitativas do *Xsens*) e sistematizar o processo de tratamento e leitura dos dados.

REFERÊNCIAS

ABERGO (Associação Brasileira de Ergonomia). **O que é Ergonomia**. 2020. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>. Acesso em: 25 mar. 2020.

ABRAHÃO, Júlia Issy; PINHO, Diana Lúcia Moura. As transformações do trabalho e desafios teórico-metodológicos da Ergonomia. *Estudos de Psicologia (Natal)*, v. 7, n. SPE, p. 45-52, 2002.

AGUIAR, Marina Cuneo. **Gestão de design e agricultura familiar: diagnóstico em uma cooperativa de bananicultores em Santa Catarina**. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 197 p., 2017. Disponível em: <<http://ngd.ufsc.br/wp-content/uploads/2019/03/348076.pdf>> Acesso em: 21 abr. 2020.

BARROS, Rubenio dos Santos. **Gestão de Design e Ergonomia: diagnóstico do setor de processamento de alimentos em uma cooperativa de bananicultores de agricultura familiar**. Dissertação (Mestrado em Design) - Programa de Pós Graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 324 p., 2020.

AMADIO, A. C. et al. Introdução à biomecânica para análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos de medição. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 3, n. 2, p. 41-54, 1999.

AÑEZ, Ciro Romelio Rodriguez. Antropometria na ergonomia. **Ensaio de Ergonomia**. Florianópolis, 2000. Disponível em: <http://segurancanotrabalho.eng.br/ergonomia/11.pdf>> Acesso em: 14 dez. 2020.

ARAÚJO, Philipe de Almeida. **ANALISANDO TÉCNICAS DE CAPTURA DE MOVIMENTO**. 2015. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Cap. 6. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/5701/1/Monografia%20Final.pdf>>. Acesso em: 25 dez. 2019.

ANDERST, William J., DONALDSON, W. F., LEE, J. Y., & KANG, J. D. Continuous cervical spine kinematics during in vivo dynamic flexion-extension. **The Spine Journal**, v. 14, n. 7, p. 1221-1227, 2014.

BEST, Kathrin. **Fundamentos da gestão do design**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BEST, Kathryn. **Design management: managing design strategy, process and implementation**. AVA publishing, 2006.

BETZ, Frederick et al. **O fator tecnológico**. Inovação e mudança: autores e conceitos imprescindíveis. São Paulo: Publifolha, p. 55-62, 2001.

BRAATZ, Daniel et al. Aplicações da tecnologia de simulação humana em projetos de situações produtivas. **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, v. 27, 2007.

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: 19 jan. 2020.

CARVALHO, Janaina Silva Sá; SCUSSIATO, Louise Aracema. INSERÇÃO DO GUINCHO ELÉTRICO NA ROTINA DOS PROFISSIONAIS DE UMA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA. **Anais do EVINCI-UniBrasil**, v. 1, n. 3, p. 197-197, 2015.

CHAVES, Iana Garófalo; BITTENCOURT, João Paulo; TARALLI, Cibele Haddad. O design centrado no humano na atual pesquisa brasileira-uma análise através das perspectivas de klaus krippendorff e da ideo. **HOLOS**, v. 6, p. 213-225, 2013.

CHEN, Pengzhan; KUANG, Ye; LI, Jie. Human motion capture algorithm based on inertial sensors. **Journal of Sensors**, v. 2016, 2016.

COOK, Deborah J.; MULROW, Cynthia D.; HAYNES, R. Brian. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Annals of internal medicine**, v. 126, n. 5, p. 376-380, 1997. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.733.1479&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

DE MOURA REBOREDO, Maycon. Condição ergonômica dos postos de trabalho e dor percebida de trabalhadores em escritórios da Universidade Federal de Juiz de Fora. **Fisioterapia Brasil**, v. 7, n. 6, p. 418-422, 2018.

DE OLIVEIRA, Lucas Quaresemin; FERREIRA, Michele Bortoluzzi De Conto. Ergonomia na prática odontológica. **Journal of Oral Investigations**, v. 6, n. 1, p. 15-28, 2017.

DE SOUZA, Caroline Battistello Cavalheiro; SAVI, Rafael. Design centrado no usuário e o projeto de soluções educacionais. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitivade Industrial-ISSN-1983-1838**, p. 33-52, 2015.

DE SOUZA PRIM, Gabriel; GONÇALVES, Berenice Santos; VIEIRA, Milton Luiz Horn. A representação do corpo e do movimento: uma análise da interatividade do motion capture. **Design e Tecnologia**, v. 5, n. 09, p. 23-28, 2015.

DMI. About DMI. Disponível em: https://www.dmi.org/page/What_is_Design_Manag. Acesso em: 20 mar. 2021.

ELSEVIER. **Mendeley**. Disponível em: <https://www.elsevier.com/solutions/mendeley>. Acesso em: 15 dez. 2020.

FARIA, Alexandre Pereira de. SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMENTOS BASEADO EM UNIDADE DE MEDIDA INERCIAL. **Anais do EVINCI-UniBrasil**, v. 3, n. 2, p. 542-556, 2018.

FERREIRA, Cláudia Aparecida Avelar; PENA, Felipe Gouvêa. O uso da tecnologia no combate ao covid-19: uma pesquisa documental. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27315-27326, 2020.

FORCELINI, Franciele; VARNIER, Thiago; MERINO, Eugenio Andrés Díaz. Termografia Infravermelha e Captura de Movimentos: vantagens e desvantagens no desenvolvimento de projetos, p. 2652-2664. In: Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2018). São Paulo: **Blucher**, 2019. Disponível em: <<http://periodicos.puc-rio.br/index.php/revistaergodesign-hci/article/view/1307/737>> Acesso em: 19 dez. 2019.

FREIRE, Lucas Azevedo; SOARES, Thayane Cunha Nunes; DOS SANTOS TORRES, Vanessa Pio. Influência da ergonomia na biomecânica de profissionais de enfermagem no ambiente hospitalar. **Biológicas & Saúde**, v. 7, n. 24, 2017.

FERREIRA, Cláudia Aparecida Avelar; PENA, Felipe Gouvêa. O uso da tecnologia no combate ao covid-19: uma pesquisa documental. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 27315-27326, 2020.

GASSON, Susan. Human-centered vs. user-centered approaches to information system design. **Journal of Information Technology Theory and Application (JITTA)**, v. 5, n. 2, p. 5, 2003.

GIACOMIN, Joseph. **What is Human Centred Design?** 10o Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, São Luís (MA). 2012.

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

GÓMEZ ECHEVERRY, L. L., JARAMILLO, A. M., RUIZ MOLINA, M. A., VELÁSQUEZ RESTREPO, S. M., PÁRAMO VELÁSQUEZ, C. A., & SILVA BOLÍVAR, G. J. Human

motion capture and analysis systems: a systematic review. **Prospectiva**, v. 16, n. 2, p. 24-34, 2018.

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.

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

HAMILL, J., KNUTZEN, K.M., DERRICK, T.R. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 4.ed.Barueri, SP: Manole, 2016.

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

HARADA, F. J. B., CHAVES, I. G., CROLIUS, W. A., FLETCHER, V., & SCHOR, P. O Design Centrado no Humano aplicado: A utilização da abordagem em diferentes projetos e etapas do Design| Applied Human Centered Design: The use of the approach in different projects and design steps. **Revista D.: Design, Educação, Sociedade e Sustentabilidade.**, v. 8, n. 2, p. 87-107, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Iana_Chaves/publication/311463088_O_DESIGN_CENTRADO_NO_HUMANO_APLICADO_A_UTILIZACAO_DA_ABORDAGEM_EM_DIFERENTES_PROJETOS_E_ETAPAS_DO_DESIGN/links/5a8ac55d0f7e9b1a9554b884/O-DESIGN-CENTRADO-NO-HUMANO-APLICADO-A-UTILIZACAO-DA-ABORDAGEM-EM-DIFERENTES-PROJETOS-E-ETAPAS-DO-DESIGN.pdf> Acesso em: 20 jan. 2020.

HUET, M; MORAES, A. **Medidas de Pressão sob a Pele na Postura Sentada em Pesquisas de Ergonomia**. Fisioterapia Brasil. Vol 4. N. 6. Nov/Dez. 2003.

IEA. **Definição Internacional de Ergonomia. Ação Ergonômica**, v. 1, n. 4, 2020. Disponível em: <<http://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/30/27>>. Acesso em: 17 jan. 2020.

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

ISO, ISO 13407: **Human-Centred Design Processes for Interactive Systems**. Geneva, Switzerland: ISO, 1999.

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

KEINONEN, T. (2010). Protect and appreciate – Notes on the justification of user-centered design. *International Journal of Design*, 4(1), 17-27.

KOPNIAK, Piotr. Motion capture using multiple Kinect controllers. **Przegląd elektrotechniczny**, v. 8, p. 26-29, 2015. Disponível em: <<http://pe.org.pl/articles/2015/8/7.pdf>> Acesso em: 02 jan. 2020.

KRAMER, Julia; AGOGINO, Alice M.; ROSCHUNI, Celeste. Characterizing competencies for human-centered design. In: **International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference**. American Society of Mechanical Engineers, 2016. p. V007T06A026.

LONGHI, Adriana. **Análise cinemática do saque flat de tenistas infantojuvenis**. 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> f>. Acesso em: 17 set. 2019.

LORENZETTI, J., TRINDADE, L.L., PIRES, D.E.P., RAMOS, F.R.S. **Tecnologia, Inovação Tecnológica e Saúde: uma reflexão necessária**. Florianópolis: Scielo, p 432-439, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010407072012000200023> Acesso em: 13 out. 2020.

LOTTERS, F., BURDORF, A., KUIPER, J., & MIEDEMA, H. Model for the work-relatedness of low-back pain. **Scandinavian journal of work, environment & health**, p. 431-440, 2003.

LOURENÇO, Rafael. (2020) Tipos de movimentos do corpo humano. Disponível em: <
<https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/tipos-de-movimentos-do-corpo-humano>>
 Acesso em: 10 nov. 2020.

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

MCNEE, C., KIESER, J. K., ANTOUN, J. S., BENNANI, H., GALLO, L. M., & FARELLA, M. Neck and shoulder muscle activity of orthodontists in natural environments. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 23, n. 3, p. 600-607, 2013.

MERINO, Giselle Schmidt A D. **Design Centrado no Usuário**. Florianópolis: Visual, 2019. 40 slides, color.

MERINO, Giselle; DA SILVA; MATTOS, Diego; GUIMARÃES, Bruno; MERINO, Eugenio. Ergonomic evaluation of the musculoskeletal risks in a banana harvesting activity through qualitative and quantitative measures, with emphasis on motion capture (Xsens) and EMG. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 69, p. 80-89, 2019.

MERINO, Eugenio Andrés Díaz. **Gestão do Design**. ABCDesign. Ed. 2, p.18-22, 2002.

MOESLUND, Thomas B.; HILTON, Adrian; KRÜGER, Volker. A survey of advances in vision-based human motion capture and analysis. **Computer vision and image understanding**, v. 104, n. 2-3, p. 90-126, 2006.

MOZOTA, B. B. *Design Management: Usign Design to Build Brand Value and Corporate Innovation*. New York: Allworth Press, 2003.

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

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.

NING, X., HUANG, Y., HU, B., & NIMBARTE, A. D. . Neck kinematics and muscle activity during mobile device operations. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 48, p. 10-15, 2015.

ÖZKAYA, N., LEGER, D., GOLDSHUEYDER, D., & NORDIN, M. Introduction to Deformable Body Mechanics. In: **Fundamentals of Biomechanics**. Springer, Cham, 2017. p. 279-286.

PADULA, R. S.; SOUZA, V. C.; GIL, C. H. Tipos de preensão e movimentos do punho durante atividade de manuseio de carga. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 10, n. 1, p. 29-34, 2006.

PASCHOARELLI, Luis Carlos; MENEZES, Marizilda dos Santos. **Design e ergonomia: aspectos tecnológicos**. 2009.

PATRIZI, Alfredo; PENNESTRÌ, Ettore; VALENTINI, Pier Paolo. Comparison between low-cost marker-less and high-end marker-based motion capture systems for the computer-aided assessment of working ergonomics. **Ergonomics**, v. 59, n. 1, p. 155-162, 2016.

PEREIRA, Tiago Marques. **Sports Meter: Sistema de medição de desempenho do movimento humano em atividades desportivas**. 2016.

PICHLER, Rosimeri Franck. **User-Capacity Toolkit: conjunto de ferramentas para guiar equipes multidisciplinares nas etapas de levantamento, organização e análise de dados em projetos de Tecnologia Assistiva.** Tese (Doutorado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 297 p., 2019. Disponível em: < http://ngd.ufsc.br/wpcontent/uploads/2019/03/TESE_FINAL_rosimeri-pichler.pdf> Acesso em: 13 nov. 2019.

POSDESIGN (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN). **Mestrado e Doutorado em Design:** Gestão de Design. Florianópolis, 2021. Disponível em: < <http://www.posdesign.ufsc.br/doutorado-em-design>> Acesso em: 06 mar. 2021.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição.** Editora Feevale, 2013.

PROLABORE. **Ergonomia e tecnologia: como otimizar o ambiente de trabalho.** 6 abr. 2020. Disponível em: <https://pro-labore.com/ergonomia-e-tecnologia-como-otimizar-o-ambiente-de-trabalho/>. Acesso em: 14 dez. 2020.

PUNNETT, L., FINE, L. J., KEYSERLING, W. M., HERRIN, G. D. & CHAFFIN, D. B. Shoulder disorders and postural stress in automobile assembly work. **Scandinavian journal of work, environment & health**, p. 283-291, 2000.

RAMÓN, Juan Antonio Corrales; Captura de movimiento y localización en interiores aplicados a entornos industriales. 2007. Disponível em: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/2905/1/MoCapIndustria_JA2007.pdf> Acesso em: 25 dez. 2019.

REMESAL, Alberto Ferraras; PUENTE, Raket Poveda. Biomecánica y Discapacidad. **Informació psicològica**, n. 83, p. 9-14, 2003. Disponível em: < <http://www.informaciopsicologica.info/OJSmotif/index.php/leonardo/article/viewFile/360/309>> Acesso em: 20 set. 2020.

RINKUS, S., WALJI, M., JOHNSON-THROOP, K. A., MALIN, J. T., TURLEY, J. P., SMITH, J. W. & ZHANG, J. Human-centered design of a distributed knowledge management system. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 38, n. 1, p. 4-17, 2005.

ROETENBERG, Daniel. **Inertial and Magnetic Sensing of Human Motion**. 2006. 126 f. Tese (Doutorado). University of Twente, Enschede- Países Baixos. 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.

SAE, Brasil (2018). Regulamento Administrativo e Técnico do Baja SAE Brasil. Disponível em: < <https://www.unp.br/wp-content/uploads/2018/04/ANEXO-0-Regulamento-Administrativo-e-T%C3%A9cnico-do-Baja-SAE-Brasil.pdf>> Acesso em : 15 mai.2019.

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.

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:< <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/62049/000867044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em : 23 jul. 2019.

SILVA, Ana Lúcia. **GESTÃO DE DESIGN E PROJETO CENTRADO NO SER HUMANO: MAPEAMENTO E DIAGNÓSTICO DE EQUIPES REMOTAS COM FOCO NA INOVAÇÃO**. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 178 p., 2016.

SILVA, Ana Sofia Matos. **Wearable Sensors Systems For Human Motion Analysis**. 2014. Tese de Doutorado. Ph. D. Dissertation, Faculty of engineering of the university of PORTO

Portugal. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/84342/2/33046.pdf>> Acesso em: 17 de Abr. 2020.

SILVA, Edna Lúcia da, MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em: <http://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024_Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes1.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2019.

SONEGO, Denise Aparecida & CLIQUET JUNIOR, Alberto. Análise do movimento de abdução do ombro pelo sistema ótico. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 2, 2006. Disponível em: < file:///Users/irandir/Downloads/6728-Article%20Text-25575-1-10-20070130%20(1).pdf > Acesso em: 17 abr. 2020.

SPECK, G. M., PICHLER, R. F., MANNRICH, G., GUIMARÃES, B., DOMENECH, S. C., MERINO, G. S. A. D., & MERINO, E. A. D. (2016). Processo de instrumentação integrada no desenvolvimento de projetos de Tecnologia Assistiva. In **Anais do 18º Congresso Brasileiro de Ergonomia**. Belo Horizonte: ABERGO.

STEEN, Marc. **Human-Centered Design as a Fragile Encounter**. Design Issues. Massachusetts Institute of Technology, v28, n.01. 2011. P.72-80.

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: 22 out. 2019.

SZCZESNA, Agnieszka et al. Inertial motion capture costume design study. **Sensors**, v.17, n.3, p.612, 2017. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/17/3/612>> Acesso em: 16 Abr. 2020.

SZETO, Grace PY; STRAKER, Leon M.; O’SULLIVAN, Peter B. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work—2: neck and shoulder kinematics. **Manual therapy**, v. 10, n. 4, p. 281-291, 2005.

TAKAYAMA, Leticia ; MERINO, Giselle Schmidt Alves Diaz ; MERINO, Eugenio Andrés Díaz ; GARCIA, Lucas José ; CUNHA, Julia Marina ; DOMENECH, Susana Cristina . Hand tool project requirements: the case of banana cultivation and its physical demands (OWAS). **Product (IGDP)**, v. 13, p. 119-130, 2015.

TEÓFILO, Romero Batista; DE FREITAS, Lucia Santana. O uso de tecnologia da informação como ferramenta de gestão. **IV Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGET). Resende, Rio de**, p. 1-12, 2007.

TONETTO, Leandro Miletto; DA COSTA, Xavier; CAMPELO, Filipe. Design Emocional: conceitos, abordagens e perspectivas de pesquisa. **Strategic Design Research Journal**, v. 4, n. 3, 2011.

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.

VAN PELT, Alan; HEY, Jonathan. Using TRIZ and human-centered design for consumer product development. **Procedia Engineering**, v. 9, p. 688-693, 2011.

VARNIER, Thiago. **Fatores Humanos associados aos projetos de Design: protocolo de coleta para a captura de movimentos**. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 250 p., 2019. Disponível em: http://ngd.ufsc.br/wp-content/uploads/2019/03/Dissertac%CC%A7a%CC%83o_Thiago_Varnier_FINAL.pdf

Acesso em: 20 mai. 2019.

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: 12 dez. 2020.

VECHAKUL, Jessica; SHRIMALI, Bina P.; SANDHU Jaspal S. **Human Centered Design as an Approach for Place-Based Innovation in Public Health: A Case Study from Oakland, California.** *Matern Child Health J*, v.19, p.2552–2559. 2015.

VITAL, J. P. et al. Tecnologias para a análise do movimento humano. In: **R. Ruben, M. Vieira, C. Campos, H. Almeida, J. Siopa, P. Bártolo, & J. Folgado (Edits.), 6º Congresso Nacional de Biomecânica.** 2015. p. 1-6.

WISNER, A. Le diagnostic en ergonomie ou le choix des modeles operantes en situation réelle de travail; Rapport n° 28; Paris; Minisitere de L'education Nationale, 1972.

WOUDA, F. J., GIUBERTI, M., BELLUSCI, G., & VELTINK, P. H. Estimation of full-body poses using only five inertial sensors: an eager or lazy learning approach?. *Sensors*, v. 16, n. 12, p. 2138, 2016.

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

ZHANG, Ting; DONG, Hua. **Human-centred design: an emergent conceptual model.** 2019.

ZITKUS, E., FERRARI, A. L. M., REIS, T. D., USÓ, V., MEDOLA, F. O., & PASCHOARELLI, L. C. Ergonomia no BAJA: Análise do Desconforto Percebido. **Ergonomia Aplicada: Transporte**, 2016.

APÊNDICE A – RSL Captura de Movimentos e Ergonomia.

Realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura durante os meses de agosto e setembro de 2019, com o objetivo de analisar a literatura qualificada sobre o uso da captura de movimentos atrelada à ergonomia em diferentes contextos. Os critérios de inclusão para a seleção dos documentos foram: *string* no (texto completo; idioma inglês ou português; no período de 2009 a 2019). Assim, obteve-se um total de 336 documentos, sendo distribuídos da seguinte forma: 138 da *Scopus*, 120 da *Web Of Science*, 78 *Science Direct*. É importante ressaltar que foi realizada a busca também na base de dados da *Scielo*, no entanto não obteve-se resultados. Após a mineração e filtragem dos documentos (exclusão dos duplicados, títulos/palavras-chave/resumo) chegamos ao portfólio final composto por 14 trabalhos apresentados no quadro a seguir.

AUTOR/ANO	TÍTULO	OBJETIVO
SÁNCHEZ-MARGALLO; SÁNCHEZ-MARGALLO, 2018	Assessment of postural ergonomics and surgical performance in laparoendoscopic single-site surgery using a handheld robotic device	This study aims to assess the surgeon's surgical performance and ergonomics during the use of a handheld, robotic-driven, articulating laparoscopic instrument during LESS surgery.
PÉREZ-DUARTE, 2014	Objective analysis of surgeons' ergonomics during laparoendoscopic single-site surgery through the use of surface electromyography and a motion capture data glove.	The objective of this study was to evaluate surgeons' ergonomics during LESS surgery, through the study of muscular activity, wrist angle, and hand movements, and compare it with conventional laparoscopy.
YU et al., 2017	Intraoperative workload in robotic surgery assessed by wearable motion tracking sensors and questionnaires.	This study employed an innovative motion tracking tool along with validated workload questionnaire to assess the ergonomics and workload for both assisting and console surgeons intraoperatively.
MERINO et al., 2019	Ergonomic evaluation of the musculoskeletal risks in a banana harvesting activity through qualitative and quantitative measures, with emphasis on motion capture (Xsens) and EMG.	The objective of this study was to evaluate the risk of musculoskeletal injuries in a banana processing task. A sample of three workers were evaluated with the Nordic questionnaire as well as according to effort, discomfort and usability levels, hand grip dynamometry, inertial sensor motion capture (Xsens) and surface electromyography in the right arm.
PATRIZI; PENNESTRÌ; VALENTINI, 2016	Comparison between low-cost marker-less and high-end marker-based motion capture systems for the computer-aided assessment of working ergonomics.	The paper deals with the comparison between a high-end marker-based acquisition system and a low-cost marker-less methodology for the assessment of the human posture during working tasks.
MUHAMMAD FIKRI; RUZY HARYATI; SERI RAHAYU, 2018	Validity and reliability of vicon™ motion capture camera over the traditional anthropometric method.	This study aims to propose a new anthropometric measurement method using motion capture camera (MCC) method, later to develop the database for youth male population.
DOS SANTOS et al., 2016	Analysis of the integrated use of a motion capture system with a digital human modeling and simulation software for incorporation of future activity.	This study presents an analysis of a technical system consisting of the integration of a motion capture system with a human modeling and simulation software aiming to propose ways to use it in the design processes contextualized by ergonomics.
DELANGLE; PETIOT; POIRSON, 2017	Using motion capture to study human standing accessibility: comparison between physical experiment, static model and virtual ergonomic evaluations.	In this paper, a methodology using a motion capture device is presented, which integrates the human behavior and the physical characteristics of the body during the design evaluation process.

JOUNG; LI; NOH, 2016	XML-based neutral schema for automated ergonomic analysis with digital human simulation and inline motion capture.	Therefore, this study extends the range of information managed through PLM to the product, plant, process, resources, and human factors (P3RH), and the P3RH schema is defined to provide integrated management.
IRWIN; STREILEIN, 2015	Use of Field-based Motion Capture to Augment Observational data in ergonomic Assessment of Aircraft Maintenance.	A detailed ergonomic process assessment was initiated to elucidate details of the range and types of risks faced by painters in that workshop and to determine which types of mitigation could be used to minimize the prevalence of injuries.
JOUNG; NOH, 2014	Integrated modeling and simulation with in-line motion captures for automated ergonomic analysis in product lifecycle management.	In this article, an innovative framework, which proposes Product, Process, Plant, and Resource management through the product lifecycle management system for the automation of creating a digital environment, as well as the application of in-line motion capturing technology for automated creations of digital human model are designed; furthermore, the base system for the proposed framework is developed and presented.
FABER et al., 2018	Continuous ambulatory hand force monitoring during manual materials handling using instrumented force shoes and an inertial motion capture suit.	In the present study, we evaluated the CI estimation method based on an outpatient measurement system consisting of inertial motion capture (BMI) and instrumented force shoes (FSs). Sixteen participants lifted and carried a box of 10 kg from ground level, while full-body 3D kinematics were measured using OMC and BMI, and 3D GRFs were measured using FPs and FSs.
CARUSO; CAMERE; BORDEGONI, 2016	System based on abstract prototyping and motion capture to support car interior design.	The paper describes a system for providing designers with meaningful information during the conceptual generation of new car interiors. The purpose of the system is to capture the movements of car passengers and make these purchases available directly as a generative input.
FLETCHER; JOHNSON; THROWER, 2018	A study to trial the use of inertial non-optical motion capture for ergonomic analysis of manufacturing work.	This article describes a case study conducted within the aerospace manufacturing industry, where data on the human activities involved in aircraft wing system installations was first collected via traditional ethnographic methods and found to have limited accuracy and suitability for digital modelling, but similar human activity data subsequently collected using an automatic non-optical motion capture system in a more controlled environment showed better suitability.

Fonte: Elaborada pelo autor.

APÊNDICE B – RSL sobre a utilização do equipamento *Xsens*.

AUTOR/ANO	IES/PAÍS	TÍTULO
HAZEL, 2020	North Carolina State University, EUA	An Inertial Sensor-based Ergonomic Feedback System for a Human-robot Collaboration Assembly Task: Prototype, Proof of Concept and User Study.
CHITOUR, 2019	Ecole de Technologie Supérieure, CAN	Analyse des Paramètres Spatio-Temporels de la Marche Sur un Tapis Roulant Instrumenté à Deux Voies à Vitesse Fixe et en Mode Haptique Chez le Sujet Valide.
DYAZ, 2019	Ecole de Technologie Supérieure, CAN	Analyse de la marche grâce à la caractérisation de courbes de vitesse angulaire du membre inférieur sur une population de sujets sains et arthrosiques.
HSU, 2019	Rochester Institute of Technology EUA	Acquisition of Hockey Goalies Kinematic Data Using Motion Capture Systems.
KARVEKAR 2019	Rochester Institute of Technology CAN	Smartphone-based Human Fatigue Detection in an Industrial Environment Using Gait Analysis.
KAMACHI, 2019	University of Toronto, CAN	Training Caregivers to Reduce Spine Flexion using Biofeedback.
PEREIRA, 2019	Universidade do Estado de Santa Catarina, BRA	Análise cinemática de movimentos da caiaqueterapia.
REZVANIAN, 2019	Arizona State University, EUA	Fall Prevention Using Linear and Nonlinear Analyses and Perturbation Training Intervention.
TRUMBLE, 2019	University of Surrey ING	Machine Learning for Human Performance Capture from Multi-Viewpoint Video.
VARNIER, 2019	Universidade Federal de Santa Catarina BRA	Fatores Humanos associados aos projetos de Design: protocolo de coleta para a captura de movimentos.
AL JAILAWI, 2018	The University of Iowa, EUA	Damage Detection Using Angular Velocity.
BAO, 2018	University of Michigan, EUA	Vibrotactile Sensory Augmentation and Machine Learning Based Approaches for Balance Rehabilitation.
CHAPMAN, 2018	Dartmouth College, EUA	From Inertial Measurement Units (IMUs) to Physical Therapy (PT): The Use of Patient Biomechanics to Inform PT Prescription.
EKELEM, 2018	Vanderbilt University EUA	Control Methods for Improving Mobility for Persons with Lower Limb Paralysis.
JUAREZ, 2018	University of California EUA	Data-based Motion Planning for Full-body Virtual Human Interaction with the Environment.
MANNRICH, 2018	Universidade Federal de Santa Catarina BRA	Integração de Medidas Ergonômicas Quantitativas e Qualitativas para o Diagnóstico da Sobrecarga Física e Incidência de Lesões Osteomusculares
MO, 2018	The Education University of Hong Kong, CHI	Evaluation of Stride Variability Between Experienced and Novice Runners During a Prolonged Run.
OWLIA, 2018	University of Toronto, CAN	Preventing Back Pain Among Caregivers Using Real-Time Movement-Centered Feedback.
POLLIND, 2018	Chapman University, EUA	Development and Validation of Wearable Systems for Human Postural Sway Analysis.

AUTOR/ANO	TÍTULO	ÁREA
BAI et al., 2020	Low Cost Inertial Sensors for the Motion Tracking and Orientation Estimation of Human Upper Limbs in Neurological Rehabilitation	CIÊNCIAS COMPUTAÇÃO
BUCKI et al., 2020	The assessment of the kinematics of the rescuer in continuous chest compression during a 10-min simulation of cardiopulmonary resuscitation	CIÊNCIAS SAÚDE
DE BAETS et al., 2020	Assessment of Scapulothoracic, Glenohumeral, and Elbow Motion in Adhesive Capsulitis by Means of Inertial Sensor Technology: A Within-Session, Intra-Operator and Inter-Operator Reliability and Agreement Study	CIÊNCIAS SAÚDE
ISLAM et al., 2020	A Nonproprietary Movement Analysis System (MoJoXlab) Based on Wearable Inertial Measurement Units Applicable to Healthy Participants and Those With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Across a Range of Complex Tasks: Validation Study	CIÊNCIAS COMPUTAÇÃO
URADZINSKI; GUO 2020	Pedestrian navigation system based on the inertial measurement unit sensor for outdoor and indoor environments	CIÊNCIAS EXATAS
WANG, 2020	Analysis of human mechanics structure in national Tai Chi movement.	ENGENHARIA
POITRAS et al., 2019	Validity of Wearable Sensors at the Shoulder Joint: Combining Wireless Electromyography Sensors and Inertial Measurement Units to Perform Physical Workplace Assessments	CIÊNCIAS SAÚDE
VAN DER STRAATEN et al., 2019	Reliability and Agreement of 3D Trunk and Lower Extremity Movement Analysis by Means of Inertial Sensor Technology for Unipodal and Bipodal Tasks	CIÊNCIAS SAÚDE
VALENCIA-JIMENEZ et al., 2019	A Comparative Study of Markerless Systems Based on Color-Depth Cameras, Polymer Optical Fiber Curvature Sensors, and Inertial Measurement Units: Towards Increasing the Accuracy in Joint Angle Estimation	CIÊNCIAS COMPUTAÇÃO
WANG et al., 2019	Research on the Heading Calibration for Foot-Mounted Inertial Pedestrian-Positioning System Based on Accelerometer Attitude	CIÊNCIAS COMPUTAÇÃO
AL-AMRI et al., 2018	Inertial Measurement Units for Clinical Movement Analysis: Reliability and Concurrent Validity	CIÊNCIAS SAÚDE
GANDY et al., 2018	Investigation of the use of inertial sensing equipment for the measurement of hip flexion and pelvic rotation in horse riders	CIÊNCIAS COMPUTAÇÃO
KUTILEK et al., 2018	Postural Stability Evaluation of Patients Undergoing Vestibular Schwannoma Microsurgery Employing the Inertial Measurement Unit	ENGENHARIA
SARACEVIC et al., 2018	How kinematics influences shot put results in track and field of international level athletes (a case study).	CIÊNCIAS SAÚDE
SLAWINSKI et al., 2018	The Effects of Repeated Sprints on the Kinematics of 3-Point Shooting in Basketball.	CIÊNCIAS SAÚDE
VIEIRA, 2018	Does Wearing Augmented-reality Goggles Affect Older Adults' Kinematics During Gait?	CIÊNCIAS SAÚDE
WANG et al., 2018	Research on an Improved Method for Foot-Mounted Inertial/Magnetometer Pedestrian-Positioning Based on the Adaptive Gradient Descent Algorithm	ENGENHARIA
WANG et al., 2018	Research on the Forward and Reverse Calculation Based on the Adaptive Zero-Velocity Interval Adjustment for the Foot-Mounted Inertial Pedestrian-Positioning System	ENGENHARIA

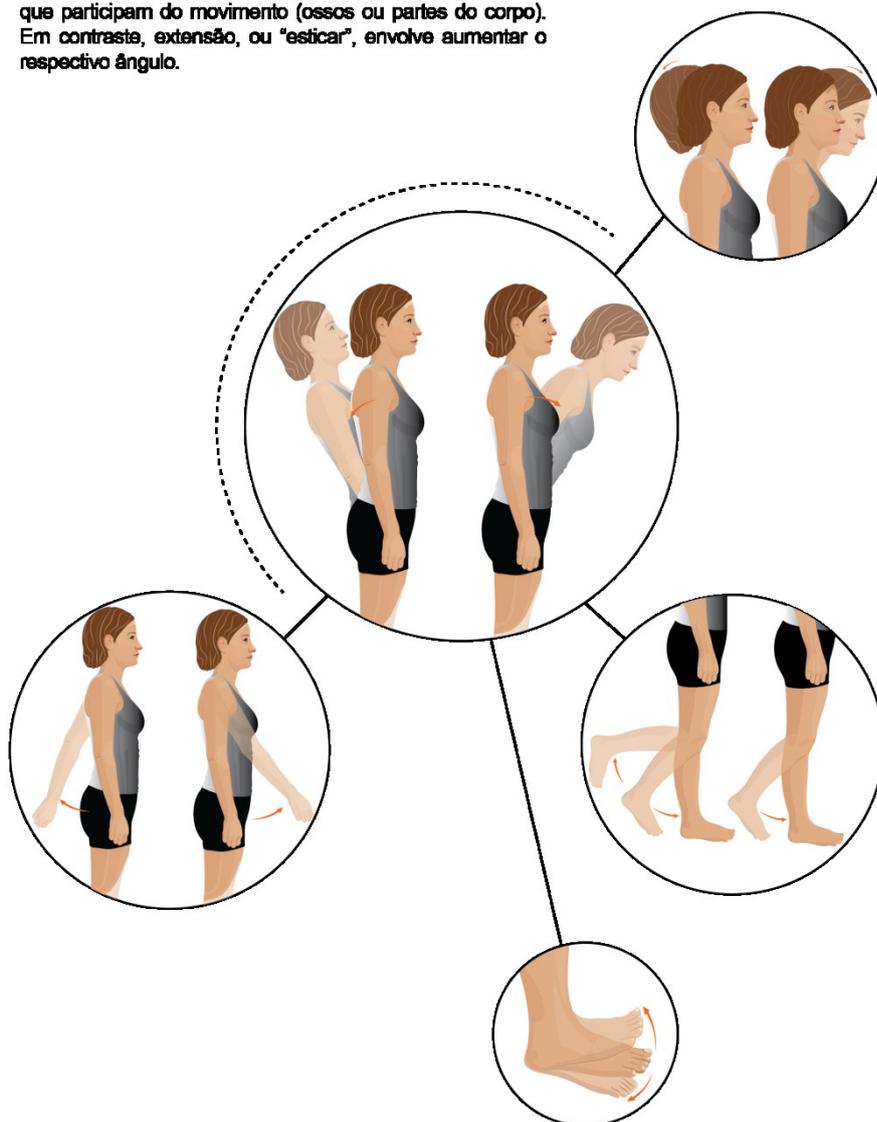
Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE C – Tipos de movimentos do corpo humano

Foram desenvolvidas ilustrações referentes aos principais movimentos executados pelo ser humano. Estas foram desenvolvidas com base em Lourenço 2020.

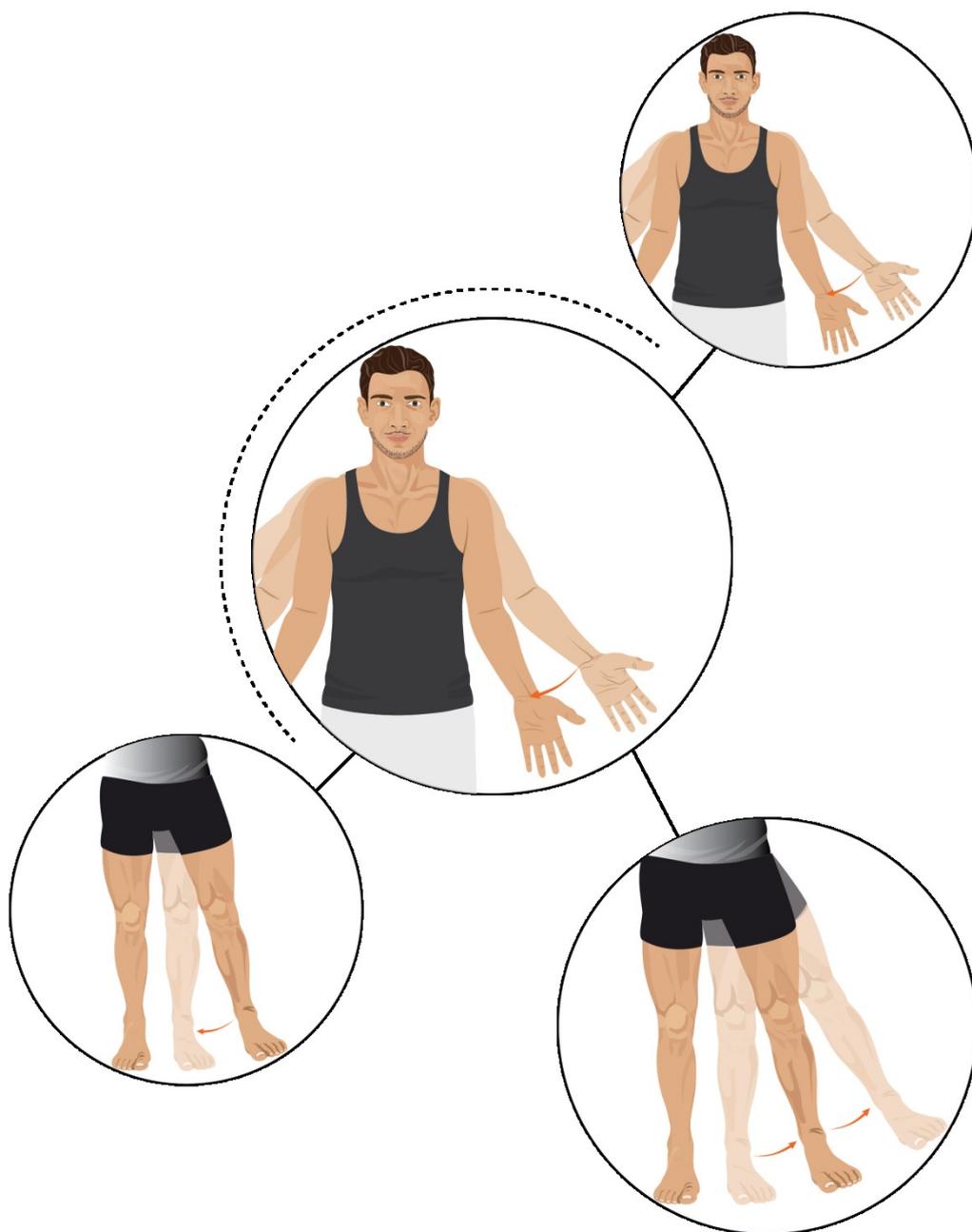
Flexão e Extensão

Os movimentos opostos de flexão e extensão acontecem na direção sagital, ao redor do eixo transversal. Flexão, ou "dobrar", envolve reduzir o ângulo entre as duas entidades que participam do movimento (ossos ou partes do corpo). Em contraste, extensão, ou "esticar", envolve aumentar o respectivo ângulo.



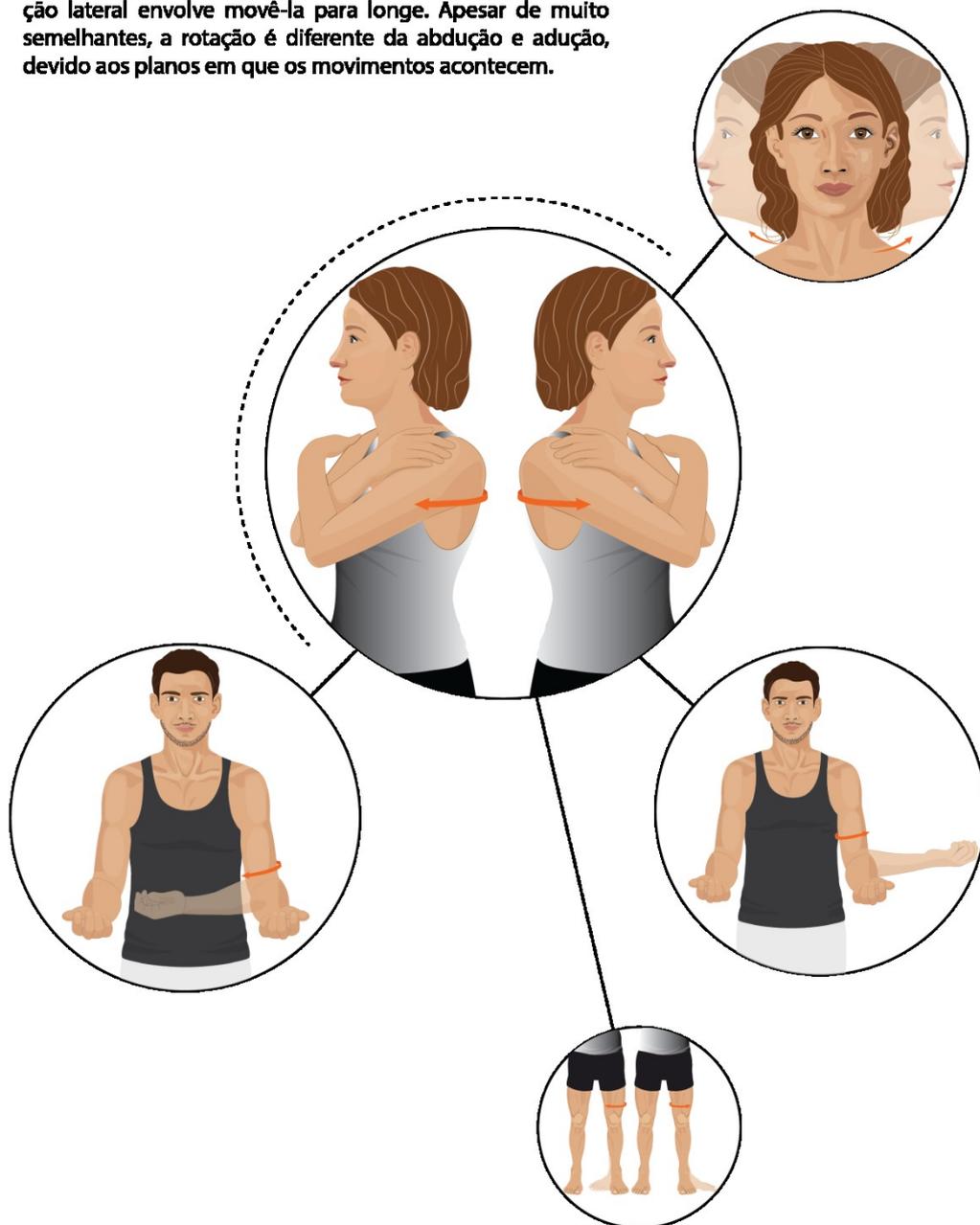
Abdução e Adução

Os movimentos de abdução e adução estão intimamente relacionados ao plano mediano. Ambos ocorrem geralmente no plano frontal e se dão ao redor do eixo anteroposterior.



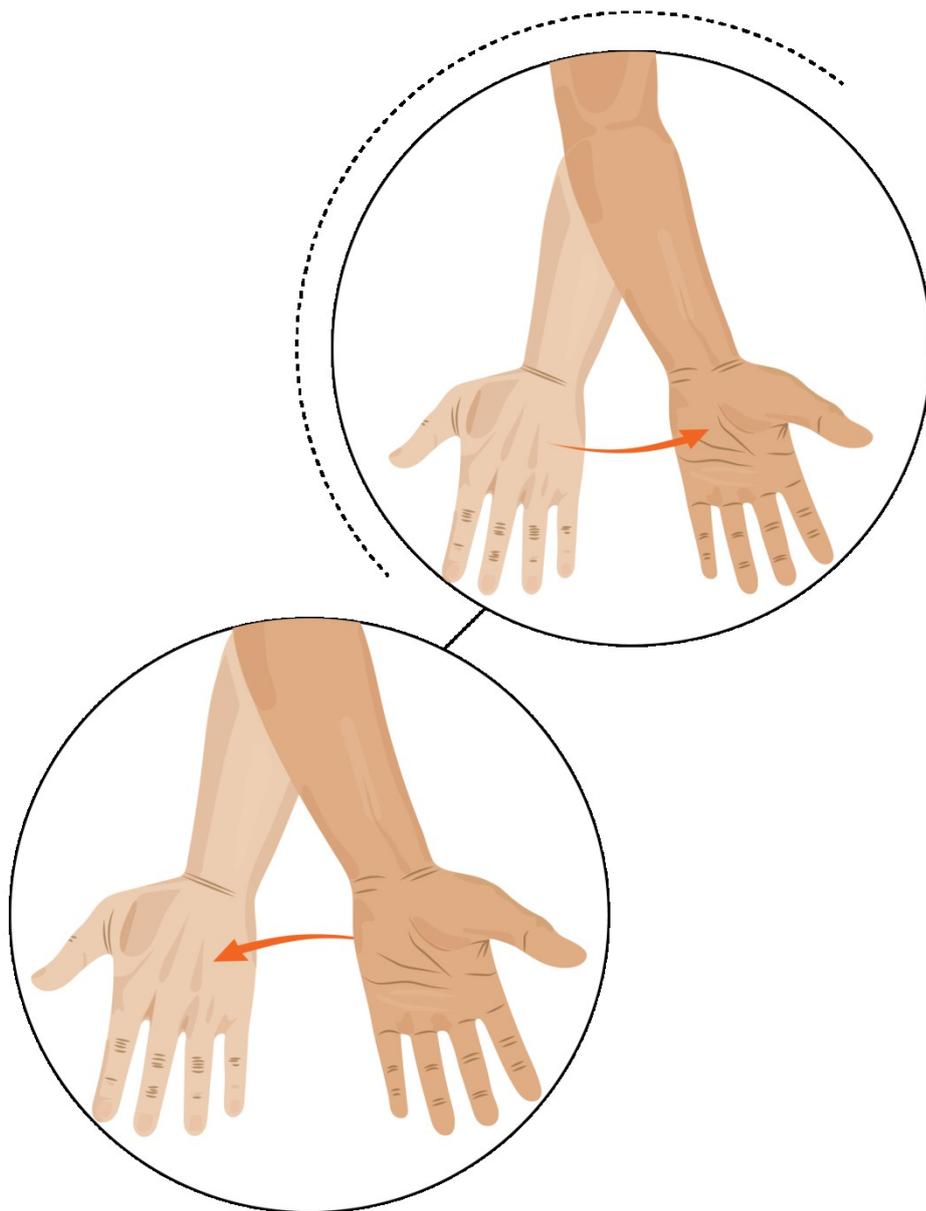
Rotação Lateral e Medial

A rotação acontece no plano transverso ao redor de um eixo súpero-inferior (longitudinal) que acontece em relação ao plano mediano. Rotação medial envolve trazer a estrutura anatômica para próximo do plano mediano, enquanto rotação lateral envolve movê-la para longe. Apesar de muito semelhantes, a rotação é diferente da abdução e adução, devido aos planos em que os movimentos acontecem.



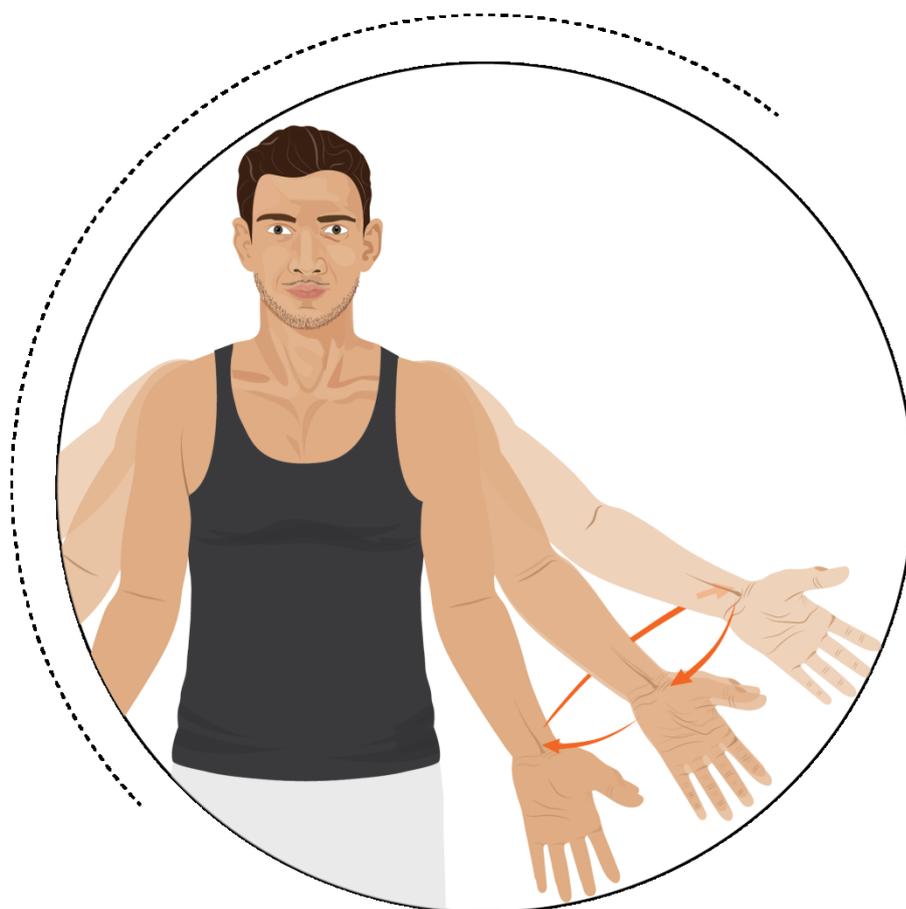
Pronação e Supinação

Estritamente falando, pronação e supinação são considerados dois tipos especiais de rotação. Eles são restritos ao antebraço e envolvem o rádio dobrando-se sobre a ulna (cúbito).



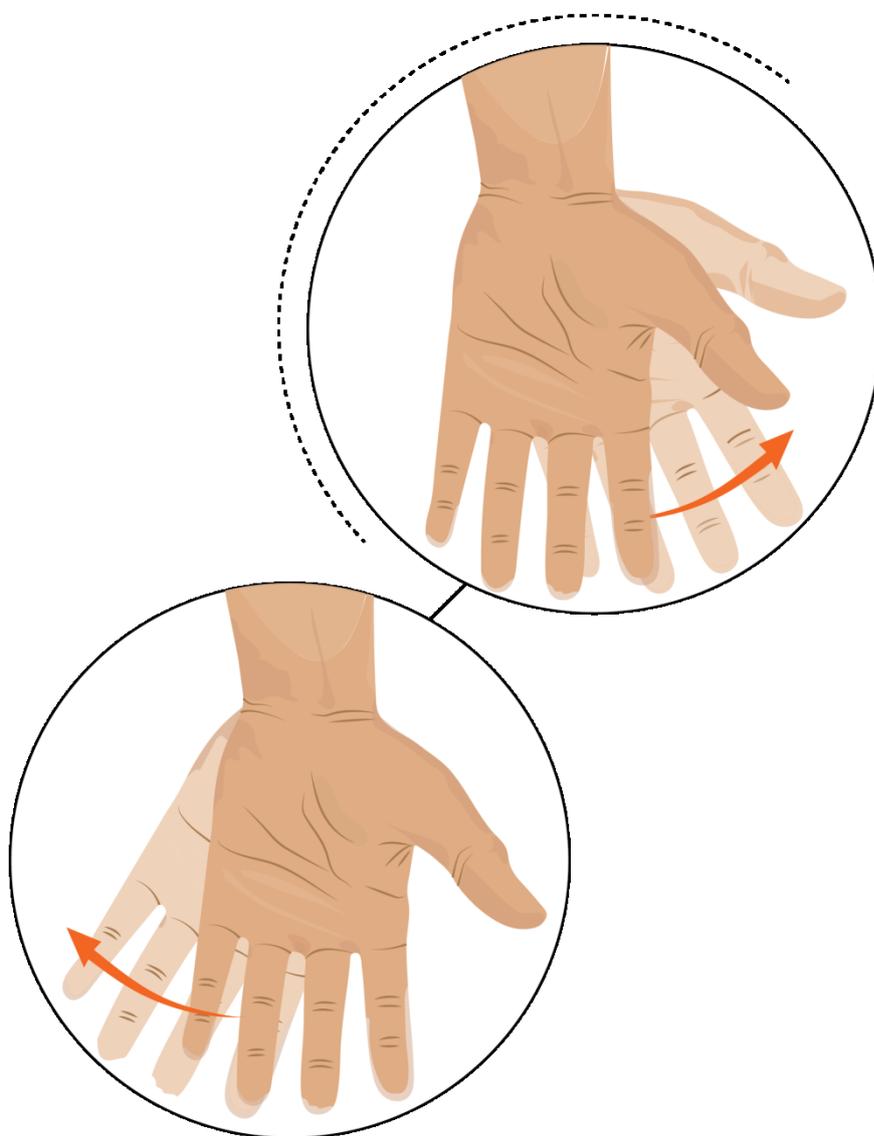
Circundação

Circundação é um tipo especial de movimento que na verdade é a combinação de muitos outros. O movimento geral se inicia com flexão, seguida de abdução, extensão e finalmente adução. A ordem deve ser sequencial mas pode se iniciar tanto da flexão quanto da adução. O resultado é um movimento circular. Devido aos múltiplos movimentos, a circundação é restrita às articulações do tipo bola-e-soquete (esferoide), como a articulação do ombro e do quadril.



Desvio

Desvio é um tipo especial de movimento que é restrito à articulação do punho. O movimento ocorre em um plano longitudinal ao longo do punho, relativo ao eixo passando de palmar para dorsal através do punho.



Inversão e Eversão

Os movimentos antagonísticos de inversão e eversão acontecem em relação à linha mediana e são específicos do pé. Na eversão, a face plantar do pé se move para longe do plano mediano, de forma que ela gira lateralmente. Na inversão, a face plantar se move em direção ao plano mediano, resultando em um giro medial.

