

JONATHAN KEN NISHIDA

**O DESIGN COMO FERRAMENTA DE INOVAÇÃO PARA
DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS NA ÁREA
DE CAPTURA DE MOVIMENTO HUMANO**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Design da
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau de
Mestre em Design. Linha de Pesquisa:
Mídia e Tecnologia.
Orientador: Prof. Dr. Milton Luiz Horn
Vieira

Florianópolis-SC

2017

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

Nishida, Jonathan Ken

O DESIGN COMO FERRAMENTA DE INOVAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS NA ÁREA DE CAPTURA DE MOVIMENTO HUMANO / Jonathan Ken Nishida ; orientador, Milton Luiz Horn Vieira, 2017. 109 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Programa de Pós-Graduação em Design, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Design. 2. Captura de movimento. 3. Internet das Coisas. 4. Design. 5. Mídia. I. Vieira, Milton Luiz Horn. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Design. III. Título.

JONATHAN KEN NISHIDA

**O DESIGN COMO FERRAMENTA DE INOVAÇÃO PARA
DESENVOLVIMENTO DE NOVAS TECNOLOGIAS NA ÁREA DE
CAPTURA DE MOVIMENTO HUMANO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Design” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 21 de dezembro de 2017.

Prof. Dr. Luiz Fernando Gonçalves de Figueiredo.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

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

Prof.^a Dr.^a Eliete Auxiliadora Ourives, Avaliadora Externa
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Luiz Fernando Gonçalves de Figueiredo, Avaliador Interno
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha filha
Akemi, familiares e aos meus colegas.

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Expressão Gráfica da UFSC, ao DesignLab e seus integrantes; sem sua estrutura e companheirismo, este trabalho jamais teria sido possível. Victor agradeço a ajuda na construção do dispositivo de captura de movimento além de ter lido e relido por diversas verses, corrigido o texto escrito.

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando e sua esposa Eliete, na estruturação do texto escrito e seu filho Nando por ceder seu avatar, desenvolvido no Blender, a ser animado.

A todos aqueles que fazem o Programa de Pós-Graduação em Design da UFSC acontecer e, naturalmente, meus profundos agradecimentos ao Prof. Dr. Milton Luiz Horn Vieira, meu orientador que vislumbrou as possibilidades deste projeto e instruiu com seus conhecimentos e experiências.

Em especial, meu muito obrigado à minha filha Akemi e esposa Ineida Cristina que de forma entusiasmada e paciente continua a me mostrar como enxergar o mundo.

Por fim, agradeço a Deus, que além de me prover a vida, permitiu que eu estivesse rodeado pelos colegas, amigos e familiares que tanto me ensinam e inspiram..

A recompensa de cumprir uma obrigação é a possibilidade de iniciar outra. (George Sand).

RESUMO

A captura de movimento, ou Mocap, é uma técnica atualmente utilizada em diversas áreas como, médica, militar, animação 3D, esporte, entre outra. Uma das técnicas utilizadas para sua realização é feita com sensores inerciais, capazes de aferir dados de movimento, porém as soluções existentes no mercado possuem algumas desvantagens como, o alto custo, incompatibilidade com outros sistemas e restrições em relação a aplicabilidade. Sendo assim, visando contribuir com soluções para os problemas apresentados, que este projeto tem como objetivo desenvolver um processo para captura de movimento e transmissão em tempo real dos pontos posicionados pelo homem e seus objetos, coligando conceitos e ferramentas do design associados com novas tecnologias para o desenvolvimento de inovação de dispositivos de captura de movimento humano. Esta pesquisa caracteriza-se como exploratória e qualitativa utilizando uma metodologia de pesquisa aplicada, que pretende analisar os procedimentos para captura de movimento do homem; estabelecer um processo para coleta e transmissão imediata dos dados de movimento; desenvolver estudo das soluções de sensores e equipamentos de transmissão dos dados coletados para apoio à solução proposta. Como resultado, verifica-se que com o processo para captura de movimento e transmissão de dados de baixo custo, pôde-se ter um monitoramento em tempo real do que ocorre na biodinâmica corporal para diversos fins. Com isso, tem-se a detecção imediata de variadas situações e aplicações, tais como, mídias para animação e uso em estudos antropométricos e suas dinâmicas. Pois, a velocidade de captura do dispositivo ficou próxima a 100 quadros, superior à utilizada em animação, viabilizando assim a

utilização para este fim. Em relação ao custo total do equipamento verificou-se que é de baixo custo em relação a equipamentos existentes no mercado. Em conclusão, com o desenvolvimento do projeto, espera-se auxiliar no conhecimento do processo de integração de dispositivos de baixo custo e com software livre, permitindo a possibilidade de geração de novos produtos e ou serviços na área de design focado em mídia.

Palavras-chave: Captura de movimento. Internet das Coisas. Design. Mídia.

ABSTRACT

Motion capture, or Mocap, is a technique currently used in many areas such as medical, military, 3D animation, sport, among others. One of the techniques used for its realization is made with inertial sensors, able to gauge movement data, however the existing solutions in the market have some disadvantages as, the high cost, incompatibility with other systems and restrictions with respect to the applicability. Thus, in order to contribute with solutions to the presented problems, this project aims to develop a process for capturing movement and real-time transmission of the points posed by man and his objects, gathering concepts and design tools associated with new technologies for the development of innovation of human motion capture devices. This research is characterized as exploratory and qualitative using an applied research methodology, which intends to analyze the procedures for capturing human movement; establish a process for the collection and immediate transmission of movement data; develop a study of the solutions of sensors and data transmission equipment collected to support the proposed solution. As a result, it can be seen that with the low-cost process of motion capture and data transmission, it was possible to have a real-time monitoring of what happens in body biodynamics for various purposes. With this, one has the immediate detection of varied situations and applications, such as, media for animation and use in anthropometric studies and their dynamics. For the capture speed of the device was close to 100 frames, higher than the one used in animation, thus enabling the use for this purpose. In relation to the total cost of the equipment it was verified that it is of low cost in relation to equipment existing in the market. In conclusion, with the

development of the project, it is hoped to help in the knowledge of the process of integration of low cost devices and with free software, allowing the possibility of generating new products and / or services in the area of media-focused design.

Keywords: Motion capture. Internet of Things. Design. Media.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os cinco fatores.	30
Figura 2 - A atividade de projeto envolve três aspectos principais.....	31
Figura 3 - Os métodos lineares.	32
Figura 4 - Os métodos cíclicos.	32
Figura 5 – Método adaptado de Asimow (1968).	33
Figura 6 - síntese de vários conceitos do processo de design.	34
Figura 7 - Modelo do processo de metodologia	36
Figura 8 – Equipamento da VICON.	51
Figura 9 – Equipamento da Xsens.	52
Figura 10 - Captura de movimento no filme Dawn of the Planet of the Apes.	52
Figura 11 – Controle para games. Kinect Adventures.....	53
Figura 12 – Gameficação em saúde.....	54
Figura 13 – Avaliação de próteses.....	55
Figura 14 - Diagrama de intermediação com Arduino, MPU6050 e CPU.....	65
Figura 15 - Diagrama de intermediação com dois MPU6050, Arduino e CPU.....	65
Figura 16 - Esquemático utilizando LTC4317	67
Figura 17 - Protocolos e aplicação utilizada no Modelo TCP/IP.....	68
Figura 18 - Diagrama de intermediação com ESP8266 e MPU6050.....	69
Figura 19 - Diagrama para gravação de FLASH do ESP8266	70
Figura 20 - Diagrama de intermediação entre CPU e dispositivo desenvolvido.....	71
Figura 21 – Compilador NetBeans em execução.....	74
Figura 23 – Interface de captura do Blender.	79
Figura 24 – Identificação da porta UDP no Script.....	80
Figura 23 - Hardware do ponto de captura.	81
Figura 24 – Dispositivo de fixação com ponto de captura.....	82
Figura 25 – Peso dos dispositivos e baterias.	84
Figura 26 – Consumo de energia.....	87
Figura 27 – Locais sugeridos para fixação dos dispositivos.....	89
Figura 28 – Analisador de movimentos.....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pesquisa independente das palavras chaves.....	77
Tabela 2 – Pesquisa das palavras chaves	78
Tabela 3 – Custo individual dos dispositivos.....	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	CONTEXTO E PROBLEMA DE PESQUISA	20
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA	21
1.3	OBJETIVOS.....	22
1.3.1	Objetivo Geral	22
1.3.2	Objetivos Específicos	22
1.4	JUSTIFICATIVA DO TEMA	22
1.5	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	24
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	26
2.1	O DESIGN	26
2.2	METODOLOGIA E O PROCESSO DE DESIGN	34
2.3	ERGONOMIA.....	38
2.4	INOVAÇÃO E TECNOLOGIA.....	39
2.4.1	Design como gerador de inovação.....	41
2.4.2	Tecnologia.....	43
2.4.3	Tecnologias Sociais.....	46
2.4.4	Tecnologia da Informação	47
2.4.5	Internet das coisas como elemento para a geração de produtos inovadores	48
2.5	CAPTURA DE MOVIMENTOS	49
2.5.1	Diferentes sistemas de captura de movimentos	49

2.5.2	Aplicações para a captura de movimentos	52
3	APLICAÇÃO PRÁTICA	56
3.1	INTENÇÃO	57
3.2	PESQUISA.....	57
3.3	ANÁLISE.....	58
3.4	SÍNTESE.....	59
3.5	CONCEPÇÃO.....	60
4	APLICAÇÃO DA CONCEPÇÃO	62
4.1	ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DOS COMPONENTES.....	62
4.1.1	Teste preliminar 1 – Arduino com sensor mpu6050	63
4.1.2	Teste Preliminar 2 – Arduino, LTC4317 com sensor MPU6050	66
4.1.3	Teste Final – ESP8266 com sensor MPU6050.....	67
4.2	ETAPA 2 – DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO	71
4.2.1	Desenvolvimento em C++ para sensor (mpu6050).....	71
4.2.2	Aplicação em JAVA com compilador NetBeans	73
4.2.3	Desenvolvimento em Phytton para o software Blender	74
4.2.4	Montagem dos componentes e carenagem com fixadores	80
4.3	ETAPA 3 - AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS.....	82
4.3.1	Velocidade.....	83
4.3.2	Peso	83
4.3.3	Custo	84

4.3.4	<i>Software</i> livre e <i>open source</i>	85
4.3.5	Energia.....	86
4.3.6	Funcionamento	87
4.3.7	Multipontos	88
4.3.8	Aplicações	90
5	RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	91
6	RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....	93
8	APÊNDICE A – Exemplo de código para ESP8266.....	101
9	APENDICE B – Exemplo de código para aplicação.....	109
10	APENDICE C – Orçamento equipamento básico VICON .	110
11	APENDICE D – Orçamento equipamento XSENS	111

1 INTRODUÇÃO

A Captura de Movimento, ou Mocap, é um processo de gravação de movimento e transposição do movimento em um modelo virtual. Para isto existem diversas técnicas para fazer essa conversão, no entanto a pesquisa abordará as tecnologias dispostas no programa de Pós-Graduação em Design da UFSC.

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA DE PESQUISA

A captura de movimento pode ser usada em diversas áreas como, animação 3D, fisioterapia, área militar, esporte, entre outras. Para sua realização, é possível com o uso de equipamentos como os sensores inerciais, que são dispositivos MENS (Sistemas Microeletromecânicos) capazes de aferir dados de movimento.

Porém, os equipamentos de captura de movimentos existentes no mercado possuem algumas desvantagens, como por exemplo, o Xsens MTi 100-series, produto desenvolvido com sensores inerciais de alto desempenho, com um custo em torno US\$50.000,00, além de possuir um pacote fechado (*software* e *hardware*) que causa incompatibilidade com outros sistemas. Assim, o sistema não permite outras aplicações como: detector de impacto, disparador de paraquedas autônomo, jogos em tempo real ou simuladores. Há ainda dificuldade para a produção de animações, por exemplo, pois os dados em tempo real são enviados somente para o *software* do próprio fabricante, não se consegue enviá-los para outros *softwares*. Outro ponto detectado é a manutenção, que também é realizada

somente por meio do fabricante do equipamento.

Com desvantagens semelhantes, o sistema óptico com marcadores da VICON (*Motion Capture Systems*), além da incompatibilidade com outros *softwares*, necessita de um ambiente especial (estúdio) para a captura de imagens. Como vantagem em relação ao Xsens, o sistema óptico com marcadores permite a captura de movimento de qualquer objeto. O sistema básico é constituído por 6 câmeras infravermelhas (T40) de captura e um dispositivo concentrador de processamento, e custa em torno de US\$130.000,00.

Dessa forma, torna-se importante e imprescindível pesquisar alternativas de equipamentos para realizar a captura de movimento, visando o baixo custo e que possibilite aplicações diversificadas. Sendo assim, o tema desta pesquisa trata principalmente sobre a aplicação do design como uma ferramenta tecnológica e inovadora no desenvolvimento de um produto com baixo custo e aplicabilidade diversificada visando capturar o movimento do corpo humano, gerando dados que possam ser utilizados em pesquisas, universidades, clínicas, produtoras de vídeo e games, entre outros.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

De que forma pode-se desenvolver um equipamento de baixo custo capaz de capturar dados do movimento do corpo humano em tempo real?

1.3 OBJETIVOS

Coligar conceitos e ferramentas do design associados com novas tecnologias para o desenvolvimento de inovação de dispositivos de captura de movimento humano com fins de utilização na área de mídia e tecnologia.

1.3.1 Objetivo Geral

- Desenvolver um projeto que integre dispositivos em um equipamento portátil de baixo custo para capturar movimentos humanos e transmitir em tempo real para ser utilizado em aplicações de design focado em mídia.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Buscar integrar componentes de baixo custo aliado com *softwares* livre e *open source*;
- Oferecer acesso às tecnologias para fins de captura de dados de movimentos;
- Incorporar os sistemas especialistas e embarcados em tecnologias sociais.

1.4 JUSTIFICATIVA DO TEMA

Avaliar um produto apenas no que diz respeito ao aspecto estético do design tornou-se uma consideração insuficiente, pois o design atualmente é uma área que engloba uma transformação de elementos,

como a informação, o conhecimento e os processos de concepção e comunicação. Desse modo, entende-se o design como um mediador da interação e que, impulsionado por um suporte tecnológico, pode provocar modificações significativas no modo de atuar dos métodos e processos para desenvolvimento de novos produtos/serviços.

Assim, o design vem atuando numa relação estreita entre os processos informacionais e as tecnologias digitais, gerando diferentes produtos e novas condutas de comunicação auxiliada pela participação crescente da ubiquidade, disponibilizada pelas tecnologias de comunicação sem fio como: WIFI (*Wireless Fidelity*), *Bluetooth*, NFC (*Near Field Communication*), RFID (*Radio Frequency Identification*), entre outros (GUO, ZHANG & LI, 2012; ATZORI, IERA & MORABITO, 2010; PRESSER & GLUHAK, 2009).

Além disso, a integração de diferentes sistemas embarcados pode apoiar sistemas especialistas, desenvolvidos para solucionar problemas em um campo específico de conhecimento. Neste caso, a integração de diferentes sensores e componentes para promover a captura de dados de movimentos com o design oferecendo suporte a partir de uma metodologia de desenvolvimento de novos produtos.

Sob o ponto de vista social, esta pesquisa visa gerar benefícios, por meio do uso de mídias e tecnologia que podem se ampliar para outros contextos, proporcionando fatores indiretos ocasionados pela divulgação em software *Open Source*, valorizando o pensamento integrativo e colaborativo necessários para a nossa sociedade.

Na área de design, esta pesquisa justificou-se pela necessidade de aprofundamento, discussão e pesquisas sobre design, e em especial sobre a mídia visando a tecnologia para captura de movimento. Com sua

característica, com foco na prática de projetos é importante ampliar o horizonte projetual para uma abordagem sistêmica do design, assim como, para os fatores que influenciam tanto a economia, como o ambiente e a sociedade buscando o bem-estar e a qualidade de vida de sua atuação.

Sob o ponto de vista pessoal, a pesquisa foi uma fonte de inspiração para o pesquisador, que possui uma estreita conexão com a área da engenharia elétrica e teve oportunidade de obter e consolidar novos conhecimentos na área do design e mídias, assim como, a de metodologias para evoluir dentro das áreas abordadas nesta pesquisa.

1.5 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Inicialmente será abordada uma perspectiva geral do design, abordando métodos, processos e ferramentas, além do conceito de tecnologias que auxiliem no embasamento dos objetivos da pesquisa.

Como método de pesquisa este trabalho apresenta elementos exploratórios e qualitativos utilizando uma metodologia de pesquisa aplicada, que pretende analisar os procedimentos para captura e transmissão de dados do movimento em tempo real.

Assim, no presente projeto de pesquisa, será utilizado o modelo de inovação no design, desenvolvido por Kumar (2013), em que é possível aplicar várias ferramentas e técnicas. É um modelo cíclico, prescritivo e descritivo, dividido em cinco fases: Intenção (*Sense Intent*), Pesquisa (*Research*), Análise (*Analysis*), Síntese (*Synthesis*) e Concepção (*Realization*).

Usando o modelo proposto por Kumar, 2013, pretende-se estabelecer um processo para coleta e transmissão imediata dos dados de movimento; desenvolver estudo das soluções de sensores e equipamentos de transmissão dos dados coletados para apoio à solução proposta. Para tanto, serão analisados sistemas de captura de movimentos inerciais e ópticos com marcadores, a fim de definir os requisitos necessários para o desenvolvimento do produto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica desta pesquisa tem por finalidade apresentar e dar embasamento para a temática a ser estudada. Os tópicos abordados tratam sobre as temáticas gerais de design, tecnologias e inovação a fim de construir base para o desenvolvimento da estratégia de coleta e transmissão dos dados do movimento. Na pesquisa, buscou-se também a inserção do design como uma ferramenta para o desenvolvimento do produto proposto. Para isto, serão introduzidos alguns conceitos de design e do processo de concepção. Como o projeto visa desenvolver uma integração de dispositivos, posteriormente será realizado um estudo sobre o contexto da interação humano-computador, internet das coisas e aplicações tecnológicas na área da captura de movimento do corpo humano.

2.1 O DESIGN

No senso comum, o termo design frequentemente é associado ao aspecto estético de um produto, porém, o design como disciplina, tem um objetivo mais abrangente, que é promover o bem-estar na vida das pessoas (VIANNA et al., 2012). Bonsiepe (2011) defende a utilização do termo Design no sentido de um discurso projetual, estabelecendo que o termo “projeto” se refere a “dimensão antropológica da criação e formação de artefatos materiais e simbólicos”, enquanto “design” significa um “modo da atividade projetual do capitalismo tardio”.

Inicialmente, o termo design se associava às atividades de

projetos, porém, com o passar do tempo, mais especificamente na década de 1990, perdeu o significado original e adquiriu outras conotações, distanciando-se da ideia de “solução inteligente de problemas”, e aproximando-se do efêmero, da moda, do obsoletismo rápido, estando mais associado a objetos caros, pouco práticos, divertidos, com formas rebuscadas e cores chamativas (BONSIEPE, 2011).

Bonsiepe (2011) também afirma que a apropriação do termo design é indébita, pois diversos profissionais praticam o design, especialmente na área de engenharias, quando, por exemplo, um engenheiro químico desenvolve um novo material plástico ou quando um bioquímico modifica a estrutura genética de um vegetal para aumentar a resistência a pragas. Assim, estes profissionais estão realizando atividades de projetos que podem ser consideradas também como design, pois estão contribuindo para promover o bem-estar das pessoas. Eles estão interferindo na vida das pessoas.

Atualmente, o termo *Design Thinking*, se refere a "uma abordagem focada no ser humano, que vê na multidisciplinaridade, colaboração e tangibilização de pensamentos e processos, caminhos que levam a soluções inovadoras para negócios" (VIANNA et al., 2012). O diferencial, é que como o próprio nome diz, se refere à maneira como o designer pensa, um raciocínio pouco convencional, que diante de um problema, procura mapear processos na vida dos indivíduos, identificando culturas e experiências pessoais, ganhando assim uma visão mais completa para que se possa identificar as barreiras e criar alternativas para transpô-las. Para tanto, o designer utiliza o trabalho colaborativo entre equipes multidisciplinares, para que cada um dentro da sua formação possa oferecer diferentes interpretações sobre as questões,

gerando soluções inovadoras.

O *Design Thinking* divide-se basicamente em três etapas: imersão, ideação (análise e síntese) e prototipação. Essas etapas não precisam seguir uma ordem linear durante um projeto. A fase de imersão tem o objetivo de aproximar a equipe do contexto do problema, podendo ser uma imersão preliminar ou em profundidade. Na fase de análise e síntese, os *insights* obtidos durante a fase de imersão são organizados de maneira a obterem-se padrões e a criar desafios que auxiliem na compreensão do problema. Na etapa de ideação, é onde acontece a geração de ideias inovadoras, incluindo a prototipação, para a criação de soluções que estejam de acordo com o contexto do projeto (VIANNA et al., 2011).

O design não é utilizado apenas para a criação de produtos, mas também, para serviços e soluções de qualquer tipo de problema. A IDEO (Empresa Internacional de Design e Consultoria em Inovação) criou um kit de ferramentas baseado no Design Centrado no Ser Humano - HCD (*Human-Centered Design*), que coloca as pessoas no centro do desenvolvimento de um projeto, tendo sido especialmente adaptada para organizações que trabalham com comunidades carentes. Esta metodologia foi aplicada, por exemplo, em diversas comunidades da África, Vietnam e Índia, com excelentes resultados, pois a solução foi gerada a partir do ponto de vista do usuário.

Desse modo, o design visto como um processo para solucionar problemas de modo inovador voltado para o bem-estar do ser humano pode ser aplicado em qualquer área de conhecimento. Um dos pontos-chave do “*design thinking*” é não ficar apenas na mentalidade dos

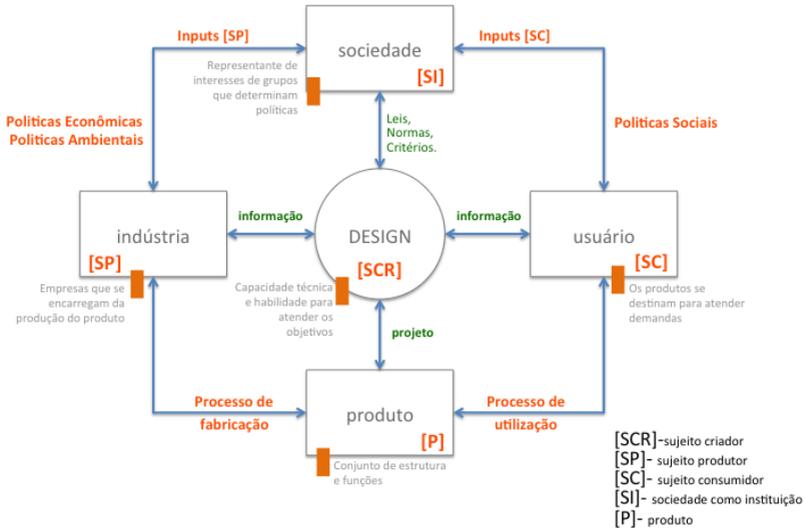
stakeholders, que decidem a partir do que eles acreditam que seja necessário, e criam uma gama de produtos e serviços, cabendo ao usuário adequar-se a elas. Para ser eficiente, o processo de criação deve envolver aqueles que realmente irão utilizar o serviço ou produto. Nesta ótica, o usuário deve ser envolvido em três pontos do processo: i) na fase de imersão, quando está sendo feita a pesquisa inicial; ii) na fase de prototipagem, antes da implementação e iii) imediatamente após a implementação, para ter certeza de que o problema foi realmente resolvido.

O design pode ser caracterizado como um campo necessariamente híbrido que atua na conexão entre o corpo e a informação, entre artefato, usuário e sistema, tendo como natureza a atividade de projeto capaz de viabilizar soluções sistêmicas e criativas para os desafios que são propostos. E, tem como objetivo principal, garantir que uma oferta seja percebida pelas pessoas como algo de alto valor para suas vidas. Mas, para garantir isso, o design, necessita cuidar da maneira como as coisas são concebidas, seu propósito e como funcionam.

Tendo em vista que o design é uma atividade criativa, cujo propósito é estabelecer um conjunto multifacetado de qualidades nos objetos, processos, serviços e sistemas na totalidade do seu ciclo de vida, ele é considerado o fator central da inovação e da humanização das tecnologias e um fator crucial do intercâmbio econômico e cultural ICSID (Centro Internacional para Arbitragem de Disputas sobre Investimentos). A Figura 1 complementa essas ideais, por meio da metodologia de desenvolvimento de projeto de Gustavo Amarante Bomfim, em que o autor faz uma relação entre os cinco fatores, o design como fator central

e a sociedade, indústria, usuário e produto como fatores intermediários que se relacionam (BOMFIM, 1995).

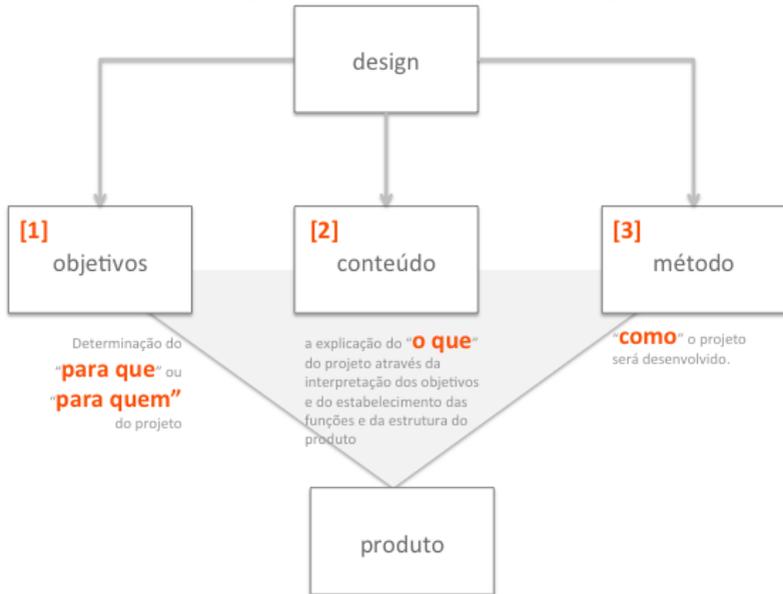
Figura 1 - Os cinco fatores.



Fonte: FIGUEIREDO (2014)

De acordo com Bomfim (1995), a atividade de projeto envolve três aspectos principais: os **objetivos**, que vão determinar "para que" ou "para quem" é o projeto; o **conteúdo**, que apresenta a explicação do "o que" é o projeto, por meio da interpretação dos objetivos, do estabelecimento das funções e da estrutura do produto; e o **método**, que mostra "como" o projeto será desenvolvido. A Figura 2 apresenta essas informações.

Figura 2 - A atividade de projeto envolve três aspectos principais.



Fonte: FIGUEIREDO (2014)

Os métodos lineares são compostos por uma sequência de ações ou etapas em que o *input* de uma delas depende do *output* da etapa anterior, embora sejam independentes. O processo de realimentação (*feedback*), quando necessário, deve ocorrer no interior de cada etapa, isoladamente, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - Os métodos lineares.



Fonte: FIGUEIREDO (2014)

O método cíclico tem a característica principal e a possibilidade de retorno entre as etapas, quando o resultado da avaliação é negativo e se percebe a necessidade de retroceder a uma das etapas anteriores. O retorno, contudo, não é pré-determinado nem obrigatório. As etapas, como no método linear, são independentes, embora o output de uma continue sendo o input da posterior. A Figura 4 apresenta um exemplo.

Figura 4 - Os métodos cíclicos.



Fonte: FIGUEIREDO (2014)

Um exemplo de método linear é a proposta apresentada por Asimow (1968), em que cada uma das etapas, pode ser compreendida em função de quatro atividades. Primeiramente, são verificadas as informações gerais e específicas do projeto, passando a ser útil para o problema em questão. Em seguida, ocorre o processamento de informações por meio de transformação e análise destas, visando alcançar um resultado esperado. Em terceiro, a preparação do resultado, ou seja, a

determinação de ações necessárias para realizar a etapa. Por fim, a avaliação dos resultados obtidos a partir de critérios pré-estabelecidos. A Figura 5 apresenta o processo.

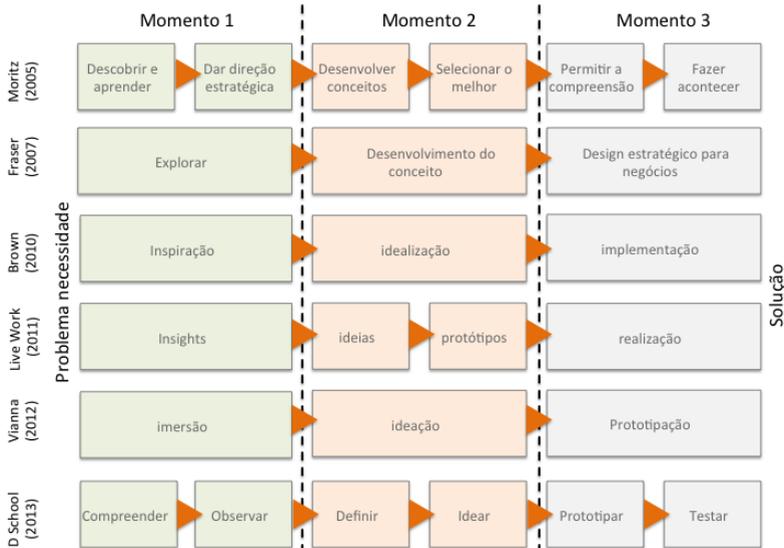
Figura 5 – Método adaptado de Asimow (1968).



Fonte: FIGUEIREDO (2014)

A metodologia de projeto enfatiza várias etapas, conforme parte da identificação de um problema, e, após vários tipos de análise, é que se define o problema e se realiza o anteprojeto, geração de alternativas e chegando ao produto. A Figura 6 apresenta uma síntese de vários conceitos do processo de design.

Figura 6 - síntese de vários conceitos do processo de design.



Fonte: FIGUEIREDO (2014)

2.2 METODOLOGIA E O PROCESSO DE DESIGN

Neste trabalho, serão utilizados diversos métodos e instrumentos para a elaboração do projeto, auxiliando na interpretação de textos pesquisados, na análise de temas relacionados por meio de pesquisa quantitativa e qualitativa, na síntese de informações e dados e na formatação dos textos, segundo a norma da ABNT. Além do uso dos métodos relacionados à metodologia científica, este trabalho também irá utilizar um modelo de processo de produto.

Para compreender a importância de um modelo projetual no processo de desenvolvimento de produtos ou qualquer outro material tratado pelo design, é preciso primeiro avaliar a definição deste termo.

Para Bomfim (1995), metodologia é “a ciência que se ocupa do estudo de métodos, técnicas ou ferramentas e de suas aplicações na definição, organização e solução de problemas teóricos e práticos”, e continua sobre metodologia de design: “a disciplina que se ocupa da aplicação de métodos a problemas específicos e concretos” (BOMFIM, 1995).

Segundo Pazmino (2015), método de design é o conjunto de procedimentos que visam atingir um objetivo de projeto, já o modelo de processo de projeto é o esquema das sequências das operações ou encadeamento de fases e etapas de um projeto. Portanto, o modelo de processo visa nortear o projetista, com uma série de etapas pré-definidas e guias de auxílio ao desenvolvimento, com objetivo de maximizar os resultados e diminuir as chances de falhas e interferências no processo.

Para o presente projeto de pesquisa, será aplicado o processo de Kumar (2013), que é um modelo para o processo de inovação no design, em que 101 ferramentas e técnicas podem ser aplicadas. Trata-se de um modelo cíclico, prescritivo e descritivo, dividido em cinco fases: Intenção (*Sense Intent*), Pesquisa (*Research*), Análise (*Analysis*), Síntese (*Synthesis*) e Concepção (*Realization*). A Figura 7 mostra o esquema do processo de Kumar.

Figura 7 - Modelo do processo de metodologia



Fonte: Kumar (2013)

A seguir, a descrição das fases do modelo adotado no projeto de pesquisa.

Intenção:

No início do processo, deve-se descobrir por onde começar e considerar as mudanças no mundo. Deve-se olhar para todas as mudanças que acontecem no mundo dos negócios, tecnologia, sociedade, cultura, ambiente, etc. Reunir os últimos acontecimentos, os desenvolvimentos de ponta e últimas notícias.

Pesquisa:

Esta é a fase de conhecer o que existe de produtos, serviços, experiências ou marcas que possam existir no mesmo mercado ou podem contribuir de alguma forma para enriquecer a pesquisa e o contexto. Estudar as empresas concorrentes e como elas se comportam e quais são suas estratégias. Ainda, é o momento de afirmar a centralidade dos usuários no processo de design e seguir a linha de projeto centrado no usuário.

Análise:

Com auxílio de métodos e ferramentas, a formação de ideias começa a acontecer, organizando as pesquisas em um conjunto de ideias-chave, transformando-as em *insights*. Pontos fortes e fracos de cada conceito precisam ser analisados por meio de ferramentas apropriadas

Síntese:

A avaliação cuidadosa é fundamental para descobrir quais conceitos são promissores para estabelecer um desenvolvimento. Esta fase avalia os conceitos analisados previamente e busca estabelecer requisitos de projeto concisos para a inovação.

Concepção:

Por meio de um processo iterativo, é a fase de testar, modificar e aperfeiçoar a solução. A intenção nesta etapa envolve a construção de protótipos para entender como as soluções de design podem funcionar e testar para ver as experiências dos usuários. Como qualquer modelo de processo, ele serve como suporte e guia e nunca deve ser visto como um

processo que engesse o desenvolvimento. Neste projeto, serão aplicados diversos métodos de projeto que poderão ser adaptados ao modelo de Kumar (2013). Como a aplicação prática trata-se de um dispositivo que se adapta ao corpo. Será discutido, a seguir, ergonomia e suas definições como conceito de design para melhoria da qualidade de vida, por meio da adaptação da tecnologia ao corpo.

2.3 ERGONOMIA

Os princípios da ergonomia aplicados efetivamente no contexto do usuário podem proporcionar aos seus colaboradores uma melhor qualidade de vida se seu vestuário é projetado de maneira que as atividades desenvolvidas por eles não prejudiquem a sua saúde e o seu bem-estar. Ressaltando, que o desempenho do colaborador poderá ser melhorado e suas potencialidades ampliadas.

Segundo a ABERGO (2009) (Associação Brasileira de Ergonomia), o conceito oficial de ergonomia adotado pela Associação Internacional de ergonomia (IEA), desde o ano 2000, estabelecendo-a como disciplina científica e mostrando a sua aplicação como profissão em que demonstra a sua contribuição em várias áreas. A ergonomia (ou fatores humanos) é uma disciplina científica, relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e a aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (ABERGO, 2009).

Contribuindo, dessa forma, para o planejamento, o projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalhos, produtos, ambientes e sistemas

de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas (ABERGO, 2009).

Iida (2005), define ergonomia como a ciência que estuda a adaptação do trabalho ao homem, sendo que o significado de trabalho envolve o estudo da relação entre o homem e fatores como, os equipamentos, o ambiente de trabalho, as máquinas, as instalações e as atividades desenvolvidas.

O domínio especialista da ergonomia é bem abrangente, pois “trata-se de uma disciplina orientada para uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana” (ABERGO,2009). Diante da abrangência dessa dimensão verifica-se a necessidade de uma abordagem holística de toda área de ação da disciplina e relação aos aspectos físicos, cognitivos, sociais, organizacionais, ambientais, etc. (ABERGO,2009).

Segundo a ABERGO, 2009 em âmbito mais geral podem ser divididos em três áreas: física, cognitiva e organizacional.

Sendo que a ergonomia física atende à atividade física que está relacionada com as características da anatomia humana, antropométrica, fisiologia e biomecânica. Inclui o estudo da postura do trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculos-esqueléticos relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e saúde (ABERGO,2009).

2.4 INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

Segundo Lemos (1999), a inovação pode ser classificada como radical e incremental conforme sua impressão na sociedade e economia.

A inovação radical é aquela oriunda de conhecimento técnico-científico totalmente novo, alterando radicalmente práticas sociais e econômicas.

A inovação radical contribui desta forma para o desenvolvimento de novos produtos, formas de organização da produção, podendo significar a quebra do padrão tecnológico anterior. Por outro lado, a inovação incremental é aquela que aperfeiçoa os produtos, processos e organização da produção sem modificar a estrutura já existente. As inovações incrementais podem auxiliar na redução de custos, incremento da produtividade, otimização da produção e no aumento da qualidade.

A inovação tem sido prerrogativa, como solução para as novas demandas em um ambiente que se transforma de maneira cada vez mais veloz neste início de século XXI. Schrage explicou que a base da inovação está na adesão dos usuários ao que lhes é proposto, se houver um aceite então se tem uma inovação. Essa mesma questão também é expressa por Charles Bezerra (2011) “a lógica é bastante simples. Para sobreviver é preciso se diferenciar; se a diferenciação tiver sucesso, ela trará atenção; se a atenção tiver sucesso, trará aceitação. E, se houver aceitação, haverá futuro. Assim somos quase condenados a nos diferenciar” (BEZERRA, 2011).

No referido momento era almejado pelo Design, que por meio das possibilidades oriundas da produção massificada, se poderia atingir um mundo cada vez mais científico. Como afirmou Norman Potter: “A responsabilidade do designer é na verdade o lugar do valor em um mundo de fatos” (POTTER, 1999).

Todas as mudanças de origem humana que o mundo testemunhou são um resultado da tendência deste pela procura de algo novo e diferente.

O desejo de tentar algo novo é uma característica proeminentemente humana. Não existe um limite a novas ideias, mas quando estas ideias produzem valor, tornam-se inovação. E, as grandes ideias não têm qualquer valor se não forem implementadas (INNOSKILLS, 2008:01).

Como objeto de inovação, o Manual de Oslo, concentra-se em quatro tipos de inovação: inovação de produto, inovação do processo, inovação de marketing e inovação organizacional. Estas são as classificações mais estudadas e aplicadas no âmbito organizacional.

Segundo, Tushman e Nadler, (1997), inovação de produto pode ser vista como uma forma de competir em ambientes altamente dinâmicos e com ininterruptas mudanças tecnológicas para que as empresas adotem a inovação como modo de vida corporativo, capaz de criar novos produtos, serviços e processos.

De acordo com o Innoskills (2008), inovação de processo consiste na implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Isto inclui mudanças significativas nas técnicas, tecnologia, produto e/ou software.

2.4.1 Design como gerador de inovação

O Design constitui uma das ferramentas mais poderosas para a geração de benefício para a indústria, tendo assim papel fundamental na inovação como forma de desenvolvimento de novas soluções e diferencial competitivo para as empresas. Mas, como sentenciou Gui Bonsiepe “Design não é valor agregado, Design é Valor!”. Tim Brown (2009) chamou de abordagem poderosa, eficiente e amplamente acessível para inovação o que o Design possibilita dentro das organizações das

empresas, mas como ele mesmo complementa essa cultura deve ser integrada a todos os aspectos empresariais e sociais.

Em Design, a projeção é parte do sistema central de trabalho em um movimento contínuo de antecipação. Não por menos a profissão tem em uma de suas raízes o pensamento sistêmico, como forma de entender esse ato de projetar os sistemas. Esse olhar contínuo e sistemático para o futuro é uma das poderosas armas que o pensamento projetual sustenta, muito além da simples solução de problemas situacionais. Atualmente as empresas englobam esse processo projetual contínuo como forma de se beneficiarem e finalmente de sobreviverem.

Criar inovação pela gestão de design foge do foco somente de produto. Sua abordagem deve ser maximizada, extrapolando na organização o nível operacional chegando até o estratégico. Segundo Roda e Krucken (2004), considerando a gestão do design nos seus três níveis organizacionais (estratégico, tático e operacional), lembram que as consequências de sua utilização terão impacto, tanto internamente na organização - nas atividades de planejamento, organização, produção - como na sua relação com o meio – nas interfaces com a sociedade, com os clientes, no posicionamento no mercado, dentre outros.

A inovação de processo em organizações possui um viés estreito com a inovação tecnológica. A tecnologia, aplicada em diferentes contextos, atua como elemento capaz de proporcionar a realização destes processos inovadores (INNOSKILLS, 2008)

2.4.2 Tecnologia

A palavra tecnologia mostra-se polissêmica e permeia diferentes áreas do conhecimento, sendo muitas vezes interpretada ou empregada de maneira particular.

Para Vassão (2010, p. 85), a tecnologia é o “conhecimento técnico produtivo conseqüente para o cotidiano e a organização da produção de bens de uso ordinário”. Pois, “a tecnologia abrange um conjunto organizado e sistematizado de diferentes conhecimentos, científicos, empíricos e intuitivos. Sendo assim, possibilita a reconstrução constante do espaço das relações humanas” (VERASZTO et al., 2008, p. 79).

Ou seja, isto indica a amplitude do conceito de tecnologia e, assim, contrariam parcialmente o senso comum que, atualmente, costuma restringi-lo ao conjunto de artefatos tecnológico-digitais. A tecnologia é comumente relacionada à inovação, porque é responsável pela expressão física ou material de grande parte das ideias inovadoras produzidas no âmbito científico. Entretanto, o campo tecnológico está sendo desenvolvido há muito tempo e abriga em sua história todos os artefatos, sejam esses instrumentos físicos ou esquemas mentais, que são aplicados na solução dos problemas humanos, sejam esses individuais, sociais, organizacionais e ambientais.

No campo de Filosofia do Conhecimento, são considerados os estudos e a conceituação de Bunge (1997) sobre tecnologia, como foram recuperados e explicados por Cupani (2004). Primeiramente, destaca-se a diferenciação entre os conceitos de técnica e tecnologia, considerando-se que: (1) a técnica diz respeito ao controle ou transformação da natureza

pelo homem, utilizando-se conhecimentos pré-científicos e, por sua vez, (2) a tecnologia consiste na aplicação sistemática da ciência no desenvolvimento e na utilização das técnicas, que são, portanto, apoiados em dados, leis e teorias científicas. A aplicação da ciência na técnica pode ser opcional e ocorrer de maneira assistemática. Mas, na tecnologia, a aplicação científica é necessária, devendo ser planejada e sistemática.

A técnica e a tecnologia, entretanto, são desenvolvidas ou aplicadas em função de um plano ou de um objetivo, implicando em valores éticos determinados por sua finalidade. A técnica e a tecnologia são finalistas, porque seus esforços devem ser destinados ao útil, servindo para atingir alguma finalidade. Para tanto, requerem processos sistematicamente planejados e regrados para que os procedimentos sejam organizados na busca por eficiência. O caráter sistemático e regrado garante que os processos bem sucedidos possam ser repetidos.

Confirmando o endosso ao conceito de Bunge, que distingue a tecnologia da técnica com o uso sistemático da ciência no processo tecnológico, considera-se também pertinente o pensamento de Silva (2003, p. 53), que aborda a tecnologia de acordo com sua finalidade, caracterizando-a como “um sistema através do qual a sociedade satisfaz as necessidades e desejos de seus membros. Esse sistema contém equipamentos, programas, pessoas, processos, organização, e finalidade de propósito”.

Esses conceitos são também assinalados por outros autores, considerando-se que a macrotecnologia “envolve o contexto da formulação e gestão do conhecimento das tecnologias” e a microtecnologia está “relacionada à operacionalização desse

conhecimento em produtos e processos como resultado final para o Mercado” (SILVA, SILVA E MANFRINATTO,2005, p. 199).

Cupani (2004) faz uma distinção entre técnica e tecnologia, afirmando que a primeira diz respeito ao controle ou transformação da natureza pelo homem utilizando-se de conhecimentos pré-científicos, ou seja, qualquer conhecimento adquirido; já a segunda, tecnologia, consiste na técnica de base científica (dados, leis, teorias). Ambas, no entanto pressupõe uma planificação, um objetivo e implicam em valores (seu objeto deve ser útil ou adequado a alguma coisa) e regras (o objeto deve ser eficiente). Podemos dizer com isso que a técnica procura atingir uma finalidade de maneira informal, ao contrário da tecnologia que o faz de maneira formal. O autor conclui que tecnologia pode, então, ser definida como

O campo de conhecimento relativo ao desenho (projeto) de artefatos e à planificação da sua realização, operação, ajuste, manutenção e monitoramento à luz do conhecimento científico. Ou, resumidamente: o estudo científico do artificial (BUNGE, 1985 apud CUPANI, 2004, p. 496).

Por desenvolver estudos e atividades direcionados à atuação prática, Design é por excelência um campo tecnológico. Pois, as funções de Design são baseadas na aplicação dos conhecimentos científicos na projeção de informações, configuradas como produtos ou sistemas direcionados para a solução de problemas previamente identificados e estudados.

Este projeto, entretanto, abordará mais especificamente os sistemas especialistas e sistemas embarcados, que trata da contextualização e da integração dos estudos e das atividades de Design

em seu meio social de atuação aplicada principalmente no contexto para captura de movimento. Portanto, a tecnologia e mídias são parte integrante da área de Design que desenvolve as prospecções e os relacionamentos, orientando e justificando as atividades de projeção de produtos ou sistemas que lhes são mais típicas ou características.

O propósito mais específico que motivou o desenvolvimento deste projeto é a relação entre tecnologia e o design, considerando essa última como uma parte da área da ciência sociais aplicada que apresenta características próprias e, portanto, diferenciadas com relação ao conjunto.

2.4.3 Tecnologias Sociais

De acordo com RTS (2013), Tecnologia Social “compreende produtos, técnicas ou metodologias, reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que devem representar efetivas soluções de transformação social”. Porém, para Bonilha e Sachuk (2011), tecnologia social é um instrumento solucionador da realidade das pessoas. As autoras afirmam que a TS “possibilita que indivíduos excluídos sejam ressocializados e formem (construam e constituam) ou transformem a sua própria identidade por meio da apropriação dessa tecnologia que engloba o conhecimento técnico-científico e os benefícios gerados pela Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I)” (BONILHA E SACHUK, 2011, p. 413). Elas acreditam que “o homem, por meio da incorporação da tecnologia social e da execução dessa atividade, irá transformar a si mesmo e a

realidade que o circunda simultaneamente, o que provocará modificações em sua identidade” (BONILHA E SACHUK, 2011, p. 415).

A RTS (2011) entende que a Tecnologia Social promove a mudança sustentável já que produz uma “solução gerada a partir da aliança entre o saber local e o científico, por isso é reconhecida e apropriada pelas comunidades. É, portanto, uma solução endógena, um dos elementos fundamentais de qualquer processo de desenvolvimento local” (RTS, 2011, p. 6).

Como o objetivo da pesquisa é proporcionar o desenvolvimento um sistema de captura de baixo custo, evidencia-se a possibilidade do uso em maior escala da tecnologia até o ponto da não percepção da mesma.

2.4.4 Tecnologia da Informação

O uso da tecnologia da informação como um exemplo a estratégia de gestão que é considerado uma grande vantagem competitiva, um elemento fundamental de transformação da aprendizagem, um ótimo instrumento para gestão de informações para a sustentabilidade e também auxiliar no processo de produção e operação.

Os processos de inclusão digital, informacional e social funcionam de forma integrada e são facilitadores no desenvolvimento e promoção da educação. Sendo que a aplicação desses, quando efetiva, tende a uma sequência lógica (DUDZIAK, 2004).

2.4.5 Internet das coisas como elemento para a geração de produtos inovadores

A popularização e a disseminação das tecnologias móveis têm proporcionado às pessoas um aumento do acesso a informações e realização de tarefas possibilitando o contato, em diferentes momentos, com sistemas computacionais. Definindo o contexto da ubiquidade, onde ocorre a integração entre diversos dispositivos estabelecendo-se uma rede de conectividade sem fio entre si e com a internet, caracterizando a Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) (ATZORI, IERA; MORABITO, 2010; PRESSER; GLUHAK, 2009).

Segundo Paraguai (2006), essa interação tecnológica permite aos usuários desfrutar de domínios físicos e virtuais simultaneamente, gerando novos comportamentos sociais e proporcionando independência temporal e espacial as organizações dos ambientes.

O ambiente de Internet das Coisas pode oferecer aplicações combinadas e serviços aos usuários para que possam realizar atividades específicas, por meio de um ambiente onde vários elementos físicos se comunicam entre si (GUO, ZHANG & LI, 2012).

Schwartz (2016) demonstra um dispositivo eletrônico, chamado ESP8266, desenvolvido em no final de 2015 para proporcionar o acesso a elementos físicos à internet, por meio de uma conexão *WIFI*. O dispositivo pode se comunicar com elementos eletrônicos e conectá-los à rede, mesmo que não tenham sido desenvolvidos para esta finalidade.

Seguindo Presser & Gluhak (2009), a integração de tecnologias tem um grande impacto sobre diversos aspectos da rotina e atuação dos

usuários, atuando em áreas como: gestão, educação, indústria, transporte, segurança, entre outras. Isso é permitido devido a ampla gama de tecnologias que promovem a Ubiquidade e proporcionam a Internet das Coisas, como: redes *wireless*, NFC (*Near Field Communication*), RFID (*Radio Frequency Identification*), *bluetooth*, sensores, etc.

Assim, este trabalho inclui a perspectiva de analisar a influência tecnológica, buscando integrar o uso de sensores, componentes e *softwares* para a captura de dados de movimentos e transmissão em tempo real.

2.5 CAPTURA DE MOVIMENTOS

O Sistema de Captura de Movimentos (Mocap) é um meio de oferecer coordenadas tridimensionais de um objeto a partir da triangulação de pontos de referência, cujos dados são interpretados e transformados em informações significativas por um software e um conjunto de equipamentos (PARK ET AL, 2013). Existem diferentes modelos de sistemas de captura de movimento, adotando processos ópticos, magnéticos, mecânicos, inerciais, acústicos, entre outros, que diferem em tipos de sensores, conjuntos de equipamentos, complexidade de obtenção dos dados, modos de execução, precisão das coordenadas, custos de instalação, etc.

2.5.1 Diferentes sistemas de captura de movimentos

Atualmente existem diversas maneiras para se capturar os dados analógicos reais (físicos) em dados virtuais, que podem ser processados e

replicados. Entre os diferentes tipos de Mocap existem o mecânico, ótico com marcadores por fotometria ou fotogrametria, óptico com auxílio de infravermelho, sensores inerciais, entre outros.

2.5.1.1 Sistema óptico com marcadores

O sistema óptico de captura de movimento (Motion Capture) consiste em um conjunto de câmeras controladas por um computador e posicionadas ao redor do elemento a ser captado, a fim de gerar coordenadas tridimensionais (PARK ET AL, 2013).

Este elemento (ator ou objeto, por exemplo) que terá seus movimentos capturados possui marcadores fixados em seu corpo (Figura 8), podendo ser reflexivos denominados passivos ou brilhantes também chamados de ativo (KITAGAWA & WINDSOR, 2008). Para que o sinal de um marcador seja captado pelo Motion Capture é necessário utilizar no mínimo duas câmeras. Porém, para se obter maior precisão, recomenda-se que cada marcador seja visível por pelo menos três câmeras (KITAGAWA & WINDSOR, 2008).

Figura 8 – Equipamento da VICON.

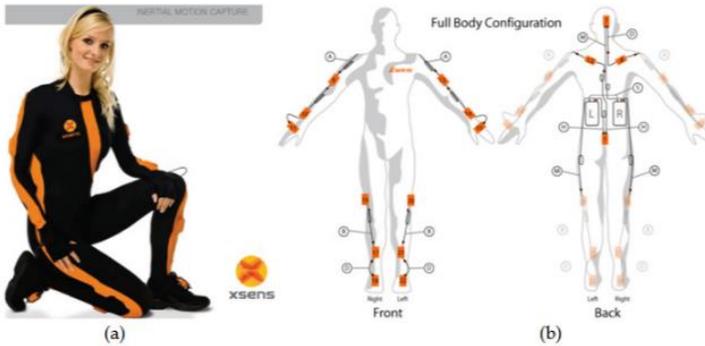


Fonte: Daniel Queiroz (2016)

2.5.1.2 Sistema inercial

Sistema inercial são compostos por componentes MENS (Sistemas Microeletromecânicos) capazes de capturar dados de aceleração e giro. Esses sensores são fixados entre as articulações do usuário e podem capturar o giro e a aceleração espacial do objeto onde está fixado. Um sensor funciona independente dos outros (Figura 9). Por meio de algoritmos de fusão dos sensores o aplicativo, instalado em um computador, gera um modelo biomecânico que concentra os dados coletado e permite posteriormente a gravação, reprodução e análise dos movimentos.

Figura 9 – Equipamento da Xsens.



Fonte: Xsens (2016)

2.5.2 Aplicações para a captura de movimentos

Para auxiliar o processo de desenvolvimento de uma animação, na criação de um filme, curta ou desenho animado, dos personagens (avatares) modelados e desenvolvidos virtualmente, pode-se utilizar a tecnologia de captura de movimentos, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Captura de movimento no filme Dawn of the Planet of the Apes.



Fonte: Weta (2014).

Uma outra aplicação para Mocap é na utilização em *games*. Essa aplicação permite que o usuário não necessite de um controle para jogar como acontece nos consoles tradicionais, conforme Figura 11, é utilizado apenas o movimento do corpo ou parte dele para exercer essa função. Em um outro ponto de vista, área da saúde, esse método de gameificação pode auxiliar na recuperação de pacientes como no caso de tratamento fisioterapêutico, onde o paciente tem um objetivo gerando estímulo a fazer o exercício necessário para sua recuperação como apresentado na Figura 12.

Figura 11 – Controle para games. Kinect Adventures



Fonte: Revista Época (2010).

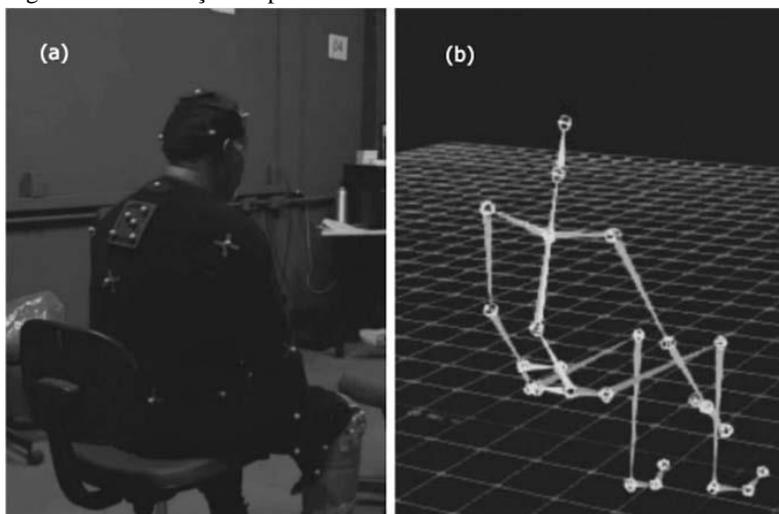
Figura 12 – Gameficação em saúde.



Fonte: Wareline (2015)

Uma outra aplicação possível ainda na área da saúde é a avaliação de usuários de próteses com amputação transtibiais, por meio da coleta dos dados de movimento e posterior comparação com um modelo gerado de uma pessoa não usuária de prótese (Figura 13).

Figura 13 – Avaliação de próteses.



Fonte: Prim et al. (2016)

3 APLICAÇÃO PRÁTICA

O ato de pesquisar é algo que se faz todos os dias, afirma Booth, Colomb & Willians (2005). O autor define que “pesquisar é simplesmente reunir informações necessárias para encontrar sua resposta para um pergunta e assim chegar à solução de um problema” (BOOTH, COLOMB & WILLIANS, 2005:7), para ele esta afirmação atende tanto para definir uma pesquisa da experiência cotidiana dos usuários quanto para a pesquisa acadêmica, a diferença é que a pesquisa em geral é feita para o próprio uso do pesquisador, enquanto que na pesquisa acadêmica é necessário haver a divulgação e confiabilidade em relação aos resultados obtidos. Este é um dos motivos da necessidade de uma boa condução da pesquisa e da formatação de um relatório preciso.

Para isto, as perguntas de pesquisa e problemática devem estar bem formatadas. Nesta etapa abordaremos sobre os procedimentos metodológicos que irão servir de ferramenta para coleta de dados e procedimentos para chegar ao resultado da pesquisa.

Esta pesquisa caracteriza-se como exploratória e qualitativa. Em relação a caracterização da pesquisa, de acordo com Gil (2008), o presente trabalho utiliza uma metodologia de pesquisa aplicada, pois busca gerar conhecimento para aplicações práticas de soluções a problemas específicos; qualitativa, pois visa qualificar os dados coletados e exploratória, pois tem como finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias.

Este projeto objetiva desenvolver um processo para captura de movimento e transmissão em tempo real dos pontos posicionados pelo

homem e seus objetos. Procura-se determinar as características de cada procedimento, a fim de compreender as barreiras e oportunidades encontradas para a aplicação das tecnologias. O desenvolvimento do projeto é detalhado conforme modelo do processo de metodologia proposto por Kumar (2013) apresentado anteriormente, no item 2.2 Metodologia e o Processo de Design, que são as etapas a seguir.

3.1 INTENÇÃO

Existem diferentes maneiras de realizar a captura de movimentos, utilizando sistemas mecânicos, inerciais ou ópticos, por exemplo. Dependendo da função e utilidade, a tecnologia de captura de movimentos pode ser aplicada em diversas áreas como: sismógrafos, sistemas de navegação autônoma para aviões militares, sistemas de medida ou registro de impactos, *airbag*, celular, *tablet*, animação 3D, controle para jogos de imersão, análise de movimento, estudo da ergonomia, estudo morfológico, estudo biomecânico, antropometria, entre outros.

Para esta pesquisa, busca-se desenvolver um equipamento de captura de movimentos inercial de baixo custo, que possa ser utilizado para aplicações em diferentes áreas de atuação.

3.2 PESQUISA

Uma aplicação específica pode ser executada por diversos tipos de MOCAP como por exemplo: o mecânico, ótico com marcadores por

fotometria ou fotogrametria, óptico com auxílio de infravermelho, sensores inerciais, entre outros.

Além do tipo de tecnologia empregada no MOCAP existem variações conforme o formato de fixação no corpo (que podem ser constituído por calça e camisa, collant, fitas soltas com velcro, etc.); formas de transmissão dos dados (como WIFI, *Bluetooth*, transmissão direta com fio); quantidade de pontos de captura (também podem ser chamados de sensores ou rastreadores de movimento); combinações de sensores utilizados (acelerômetros, bússolas, giroscópios, geolocalizadores, etc.); quantidade de quadros por segundo para a gravação (variam em 30, 60 quadros, etc.); fonte de energia; além de outras especificidades de acordo com o modelo de sistema em questão.

Apesar das diferentes maneiras citadas acima, será abordado apenas os com sensores inerciais, modelo Xsens (Figura 9), que está disponível para a utilização dos alunos do programa de Pós-Graduação em Design da UFSC.

3.3 ANÁLISE

Como auxílio ao programa de Pós-Graduação em Design, devido a formação do acadêmico e conhecimento em eletrônica, optou-se por desenvolver um sistema inercial de captura de movimentos, que possa abranger as aplicações citadas no tópico 5.1 Intenção. Também levando em consideração o custo para obtenção, pelo programa de graduação e pós graduação em Design da UFSC, de equipamentos dos fabricantes

Xsens US\$ 50.000,00 e VICON US\$130.000,00. Sendo que o valor mencionado do sistema da VICON seria o básico (apenas com 6 câmeras).

Independente da tecnologia utilizada o objetivo é o mesmo, transformar movimento real em dados que possam ser gravados, reproduzidos e analisados. Optou-se pelo desenvolvimento sobre a tecnologia de sistemas inerciais devido sua mobilidade, facilitando a utilização em aplicações de design. Além de não necessitar de um estúdio para operar, não sofre com interferência a luz branca ou infravermelha.

3.4 SÍNTESE

A partir dos pontos apresentados anteriormente sobre o sistema inercial Xsens, foram definidos os **requisitos** para o desenvolvimento de um equipamento que atenda a diferentes aplicações, como:

Velocidade - A captura deve gerar dados a uma velocidade superior a 30 dados por segundo (o padrão de frames utilizando em vídeos);

Peso - Ser leve, menor que 0,1 kg e portátil (para ser fixado entre as articulações do corpo);

Custo - Menor custo (em relação ao VICON e Xsens);

Software livre e Open Source - Plataforma aberta (para que possa ser utilizado em aplicações design);

Energia - Consumo de energia que ofereça autonomia da bateria nem necessidade de alimentação via cabos;

Funcionamento – Enviar dados em tempo real (para que possa ser utilizado em aplicações de design);

Multipontos - Pontos de captura funcionando simultaneamente (para capturar movimento com mais de uma articulação).

Aplicações - Demonstrar possíveis exemplos de utilização para o dispositivo.

3.5 CONCEPÇÃO

Nesta fase de concepção, será realizada a aplicação da pesquisa sendo a fase de testar, modificar e aperfeiçoar a solução. A intenção nesta etapa envolve a construção de protótipos para entender como as soluções de design podem funcionar e testar para integrar os dispositivos que podem constituir um produto para a realização da captura de movimentos. O processo de desenvolvimento desta fase do projeto tem como diretrizes as seguintes etapas:

- Etapa 1 – Definição dos componentes:
 - Levantamento dos componentes comerciais;
 - Testes dos sensores;
 - Teste de integração entre os componentes.

- Etapa 2 – Desenvolvimento do equipamento:
 - Desenvolvimento em C++ para recebimento dos dados de movimento do sensor (MPU6050) e transmissão em tempo real para aplicação;
 - Aplicação em *java* com compilador *NetBeans* para recebimento e gravação dos dados;

- Desenvolvimento em *Python* para recebimento dos dados via software *Blender*;
 - Montagem dos componentes e carenagem com fixadores.
- Etapa 3 – Avaliação de requisitos:
 - Verificação de funcionamento do equipamento em relação aos requisitos (definidos no tópico 3.4 Síntese).
 - Velocidade;
 - Peso;
 - Custo;
 - Software livre e Open Source;
 - Energia;
 - Funcionamento;
 - Multipontos;
 - Aplicações.

4 APLICAÇÃO DA CONCEPÇÃO

Seguindo as etapas propostas para a concepção, será executada uma pesquisa empírica para busca de componentes eletrônicos comerciais que possam atender as especificações técnicas e funcionais da aplicação, iniciando pelos sensores denominados acelerômetro (instrumento para medir aceleração) e giroscópio (instrumento para medir distância entre ângulos).

4.1 ETAPA 1 - DEFINIÇÃO DOS COMPONENTES

A escolha dos componentes eletrônicos que captam os dados de movimento do corpo humano foi feita por meio de levantamento de sensores comerciais de acelerômetros e giroscópios. Neste momento, não se discriminou os sensores por tamanho, peso, velocidade ou consumo de energia, obtendo-se a maior variedade possível de sensores como: Adxl345, MMA845, MPU6050, L3g4200d, MPU9250, TM0782A e SQ-XLD.

A maior parte dos sensores foram eliminados por não possuir a possibilidade de captação de dados de giro e aceleração espacial simultaneamente, como o SQ-XLD, L3g4200d, Adxl345, MMA845 e TM0782A. Após a eliminação dos sensores restaram o MPU6050 e MPU9250 que são do fabricante InvenSense. A diferença entre eles é que o MPU9250 possui magnetômetro e sua dimensão é de 21 x 15 x 2mm,

já o MPU6050 não possui magnetômetro mas sua dimensão é reduzida, 20 x 16 x 1mm.

Assim optou-se pelo componente MPU6050 visando o objetivo geral do projeto, de ser um equipamento portátil e de baixo custo, pois é menor em tamanho e seu custo financeiro é, em média, 25% inferior. Além do magnetômetro não estar previsto para o funcionamento da aplicação.

Definido, por eliminação, o sensor de captura de movimento, será feito testes de comunicação e desempenho com os microcontroladores Arduino e ESP8266. Para isso, foram realizados 3 testes de desempenho: 1) Arduino com sensor MPU6050; 2) Arduino, LTC4317 com sensor MPU6050; e 3) ESP8266 com sensor MPU6050.

4.1.1 Teste preliminar 1 – Arduino com sensor mpu6050

A efeito de testes dos dispositivos, utilizou-se o sensor MPU6050 agregado com o Arduino UNO (microcontrolador embarcado), conforme figura 14. O protocolo de comunicação entre o sensor (MPU6050) e o microcontrolador pode ser Interface periférica serial (SPI) ou Circuito inter-integrado (I2C), tanto o SPI quanto o I2C são protocolos de interface serial síncrona. O protocolo SPI, possui comunicação a 4 fios, foi proposto pela Motorola como um método padrão para simplificar a interface de dispositivos periféricos para microcontroladores Motorola. Devido à sua facilidade de uso e flexibilidade, SPI tornou-se um padrão da indústria. microcontroladores da maioria das empresas fornecem este método de interface.

Muitos fabricantes de semicondutores produzem chips periféricos com a interface SPI para trabalhar com microcontroladores de diversos fornecedores (HUANG, HAN-WAY). Já o protocolo I2C Segundo Dung Dang, Daniel J. Pack, Steven F. Barrett, patenteado pela Philips, é um modo de comunicação usado quando vários dispositivos seriais são interligados usando um barramento serial. O barramento i2c é um barramento de dois fios com a linha de dados serial (SDL) e a linha de relógio serial (SCL). Ao configurar dispositivos conectados à linha i2c comum como um dispositivo mestre ou um dispositivo escravo, vários dispositivos podem compartilhar informações usando o mesmo barramento.

A diferença entre um dispositivo mestre (microprocessador) e um dispositivo escravo (MPU6050) é que um dispositivo mestre inicia uma comunicação por meio de solicitação de dados para outro dispositivo ou envio de dados para um dispositivo projetado. Um dispositivo mestre também deve fornecer um sinal de *clock* (SCL).

Para o teste utilizado o protocolo de comunicação I2C por possuir a metade dos fios em relação ao protocolo SPI. Com essa configuração de componentes observou-se que a aplicação via cabo USB (Universal Serial Bus) recebe dados de aceleração e giro a cada 4ms, podendo gerar 250 frames por segundo. Já quando testou-se 2 sensores MPU5060 em um Arduino, conforme figura 15, o intervalo de recebimento de dados aumentou para 7ms, gerando 142 frames por segundo.

Figura 14 - Diagrama de intermediação com Arduino, MPU6050 e CPU.

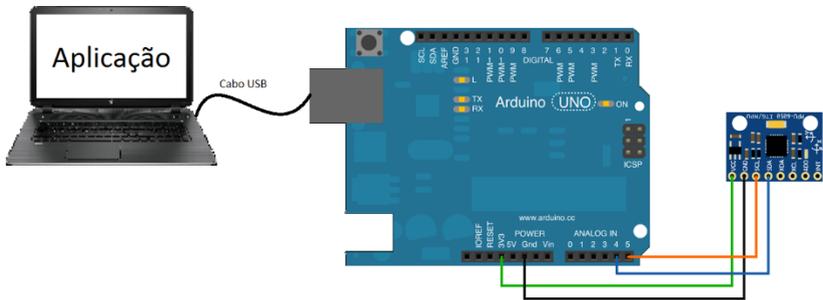
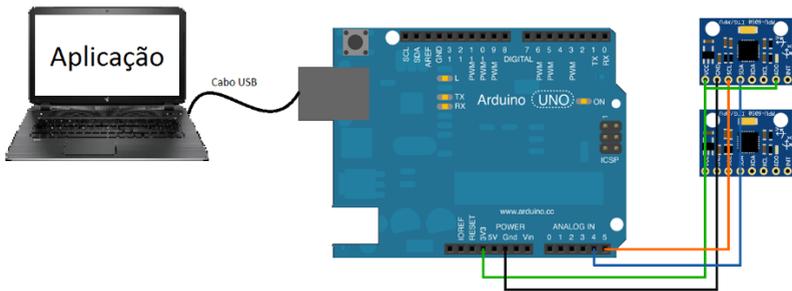


Figura 15 - Diagrama de intermediação com dois MPU6050, Arduino e CPU.

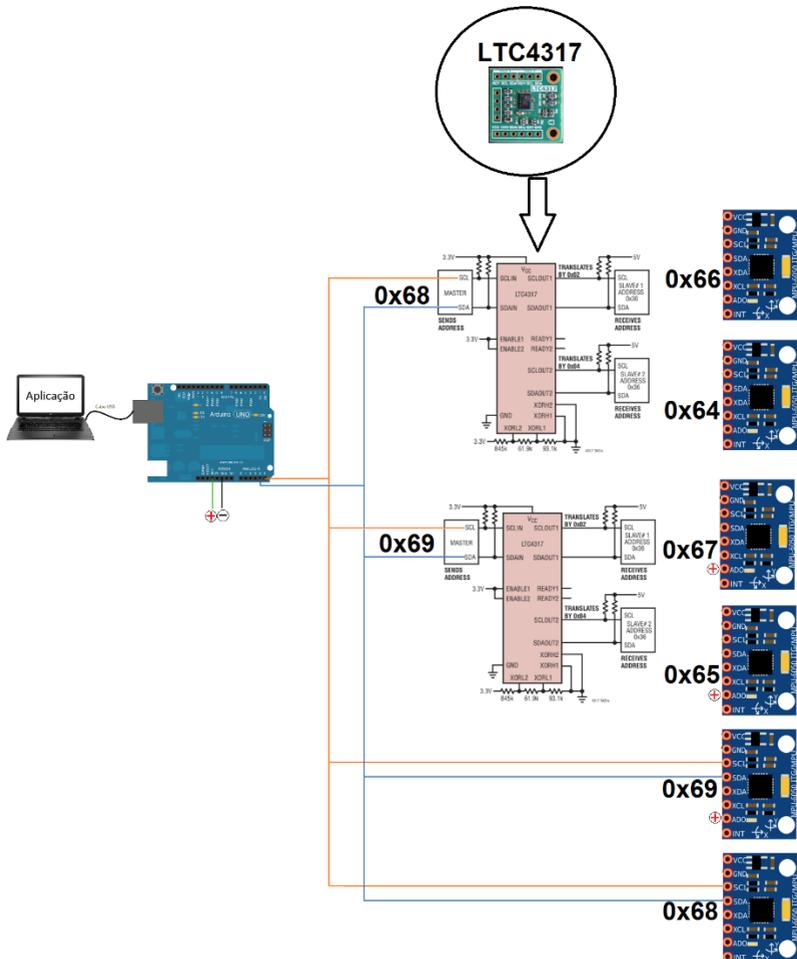


Como primeiro protótipo estipulou-se 16 sensores (conforme modelo Xsens da imagem 9) a serem distribuídos no corpo humano para captura de movimentos. Analisando o manual do sensor MPU6050, observou-se que o mesmo possui apenas dois endereços I2C possíveis (0x68 e 0x69). Logo seria possível colocar apenas 2 sensores no barramento por microcontrolador. Desse modo, seria necessário um computador com 8 portas USB, para fazer a comunicação entre computador/microcontrolador, inviabilizando esta solução.

4.1.2 Teste Preliminar 2 – Arduino, LTC4317 com sensor MPU6050

Outra proposta para agregar mais de dois sensores MPU6050 ao microcontrolador seria o componente LTC4317 (figura 16), que tem a função de alterar o endereço do sensor adicionando 0x02 ou 0x04 ao endereço original. No entanto, se utilizarmos 3 microcontroladores (Arduino), mais 6 LTC4317, teríamos um total de 18 sensores. Além do aumento do número de componentes e dispositivos eletrônicos, cada sensor adicionado ao barramento, adicionaria 3 milissegundos (ms) no período do ciclo de dados recebidos. Essa adição de tempo por sensor ocorre devido a comunicação ser serial. Pois, como apenas um sensor é lido por vez, gera-se uma “fila” adicionando-se um tempo de 3ms por sensor.

Figura 16 - Esquemático utilizando LTC4317



4.1.3 Teste Final – ESP8266 com sensor MPU6050

Devido ao baixo desempenho, resolveu-se adotar um microcontrolador (ESP8266) por sensor (MPU6050) e enviar os dados via WIFI. Isso irá possibilitar a transmissão dos dados em paralelo, não

mais em série, eliminando a “fila” de leitura entre um sensor e outro, transferindo o “gargalo” do microcontrolador para o roteador WIFI e o computador que receberá os dados.

Para comunicação WIFI, adotou-se os padrões de comunicação conforme as camadas do modelo TCP/IP (Figura 17).

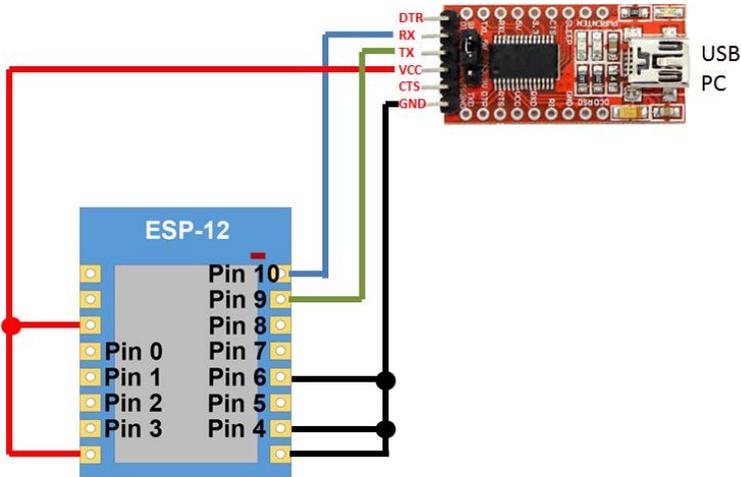
Figura 17 - Protocolos e aplicação utilizada no Modelo TCP/IP



Para a camada de transporte, foi escolhido o protocolo *User Datagram Protocol* (UDP) devido às suas características em relação ao protocolo *Transmission Control Protocol* (TCP). O UDP acaba sendo uma conexão mais veloz por não aguardar uma resposta de confirmação de mensagem recebida do cliente, simplesmente envia a mensagem, já o TCP envia a mensagem e caso não receba a confirmação em um tempo pré-determinado, reenvia a mesma mensagem. Isso para transmissão streaming pode saturar a rede e atrasar a entrega de todos os dados. O protocolo de comunicação UDP foi postado por Jon Postel em 28 de setembro de 1980, na forma de *Request for Comments* (RFC) nº768 no *Internet Engineering Task Force* (IETF), já o TCP foi consolidado em setembro de 1981 pelo *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), também no IETF na RFC793.

Figura 19 - Diagrama para gravação

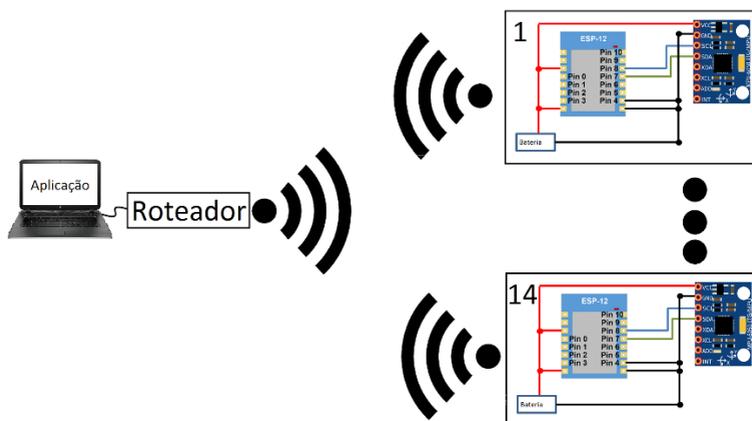
o de FLASH do ESP8266



Fonte: Autor

Após gravação do software no hardware ESP8266 modelo ESP-12e, foi mensurado o tempo entre intervalos de dados, aceleração e giro, recebidos. Obtendo-se uma média entre intervalos de 10 ms, ou seja, 100 frames por segundo. Agora o que limita o número de dispositivos a serem utilizados simultaneamente é o roteador, podendo ser utilizado conforme a figura 20. Isso ocorre devido cada sensor está conectado diretamente com um microcontrolador (ESP8266) e enviam os dados para o roteador de forma paralela e não mais serial.

Figura 20 - Diagrama de intermediação entre CPU e dispositivo desenvolvido.



Fonte: Autor

4.2 ETAPA 2 – DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO

Após a escolha dos componentes e executados testes de conectividade entre os dispositivos escolhidos iniciou-se o processo de desenvolvimento da interface de programação para aplicativos (API - *Application Programming Interface*). A API, sobretudo, é uma ferramenta para possibilitar troca de informações entre dois programas (TURBAN e VOLONINO, 2013). Assim, outros usuários poderão utilizar o dispositivo em outras aplicações ou softwares.

4.2.1 Desenvolvimento em C++ para sensor (mpu6050)

Optou-se por compiladores e interpretadores de software livre para auxiliar a minimizar os custos na aquisição e desenvolvimento dos

mesmos. Como o primeiro microcontrolador, Arduino uno, escolhido no item 6.1.1 optou-se por utilizar a IDE (*integrated development environment*) Arduino indicada pelo fabricante. A IDE foi utilizada para execução dos testes e desenvolvimento em C++ para integração do sensor de captura de movimento com o microcontrolador.

Inicialmente utilizou-se um código modelo disponibilizado por Rowberg (2012) para extrair dados quaternários de movimento do sensor MPU6050. O código foi gravado na memória *Flash* do microcontrolador adicionou-se a função “*millis()*”, para possibilitar a mensuração do desempenho do conjunto, microcontrolador e sensor de MPU6050. A função “*millis()*” retorna um número com unidade em milissegundos referente ao tempo em que a placa iniciou sua execução programada. Assim, imprimindo-se o valor do tempo de execução da placa após o envio de cada informação de aceleração é possível obter o tempo entre cada envio dados, definindo-se o número de frames por segundo.

Após a definição da composição de hardware, etapa 6.1, utilizada para a captura de movimentos e da escolha do protocolo de comunicação entre o hardware e a aplicação. Iniciou-se a customização do código de exemplo, fornecido pelo fabricante, para adicionar as funções de envio dos dados por meio do WIFI e remoção das funções não utilizadas.

Para adicionar as funcionalidades de envio de dados, por meio do WIFI, utilizou-se, como base, um código exemplificativo denominado “*WIFI UDP Send and Receive String*”, ou seja, envio e recebimento de *String* via *WIFI* com protocolo *UDP* disponível no site do fabricante (ARDUINO, 2012). Esse código foi adaptado para ser utilizado na aplicação desenvolvida.

O código adaptado pelo autor pode ser utilizado e está disponível no apêndice item 8.1, desse documento.

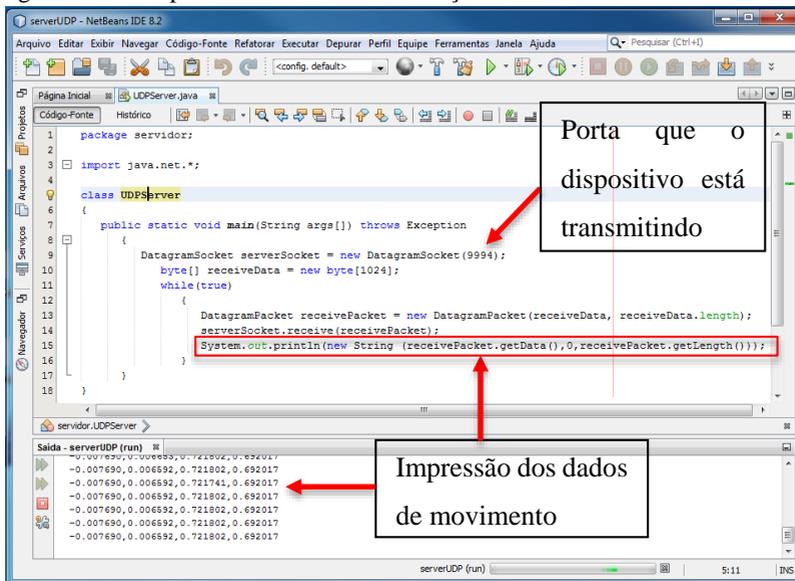
4.2.2 Aplicação em *JAVA* com compilador NetBeans

A escolha da plataforma NetBeans justifica-se por oferecer uma arquitetura gratuita, que incentiva as práticas de desenvolvimento sustentável. Além disso, como a arquitetura da plataforma NetBeans é modular, é fácil criar aplicativos robustos e extensíveis. Seu aplicativo não precisa se parecer com a IDE (integrated development environment) ou fazer propagandas dentro do aplicativo gerado (NetBeans, 2017).

Nesta etapa será demonstrado um exemplo de código para coleta em tempo real de dados do movimento e imprimi-lo na tela. Para isso utilizou-se um código simples de exemplo UDP e alterou-se a porta, para coincidir com a do transmissor. Mesmo o protocolo UDP não sendo novidade, apresentado em setembro de 1980, ainda assim é utilizado em diversas aplicações hoje que tramitem áudio e vídeo em tempo real pela rede. Assim, devido sua consolidação o mesmo pode ser encontrado diversos exemplos de utilização como o aplicado pelo Systembash (2017).

A escolha do software NetBeans para compilar, testar e desenvolver a interface de teste foi devido ao prévio conhecimento do autor sobre a plataforma. A seguir, apresenta-se na Figura 21, a interface do software compilador com o código customizado que imprime na tela os dados em quaternários provenientes do hardware desenvolvido. Nesta etapa, é primordial que a porta de comunicação de coleta de dados seja a mesma do dispositivo que transmite os dados de movimento.

Figura 21 – Compilador NetBeans em execução.



Fonte: Autor

Com o exemplo de código, Figura 21 e Apêndice B, é possível gravar os dados de captura de movimento em um arquivo, por meio da biblioteca *java.io.FileWriter*, ou criar uma interface para outras aplicações em tempo real.

4.2.3 Desenvolvimento em Phyton para o software Blender

O Blender é um conjunto de ferramentas para criação 3D livre e possui código aberto. O *software* é multiplataforma, ou seja, pode ser utilizado em diversos sistemas operacionais, e suporta recursos para animação 3D como: *Pipeline* para modelagem, *rigging*, animação,

simulação, renderização, composição e acompanhamento de movimento, até mesmo edição de vídeo e criação de jogos (BLENDER, 2017).

Esta etapa da pesquisa foi direcionada aos recursos de criação de jogos do Blender, utilizando-os para proporcionar a coleta de dados de movimento em tempo real. No entanto, anterior à fase de desenvolvimento e testes para aplicar o movimento no personagem (avatar), ocorreu a modelagem do objeto, que não será abordado por não estar no escopo do projeto.

Com o avatar pronto a ser animado, iniciou-se a fase de pesquisa de códigos, na plataforma colaborativa GitHub e na documentação *Python* do BLENDER (2016), que auxiliem no desenvolvimento da aplicação.

4.2.3.1 Pesquisa de códigos que auxiliem no desenvolvimento

A presente etapa busca conhecimentos acerca de códigos, na linguagem Python, já desenvolvidos e abertos para auxiliar no desenvolvimento da aplicação. Foi realizada uma pesquisa seguindo as seguintes etapas: Selecionar local de pesquisa, definir palavras chaves de busca, realização da busca, leitura dos documentos para filtragem e apresentação dos resultados, buscando-se códigos que tratem de comunicação UDP e animação.

a) Determinação da Base de Dados e palavras chaves

Optou-se fazer a pesquisa na plataforma GitHub, por ser uma ferramenta de desenvolvimento colaborativa de código aberto, onde o usuário pode hospedar e revisar códigos, gerenciar projetos além de criar software em conjunto com outros desenvolvedores. As palavras chave da pesquisa, escrito no idioma inglês, deve versar sobre protocolo de comunicação UDP, Blender e IMU. A pesquisa na plataforma GitHub aceita apenas um termo por vez e faz a busca pelo título do projeto. No entanto, para a plataforma, o espaço é considerado um conector lógico *AND*. Assim é possível utilizar as palavras chaves sozinhas ou em pares para direcionar a pesquisa.

A pesquisa foi efetuada entre os dias 04/09/2016 e 10/01/2017 na base de dados apontada. Após aplicar as palavras chave individualmente na pesquisa, título do projeto, obteve-se 12.346 (doze mil trezentos e quarenta e seis) projetos de códigos encontrados, separados por linguagem de programação e compilador utilizado conforme a Tabela1.

Tabela 1 - Pesquisa independente das palavras chaves.

Linguagem compilador	Palavra chave		
	Blender	UDP	IMU
Arduino			152
C	221	1677	273
C#	116	550	72
C++	106	1165	429
Go		355	
HTML	63		48
Java	85	1893	127
JavaScript	168	557	94
Matlab			65
Objective-C		128	
PHP	40		
Processing			45
Python	2376	1012	184
Ruby	48	112	
Shell	89	96	

Como o número de códigos a serem analisados foi muito grande, optou-se por utilizar o conector lógico *AND* entre as palavras chave para auxiliar a direcionar a pesquisa. Como o software, previamente escolhido, foi o Blender devido suas características de distribuição *open source*. Aplicou-se a pesquisa com os seguintes algoritmos: “Blender UDP” (Blender *AND* UDP) e “Blender IMU” (Blender *AND* IMU). Atingindo-se com a nova um montante de 7 (sete) projetos, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Pesquisa das palavras chaves

Linguagem compilador	Palavra chave	
	Blender AND UDP	Blender AND IMU
C	1	0
C++	1	0
Java	1	0
Python	1	3

Como a pesquisa buscava a linguagem Python para auxiliar no desenvolvimento da aplicação, restaram apenas 4 (quatro) códigos a serem analisados.

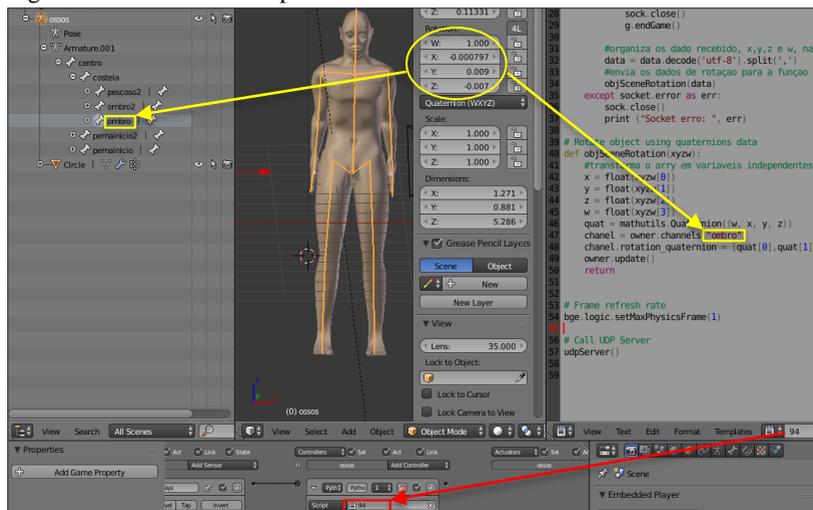
Anterior ao *download* de qualquer código, realizou-se a leitura informativa da finalidade do mesmo. Assim pode-se constatar que, exclusivamente, o projeto 2 (dois) intitulado “rclabs-dev/imu-Blender” aproxima-se do objetivo da pesquisa, pois versa sobre uma abordagem prática utilizando sensores inerciais (MPU-6050) aplicada ao acompanhamento de movimento 3D (COSTA, 2015).

Ainda que no exemplo da aplicação de Costa (2015) tenha sido utilizado outro microcontrolador (Raspberry PI), o código inserido no Blender é semelhante ao da aplicação desenvolvida, pois o protocolo é o mesmo (UDP). Assim, utilizou-se a parte de entrega de dados (UDP) desenvolvida em Python por Costa (2015).

Como apresentado no item 2.5.1.2, o sistema inercial posiciona os sensores entre as articulações para aferir giro e mensurar o movimento do corpo. Assim, o hardware desenvolvido também será posicionado entre

as articulações e cada sensor irá capturar o movimento de um *bone* (cabeça, tronco e membros). Cada *bone* é capturado por meio de um código (*script*) específico que identifica por meio do nome definido a ele, conforme Figura 23 o código com nome “94” informa o nome do *bone* a receber a orientação de movimento do sensor “ombro”.

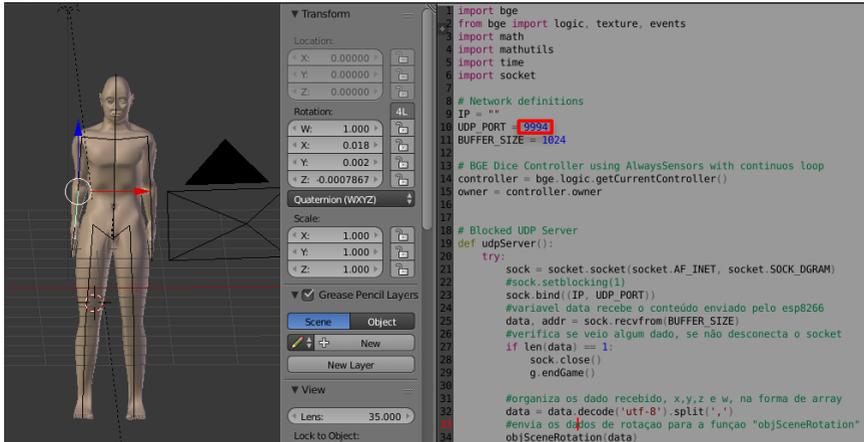
Figura 23 – Interface de captura do Blender.



Fonte: Autor

Além de identificar o nome do *bone* no script é importante, para que o mesmo receba os movimentos do sensor, informar o número da porta UDP onde o computador receberá os dados e garantir que seja o mesmo do hardware desenvolvido. Identifica-se a porta UDP no início do script, logo após a declaração das bibliotecas, no campo definições de rede na variável “UDP_PORT”, conforme Figura 24.

Figura 24 – Identificação da porta UDP no Script



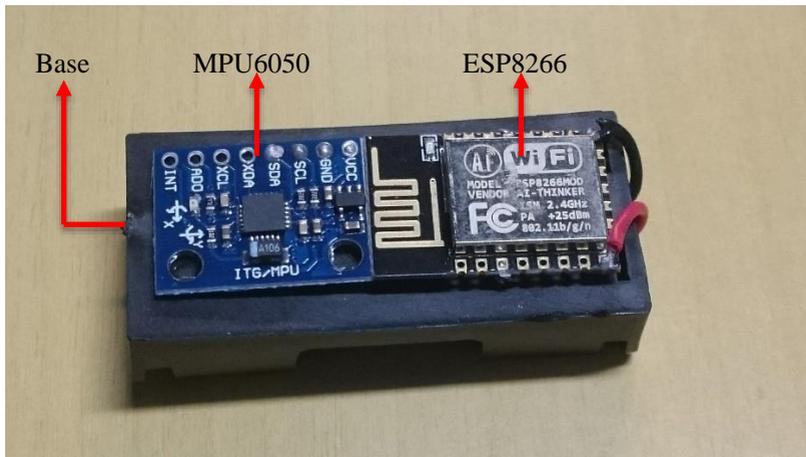
Fonte: Autor

Assim como o princípio aplicação em Java do item anterior, a aplicação em Blender com linguagem em *Python* é exemplificativa e pode ser utilizada para outras aplicações.

4.2.4 Montagem dos componentes e carenagem com fixadores

O ponto de captura é constituído pela carenagem, os hardwares MPU6050(accelerômetro com giroscópio) e ESP8266(microcontrolador com WIFI integrado) conforme Figura 25.

Figura 23 - Hardware do ponto de captura.



Fonte: Autor

A base do hardware é constituída por um suporte plástico preto, para 2 pilhas AAA com as seguintes dimensões 50mmx2.3mmx11mm, que foi utilizada inclusive para suporte de alimentação de energia elétrica do dispositivo. Sobre a parte posterior das pilhas foi fixado, com dupla face, os dispositivos eletrônicos já com as devidas conexões elétricas, conforme apresentado na Figura 23.

Além do hardware rígido, descrito acima, foi confeccionado um disposto para afixação dos pontos junto ao corpo, utilizando-se velcro para facilitar a instalação e desinstalação do dispositivo e fita elástica para ajudar na aderência ao corpo evitando movimentos falsos, provenientes do deslocamento do dispositivo em relação ao corpo. Considera-se que o tamanho foi adequado para posicionar cada ponto de captura entre as articulações, permitindo a movimentação do indivíduo sem ocasionar

interferências no sinal ou desconforto para o usuário conforme a Figura 24.

Figura 24 – Dispositivo de fixação com ponto de captura.



Fonte: Autor

4.3 ETAPA 3 - AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS

Durante o processo de desenvolvimento e a partir da aplicação em funcionamento, recebendo dados provenientes do hardware MPU6050 (acelerômetro com giroscópio), foi possível avaliar os requisitos anteriormente estipulados para o desenvolvimento do equipamento. A seguir serão apresentados os requisitos e seus resultados: Velocidade,

Peso, Custo, Software livre e Open Source, Energia, Funcionamento, Multipontos.

4.3.1 Velocidade

Utilizando-se respectivamente a ordem anteriormente mencionada no item 3.4 Síntese do processo metodológico utilizado, o primeiro requisito a ser analisado será a velocidade de captura. O requisito velocidade estabelece uma velocidade mínima de captura de 30 dados por segundo. Os dados a serem obtidos são relativos às inclinações em w, x, y e z do objeto a ser capturado, por meio de sensor inercial.

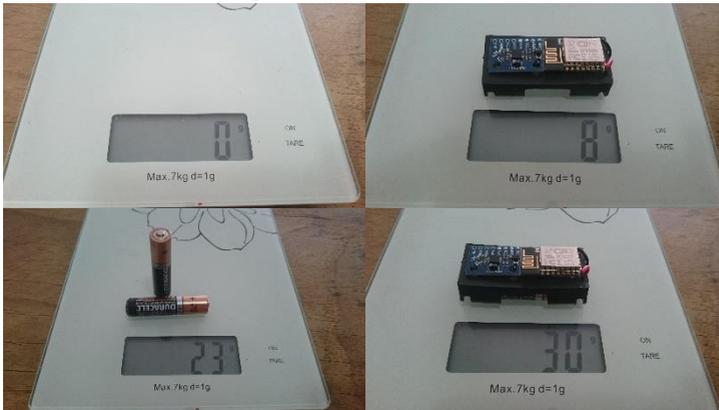
O cumprimento deste requisito ocorreu na etapa 1 da fase de concepção do processo, durante a escolha e testes dos componentes. Durante os testes, pôde-se observar que múltiplos pontos de captura funcionariam exclusivamente, na velocidade acima do desejado (em torno de 100 dados por segundo), quando utilizamos um microcontrolador (*ESP8266*) com apenas um sensor MPU6050, devido à conexão entre os mesmos ser serial. Assim obteve-se uma velocidade superior a 30 frames por segundo.

4.3.2 Peso

Visando o conforto e promovendo a não interferência do movimento, conforme os fundamentos da ergonomia, foi proposto o requisito peso e estipulado que o dispositivo não ultrapasse 0,1kg ou 100g de massa útil. Para viabilizar este requisito, utilizou-se os menores dispositivos eletrônicos, sensores e microcontroladores, que por

consequência são mais leves, já que todos são compostos, principalmente, de placa de circuito impresso, silício e cobre, entre outros elementos. Foi aferido a massa do dispositivo (aproximadamente 8 gramas) separadamente das baterias (aproximadamente 23 gramas), devido à falta de precisão da balança utilizada a soma do conjunto, dispositivo e baterias, foi de aproximadamente 30 gramas. Evidenciando que o valor do peso ficou abaixo de 100g conforme ilustrado na Figura 25.

Figura 25 – Peso dos dispositivos e baterias.



Fonte: Autor

4.3.3 Custo

Como um objetivo específico do trabalho, o dispositivo deve ter um custo baixo relativo aos produtos existentes no mercado de captura de movimentos. Neste caso, aos equipamentos do fabricante VICON e Xsens, que estão disponíveis para uso do curso de Design da UFSC.

Tendo-se observado os custos dos fabricantes na análise do procedimento metodológico, item 3.3, pode-se perceber que o valor é maior se comparado com os valores gastos para a aquisição de dispositivos como sensores de captura e microcontroladores. Os valores gastos para testes e montagem do protótipo serão mostrados na tabela 3.

Tabela 3 – Custo individual dos dispositivos

Dispositivo	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Esp8266	15	16,75	251,25
Pilha Alcalina Com 16 Unidades	2	39,9	79,8
Mpu6050	15	13,8	207
Arduino Uno Rev3 R3	1	28,5	28,5
		Total	566,55

4.3.4 *Software livre e open source*

Satisfazendo o requisito “*Software livre e Open Source*” que visa proporcionar a redução de custos. No *open source* outras pessoas têm acesso ao código fonte e direito de altera-lo para empregar em aplicações de design sem a necessidade de acordos de direito autoral, utilizou-se a plataforma “GitHub” para divulgação da aplicação desenvolvida e o “Blender” para visualização da aplicação em funcionamento.

Corroborando com as tecnologias sociais, o *Open Source* proporciona a redução da onerosidade no desenvolvimento de aplicações, pois se pode contar com a colaboração de terceiros utilizando-se adaptações de seus códigos já existentes, economizando tempo e reduzindo custos de desenvolvimento.

Utilizou-se também dois *Softwares* livre, *NetBeans* proprietário da *Oracle* e *IDE Arduino* proprietário da *Arduino*, que são distribuídos gratuitamente perante a termos de acordo e utilização dos mesmos e não possibilita alterações por não disponibilizar o código fonte. Os mesmos foram utilizados para alteração dos *Softwares Open Source* desenvolvido.

4.3.5 Energia

Para mensurar o consumo total do dispositivo de energia, unidade em *watts*, utilizou-se um multiteste ou multímetro, instrumento utilizado para medir e avaliar amplitudes elétricas. Inicialmente foi aferido a corrente elétrica do dispositivo em funcionamento, colocando-se em série as ponteiros ou ponta de prova do multímetro (componente condutor que faz a conexão entre o multímetro e o objeto a ser medido) em série com a bateria, obtendo-se um valor de corrente de 80,7mA. Após, foi mensurado o valor da tensão, também com o dispositivo em funcionamento, mas com as ponteiros em paralelo a bateria, obtendo-se um valor de 2,89V.

Assim, com o valor da corrente e da tensão do dispositivo em funcionamento pode-se obter potência em *watts* necessária para funcionamento do dispositivo. Segundo a lei de *Ohm* podemos descobrir a potência multiplicando a tensão e a corrente. Logo a potência consumida

pelo dispositivo é 2,89V vezes 80,7mA resultando em 233,223mw, conforme a Figura 26.

Figura 26 – Consumo de energia.



Fonte: Autor

Possibilitando estimar a duração da bateria utilizada no dispositivo. Conforme o Battery Holders, 2017 representante dos fabricantes de baterias DURACELL, EVEREADYIEC, KODAK, NEDA, PANASONIC, RAYOVAC, TOSHIBA e VARTA a capacidade de armazenamento das baterias alcalinas de tais marcas é de 1120mAh. Assim, podemos dividir a capacidade da bateria, 1120mAh, pela corrente de uma pilha 40,35mA resultando em aproximadamente 28 horas de uso contínuo.

4.3.6 Funcionamento

Este requisito prevê que o dispositivo possa ser utilizado em aplicações de design, não apenas para captura de movimento do corpo

humano. Assim, optou-se por um protocolo de comunicação aberto e consolidado. O primeiro hardware testado, Arduino Uno, utilizando-se conexão USB entre o dispositivo e a aplicação supriu a necessidade de velocidade “inicialmente”. No entanto, como a conexão USB é serial, conforme adiciona-se mais dispositivos sua velocidade diminui, inviabilizando esse tipo de conexão.

Num segundo momento, conforme descrito no item 4.1.3, o protocolo UDP foi considerado apropriado devido a sua capacidade de transmissão de dados *streaming* via rede *ethernet*. O protocolo em questão contribui para utilização em aplicações diversas por estar amplamente difundido na internet devido sua clareza e mais de 35 anos de existência.

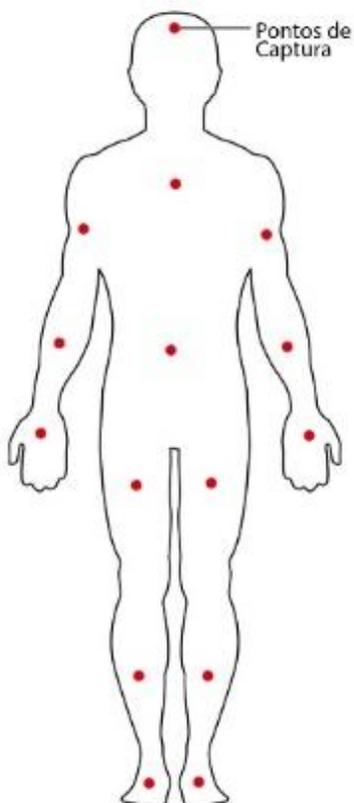
4.3.7 Multipontos

O requisito “multipontos” determina que vários pontos possam funcionar num mesmo sistema sem interferência entre os dispositivos. Conforme apresentado no item 4.1.3 o protocolo TCP/IP ou UDP/IP, além de informar o endereço IP (*Internet Protocol*) da máquina o protocolo prevê uma porta que determina a aplicação a ser utilizada. Essas portas variam de 0 a 65.535, sendo que de 0 a 1.023 são exclusivas para serviços já definidos. Desse modo, pode-se utilizar as demais portas de 1.024 a 65.535 para outras aplicações como dispositivo de captura de movimento, um para cada porta.

Assim, a depender da limitação de protocolo poderiam ser utilizados até 64.511 dispositivos simultaneamente, logo o limitador do

número de dispositivos simultâneos é o hardware do roteador *WIFI* utilizado. Portanto o dispositivo possibilita a inclusão de pontos entre as articulações do corpo humano para gerar a captura de movimento, como pode ser visto na Figura 27, além de permitir a captura de aplicações diversas.

Figura 27 – Locais sugeridos para fixação dos dispositivos.



Fonte: Autor

4.3.8 Aplicações

Este requisito prevê alguns exemplos de utilização para o dispositivo desenvolvido. Assim, serão apresentados alguma possibilidade de aplicações para captura de movimentos realizada com sensores inerciais. Para utilização em ambientes de treinamento como por exemplo escola de surf, a partir da captura de movimentos de atletas profissionais, pode-se gerar um modelo padrão para determinada manobras, levando-se em consideração velocidade e angulação entre os diferentes pontos de captura conforme mostrado na figura 28. Com esse mesmo princípio pode-se executar análise de movimento para estudo da ergonomia, morfológico, biomecânico e antropometria do corpo humano. Além de poder ser utilizado individualmente para aplicações como estudo sismógrafo, registrador de impacto, bolha de nível digital, identificador de queda livre, entre outros.

Figura 28 – Analisador de movimentos.



Fonte: Autor

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Como objetivo principal deste trabalho, buscou-se desenvolver uma integração de dispositivos em um equipamento portátil de baixo custo para capturar movimentos humanos e que pudesse ser utilizado em aplicações de design. Após aplicação das etapas 1) Definição dos componentes, 2) Desenvolvimento do equipamento e 3) Avaliação de requisitos, obteve-se como resultado uma implementação do processo de captura de movimentos, no qual estabeleceu-se o funcionamento de uma tecnologia de baixo custo, utilizando software livre, oferecendo uma melhoria da qualidade das informações para outras aplicações na busca do bem-estar e proporcionar a qualidade de vida das pessoas.

Com o processo para captura de movimento e transmissão de dados de baixo custo, pôde-se ter um monitoramento em tempo real do que ocorre na biodinâmica corporal para diversos fins. Com isso, tem-se a detecção imediata de variadas situações e aplicações, tais como, mídias para animação e uso em estudos antropométricos e suas dinâmicas.

Disponibilizou-se ainda o código utilizado no desenvolvimento do projeto, cumprindo com o objetivo específico de oferecer acesso às tecnologias para fins de captura de dados de movimentos e utilização para qualquer tipo de aplicação, comerciais ou domésticos.

Durante o teste dos requisitos estabelecidos, verificou-se que a velocidade de captura do dispositivo ficou próxima a 100 quadros, superior à utilizada em animação, viabilizando assim a utilização para este fim. Com relação ao peso do equipamento, incluindo as baterias, considerou-se que 30g ficou dentro do estimado. O custo total do equipamento ficou em R\$566,55 para 15 dispositivos, incluindo

caretagem e pilhas. Tornando-se de baixo custo em relação a equipamentos existentes no mercado. Isso foi possível devido a utilização de software livre, já que o custo de desenvolvimento diminuiu devido a uso de códigos colaborativos e abertos. A autonomia do dispositivo foi equivalente a 28h de utilização em uso contínuo para duas pilhas AAA cumprindo com os requisitos preestabelecidos na síntese do processo metodológico de Kumar.

Entre as dificuldades encontradas, ressalta-se a falta de documentos abertos que abordem o assunto. Apesar do acelerômetro e giroscópio serem equipamentos amplamente utilizados em *smartphones* e possibilitarem a produção de aplicativos como: nível de bolha, jogos que utilizam a inclinação para controle como: *pinball*, corrida de carro e bicicleta, entre outros.

Como produto gerado nesta pesquisa, promoveu-se o registro de patente junto ao INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), intitulado Roupas de Captura de Movimentos, sob o número de registro BR1020160155444.

6 RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Por fim, com o desenvolvimento do projeto, espera-se auxiliar no conhecimento do processo de integração de dispositivos de baixo custo e com software livre, permitindo a possibilidade de geração de novos produtos e ou serviços na área de design com foco em mídia.

Como pesquisas futuras este trabalho constitui uma estrutura que permite auxiliar no desenvolvimento de soluções de baixo custo para diferentes aplicações relacionadas ao design de interação. Além disso, pôde-se estabelecer um direcionamento para avaliação de requisitos em diferentes equipamentos que realizem a captura de movimento. Outras pesquisas decorrentes deste projeto fazem relação à verificação de viabilidade de integração de dispositivos no processo de captura de movimento, identificando novas tecnologias que podem ser utilizadas no desenvolvimento.

7 REFERÊNCIAS

ABERGO (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA). **O que é Ergonomia**. Acessado em 04 de out de 2009. Disponível em <<http://www.abergo.org.br/>>

ARDUINO. **WIFI UDP Send and Receive String**. 2012. Acessado em 09 de mar de 2017. Disponível em <<https://www.Arduino.cc/en/Tutorial/WIFISendReceiveUDPString>>

ASIMOW, Morris. Introdução ao projeto: **Fundamentos do projeto de engenharia**. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1968.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The Internet of Things: A survey**. Computer Networks v.54. pp. 2787–2805. 2010.

BATTERY HOLDERS. **Alkaline**, 2017. Acessado em 07 de mai de 2017. Disponível em <<http://www.batteryholders.org/productdetails.php?productid=12/>>

BLENDER. API reference for Blender, 2016. Acessado em 07 de mai de 2017. Disponível em <https://docs.Blender.org/api/Blender_python_api_2_78a_release/>

BLENDER. **About**, 2017. Acessado em 06 de mar de 2017. Disponível em <<https://www.Blender.org/>>

BEZERRA, C. **A máquina da inovação: mentes e organizações na luta por diferenciação**. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BOMFIM, G. A. **Metodologia para desenvolvimento de projeto**. João Pessoa: Universitária/UFPB, 1995.

BONILHA, Maíra Coelho; SACHUK, Maria Iolanda. **Identidade e tecnologia social: um estudo junto às artesãs da Vila Rural**

Esperança. Cad. EBAPE.BR [online]. 2011, vol.9, n.2, pp. 412-437. ISSN 1679-3951.

BONSIEPE, Gui. **Design, Cultura e Sociedade.** São Paulo: Editora Blucher, 2011.

BOOTH, Wayne C.; COLOMB, Gregory G.; WILLIAMS, M. Joseph. **A arte da pesquisa.** 2.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

BUNGE, Mario. **Ciencia, Técnica y Desarrollo.** Buenos Aires: Editorial Sudamericana, 1997. ISBN 9789500712408

COSTA, Regivaldo. **A practical approach using inertial sensors (MPU-6050) applied to 3D motion tracking,** 2015. Acesso em: 15 de mai de 2017. Disponível em: <<https://github.com/rclabs-dev/imu-Blender>>

CUPANI, Alberto. **A tecnologia como problema filosófico: três enfoques.** Scientiæ Studia, São Paulo, v. 02, n. 04, p.493-518, 2004.

DARPA. **RFC793.** IETF, 1981. Acesso em: 15 de jan de 2017. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc793>>

DUDZIAK, Elizabeth A. **Information literacy: princípio, filosofia e prática.** Ciência da Informação, v. 32, n. 1, p. 23-35, jan./abril 2003.

DANG, D.; PACK, D. J.; BARRETT, STEVEN F. **Differential Privacy: From Theory to Practice.** Mitchell A. Thornton, 2016

FIGUEIREDO, L. F.G. **Projeto de Pós-doutorado.** NASDESIGN, 2014. Disponível em: <<http://nasdesign.paginas.ufsc.br>>

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

GUO, Z.; ZHANG, Z.; LI, W. **Establishment of Intelligent Identification Management Platform in Railway Logistics System by Means of the Internet of Things**. *Procedia Engineering* vol. 29, 2012. p. 726-730.

INNOSKILLS. **Supporting Innovation in SME**. 2008. Acesso: 05 agosto de 2013. Disponível em: <<http://www.innosupport.net/index.php?id=6047&L=9>>

KITAGAWA, Midori; WINDSOR, Brian. **MoCap for artists: workflow and techniques for motion capture**. Oxford: Focal Press, 2008.

KUMAR, Vijay. **101 Design Methods: A structured approach for driving innovation in your organization**. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons, 2013.

LEMOS, Cristina. **Inovação na era do conhecimento**. In: LASTRES, Helena M. M.; ALBAGLI, Sarita (Org.). *Informação e globalização na era do conhecimento*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

NETBEANS. **The NetBeans Platform**. . Acesso em: 16 nov 2016. Disponível em: <<https://NetBeans.org/features/platform/index.html>>

PARAGUAI, L. **Pervasive computing, sistemas híbridos interativos**. In: X Sigradi–Arte y Cultura Digital, Seminário Iberoamericano de Gráfica Digital. Chile: Santiago do Chile, 2006.

PARK J, et al. **Microchemostat array with small-volume fraction replenishment for steady-state microbial culture**. *Lab Chip* 13(21):4217-4224, 2013

PAZMINO, Ana Veronica. **Como se cria: 40 métodos para o design de produtos**. São Paulo: Ed. Blucher. 2015

POSTEL, J. **RFC 768**. IETF, 1980. Acesso em: 20 set 2016.
Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc768>>

POTTER, N. **Qué es un diseñador: objetos, lugares, mensajes**. Buenos Aires: Paidós, 1999.

PRESSER, M.; GLUHAK, A. **The Internet of Things: Connecting the Real World with the Digital World**, EURESCOM mess@ge. The Magazine for Telecom Insiders, vol.

PRIM, Gabriel de Souza; SANTOS, Francisco Assis Souza; VIEIRA, Milton; NASSAR, Victor. **Estudo comparativo prospectivo para a avaliação da reabilitação de usuários de próteses com amputações transtibiais**. Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 21, n. 10, p. 3183-3192, Oct. 2016.

QUEIROZ, DANIEL. **Curso de Animação UFSC**. 22/02/2016
Acesso em: 06 mar 2017. Disponível em:
<<http://danielqueiroz.com/2016/02/curso-de-animacao-ufsc/>>

REVISTA ÉPOCA. **Jogue fora o controle**. 15/08/2010
Acesso em: 10 fev 2017. Disponível em:
<<http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI163160-15220,00-JOGUE+FORA+O+CONTROLE+REMOTO.html>>

RODA, Rui; KRUCKEN, Lia. **Gestão do design aplicada ao modelo atual das organizações: Agregando valor a serviços**. 2004.

Acesso em: 15 de setembro de 2016. Disponível em:
<http://dici.ibict.br/archive/0000095901/p&d2004_Roda_Krucken.pdf>

Rowberg, Jeff. **I2C device class (I2Cdev) demonstration Arduino sketch for MPU6050 class using DMP (MotionApps v2.0)**. 2012. Acesso em: 11 març. 2017. Disponível em:
<https://github.com/jrowberg/i2cdevlib/blob/master/Arduino/MPU6050/examples/MPU6050_DMP6/MPU6050_DMP6.ino>

RTS, SECRETARIA EXECUTIVA DA REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL (Brasil). **Relatório de 6 anos da RTS**: Abril de 2005 a Maio de 2011. Brasília: Rts, 2011. 97 p. Acesso em: 06 nov. 2016. Disponível em:
<<http://www.rts.org.br/bibliotecarts/publicacoes/relatorio-de-6-anos-da-rts>>.

SCHWARTZ, M. **Internet of Things with ESP8266**. Packt Publishing, Reino Unido, 2017.

SILVA, José Carlos Teixeira Da; SILVA, Marcos Schaaf Teixeira Da; MANFRINATO, Jair Wagner De Souza. **Correlação entre gestão da tecnologia e gestão ambiental nas empresas**. Revista Produção, São Paulo, v. 15, n. 02, p.193-220, maio 2005. Trimestral.

SILVA, E.L.; MENEZES., E.M. **Metologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4.ed. Florianópolis, 2005.

SYSTEMBASH. **A Simple Java UDP Server and UDP Client**. Acessado em 03 de mar de 2017. Disponível em
<<https://systembash.com/a-simple-java-udp-server-and-udp-client/>>

TURBAN, E.; VOLONINO, L. **Tecnologia da Informação para Gestão: Em busca do melhor desempenho estratégico e operacional**, 8.ed. Bookman, 2013, p.246.

TUSHMAM Michael; NADLER, David. **Organizando-se para a inovação In: STARKEY, Ken. Como as organizações aprendem: relatos do sucesso das grandes empresas**. São Paulo: Futura, 1997.

VASSÃO, Caio Adorno. Metadesign: **Ferramentas, estratégias e ética para a complexidade**. São Paulo: Blucher, 2010. 129 p.

VERASZTO, Estéfano Vizconde et al. **Tecnologia: Buscando uma definição para o conceito**. Prisma.com, Porto, n. 07, p.60-85, 2008. Acesso em: 15 jun. 2016. Disponível em: <<http://revistas.ua.pt/index.php/prismacom/article/viewFile/681/pdf>>.

VIANNA, M. et al. **Design thinking: inovação em negócios**. Rio de Janeiro: MJV, 2012.

WARELINE. **Tecnologia em saúde**. Acesso em: 08 de mar de 2017. Disponível em: <<http://www.wareline.com.br/wareline/noticia/gamification-em-saude-pode-aumentar-engajamento-de-pacientes>>

WETA. **Motion Capture Technology** - Dawn of the Planet of the Apes. 2014.

XSENS. Acesso em: 06 de out de 2016. Disponível em: <<https://www.xsens.com/>>

8 APÊNDICE A – Exemplo de código para ESP8266

Código utilizado para gravar no dispositivo ESP8266, com compilador Arduino

```
#include <ESP8266WIFI.h>
#include <WIFIClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266mDNS.h>
#include <SPI.h>
#include <WIFIUdp.h>
#include "I2Cdev.h"
#include "MPU6050_6Axis_MotionApps20.h"

const char* ssid = "nome da rede WIFI";
const char* password = "senha da rede WIFI";

WIFIUDP Udp;
unsigned int serverPort = 9998; // local port to listen on
IPAddress serverIP(192, 168, 1, 106); // the IP address the socket
send data to

#ifdef I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
    #include "Wire.h"
#endif

// class default I2C address is 0x68
```

```

// specific I2C addresses may be passed as a parameter here
// AD0 low = 0x68 (default for SparkFun breakout and
InvenSense evaluation board)
// AD0 high = 0x69
MPU6050 mpu;
//MPU6050 mpu(0x69); // <-- use for AD0 high

// uncomment "OUTPUT_READABLE_QUATERNION" if you want
to see the actual
// quaternion components in a [w, x, y, z] format (not best for
parsing
// on a remote host such as Processing or something though)
#define OUTPUT_READABLE_QUATERNION

#define INTERRUPT_PIN 2 // use pin 2 on Arduino Uno & most
boards
bool blinkState = false;

// MPU control/status vars
bool dmpReady = false; // set true if DMP init was successful
uint8_t mpuIntStatus; // holds actual interrupt status byte from
MPU
uint8_t devStatus; // return status after each device operation
(0 = success, !0 = error)

```

```

uint16_t packetSize; // expected DMP packet size (default is 42
bytes)
uint16_t fifoCount; // count of all bytes currently in FIFO
uint8_t fifoBuffer[64]; // FIFO storage buffer

// orientation/motion vars
Quaternion q; // [w, x, y, z] quaternion container
VectorInt16 aa; // [x, y, z] accel sensor measurements
VectorInt16 aaReal; // [x, y, z] gravity-free accel sensor
measurements
VectorInt16 aaWorld; // [x, y, z] world-frame accel sensor
measurements
VectorFloat gravity; // [x, y, z] gravity vector
float euler[3]; // [psi, theta, phi] Euler angle container
float ypr[3]; // [yaw, pitch, roll] yaw/pitch/roll container
and gravity vector

// packet structure for InvenSense teapot demo
uint8_t teapotPacket[14] = {'$', 0x02, 0,0, 0,0, 0,0, 0,0, 0x00, 0x00,
\r', '\n' };

//
=====
=====
// === INTERRUPT DETECTION ROUTINE ===

```

```

//
=====

volatile bool mpuInterrupt = false; // indicates whether MPU
interrupt pin has gone high
void dmpDataReady() {
    mpuInterrupt = true;
}

//
=====

// ===          INITIAL SETUP          ===
//

=====

void setup() {

    Serial.begin(115200);
    WIFI.begin(ssid, password);
    Serial.println("");

```

```

// Wait for connection
while (WIFI.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
}

if (MDNS.begin("esp8266")) {
  Serial.println("MDNS responder started");
}

// join I2C bus (I2Cdev library doesn't do this automatically)
#if I2CDEV_IMPLEMENTATION == I2CDEV_ARDUINO_WIRE
  Wire.begin();
  Wire.setClock(400000); // 400kHz I2C clock. Comment this
line if having compilation difficulties
#elif I2CDEV_IMPLEMENTATION ==
I2CDEV_BUILTIN_FASTWIRE
  Fastwire::setup(400, true);
#endif

// initialize device
mpu.initialize();

devStatus = mpu.dmpInitialize();

// supply your own gyro offsets here, scaled for min sensitivity
mpu.setXGyroOffset(220);
mpu.setYGyroOffset(76);
mpu.setZGyroOffset(-85);

```

```

mpu.setZAccelOffset(1788); // 1688 factory default for my test
chip

```

```

    mpu.setDMPEnabled(true);

```

```

    dmpReady = true;

```

```

    // get expected DMP packet size for later comparison

```

```

    packetSize = mpu.dmpGetFIFOPacketSize();

```

```

}

```

```

//

```

```

=====

```

```

=====

```

```

// ===          MAIN PROGRAM LOOP          ===

```

```

//

```

```

=====

```

```

=====

```

```

void loop() {

```

```

    // if programming failed, don't try to do anything

```

```

    if (!dmpReady) return;

```

```

// reset interrupt flag and get INT_STATUS byte
mpuInterrupt = false;
mpuIntStatus = mpu.getIntStatus();

// get current FIFO count
fifoCount = mpu.getFIFOCount();

// check for overflow (this should never happen unless our
code is too inefficient)
if ((mpuIntStatus & 0x10) || fifoCount == 1024) {
    // reset so we can continue cleanly
    mpu.resetFIFO();
    Serial.println(F("FIFO overflow!"));

// otherwise, check for DMP data ready interrupt (this should
happen frequently)
} else if (mpuIntStatus & 0x02) {
    // wait for correct available data length, should be a VERY
short wait
    while (fifoCount < packetSize) fifoCount =
mpu.getFIFOCount();

// read a packet from FIFO
mpu.getFIFOBytes(fifoBuffer, packetSize);

// track FIFO count here in case there is > 1 packet available
// (this lets us immediately read more without waiting for an
interrupt)

```

```
fifoCount -= packetSize;

#ifdef OUTPUT_READABLE_QUATERNION
    // display quaternion values in easy matrix form: w x y z
    mpu.dmpGetQuaternion(&q, fifoBuffer);

    // buffers for receiving and sending data

    String msg = String((q.x), 6) + "," + String((q.y), 6) + "," +
String((q.z), 6) + "," + String((q.w), 6);
    char msgchar[msg.length() + 1];
    msg.toCharArray(msgchar, msg.length() + 1);

    //Serial.println(msgchar);
    Udp.beginPacket(serverIP,serverPort);
    Udp.write(msgchar);
    Udp.endPacket();
#endif
}}
```

9 APENDICE B – Exemplo de código para aplicação

Código exemplo de aplicação em linguagem *Java*

```
package servidor;
import java.net.*;
class UDPServer{
    public static void main(String args[]) throws Exception {
        DatagramSocket serverSocket = new
DatagramSocket(9994); //porta do dispositivo
        byte[] receiveData = new byte[1024];
        while(true) {
            DatagramPacket receivePacket = new
DatagramPacket(receiveData, receiveData.length);
            serverSocket.receive(receivePacket);
            System.out.println(new String
(receivePacket.getData(),0,receivePacket.getLength()));
        }
    }
}
```

10 APENDICE C – Orçamento equipamento básico VICON



Commercial-In-Confidence

UFSC designlab - 6T40SSPCGigaBMOUNT

Quote Information:

Reference Number	Date	Expiration Date
00005597	09/14/2012	12/31/2012

Vicon Sales Person:

Prepared by	Phone	Email
Amy August	(303) 268-3909	amy.august@vicon.com

Hardware:

No.	Product	Quantity	Unit Price	Extended Price
1	T40S camera (NIR 18) Vicon T40S camera - featuring a Vicon designed 4.0 megapixel sensor capable of 515Hz full frame resolution with freeze-frame shutter. Also included is a Near-Infra-Red (NIR) strobe with 56 degree field of view and 18mm lens. Camera is outdoor capable.	6	\$17,500.00	\$105,000.00
2	T Series cable - 25m 25m cable to connect the T Series cameras to the Giganet Unit	6	Included	Included
3	Giganet The Giganet unit is used to provide power and synchronisation to the Vicon cameras and sends the camera images back to the PC. Each Giganet unit connects a maximum of 10 Vicon cameras. Includes: 1x local power cable, 5m cat5e cable, rack mount lugs & giganet to giganet connection cable (0.5m).	1	\$10,500.00	\$10,500.00
4	6' Cat5e Cable 6 FT CAT5E CABLE	1	Included	Included
5	Vicon Calibration Wand 5 marker T wand used to calibrate the Vicon system including any reference video cameras	1	\$500.00	\$500.00
Hardware Subtotal				USD 116,000.00

Software:

No.	Product	Quantity	Unit Price	Extended Price
6	Blade Net Vicon Blade is the software package that is used to calibrate the system, capture the data as well as any post-processing that may be required. Vicon Blade can also stream into other third party applications such as MotionBuilder or Maya. This is a network licence	1	\$19,500.00	\$19,500.00
Software Subtotal				USD 19,500.00

11 APENDICE D – Orçamento equipamento XSENS

The Awinda kit includes:

- MVN Awinda Biomech
- 18 x MVN Awinda MTw Wireless 3DOF Motion Tracker
- 1 x MVN Awinda Recording + Docking Station
- 2 x MVN Awinda Charging Station
- 1 x MVN Awinda USB2.0 A to B Awinda Cable
- 1 x MVN Awinda Receiving Dongle
- 1 x MVN Awinda Full Body Strap Set
- 1 x MVN Awinda Shirt
- 1 x MVN Segmometer
- 1 x MVN Awinda Transportation Bag
- 1 x Power transformer
- 1 x Power cord and converter plugs

Prices and buying options:

- o The base price of either the LINK or AWINDA systems is USD\$50,000. This includes the full version of the software MVN Studio Biomech (with indefinite license), as well as all what you need to work with in terms of hardware. As a note, the LINK version comes with one garment size only, and optional (additional) sizes can be purchased separately.
- o As mentioned, we would appreciate it if you could specify the project or activity in which you are looking to use Xsens MVN, since depending on the intended use of the product a discount on the indicated price may apply.
- o For delivery in Brazil, there would be additional shipping and import costs.
- o Payment is accepted by credit card (with a 4% handling charge) or wire transfer.
- o Technical support and a remote basic training is included with the purchase. We also offer an optional on-site installation and applications training upon request and for an additional fee.

Barbara Murphy
CORPORE SANO LLC



www.corpsano.com
info@corpsano.com
Tel: +1.305.951.8997



XSENS
Official Distributor