

Escola Superior de Propaganda e Marketing
Sistema de Informação
Programa de Iniciação Científica

IAN DOS REIS E ARAGÃO

Interface Cérebro Computador: Uma nova fronteira para a Interação Homem-Máquina

Relatório Final

São Paulo
2017

IAN DOS REIS E ARAGÃO

Interface Cérebro Computador: Uma nova fronteira para a Interação Homem-Máquina

Dissertação apresentando a entrega final do Projeto de Iniciação Científica pela a Escola Superior de Propaganda e Marketing.

Orientador: Prof. Dr. Humberto Sandmann

São Paulo
2017

Reis, Ian Dos

Uma nova Interação Homem-Máquina / Ian Dos Reis. - São Paulo, 2017.

103 p. : il., color.

Projeto de Iniciação Científica, Escola Superior de Propaganda e Marketing,
Curso de Sistemas de Informação em Comunicação e Gestão, São Paulo, 2017.

Orientador: Humberto Sandmann

1. Brain Computer Interface (BCI). 2. Electromyography (EMG). 3.
Human Computer Interface (HCI). 4. Myo Armband. 5. Interação Homem-
Máquina. I. Sandmann, Humberto . II. Escola Superior de Propaganda e
Marketing. III. Título.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Professor Humberto por sua orientação, e sua disponibilidade em ajudar com o desenvolvimento do projeto. Pelo incentivo e apoio a pesquisa desde o primeiro momento, pelas muitas horas de orientação e pelo incansável apoio e paciência. Agradeço à equipe do EPAP pelo atendimento e pela disponibilidade para conseguir os recursos necessários a pesquisa. Ao Professor Eduardo pela a atenção a diversas duvidas e auxílios que surgiram durante o projeto.

Resumo

A pesquisa e inovação de interfaces homem-máquina (HCI) está em constantemente desenvolvimento, quanto mais intuitiva e amigável for a interface, mais produtiva será sua utilização. Diversas iniciativas de empresas e laboratórios investem tempo em estudos de técnicas de interações mais fluentes, buscando facilitar as relações do homem com a tecnologia a sua volta.

Mediante a esse cenário, no intuito de aprimorar a relação entre homem-máquina, existem interfaces que interagem diretamente com o sistema nervoso, fomentando uma área de estudo conhecida como Interface Cérebro-Computador (BCI), proporcionando novas possibilidades para o desenvolvimento da área do HCI. No estado-da-arte do BCI, este trabalho objetiva-se na investigação das funcionalidades e compreensão do tratamento de sinais biológicos, passando pela captação e processamento de sinais, dos músculos (EMG - Eletromiografia) de forma evasiva através do dispositivo BCI, o Myo.

Ao final do estudo, foi obtido um aprofundado conhecimento na área do BCI e suas aplicações multidisciplinares, o que permitiu a prototipação de uma aplicação utilizando o aprimoramento da interação homem-máquina na automação residencial. Além de disto, foi vislumbrado a capacidade de continuidade pela implementação de interações com outros dispositivos, ainda colocou em horizonte, novos estudos sobre a área de processamento de sinais.

Palavras Chave: Interação Homem-Máquina. Brain Computer Interface (BCI). Elec-tromyography (EMG). Human Computer Interface (HCI). Myo Armband.

Lista de ilustrações

Figura 1 – A interação da Realidade Virtual	12
Figura 2 – Interação controlando um Drone através do Myo	13
Figura 3 – Ilustração do potencial de ação	15
Figura 4 – Captação de estímulos na interação BCI	17
Figura 5 – Myo e a interação com um braço mecânico	19
Figura 6 – Modelo ilustrativo de um neurônio	20
Figura 7 – Gráfico do potencial de ação	21
Figura 8 – Obtenção de sinais pelo EMG no músculo	23
Figura 9 – Exemplo de filtragem Band Pass	24
Figura 10 – O bracelete Myo	26
Figura 11 – Ilustração da coleta do EMG utilizando o Myo	28
Figura 12 – Myo sendo utilizado para controlar um robô.	29
Figura 13 – Sistemas Integrados pelo IoT	31
Figura 14 – Myo Armband	34
Figura 15 – O Hardware do Myo	36
Figura 16 – Ordem dos sensores de EMG	37
Figura 17 – Exemplo Vetor EmgDataCharacteristics	38
Figura 18 – Invensense MPU-9150 9-dof motion sensor	42
Figura 19 – Algoritmo utilizado para a transformação dos Quaternions	46
Figura 20 – O modulo bluetooth HC-05	68
Figura 21 – algoritmo utilizado apra o controle da comunicação do Arduino	69
Figura 22 – Estrutura de seleção criada para ligar ou desligar a luz	70
Figura 23 – Algoritmo para o controle da comunicação bluetooth do aparelho	71
Figura 24 – Algoritmo para a escolha de um aparelho para conectar	72
Figura 25 – algoritmo para estabelecer a conexão SSP	73
Figura 26 – Algoritmo para realizar o controle do led	74
Figura 27 – Criando a conexão com o Myo	75
Figura 28 – algoritmo utilizado para representar a movimentação do bracelete através da utilização de um Quartenion	76
Figura 29 – Algoritmo utilizado para capturar uma pose pelo bracelete	77
Figura 30 – Dispositivo IoT desenvolvido através da plataforma Arduino para este projeto	80
Figura 31 – Tela da aplicação para pareamento bluetooth com o IoT	81
Figura 32 – Tela principal da aplicação mobile	82
Figura 33 – Tela da aplicação para o pareamento com o Myo	83
Figura 34 – Tela principal da aplicação com o Myo pareado	84
Figura 35 – Protótipo de todo framework implementado para o teste do conceito do projeto	85
Figura 36 – Myo e o Gimbal	95
Figura 37 – Gimbal com quatro eixos de atuação	96
Figura 38 – On House	97

Figura 39 – Prova de Conceito On House	98
Figura 40 – Protótipo de desenvolvimento On House	98
Figura 41 – Vídeo demonstrativo On House	99
Figura 42 – Exemplo de dados coletados EMG	100

Lista de gráficos

Gráfico 1 – Dados da coleta de eletromiografia de cada sensor do bracelete	39
Gráfico 2 – O EMG coletado pelo Myo	40
Gráfico 3 – A aceleração em cada eixo no Myo	43
Gráfico 4 – A rotação adquirida pelo bracelete	44
Gráfico 5 – Registro da orientação do Myo	45
Gráfico 6 – A representação grafica de um Quartenion	47

Lista de diagramas

Diagrama 1 – Fluxograma das arquiteturas para o desenvolvimento	53
Diagrama 2 – Arquitetura através do Raspberry Pi	55
Diagrama 3 – Arquitetura através do Computador	58
Diagrama 4 – Arquitetura através do Android	60
Diagrama 5 – Arquitetura através do Arduino	62
Diagrama 6 – Pilha de Software comunicação da Aplicação Android	64
Diagrama 7 – Circuito utilizado para a concepção do protótipo	67

Lista de tabelas

Tabela 1 – As funcionalidades disponibilizadas para cada SDK 52

Sumário

1	Introdução	12
1.1	O State-of-Art da Interação Homem-Máquina	12
1.1.1	A interação homem-máquina e sua evolução	12
1.1.2	O descobrimento do potencial de ação	14
1.1.3	A interação que revolucionou os métodos convencionais	17
1.1.4	O estudo da interação com o corpo humano (EMG)	19
1.1.5	O desenvolvimento da interação e sua utilização (Myo)	25
1.2	Objetivos da pesquisa desenvolvida	29
1.3	Sistematização da interação	31
1.4	Uma vista geral da pesquisa	33
2	O Dispositivo BCI	34
2.1	O que é o Myo	34
2.2	A aquisição e processamento de sinais pelo Dispositivo	35
2.3	A classificação de um movimento pelo Dispositivo	41
2.3.1	Detectando as orientações	42
2.3.2	O conceito de um movimento	44
2.3.3	A compreensão de um movimento	46
2.4	A comunicação pelo Dispositivo	47
2.4.1	A comunicação wireless	48
2.4.2	O conceito da comunicação wireless	49
2.4.3	A compreensão da comunicação wireless	49
3	A integração das Arquiteturas	51
3.1	Plataformas de desenvolvimento do dispositivo	51
3.2	As arquiteturas para a utilização do Myo	52
3.3	As características de cada arquitetura	54
3.3.1	Raspberry Pi (A)	54
3.3.2	Computador (B)	57
3.3.3	Android (C)	59
3.3.4	Arduino (D)	61
3.4	A arquitetura escolhida para a interação	63
4	O Início do Desenvolvimento da Interação	65
4.1	A elaboração do Protótipo	65
4.1.1	A concepção do protótipo	66
4.1.2	O funcionamento do protótipo	67
4.2	A ponte da comunicação, a aplicação Android	70
4.2.1	A ponte da comunicação para o Arduino	70

4.2.2	A ponte da comunicação para o Myo	74
5	Resultados Obtidos	78
5.1	A busca da pesquisa desenvolvida	78
5.2	A interação desenvolvida	79
5.3	As adequações necessárias	85
6	Considerações Finais	87
6.1	Epílogo	87
6.2	Da prática à experiência denotada	87
6.3	Trabalhos futuros	89
	Referências	91
	APÊNDICES	94
	APÊNDICE A – O Bloqueio de Gimbal	95
	APÊNDICE B – On House	97
	APÊNDICE C – Tratamento e Coleta de Dados	100

1 Introdução

1.1 O State-of-Art da Interação Homem-Máquina

1.1.1 A interação homem-máquina e sua evolução

A interface entre humanos e máquinas é constantemente objeto de intensa pesquisa e inovação uma vez que existe o pressuposto de que quanto mais intuitiva e amigável for esta interação mais produtivo será o desenvolvimento do trabalho (HEWETT et al., 2014). Ao longo de anos de estudos e testes, uma nova área acabou sendo estabelecida para tratar esse assunto em específico, esta área é conhecida como Interface Homem-Máquina (HCI - Human Computer Interface) (GREEN; PAUL, 2008). Nesse contexto, a área de estudo HCI se propõem a desenvolver ou melhorar a segurança, utilidade efetividade e usabilidade a todo o ambiente que usa ou é afetado pelo uso da tecnologia computacional.

Inovações na área de HCI geram novos modelos de negócios, como, por exemplo, a inovação do mouse, que quando inventado possibilitou uma maior produtividade no trabalho. Atualmente, diversas empresas e laboratórios investem tempo e esforços no estudo de técnicas de interações homem-máquina mais fluentes. Nesta corrida de superação de limites existentes, foram criadas interfaces de toque de tela, realidade aumentada, realidade virtual (VR – Virtual Reality), entre outras. Dispositivos tais como o Google Glass, óculos VR desenvolvido pelo Google para aumentar a interações do homem com o meio ambiente a sua volta, e por ser wireless não está limitado e uma conexão com um computador.

Figura 1 – A interação da Realidade Virtual



Imagem retirada do site: <https://cdn.sagaentretenimento.com.br/uploads/2016/05/gear-vr-hero.jpg>

Além destas formas de interação Homem-Máquina, existem técnicas que trabalham com sinais capturados pelo sistema nervoso central por sensores específicos. Através da utilização destas técnicas, foram desenvolvidas interações conhecidas como Interface Cérebro-Computador (BCI – Brain computer interface) que agora se colocam como uma nova fronteira de implemen-

tação para as áreas de HCI. Assim como para HCI, existem diversos dispositivos comerciais para se trabalhar com BCI. Entre estes dispositivos, existem braceletes que capturam sinais do antebraço, os processam e então os traduzem de alguma forma para uma máquina, permitindo imitar os movimentos humanos, este dispositivo é melhor detalhado adiante. Neste trabalho, é utilizado o BCI desse gênero de bracelete.

Figura 2 – Interação controlando um Drone através do Myo



Imagem retirada do site: https://tech-bit.ru/image/img_dop/wysiwyg/3/Early_Prototype_Myo_AR_Drone_2.jpg

A excentricidade da área do BCI condiz com sua forma de apreensão de sinais biológicos do sistema nervoso, os interpretando, os classificando e os transformando em comandos determinísticos para máquinas. Existem duas maneiras de capturar estes sinais biológicos, eles podem ser capturados de maneira invasiva ou evasiva. A técnica é dita invasiva quando os sensores de captura invadem de alguma forma o corpo humano para obter os sinais, por outro lado, é dita evasiva quando o sensor de captura obtém os sinais através da superfície de uma área de interesse. Além disto, as técnicas divergem em relação a área da qual os sinais são extraídos. Logo: 1) quando os sinais são capturados diretamente do sistema nervoso central (cérebro), estes sinais são sinais de um eletroencefalograma (EEG); 2) quando os sinais são obtidos do sistema cardíaco, estes sinais são sinais de um eletrocardiograma (ECG); 3) quando os sinais são obtidos do sistema somático, vindos basicamente dos músculos, estes sinais são sinais de um eletromiografia (EMG) (BEAR et al., 2002) .

Nesta pesquisa, é desenvolvida uma investigação que vislumbra a aquisição de sinais do sistema biológico através de um equipamento BCI que em comandos que são utilizados por outro dispositivo (IoT) num processo de mimificação. Os sinais aqui coletados são EMG capturados do sistema somático, antebraço, por questões de acessibilidade e praticidade de estudo. Definida a técnica empregada neste trabalho, de modo a capturar os sinais, um equipamento de

mercado é empregado para a captura de sinais no corpo humano, suas especificações e detalhes são apresentados no tópico “O desenvolvimento da interação” (1.1.5), mostrando o porquê da utilização desse aparelho.

A seguir, nos próximos sub tópicos estão explicados os estudos da neurociência que deram origem as técnicas utilizadas no desenvolvimento desta iniciação científica. Há também uma contextualização histórica a tempos modernos, dos estudos da neurociência que deram origem ao princípio da interação BCI. Adiante, num outro tópico, a solução a ser proposta por este trabalho para superar algumas das limitações impostas pelas tecnologias de toque criadas pelo HCI para que assim fosse trabalhado; o surgimento da interação (BCI), a partir de um desenvolvimento da interação (EMG) até a utilização desses estudos para ser aplicado um uso da interação (Myo).

1.1.2 O descobrimento do potencial de ação

Os estudos do encéfalo são tão antigos quanto a própria ciência, mas quando os pesquisa-dores perceberam que a melhor abordagem para o entendimento da função do encéfalo vinha com a interdisciplinaridade, conseguiram então produzir uma nova perspectiva de estudo para o órgão mais complexo do corpo humano (BEAR et al., 2002).

A partir dessa nova perspectiva, o cientista italiano Luigi Galvani e o biólogo alemão Emil da Bois, conseguiram comprovar que os músculos podem se movimentar quando estimulados eletricamente e que o encéfalo pode gerar eletricidade. Dessa forma surgiu um novo conceito para a ciência, a de que os nervos eram como fios capaz de conduzir sinais elétricos do e para o encéfalo (BEAR et al., 2002) .

Figura 3 – Ilustração do potencial de ação

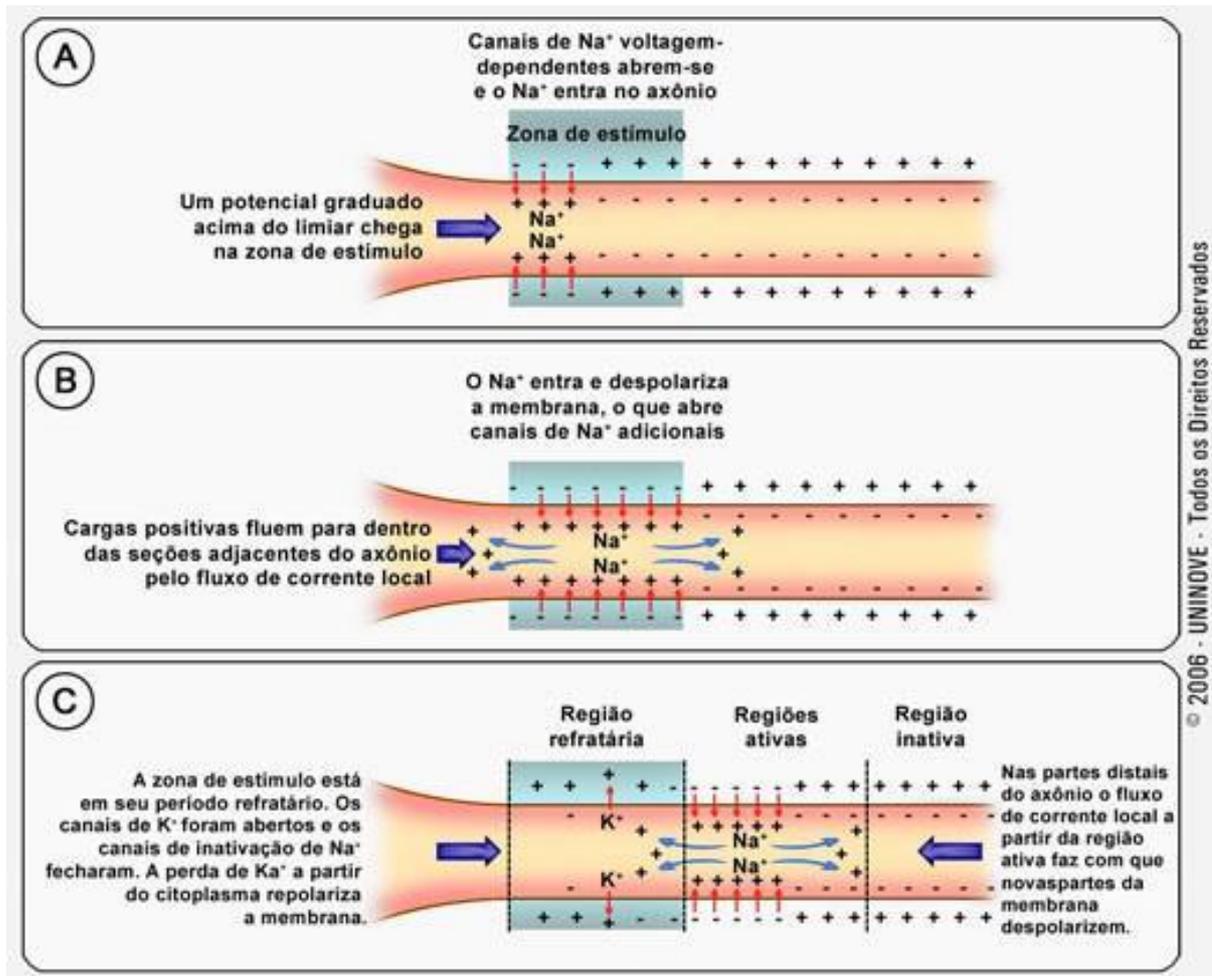


Imagem obtida no site http://ead.uninove.br/ead/dps/biof02/imagens/a06_img04_biof02.jpg

A comprovação da capacidade elétrica do encéfalo, gerou novos estudos por Julius Bernstein (1902), que se baseou no conceito de difusão de gases de Nernst para explicar o potencial elétrico no cérebro. Ele postulou que esse potencial de atividade neural ocorre em virtude da alta permeabilidade do K^+ (íon de potássio) pela membrana celular, contrastado com outros íons, pela maior concentração desse no meio intracelular em relação ao meio extracelular (MR, 1999).

Na década de 1940, o fisiologista Andrew Fielding Huxley e seu parceiro Alan Lloyd Hodgkin, desenvolveram a técnica de grampeamento de voltagem (voltage-clamp) (TH.; JS., 2003). A técnica consiste em controlar a voltagem através de uma pequena área isopotencial de uma célula nervosa, por um circuito de realimentação eletrônica. Esta corrente é equivalente à corrente iônica que flui através da membrana em resposta ao degrau de tensão (voltage-step) (GRABIANOWSKI, 2007). Essa descoberta rendeu mais tarde, em 1963 o prêmio Nobel em medicina e fisiologia para Huxley e seu parceiro Hodgkin, por ser o primeiro modelo matemático para a geração do potencial de ação de um neurônio.

Graças aos estudos de Huxley, neurocientistas desenvolveram um novo campo de estudo a neurociência computacional, que é a área da neurociência que tem por objetivo o apreendido das

funções cerebrais em termos de processamento da informação que só reduzidos no sistema nervoso (CHURCHLAND et al., 1993).

O desenvolvimento dessa nova área da neurociência foi provindo com amplas contribuições dos estudos de dois grandes cientistas: Wilfrid Rall, neurocientista considerado um dos fundadores da neurociência computacional, por ter iniciado a modelagem computacional biofisicamente realista de neurônios e dendritos, utilizando a teoria do cabo (cable theory) para construir o primeiro modelo multicompartimental de um dendrito (RALL, 1962), e a modelagem compartimental passiva e ativa do neurônio (RALL, 1964) ; David Marr, um neurocientista e psi-cólogo que integrou os resultados da psicologia, inteligência artificial (AI – Artificial Intelligence) e neurofisiologia para novos modelos de processamento visual, centrou-se nas interações entre neurônios, sugerindo abordagens computacionais ao estudo de como os grupos funcionais de neurônios no hipocampo e neocórtex interagem, armazenam, processam e transmitem informação (DAWSON; MICHAEL, 1998).

Com os avanços dos estudos na área da neurociência computacional, os modelos neurais propostos por Wilfrid Rall, David Marr, e outros neurocientistas, procuraram aproximar o processamento dos computadores ao “processamento” realizado pelo cérebro. Buscando uma mimetização computacional humana muito similar a realizada pelo sistema nervoso central (SNC). A fim, criar modelos em computador que reproduzem as propriedades computacionais do encéfalo ajudam os neurocientistas a compreender como características de estudo específicas se desenvolverem sem a utilização de um método invasivo (BEAR et al., 2002). As informações provindas por estes modelos são normalmente discutidas como uma “disciplina tecnológica que trata dos sistemas de processamento de informação paralelos, distribuídos e adaptáveis, autonomamente desenvolvendo capacidades de processamento da informação como respostas ao ambiente da informação.” (HECHT-NIELSEN, 1990).

Com base nos estudos da neurocomputação foi possível um notável avanço tecnológico na área HCIs, tornou-se algo ubíquo na sociedade, como as interfaces comuns de interação para computadores (VALLABHAENI et al., 2014). Da mesma forma, foi estimulada uma necessidade de criação para interfaces conectadas diretamente ao corpo humano. Isto porquê há ineficiências nos mecanismos de interação mais comuns em uma máquina, logo, é necessário um estudo mais apurado da área de neurocomputação.

Com o desenvolvimento de uma via de comunicação entre o cérebro e a máquina, foi possível adicionar novas funcionalidades do estudo Interface Cérebro-Computador (BCI – Brain-Computer Interface), abrindo um grande número de aplicações. Há uma nova área de desenvolvimento para adicionar novas funcionalidades mais complexas para o HCI. Uma das aplicações do HCI, é a de permitir que pessoas que possuem alguma restrição de movimentação muscular, possa de alguma forma atenuar sua restrição de interação, por exemplo. Permitindo assim que para os usuários que são incapazes de gerar movimentos musculares para a interação comum com a máquina, possam mitigar esta deficiência.

1.1.3 A interação que revolucionou os métodos convencionais

A capacidade de processamento dos computadores modernos e a nossa compreensão do cérebro humano, são duas áreas que crescem conjuntamente gerando a impressão de que a cada dia a ficção científica possa ser transformada em realidade. Na atualidade, há uma grande variedade de estudos para o desenvolvimento de novas tecnologias. Considerando o potencial de manipular computadores ou máquinas através do “pensamento” humano e o poder de trabalhar uma ação sem essa ser fisicamente executada (HEWETT et al., 2014). O desenvolvimento de pesquisas na área do BCI, não existe apenas para a busca de formas mais convenientes para uma interação homem-máquina. Existe um amplo número de pessoas que apresentam alguma espécie de deficiência fisiológica. Assim, o desenvolvimento do BCI pode ser considerado uma forma de melhoria para a qualidade de vida dessas pessoas, existindo dessa forma um potencial vasto mercado.

Figura 4 – Captação de estímulos na interação BCI



Imagem obtida no site <http://www.science-in-amsterdam.nl/files/images/Brain%20and%20Cognitive%20Science.jp> g

A integração de um sistema BCI permite um controle direto de, por exemplo, uma aplicação de computador ou uma neuroprótese, unicamente por intenções humanas tal como refletida pelos sinais cerebrais adequados (WOLPAW et al., 2002). A razão da utilização da interação BCI é dita pela melhor integração com o funcionamento do cérebro. Cada vez que pensamos, move-mos, sentimos ou lembramos de algo, nossos neurônios estão no trabalho. Um trabalho realizado por pequenos sinais elétricos, gerados pelo potencial elétrico e transportado pelos íons de K⁺ na membrana de cada neurônio, estes sinais são chamados de potenciais de ação (PA). Esses sinais são capazes de ser capturados por dispositivos elétricos específicos, quando transmitidos

através da membrana, podem ser detectados, interpretados e utilizados pelos pesquisadores para interagir com um dispositivo qualquer.

Outra técnica menos invasiva, para capturar os sinais emitidos pelo SNC é utilizar um conjunto de eletrodos ligado ao couro cabeludo, para que estes possam “ler” os sinais do cérebro, esta técnica é conhecida como EEG (WOLPAW et al., 2002) . Independente do procedimento implementado, a tarefa mais difícil é interpretar os sinais do cérebro para realizar o movimento desejado por quem não se pode mover fisicamente. Basicamente, o que se faz para “interpretar” estes sinais é empregar algoritmos com aprendizagem computacional que interpretem os sinais capturados e, assim, o software pode apreender os sinais associados com o pensamento da ação e interpretá-lo no sentido em que o dispositivo realize aquela ação.

As tecnologias que utilizam o BCI também ganharam popularidade na forma de dispositivos de medição. Pois, permitem acessar e “decodificar” estados cerebrais macroscópicas em tempo real, tais como: a atenção, capacidade de desempenho, emoção, etc. Além disso, os sinais obtidos pelas técnicas de BCI possibilitam otimizar e melhorar a performance humano e conseguir potencialmente novas categorias de habilidades. O desenvolvimento de tal dispositivo é um tópico de pesquisa altamente interdisciplinar, que reúne a investigação científica de muitos campos diferentes desde a psicologia até neurofisiologia, física, engenharia, matemática e ciência da computação. Assim, concentra-se grande parte na análise de dados e da ciência da computação para o desenvolvimento da interação BCI.

Embora o seu foco inicial foi desenvolvido em aplicações para pacientes que perderam alguma função motora. Atualmente, as aplicações dessa área de pesquisa estão cada vez mais amplas, com novos propositos a serem investigados, tais como: o desenvolvimento de jogos, a monitorização dos estados mentais e decodificação de doenças. Elas são muitas vezes dirigidas a pesquisa de mapeamento do cérebro para reparar as funções cognitivas ou sensório-motoras humanas. Recentemente a tecnologia BCI também tem sido usado para um público maior, ou seja, para fins não médicos (GRABIANOWSKI, 2007).

Figura 5 – Myo e a interação com um braço mecânico



Imagem extraída do site <https://i.ytimg.com/vi/LSuzMxQDmzg/maxresdefault.jpg>

Tais aplicações inovadoras têm visto um forte aumento de interesse, que servem de evidência para a promissora tecnologia BCI para usos não-médicos com uma melhoria na facilidade de utilização sem ser necessário o mínimo de treinamento com uma usabilidade geral e latências de controle curtos (GRABIANOWSKI, 2007). À vista disto, constitui-se a possibilidade de detecção dos sinais neurais, para a interpretação dos seus diferenciais elétricos de modo a traduzir macroscopicamente o que estes significam e de que local do cérebro se originam. Direcionando-os a um dispositivo de eletroencefalograma que fornece uma leitura a ser estudada e trabalhada por pesquisadores. Hans Berger, um psiquiatra alemão que possibilitou amplos avanços das interfaces BCI, e o desenvolvimento de EEGs em 1929. Foi um vasto avanço histórico proporcionando uma nova neurologia e ferramentas de diagnóstico psiquiátrico no momento (MILLETT, 2001).

A pesquisa de Berger, gerou uma separação bem ampla entre os sistemas que utilizam uma atividade EEG e aqueles que começaram a usar a atividade EMG, atividades geradas por movimentos musculares muito mais simples e de fácil captação para o estudo e tratamento destes. Apesar de este vasto avanço, ainda hoje, é um trabalho difícil e árduo captar e isolar os diversos segmentos de ondas cerebrais, de modo a segmentar precisamente o impulso nervoso e realizar o tratamento deste.

1.1.4 O estudo da interação com o corpo humano (EMG)

Ao longo da história, na busca pela compreensão do funcionamento do sistema nervoso central (SNC), houve a descoberta de que existem células especialistas para este sistema, estas possuem a característica de receber e transmitir estímulos elétricos e são conhecidas como

neurônios. Para realizar o estudo da estrutura das células nervosas, os pesquisadores tiveram que vencer vários obstáculos: o tamanho microscópico de uma célula, tamanhos de corte, a falta de coloração para uma diferenciação das células a olho nu, dentre outros. Com o desenvolvimento do microscópio, corantes artificiais, que reagem com as células e dão uma coloração específica a estas, e com outras técnicas de pesquisa, foi possível ir além nos estudos do sistema nervoso.

Todos os tecidos e órgãos do corpo estão formados por células cujas funções especializadas e o modo como interagem determinam as funcionalidades dos órgãos. O encéfalo é o órgão mais sofisticado e complexo do corpo humano, mas a estratégia básica utilizada para desvendar a sua função não é muito diferente daquela usada para pesquisar o pâncreas. Uma estratégia é começar tendo uma noção de como as células do encéfalo operam individualmente, para em seguida, observar como essas atuam juntas. Os sistemas neurais são agrupamentos de neurônios que transmitem informações a outros sistemas neurais e também outros sistemas do corpo humano. Essas informações trafegam por neurônios, inclusive pelos músculos, que são neurônios especializados para a realização de movimentos. Estes sinais são transmitidos por impulsos elétricos pelo neurônio, são os potenciais elétricos, e por meio químico entre os neurônios (BEAR et al., 2002).

Figura 6 – Modelo ilustrativo de um neurônio

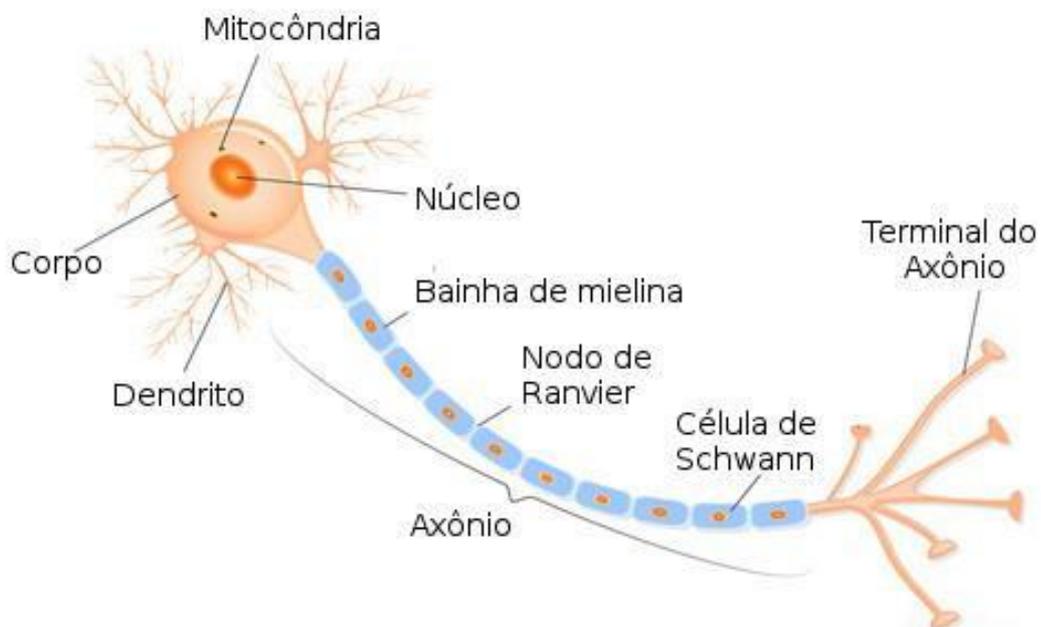


Imagem retirada do site: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2010/01/estrutura-neuronio.jpg>

Os primeiros pesquisadores que descobriram o potencial elétrico do neurônio, concluíram que o neurônio conduz a informação captada utilizando sinais elétricos que percorrem o axônio. Os pesquisadores comparavam ao estado do neurônio transmitir sinais elétricos a modo semelhante a que um cabo telefônico conduz. Com observações e testes mais apurados, logo, chegaram à conclusão que em um cabo telefônico de cobre a informação é transmitida por longas distâncias e em alta velocidade, pois o cabo telefônico é um ótimo condutor de elétrons, ele é

bem-isolado de qualquer interferência externa; já nos neurônios, a transmissão apresenta uma grande dissipação da energia, devido ao meio se não existisse a bainha de mielina.

O meio químico no qual os neurônios existem são condutores de eletricidade, logo, os elétrons transportados pelo axônio acabam vazando para o meio extracelular salino. De modo a mitigar este efeito, existem as bainhas de mielina que cercam o axônio. A dissipação do potencial de ação ocorre nos nodos de Ranvier e por isto são ricos em conexões com outros neurônios. Existem pesquisas que buscam encontrar codificação de informações na frequência dos potenciais de ação dos neurônios individuais, tratando a transmissão de dados de forma análoga ao código Morse (BEAR et al., 2002).

Existem dois modelos de neurônios capazes de gerar e conduzir potenciais de ação, elas incluem tanto células nervosas quanto células musculares, pois, são conhecidas por possuírem uma membrana excitável. Quando uma membrana excitável não está gerando impulsos, diz-se que está em repouso. E, no citosol da superfície da membrana há uma carga elétrica negativa comparando-se a carga externa. Esta diferença de carga elétrica é chamada de potencial de repouso (BEAR et al., 2002). O potencial de ação é simplesmente a inversão dessa condição, e por um milissegundo o potencial elétrico da membrana se torna positivo.

Figura 7 – Gráfico do potencial de ação

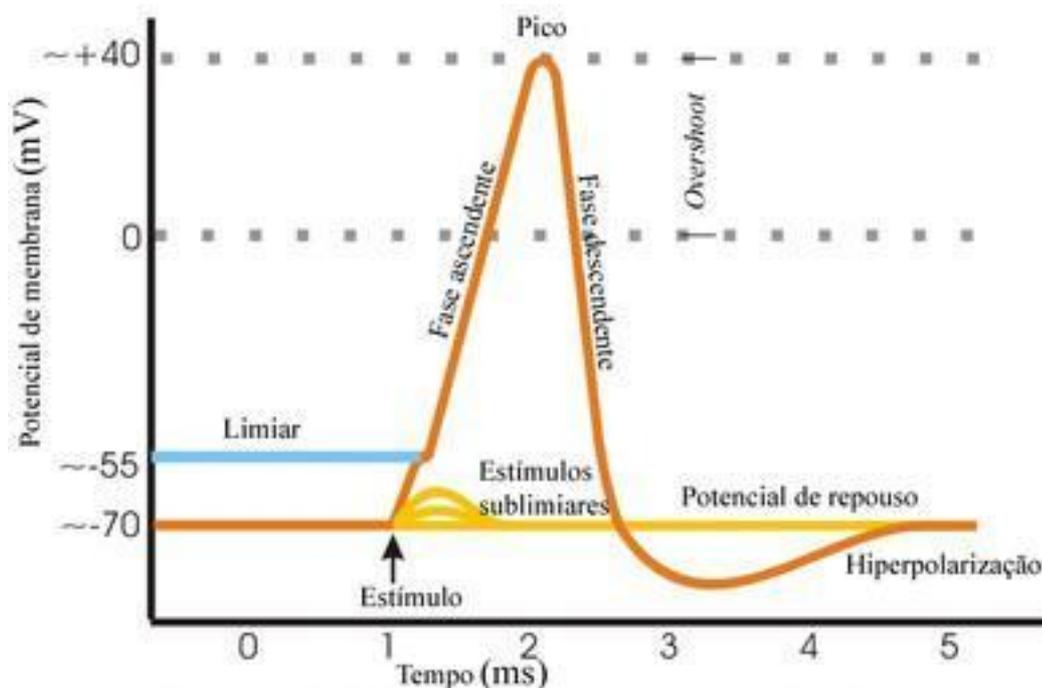


Imagem retirada do site: <http://1.bp.blogspot.com/-rEHVnDDzuls/U2CEQURlxjl/AAAAAAAAAE5Y/xJBhQWLOgl o/s1600/potencial+de+acao2.png>

A partir da descoberta do potencial de ação, cientistas começaram a elaborar técnicas para a captação dos estímulos transmitidos pelo neurônio, de modo a monitorar a atividade elétrica das membranas excitáveis do sistema nervoso. Seu objetivo principal é analisar a velocidade de condução elétrica e o estado das unidades motoras para detectar lesões do sistema nervoso periférico e muscular localizando a lesão dentro da unidade motora (UM), e poder quantificar

tal lesão. O potencial de ação da unidade motora (PAUM) é a somação temporal e espacial dos potenciais de ação individuais de todas as fibras de uma UM.

Uma das técnicas criadas é a eletromiografia (EMG), ela monitora as membranas, representando a medida dos potenciais de ação do sarcoma, como efeito de voltagem em função do tempo (RALL, 1964). O EMG é um somatório algébrico dos potenciais elétricos gerados nas fibras musculares, durante os diferentes categorias de contração, detectados sob a área de trabalho dos eletrodos aplicados em uma área do corpo humano. Um EMG pode ser afetado por propriedades musculares, anatômicas e fisiológicas do corpo humano, sendo assim realizado pelo controle do sistema nervoso periférico, possibilitando a avaliação do sistema neuromuscular.

Na aquisição do sinal de EMG, a amplitude do PAUM deriva de diversos fatores como a taxa de disparo, características da membrana da fibra muscular, diâmetro da fibra muscular, distância entre a fibra muscular ativa e o local de detecção do sinal EMG, a área de superfície de captação dos eletrodos e a extensão em que os eletrodos estão distribuídos sobre o músculo, ou seja, o local de posicionamento dos eletrodos (BEAR et al., 2002). A melhor localização do eletrodo é realizada entre o ponto motor e o tendão de inserção do músculo, além disso, suas barras de captamento devem estar perpendiculares às fibras musculares e suas superfícies de sintonização separadas. No objetivo de apurar uma uniformização mais fidedigna dos dados analisados, o SENIAM (Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles) detalha esses procedimentos, com recomendações de configuração e posicionamento dos eletrodos no corpo humano (SENIAM, 2017).

Normalmente representando a medida dos potenciais de ação, como efeito de voltagem em função do tempo. Há três principais métodos utilizados para a detecção dos sinais musculares da eletromiografia, a inserção de agulhas no ventre muscular e restrito de unidades motoras (invasivo), a fixação de eletrodos sobre a pele na região correspondente ao ventre muscular, mas com uma metragem em par com o intuito de reduzir ruídos do local de origem do sinal adquirido (evasivo), e um método de fixação de uma matriz ou malha de eletrodos sobre a pele como multicanais de alta-densidade permitindo uma área maior de captação no ventre muscular possibilitado a percepção de diversas alterações dos potenciais de ação das membranas excitáveis (BEAR et al., 2002) .

Para as diferentes situações, diferentes tipos de eletrodos e análises:

- Análise do sinal no domínio do tempo, ou seja, o possível aumento do número de UMs ativadas durante uma solicitação muscular.

Em relação à análise no domínio do tempo, a amplitude do sinal assimilado por músculos superficiais é reduzida por fatores como a resistência da pele e do tecido adiposo subcutâneo, que variam de uma localização para outra. Nessa lógica, não se pode comparar valores de EMG absolutos entre indivíduos, de um músculo para outro, e até para o mesmo músculo se a colocação dos eletrodos é alterada. No domínio do tempo, o sinal pode indicar o tempo em que determinado músculo iniciou e terminou a sua ativação, bem como a quantidade de sua ativação, na amplitude

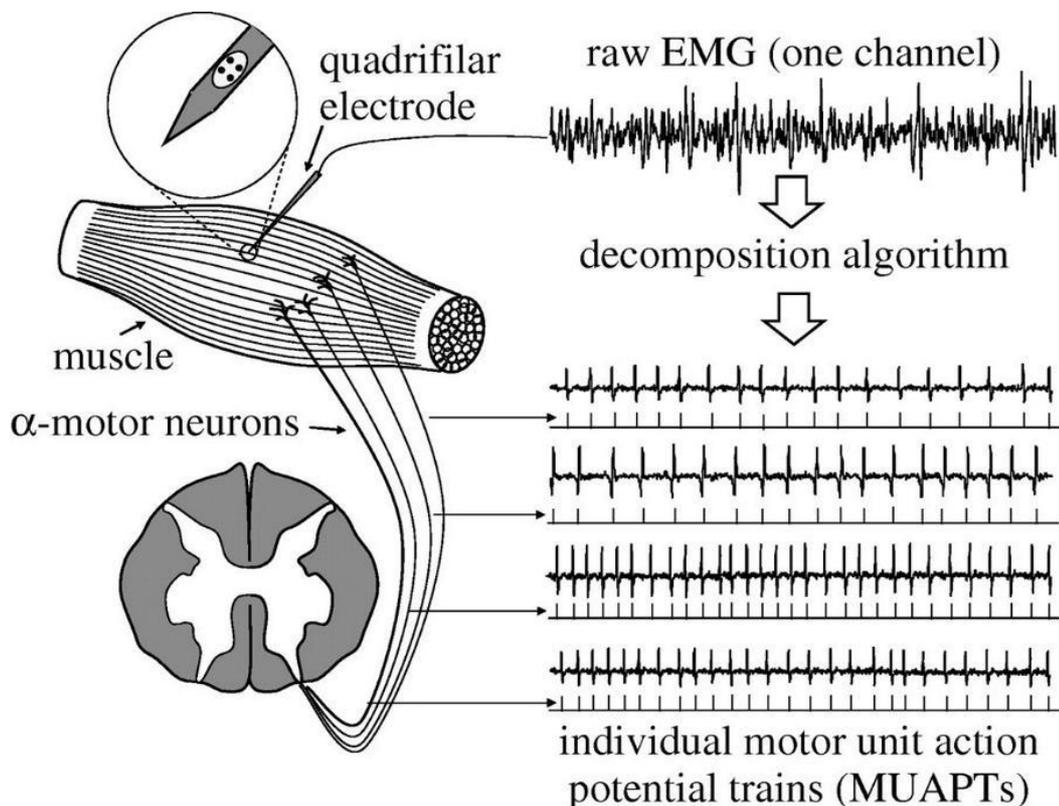
do sinal recebido no EMG. Neste perfil de análise podem-se utilizar basicamente os valores em RMS (“Root Mean Square”, valor médio da raiz quadrada), a integral e o valor retificado pela frequência média, que nos fornece parâmetros da amplitude do sinal (KIMURA, 2013).

- Análise do sinal no domínio da frequência de ativação, ou seja, quantas vezes na unidade de tempo as UMs são ativadas numa condição isométrica ou dinâmica.

No domínio da frequência é possível determinar o conteúdo de frequência do sinal EMG. Um método comumente utilizado para caracterizá-lo é a frequência média (Fm), que representa o valor central do espectro de frequência. Alternativamente, a frequência mediana (Fmed) é a frequência que divide o espectro em duas metades com base no conteúdo de energia do sinal. Estes parâmetros refletem a velocidade de condução da fibra muscular e o recrutamento das UMs diminui com a exposição do indivíduo a fadiga muscular, exibindo mudanças antes de qualquer modificação de força, sendo assim são aplicados principalmente como um indicativo de início de fadiga contrátil (KIMURA, 2013).

Essa última técnica permite a realização de uma estimativa de velocidade de condução dos potenciais de ação. Normalmente, a avaliação da função muscular por meio das análises de sinal possui aplicações concentradas na área clínica, para diagnóstico de doenças neuromusculares, e na reabilitação (fisioterapia), com o intuito de reeducação da ação muscular e de revelar a ação muscular em determinados movimentos.

Figura 8 – Obtenção de sinais pelo EMG no músculo

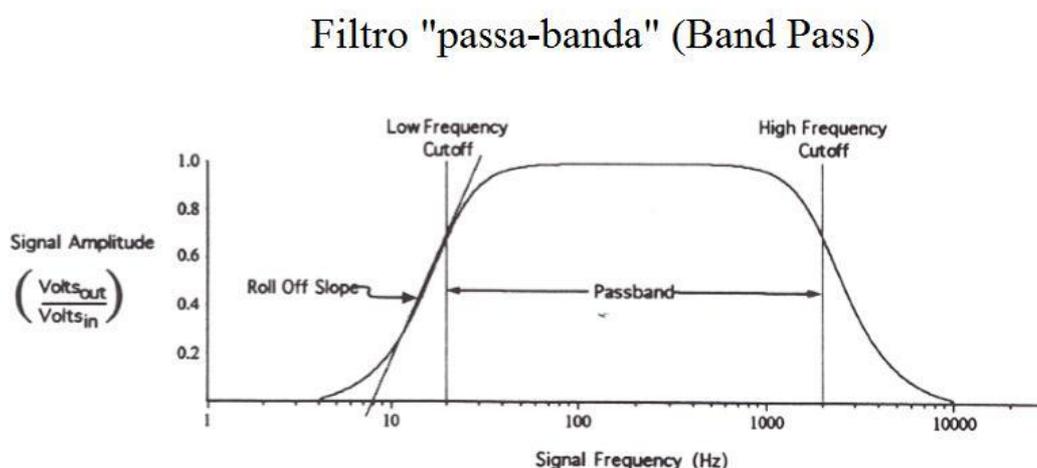


Após a coleta de dados, são necessários importantes procedimentos para o tratamento do sinal. O sinal EMG captado no corpo humano é um sinal analógico (um sinal contínuo no tempo), que é convertido para um sinal digital para poder ser registrado pelo computador. Para tanto, certos parâmetros devem ser ajustados na aquisição do sinal, dependendo da tarefa e dos objetivos (PH.; M., 2006). Os tecidos existentes entre a fibra muscular e o local do eletrodo cria um efeito de filtro, cuja largura de banda diminui com o aumento da espessura do tecido. Isso quer dizer quando maior a espessura desse tecido, maior é a impedância (ruído) para captação de sinal. Impedância é a resistência que os biomateriais (pele, cartilagem, fásia, músculo, osso, ligamento, gordura, etc.) oferecem a uma corrente alternada.

Filtros servem para atenuar sinais em várias áreas do conhecimento, eles podem ser ori-ginados por Hardware, circuitos analógicos (amplificadores, resistores, capacitores), e Software ou filtros Digitais, algoritmos específicos como Butterworth, Chebyshev, dentre outros. No EMG, quando a frequência do ruído difere da frequência do sinal de interesse, seu uso possibilita a limpeza do sinal. Isto é, o sinal coletado, ou sinal bruto, é submetido a um processo de filtragem específico e de grande vália, já que este minimiza a probabilidade de ruídos no sinal tratado. Assim, a frequência da rede elétrica utilizada pelos aparelhos para a técnica de coleta de sinais tende a utilizar uma frequência de 60Hz, em uma tensão de 120 V. Enquanto os sinais das diferentes fibras musculares coletadas variam entre 70 a 125 Hz, fibras lentas, e de 125 a 250 hertz para fibras rápidas (KIMURA, 2013) .

O primeiro filtro passado chama-se filtro de rejeição de banda (Band Stop), no qual, os sinais coletados nas frequências próximas de 60Hz (freqüência em média elétrica) são removidos. Outro filtro utilizado é o delimitador de banda chamado “filtro passa-banda” (Band Pass) que delimita o espectro de frequência a amplitude desejada como, por exemplo, 20-250Hz. Uma vez que o sinal foi obtido e tratado ele passa pelo processo de quantificação da densidade do espectro de sinal coletado.

Figura 9 – Exemplo de filtragem Band Pass



Duas formas comumente utilizadas para obtenção desse valor são a integral do sinal EMG (iEMG) o RMS. O iEMG calculada através de uma integral toda a área, no espectro de frequência, preenchida por sinal EMG. Dado que, esse espectro possui um delineamento gaussiano, ou seja, possui média igual a zero, o RMS soluciona esse inconveniente que é largamente utilizado nas investigações envolvendo EMG. Outro tratamento implementado é a utilização do algoritmo da transformada rápida de Fourier (FFT), podendo gerar os valores de frequência mediana e frequência média, já que este possui uma grande precisão para análises envolvendo fadiga muscular.

A eletromiografia apresenta inúmeras aplicações, notadamente na clínica médica, para diagnóstico de doenças neuromusculares; na reabilitação, na reeducação da ação muscular (“biofeedback” eletromiográfico); na anatomia, com o intuito de revelar a ação muscular em determinados movimentos; e na biomecânica no sentido de servir como ferramenta indicadora de alguns fenômenos.

Contudo, nesta iniciação científica, é utilizada com a aplicação na área da biomecânica, já que nesta área o registro da atividade eletromiografia nos permite a investigação de quais músculos são utilizados em determinado movimento. No sentido de servir como uma ferramenta indicadora de fenômenos, como o nível de ativação muscular durante a execução do movimento, a intensidade e duração da solicitação muscular e possibilitar a inferências relativas à fadiga muscular mas principalmente para aqueles que não possuam todo o braço.

O estudo e análise do sinal de eletromiografia, permite a identificação de eventos que ocorrem ao longo do tempo com padrões específicos de frequência. No domínio da frequência, as mudanças ocorridas no espectro do potencial de ação no sinal eletromiográfico já permite identificar e quantificar a mediana ou media da frequência de sinal de um determinado movimento, mesmo sendo tão sensíveis as mudanças de recrutamento, captações, das unidades motoras de diferentes usuários.

Por conseguinte, uma vez que o sinal eletromiográfico possua uma função estacionária na distribuição das frequências nos intervalos de interesse providos por movimentos já pré-programados. Torna-se possível criar uma captação dos potenciais de ação e traduzi-los em um código de máquina.

1.1.5 O desenvolvimento da interação e sua utilização (Myo)

Uma das áreas mais interessantes para o desenvolvimento de tecnologia nos últimos anos tem sido a de controle por gestos. Ela permite aos usuários interagir com computadores sem ter que tocar em qualquer tipo de entrada, como um teclado ou mouse. Não há dúvidas de que há uma série de dispositivos que realizam estas abordagens, contudo, não são todas as tecnologias que conseguem ser precisas, sendo realistas aos movimentos humanos.

Figura 10 – O bracelete Myo



Imagem extraída do site <https://www.myo.com/>

A Thalmic Labs, empresa criada por três graduados em engenharia da Universidade de Waterloo, desenvolveu uma braçadeira chamada Myo com uma tecnologia inovadora. A partir de impulsos captados no corpo humano, o bracelete capta os gestos humanos e os transforma em um código de máquina. Uma inovação provida graças aos estudos da interação BCI e as análises da interação do EMG com o corpo humano.

O Myo, captura a atividade elétrica dos músculos através de um conjunto de sensores de eletromiografia (EMG) que trabalham com uma malha de eletrodos com multicanais de alta-densidade permitindo uma captação mais apurada das contrações musculares, combinado com um giroscópio, acelerômetro e magnetômetro para reconhecer gestos e o movimento do braço para interagir com uma interface ou máquina.

Para a captação precisa de movimentos do corpo humano, o Myo utiliza um giroscópio, um acelerômetro e um magnetômetro que são capazes de medir a velocidade e direção do movimento do braço do utilizador. Quando os usuários fazem gestos com as mãos, os músculos do antebraço emitem vários sinais bioelétricos. Ao mesmo tempo, avançados sensores embutidos, recebem esses sinais, analisam-os com o seu algoritmo incorporado para enviar o resultado da percepção gesto do dispositivo. Os dados coletados são comunicadas via Bluetooth, traduzidos em movimentos na tela de uma interface intermediária, graças a algoritmos de detecção de movimentos que realizam os cálculos nas mudanças ocorridas no espectro de potencial de ação no sinal do EMG.

A braçadeira está inserida num mercado que tem gerado uma enorme quantidade de aplicações, ao ser um avanço tecnológico significativo como o primeiro aparelho independente utilizado na captação de gestos. Sua maior concorrente, a controladora Leap Motion, usa câmeras infravermelhas para permitir um controle de gesto minimamente desce e precisar estar a uma curta distância de um computador. Ao contrário dos outros dispositivos de controle de

gesto, que dependem de posicionamento por meio de câmera de monitoramento, o Myo funciona apenas pela leitura do EMG. O Myo permite aos usuários controlar um computador a distâncias maiores do que alguns metros, bem diferentemente da Leap Motion e suas concorrentes. Da mesma forma, há uma exigência de proximidade de um controlador pela Leap, o que torna a sua utilização mais parecida com uma interação de teclado e mouse.

Para o desenvolvimento de softwares utilizando o Myo o site da Thalmic labs disponibiliza um portal para os desenvolvedores terem acesso às ferramentas de desenvolvimento, com explicações passo a passo para a utilização destas, detalhando como é possível desenvolver com o seu SDK (Software Development Kit) e suas APIs (Application Programming Interface). Dando acesso aos programadores a uma biblioteca virtual que funciona como o manual da plataforma de desenvolvimento do Myo e como começar um projeto próprio. Além disso, o portal para os desenvolvedores, possui um fórum de dúvidas no qual os próprios desenvolvedores auxiliam nos problemas encontrados no sistema e exemplos de codificações criadas no bracelete. É possível ver as notas de versão, erros e bugs conhecidos, fornecendo uma visão geral do que há de novo no lançamento de cada versão.

O desenvolvimento da interação homem-máquina proposto pelo bracelete vai muito além das tecnologias desenvolvidas até o momento. E, para a utilização de uma controladora como o Myo o usuário tem que ser mais consciente de estar envolvido com o computador pela fluidez dessa utilização. Já que, o Myo não depende de uma interação com outro aparelho para realizar a interpretação dos movimentos captados, o bracelete pode ser manejado durante uma grande variedade de tarefas. O controle por gestos promete uma revolução na forma como interagimos com os computadores, da mesma maneira que o toque de computação tem (a interação pelas vias mais convencionais, mouse e teclado). Podendo então superar a tecnologia provinda da interação HCI.

O bracelete Myo ganha ainda maior destaque em relação as outras tecnologias presentes na sua área de atuação, por apresentar uma Application Programming Interface (API), uma interface onde o conjunto de padrões de programação permite a construção de aplicativos, e um Software Development Kit (SDK), esse é um pacote de desenvolvimento que permite aos programadores elaborarem aplicativos para rodarem na plataforma específica do aparelho.

Figura 11 – Ilustração da coleta do EMG utilizando o Myo

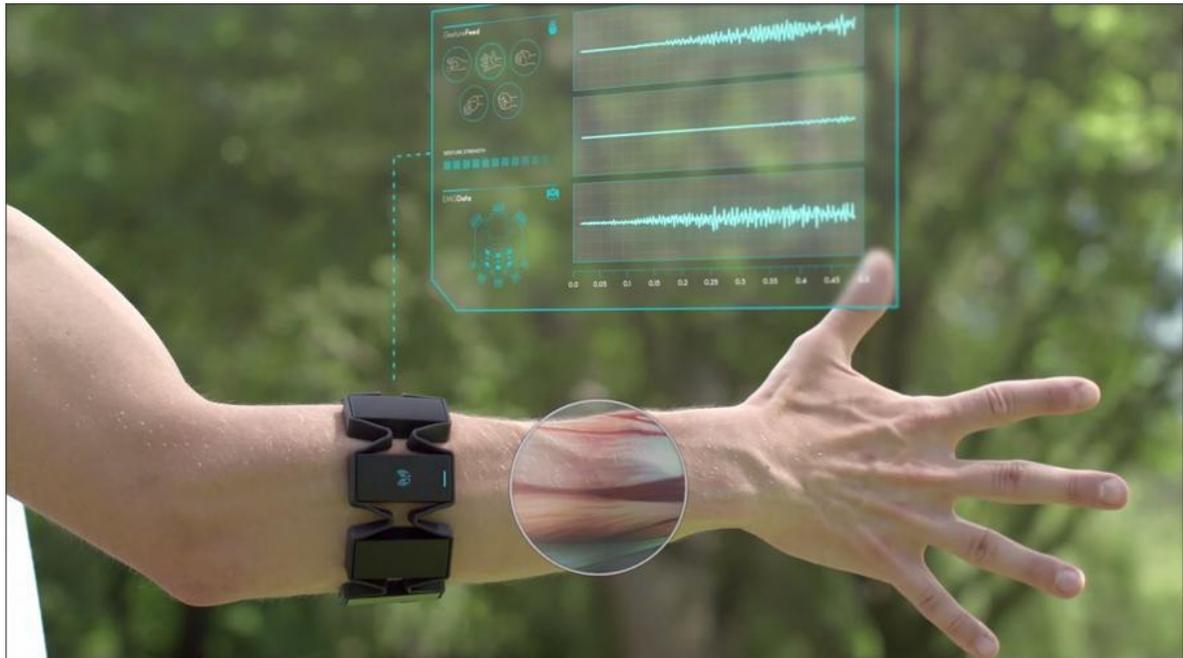


Imagem extraída do site <https://i.ytimg.com/vi/te1RBQQIH4/maxresdefault.jpg>

Com todos esses recursos apresentados nas bibliotecas do Myo há uma enorme facilidade para o desenvolvimento de novos softwares e pelo o seu kit de desenvolvimento apresentar APIs abertas junto a um SDK livre, é possível construir soluções de amplo acesso a novas tecnologias no mercado e assim se integrar muito bem as novas tendências na ciência.

Mas isso não significa necessariamente que o controle gesto será uma “cura” para todas as interações de um computador, já que a utilização da computação de toque é algo incrivelmente popular. A computação de toque decolou pela interação HCI, principalmente pelo uso de dispositivos móveis portáteis como smartphones e tablets. Contudo a interação de toque nos desktops é conhecida por causar desconforto aos usuários durante longos períodos de tempo e apresentar limitações por um uso repetitivo. E as interações BCIs vem exatamente para atacar esse mercado, e prover novas interações homem-máquina que venham a agradar e facilitar a vida do ser humano.

Existe a expectativa de que alguns anos a partir de agora, não seja difícil imaginar as pessoas vestindo e usando uma braceadeira Myo ou similares para controlar vários dispositivos eletrônicos sem um esforço repetitivo de interação. Dessa forma poderá haver um novo conjunto de dispositivos empregados para conectar cada vez mais os itens utilizados no dia-a-dia para uma mesma revolução tecnológica causada pela Internet das Coisas, mas dessa vez proporcionada por uma interação BCI. Essas novas formas de interação são imaginadas por grandes CEOs (Chief Executive Officer), significando que a interação com o computador está evoluindo para além de um simples toque, em sua própria experiência, para formação de uma nova interação ao usuário. Os impulsos nervosos poderão ser um comando interpretado e coordenado por uma automação residencial, drones, jogos de computador, realidade virtual, e muito mais.

1.2 Objetivos da pesquisa desenvolvida

O desempenho humano no uso de computadores e de sistemas de informação tem sido uma área de pesquisa e desenvolvimento que muito se expandiu nas últimas décadas. Isso tem sido feito usando-se poderosas ferramentas computacionais na análise de dados coletados de acordo com métodos da psicologia experimental.

Grande parte desses estudos de interação homem-máquina são provindos da interação com HCI. Já que esta é uma matéria interdisciplinar que relaciona a ciência da computação, design e ergonomia para criar a interação entre humanos e máquinas que acontece através da interface do utilizador provinda por softwares e hardwares, esta interação, em especial é obtida através de periféricos de fácil interação como mouses e teclados. Essa interação foi bem desenvolvida em termos de performance para maximizar o uso dos computadores, sendo o mais simples, seguro e agradável o possível (REBELO, 2014) . O desenvolvimento dessa tecnologia é bem delimitado por depender de uma ação humana repetida, um “clique”, para que possa ser formulada a interação.

Figura 12 – Myo sendo utilizado para controlar um robô.



Imagem retirada do site: https://cdn.betakit.com/wp-content/uploads/2015/03/thalmic_myo.png

Com o crescimento da área da neurociência com novas pesquisas desenvolvidas que possibilitam um maior entendimento do funcionamento do sistema nervoso, e graças ao grande avanço da computação, novos modelos de investigações foram surgindo e o BCI foi sendo aprimorado.

O potencial dos estudos provindos do BCI faz com que este possa aprimorar o HCI, por não apresentar nenhuma espécie de limitação de interação homem-máquina e por ser de fácil interação humana pelo potencial de manipular computadores ou máquinas com nada mais do que um pensamento. Contudo, essa forma de interação não foi criada apenas por uma questão de conveniência, na população mundial há inúmeras pessoas desabilitadas incapazes de utilizar a interação provinda pelo HCI, a computação de toque, e o BCI vem para suprir essa necessidade de mercado, tanto quanto para inovar as nossas interações tradicionais.

Com a utilização do aparelho Myo, provindo da tecnologia BCI, é possível desenvolver uma nova forma de interação homem-máquina aprimorada do HCI e assim suprir uma necessidade mercadológica atual interação. Por este aparelho, capta-se os sinais provindos do corpo humano e transformá-los em código de máquina. Como uma plataforma de desenvolvimento de fácil acesso e aquisição, diferente dos métodos de voltage-clamp mais convencionais utilizados pela neurociência em um modelo invasivo de coleta. O aspecto da utilização do aparelho Myo, não o torna a única área de estudo a ser trabalhada no projeto de iniciação científica, a neurociência com seus métodos de captação de sinal e o entendimento do corpo humano são as áreas que possibilitam o desenvolvimento da tecnologia e a interação em si. E, assim, um State-of-Art do BCI torna-se o mais relevante para o desenvolvimento do produto final dessa iniciação.

Dada empregabilidade, por conseguinte objetivo dessa iniciação científica é o desenvolvimento de uma interface, ou um programa, com a integração do Myo demonstrando o total controle deste para realizar diversas funções com o estímulo dos impulsos gerados pelo braço do usuário. Para conseguir um total controle do bracelete é necessário compreender como ele funciona, um estudo desenvolvido pelos seguintes passos:

- 1) Know-how do EMG, para saber interpretar os sinais captados no corpo humano em uma tentativa de identificação dos tipos contração muscular e transmissões de sinais nervosos vindas do SNC, para que seja possível identificar um gesto específico do corpo humano;

- 2) Compreender como ocorre a captação de sinais pelo Myo para que assim seja possível fazer com que o bracelete reconheça outros gestos produzidos pelo corpo humano, além dos movimentos já reconhecidos pelo aparelho, em uma versão de fábrica;

- 3) Entendimento das funcionalidades disponíveis nas APIs do Myo para suas utilizações.

- 4) Estudar o SDK e a linguagem utilizada neste para a criação de softwares para o bracelete.

- 5) Testes de conexão do Myo com diversas pessoas, com uma experimentação do uso em pessoas amputadas.

- 6) Coleta e análise de dados no aparelho, dos sinais provindos do corpo humano.

- 7) Fazer a conexão do Myo com uma placa Arduino para desenvolver um exemplo de interface conectada bem simples de interação com o aparelho.

A fim de demonstrar a capacidade da funcionalidade do Myo com relação a dispositivos integrados, está planejada utilização do aparelho em conjunto a um módulo de Arduino, uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, para uma exemplificação da interação com o Myo. O Arduino é uma placa acessível, com baixo custo, flexível e fáceis de usar. A plataforma será utilizada para desenvolver um dispositivo com o foco na internet das coisas (IoT – Internet of Things), a fim de conectar vários dispositivos eletrônicos utilizados no dia-a-dia com o novo modelo de interação pouco mente utilizada interagindo o BCI com um IoT.

pesquisa.

4) Verificação, etapa para comprovar a observação realizada a respeito do experimento, aceita que a observação realizada é um fato.

A etapa de observação é realizada com o estudo do EMG. Realizando um estudo de gráficos e funções que geram a análise dos impulsos nervosos, essa etapa fundamental para uma possível elaboração de técnicas para captar novos gestos e se tornarem novas funções para o Myo, aumentando a quantidade de recursos para criação do software final.

Consiste também em pesquisas do framework de trabalho do Myo, sua interface de programação e no pacote de desenvolvimento de software para que assim seja possível a integração do equipamento por completo, para a criação de um novo utilitário que faça novas funções e seja capaz de as adequar aos movimentos identificados pelo EMG e responder adequadamente ao usuário.

Para o estudo do framework de trabalho do Myo foi necessário um aprofundamento no estudo dos algoritmos utilizados em suas aplicações, obtendo uma maior clareza na leitura do código e funcionamento da lógica do aparelho.

Da mesma forma, um estudo da linguagem de programação utilizada pelo framework, já que este utiliza algumas funções próprias de chamada no SDK do aparelho para realizar as análises de eletrocardiograma e miografia no corpo do usuário para identificar quais impulsos são providos por diferentes gestos do mesmo.

A etapa de replicação vem após ao estudo de sua plataforma de desenvolvimento. Etapa na qual foi necessário vários testes para a confirmação da integração do aparelho com o usuário e a garantia de seu funcionamento com usuários diferentes, e que assim este esteja sempre em perfeita sincronia e com respostas apuradas. Na busca de um maior conhecimento e análise de dados para o desenvolvimento do projeto é esperado que seja efetuada uma grande quantidade de testes com voluntários para compreender os impulsos elétricos providos pelo corpo humano.

A etapa de interpretação consiste na elaboração de softwares para testar a observação feita, ou seja, softwares que sejam capazes de fazer uma interação com um sistema simples com uma placa de Arduino a partir da captação de sinais do EMG providos do corpo do usuário. E, assim, criar uma interação homem-máquina através do Myo, e caso haja tempo criar um IOT com o Myo para uma melhor demonstração das funcionalidades de uma interação BCI com o mundo real, para uma possível melhoria da interação HCI, utilizando os benefícios da interação BCI.

Na etapa final de verificação, é feita uma reflexão sobre o trabalho abrindo uma discussão sobre os resultados obtidos a partir do desenvolvimento do projeto de iniciação científica, para concluir se foi possível obter os resultados desejados, e se é possível conseguir fazer a contribuição do HCI. Também sobre o aprendizado obtido com os estudos realizados pela iniciação e o que este possibilitou na totalidade, e as possibilidades para novos estudos formulados a partir deste e se essa foi uma boa escolha como área de pesquisa.

1.4 Uma vista geral da pesquisa

A Interação Homem-Máquina aborda uma pesquisa sobre a composição dos aspectos das características encontradas nas interações humanas com o ambiente tecnológico a sua volta. Apresentando estudos junto a sua contextualização para a elaboração do assunto o qual serviu de sustentação para a obra. No objetivo de descrever a conjuntura da obra, este tópico apresenta a organização de todos os capítulos da investigação proposta.

O primeiro capítulo apresenta os estudos prévios realizados para a elaboração da obra, junto a contextualização histórica que proveram a base dos conhecimentos utilizados na iniciação científica. A introdução toma sustentação com os estudos e exemplos das sucessivas fases de pesquisas para a obtenção dos sinais elétricos do corpo humano e uma breve explicação sobre o aparelho utilizado para o desenvolvimento aprendido. Por fim um resumo da obra antecipando os assuntos a serem trabalhados ao longo do texto, com uma aproximação do leitor aos temas.

O segundo capítulo aborda o estudo do aparelho utilizado para implementar a interação. Com a explicação de como ocorre o processamento de sinais que ele utiliza para realizar a interpretação das poses, como ele consegue realizar a mimificação dos movimentos do braço do usuário através de sua representação espacial e por fim como funciona a comunicação do aparelho com os outros dispositivos para a transmissão dos dados coletados. Através de experimentações para obtenção de sinais eletromiográficos do corpo dos usuários, de modo a efetuar uma análise de comportamento do potencial elétrico e assimilar com a utilização do bracelete.

O terceiro capítulo explica o projeto de uma interação, utilizando um aparelho Myo como receptor dos dados. Um dispositivo intermediário para realizar controle da interação e apresentar os dados através de uma interface. O Arduino como a plataforma final e executor da interação no objetivo de cumprir com o papel de um IoT. Com a organização da interação realizada, e então a escolha de um caminho para a elaboração de uma interface com o usuário.

O quarto capítulo expõe o desenvolvimento da interação planejada no capítulo 3. Desde a concepção de um protótipo IoT utilizando a plataforma Arduino, a confecção de um software para que a interface intermediária possa realizar o controle da interação. Explicando os algoritmos e funcionalidades principais utilizados para a geração do projeto.

O quinto capítulo apresenta um relatório dos experimentos trabalhados durante a iniciação científica. Com a consequência dos softwares criados e a interpretação da interação elaborada, utilizando diversas APIs afim da obtenção do protótipo idealizado. Elaborados a partir do desenvolvimento demonstrado no capítulo 4.

O sexto capítulo expõe uma discussão a respeito dos temas trabalhados, do desenvolvimento do software e do aprendizado obtido na iniciação científica e o que isso trouxe de resultado, sobre os estudos realizados. Junto a conclusão da investigação trabalhada, com suas possibilidades de trabalhos futuros, a serem desenvolvidos desde do estudo obtido nessa iniciação científica com novas capacidades de interação a partir do corpo humano.

2 O Dispositivo BCI

Neste capítulo, é explicado como funciona o dispositivo BCI do estudo realizado, o Myo. Como ele interage com o usuário, como ele realiza a coleta de dados, como ele captura os sinais e como ele realiza a comunicação com outros aparelhos para o desenvolvimento de uma interação. Este capítulo é a base do desenvolvimento apresentado nessa iniciação científica, sem ele o entendimento para então o planejamento de uma interação não existiriam. Nos próximos tópicos, será explicado o porquê de uma interação BCI através deste dispositivo.

2.1 O que é o Myo

Figura 14 – Myo Armband



Imagem retirada do site: <https://learn.adafruit.com/assets/30334>

Ao longo da pesquisa, e pensando sobre o futuro da tecnologia, mais específico em uma maneira de interagir com dispositivos digitais em um ambiente natural e móvel. Foi introduzida uma ideia de um dispositivo portátil, que usasse sinais EMG do antebraço, em vez das tecnologias já introduzidas no mercado como a de toque, comando de voz ou controle baseado na captação de movimentos. Essa trata-se de uma tecnologia móvel, podendo viajar com o usuário onde quer que ele vá. Sendo uma tecnologia bem precisa e inovadora, este dispositivo é uma ótima forma de realizar um trabalho de aprimoramento para a comunicação humana, especificamente BCI, conforme descrito na seção 1.1.5 do capítulo de Introdução.

Algumas das tecnologias normalmente encontradas por entusiastas, não apresentam tal capacidade de transformação, são limitadas com as de movimento baseadas em câmera, o Kinect da Microsoft ou o Playstation Move da Sony. Estes aparelhos foram apresentados como a ideia de usar movimentos de corpo para controlar outros dispositivos eletrônicos (IoT). Contudo, a maioria das tecnologias de aquisição de dados, dessas técnicas restringem o usuário a estar estacionário na frente de uma interface ou forçando-os se movimentarem dentro de um quadro de referência do dispositivo.

A mobilidade da interface utilizada para o estudo em questão, oferece uma extensa lista de usos os quais possibilitaram que ela possa apresentar uma ampla capacidade de implementação. Com o suporte para atuação de software em computadores, TVs inteligentes, players de música e smartphones, transformando-se em uma interação com o objetivo de conectar grande parte do mundo digital. Considerando que essas tecnologias úteis e intuitivas se tornam mais presentes no cotidiano, esses novos dispositivos de controle, baseados em sensores biológicos, possibilitam a entrada de um novo nível de interação.

Um dispositivo utilizado para captar as contrações musculares e medir com precisão os movimentos humanos através da captação de gestos. Permite com que os usuários desse dispositivo possam interagir com uma interface como um computador, através de uma interação mais intuitiva. Com o objetivo de captar e representar a movimentação do usuário, ela utiliza de uma série de módulos como um giroscópio, um acelerômetro e um magnetômetro, que permitem a representação espacial.

No objetivo de realizar o processamento dos dados coletados pelo bracelete. Estes devem ser enviados em uma comunicação wireless para um computador, onde os dados são processados e traduzidos em comandos para operar outro dispositivo, geralmente, um sistema eletromecânico. O processamento dos dados é feito sobre as mudanças ocorridas tanto no espectro de potencial de ação no sinal do EMG quanto sua movimentação espacial através da utilização de um Quaternion.

Com o resultado da integração dos dados do bracelete uma interface gráfica foi desenvolvida para apresentar os dados coletados e assim auxiliar nas tomadas de decisões. Essas interações representadas acabam por gerar um alto nível comunicação com o dispositivo, quebrando a barreira de uma interação.

Assim, neste capítulo é explicado como ocorre o processamento de sinais pelo dispositivo e a obtenção de uma pose ou gesto, representadas pelo o EMG; a interpretação dos movimentos do braço do usuário, através da utilização de um Quaternion; como ocorre a comunicação do dispositivo Myo para a transmissão e processamento de dados.

2.2 A aquisição e processamento de sinais pelo Dispositivo

O Myo é um dispositivo que apresenta grande parte do seu poder através da transformação de uma interação com o usuário, utilizando-se de técnicas de processamento de sinais para criar uma interação BCI. Sem dúvida a forma como ocorre essa transformação é intrigante, por mais que pareça simples, essa interação é extremamente complexa, necessitando de uma grande quantidade de técnicas para realizar tal procedimento. Afinal, o Myo representa uma forma independente e única para a coleta de sinais do corpo humano.

Figura 15 – O Hardware do Myo



Imagem retirada do site: <https://learn.adafruit.com/assets/30336>

De modo a realizar a coleta de sinais pelo aparelho, há uma grande variedade de fatores que afetam os dados coletados pelo EMG. A maioria da variedade dos dados coletados, são geradas pelas diferenças anatômicas musculares, fatores como circunferência do braço, força do antebraço, pelo do braço e até mesmo gordura corporal, influenciam o sinal medido na superfície da pele. Reduzir os impactos dessas variações são um grande fator ergonômico de atualizações no design da braçadeira (MACHINE-LEARNING-TEAM, 2014).

Um dos principais motivos pelo qual foi necessário, aos desenvolvedores, realizar o aprimoramento da braçadeira ao longo dos anos para a coleta de sinais, é originado em mudanças fisiológicas dos músculos no dia a dia. Por mais que a maneira de um indivíduo realiza o gesto de um punho pareça com a mesma forma de outro indivíduo realizar o mesmo movimento, em um olhar microscópico, sob a superfície da pele há muito mais do que atende o olho humano ao reparar um gesto.

Para reduzir os impactos de comportamento de sinais, os cientistas utilizam uma grande quantidade de dados coletados, de modo a realizar manutenção do algoritmo utilizado e conseguir minimizar as diferenças na interpretação do EMG, através da atualização software do aparelho. Sendo precisamente por este motivo a necessidade de uma maior a coleta de dados, ser tão importante (MACHINE-LEARNING-TEAM, 2014).

Uma vez que é possível atualizar e modificar o software utilizado pelos sensores de medição de sinais elétricos do corpo. Ganhasse a autonomia para transformá-lo e implementá-lo em diferentes formas e propósitos, ao longo de grandes quantidades de dados coletados no estudo realizado para conseguir melhorar continuamente o desempenho do aparelho. E assim, compreender o modo de funcionamento dos sensores do bracelete, como eles realizam a coleta e como registram os dados obtidos.

Para realizar o processamento de sinais biológicos a braçadeira Myo possui sensores eletromiográficos (EMG) que capturam estes sinais. Mais especificamente em 8 módulos de

sensores separados, utilizados para ler as atividades musculares e descobrir o gesto que o usuário realizou. A ordem de leitura destes sensores corresponde a ordem dos sensores demonstrado na figura 16. Essa também é a ordem de sinais recebidos dos dados do EMG através das chamadas no SDK (BERNHARDT, 2015a) .

Figura 16 – Ordem dos sensores de EMG



Imagem retirada do site: <http://developerblog.myo.com/content/images/2015/05/EMG-Channel-Assignments.jpg>

Os dados de transmissão do EMG são inativados por padrão, no início de uma interação com o bracelete. Isto ocorre mediante a circunstância de estes dados possuírem uma grande largura de banda, conseqüentemente consumirem bastante energia do aparelho ao serem transmitidos. Para habilitar a transmissão, é necessário realizar a chamada de basicamente uma função, `setStreamEmg`, no caso `Enable`, do SDK do aparelho.

Através dessa função, torna-se possível realizar de forma eficaz a transmissão dos dados do aparelho. Ela remove a interferência de sinais elétricos próximos aos da coleta (especificamente do powerline), de outra forma, pode descartar, um pouco dos dados coletados. Com a função estabelecida para realizar a coleta, é necessário estabelecer um parâmetro para a coleta dos dados do aparelho, normalmente realizada na função `onEmgData`, para realizar a normalização dos dados coletados (LABS, 2014).

Assim, a função retorna um array de 8 elementos no qual cada um corresponde respectivamente a cada um dos sensores do Myo. O parâmetro da coleta de dados do Myo é escrito em quatro vetores `EmgDataXCharacteristic` de notificação. A divisão dos dados é realizada para que haja um melhor detalhamento em uma análise, já que, se o envio fosse estabelecido apenas pelo parâmetro para a coleta de dados do aparelho, o envio seria feito apenas por um vetor e dificultaria consideravelmente uma análise, por misturar novos dados com antigos (LABS, 2014) . A leitura então é dividida em duas sequências enviadas em cada atualização de dados, como detalhado na figura 17.

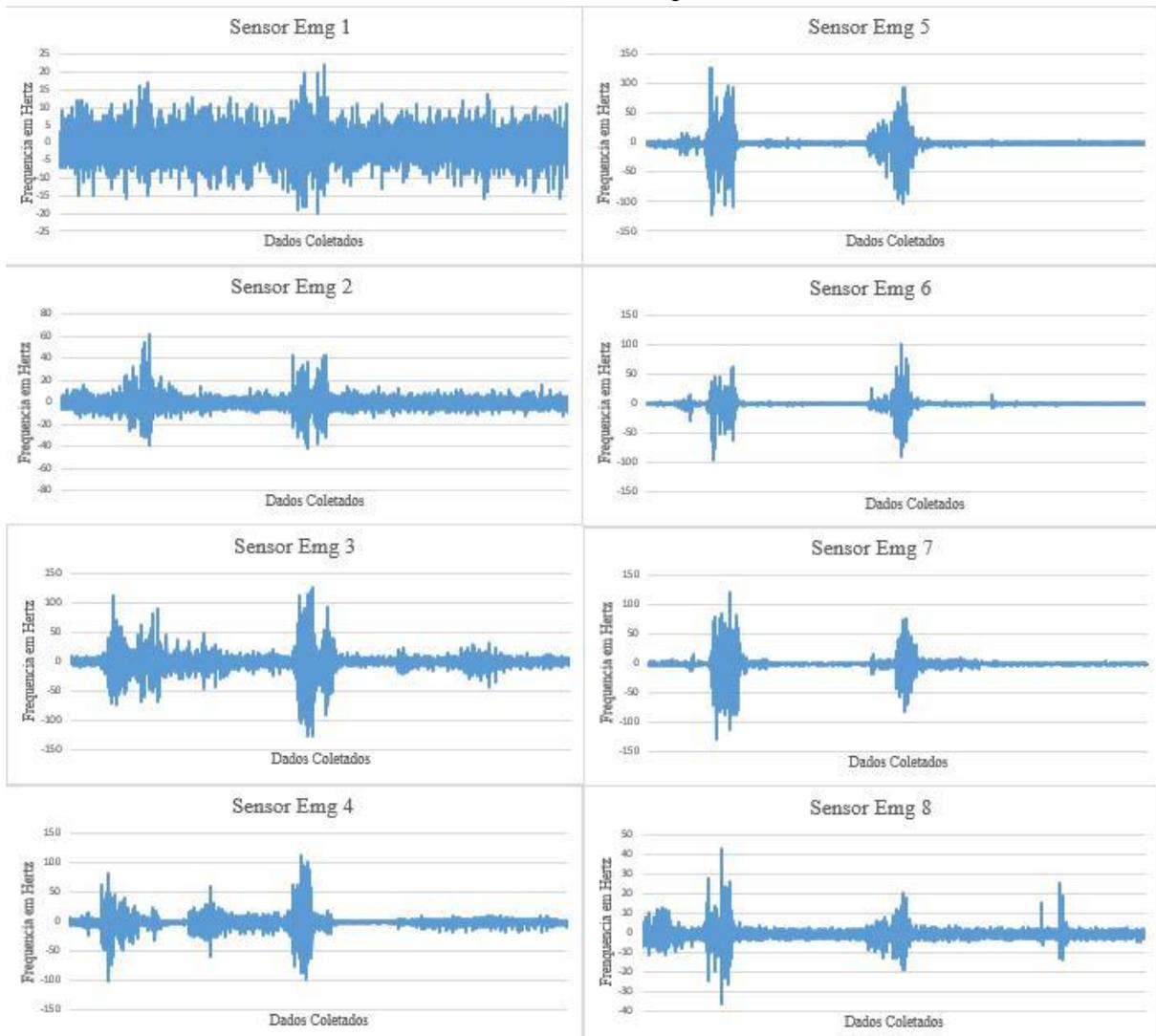
Figura 17 – Exemplo Vetor EmgDataCharacteristics

```
EmgData0Characteristic
  Sample1
  Sample2
EmgData1Characteristic
  Sample3
  Sample4
EmgData2Characteristic
  Sample5
  Sample6
EmgData3Characteristic
  Sample7
  Sample8
EmgData0Characteristic
  Sample9
  Sample10
etc
```

Os dados coletados para uma amostra são lidas em uma taxa consistente (a cada 5ms), para que possa descobrir o tempo apenas com base em qual característica e matriz os dados provêm, assim caso haja a perda de uma transmissão, haverá apenas uma lacuna nos dados. Cada EmgDataCharacteristic, trabalha com o envio em uma frequência de dados o suficiente para chegar até 200Hz (BERNHARDT, 2015a).

Em ordem de demonstrar a coleta de sinais pela braçadeira, foi desenvolvida uma aplicação em C++ para mostrar como é realizado a coleta e processamento de dados do Myo. Os dados coletados são armazenados em planilhas .csv, de forma com que foi possível elaborar gráficos para realizar uma análise dos dados coletados, conforme os gráficos 1 e 2.

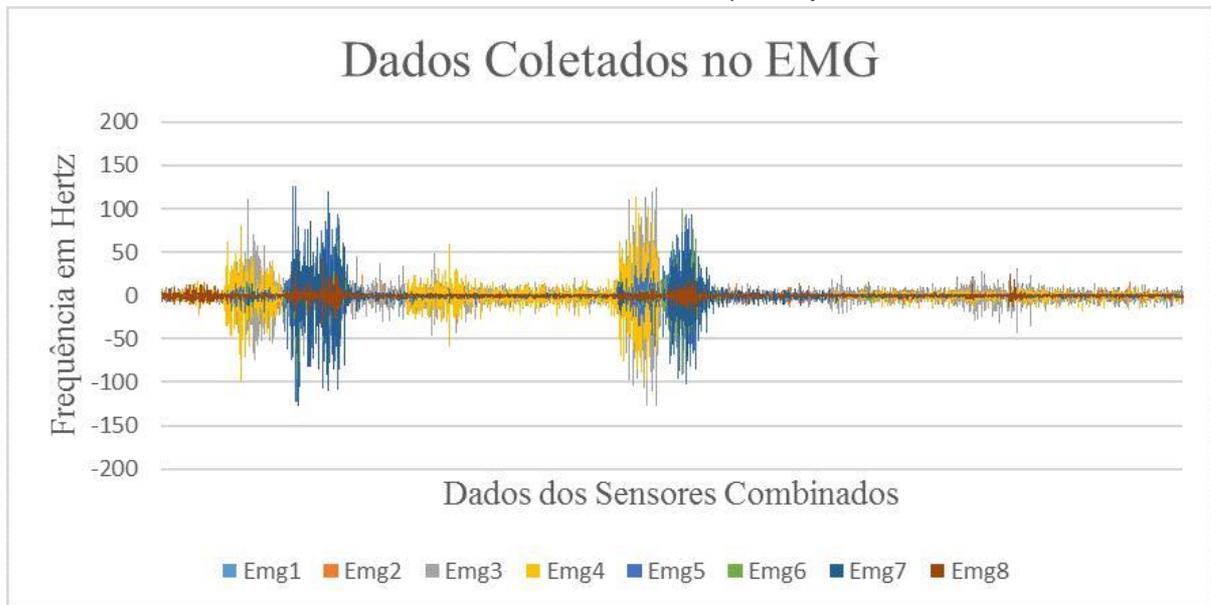
Gráfico 1 – Dados da coleta de eletromiografia de cada sensor do bracelete



A partir dos dados coletados e pela compreensão do funcionamento da programação envolvida para realizar a coleta de dados do EMG pelo dispositivo BCI. É perceptível que esses dados adquiridos pela braçadeira, já passaram por um processamento de dados pelos algoritmos de coleta do dispositivo. Isso significa que esta coleta não é pura, expostos diretamente dos músculos. Sendo uma “saída classificadora”, (classifier outputs), na qual o dispositivo utiliza seus algoritmos de processamento de sinais para realizar a identificação desse sinal, como um punho, por exemplo.

Através do estudo prévio realizado no capítulo de introdução no subtópico “O estudo da interação com o corpo humano”. Torna-se compreensível correlacionar o método de coleta de sinais comumente empregados no estudo do EMG, com a forma que o bracelete atua para captar e identificar os gestos de um usuário. Grande parte da técnica empregada pelo procedimento de análise do EMG, é definida pelo código empregado pelo desenvolvedor da aplicação. A função SetStringEMG, estabelece todo o parâmetro de coleta empregando filtros como o Band Pass de até 200Hz, BandStop cortando interferências de sinais elétricos próximos a coleta e definindo uma análise do sinal no domínio do tempo para cada 5ms.

Gráfico 2 – O EMG coletado pelo Myo



Com a compreensão de como é feita a coleta e o armazenamento dos dados. A aplicação foi desenvolvida para coletar os dados de todos os sensores do aparelho Myo. Servindo como a base de estudos, para a compreensão dos algoritmos utilizados.

Deste modo, o EMG mostra-se uma ferramenta de excelente aplicabilidade para o entendimento da atividade muscular, largamente empregado para melhor compreensão do envolvimento neuromuscular. Em resposta a aplicação empregue, também pode ser compreendida como a quantificação dos sinais elétricos da musculatura esquelética.

Uma vez compreendido os mecanismos biofísicos envolvidos na contração muscular, juntamente aos passos metodológicos necessários para identificar a técnica do EMG. Falta compreender o aparato utilizado para coleta, já que o sinal coletado, ou sinal bruto, é submetido a um processo de filtragem específico e de grande valia, minimizando a probabilidade de ruídos no sinal tratado.

Conforme mencionado no capítulo de introdução, o sinal obtido e tratado passa pelo processo de quantificação da densidade do espectro de sinal coletado. No domínio do tempo, o sinal pode indicar o tempo em que determinado músculo iniciou e terminou a sua ativação, bem como a quantidade de sua ativação (amplitude do sinal EMG). Neste tipo de análise podem-se utilizar basicamente os valores em RMS (valor médio da raiz quadrada), a integral (iEMG) e o valor retificado pela frequência média, que nos fornece parâmetros da amplitude do sinal.

Empregando a estatística descritiva no processo de identificação é possível realizar uma leitura inteligível dos dados obtidos. Para isso, utiliza-se: os números de picos (máximos) junto a amplitude do pico (em mV) para ser possível utilizar o algoritmo de Fourier (FFT) e gerar os valores de frequência média e mediana, obtendo uma grande precisão da variabilidade do sinal coletado pelo aparelho; o RMS, que utiliza a taxa de disparo, duração e velocidade do sinal elétrico das unidades motoras para elevar ao quadrado as amplitudes individuais, calcular a média dos quadrados das amplitudes e obtendo a raiz quadrada do processo. O cálculo RMS é

considerado para fornecer a maior visão sobre a amplitude do sinal EMG, uma vez que dá uma medida da potência do sinal, enquanto produz uma forma de onda que é facilmente analisável; a normalização do sinal para simplificar a leitura e análise do sinal, usualmente, através da divisão dos valores obtidos por um valor de referência, por exemplo, o valor médio do sinal, ou o valor máximo. Ou a retificação do sinal, método de tratamento do sinal onde o interesse é pelo módulo do mesmo.

Para a correta interpretação dos dados relativos à atividade elétrica dos músculos analisados, a normalização do sinal de EMG é essencial para as comparações entre diferentes dias de coleta, músculos analisados, estudos e, principalmente, entre os indivíduos, numa tentativa de minimizar as diferenças existentes relacionadas à estatura, massa corporal, massa muscular, nível de treinamento e ainda, outros aspectos. Podendo ser significativo para detectar a produção de força muscular, esta informação também é necessária no desenho de implantes ortopédicos e tratamentos cirúrgicos, no desenvolvimento de modelos biomecânicos, principalmente na compreensão básica do sistema mecânico musculoesquelético humano e em processos de adaptações neuromusculares ao treinamento.

Assim, através da biomecânica utilizada pelo dispositivo BCI, o registro da atividade eletromiográfica permite a investigação de quais músculos são utilizados em determinado movimento, o nível de ativação muscular durante a execução de um movimento, a intensidade e duração da solicitação muscular, inferindo no modo ao qual o aparelho detecta uma pose decifrando a coleta do EMG. Sendo assim, de suma importância a compreensão dos dados que levam a técnica da eletromiografia, compreendida hoje e aplicada em alta escala em diversas áreas de conhecimento.

No próximo tópico é dada continuidade no uso da aplicação criada através do emprego de outros módulos de sensores com suas respectivas técnicas por meio da interface Myo. Obtendo maior compreensão do poder deste dispositivo e sua real capacidade. Em poucas palavras, a realização das coletas de dados através da braçadeira possibilitará a construção de uma aplicação mais complexa e bem trabalhada, servindo com propósito da integração do bracelete com um dispositivo IoT.

2.3 A classificação de um movimento pelo Dispositivo

A primeira parte da pesquisa que busca o entendimento das funcionalidades do Myo, foi feito em torno de sua principal e mais atrativa funcionalidade o entendimento dos gestos humanos através do processamento e coleta do EMG. Mas para poder realizar a devida mimificação da interação humana, o Myo utiliza de uma combinação de sensores de movimento, assim, a braçadeira consegue identificar e copiar a movimentação do braço do usuário, aumentando a imersão da experiência com o dispositivo final.

Para realizar a classificação dos movimentos, o Myo utiliza sensores de medição inercial, logo, este pode utilizar de uma Unidade de Medição Inercial (IMU), mais especificamente o Invensense MPU-9150 9-dof motion sensor (figura 18). Essa unidade foi embarcada no

Myo, com o propósito de realizar uma integração e utilização de todos os dados de orientação, capturados pelo dispositivo: em relação aos diversos ângulos, eixos e medidas de grandeza universais que interagem conosco no cotidiano, em uma abordagem simplificada para tratar a orientação espacial de um objeto (STARLINO, 2009) .

Figura 18 – Invensense MPU-9150 9-dof motion sensor



Imagem retirada do site: <https://learn.adafruit.com/assets/29292>

Aplicações que utilizam unidades de IMU, são tipicamente usadas para aparatos de alto nível tecnológico. Por exemplo, são frequentemente incorporadas nos Sistemas de Navegação Inercial (INS) que utilizam as medidas de IMU brutas para calcular a atitude, as taxas angulares, a velocidade linear e a posição em relação a um quadro de referência global. O INS fabricado pela IMU constitui a espinha dorsal para a navegação e o controle de muitos veículos comerciais e militares, como também componentes essenciais na orientação e controle de sistemas não tripulados. Os dados coletados dos sensores do IMU permitem que um computador rastreie a posição de um ofício, usando um método conhecido como cálculo de dados (JOHNSON, 2011) .

2.3.1 Detectando as orientações

A fim de explicar melhor como funcionam as unidades do IMU, antes, é necessário compreender o funcionamento dos módulos de sensores que o dispositivo apresenta, como o acelerômetro, o giroscópio e o magnetometro.

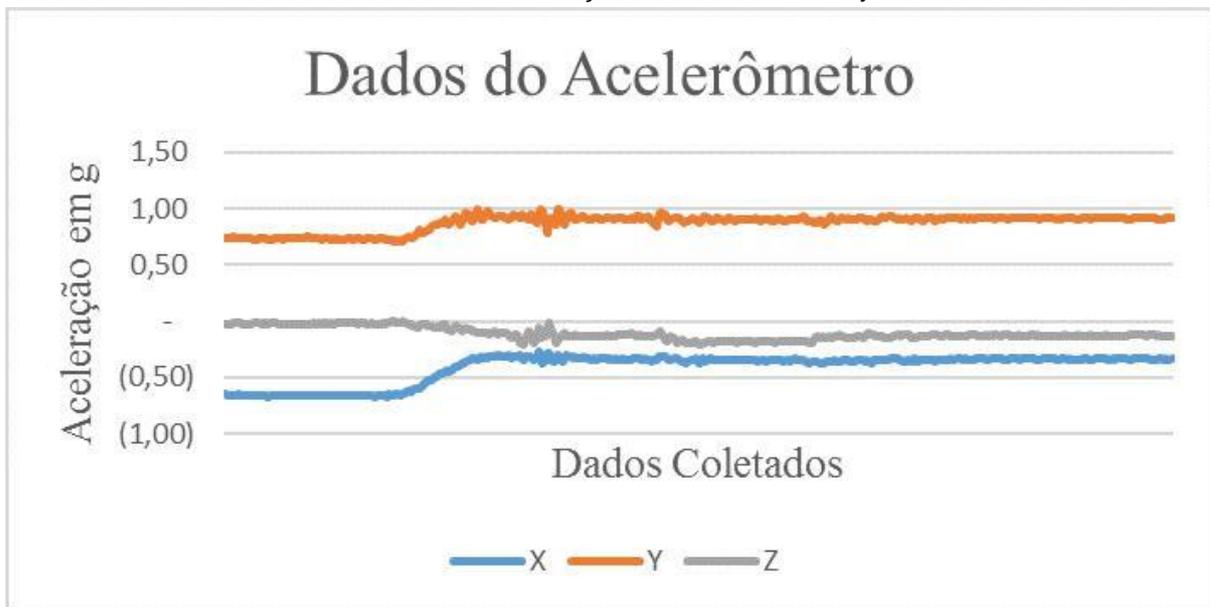
Os acelerômetros são usados para detectar tanto a aceleração estática (por exemplo, gravidade) quanto a dinâmica (por exemplo, inicialização / paradas súbitas). Pelo motivo deles serem afetados pela aceleração da gravidade, um acelerômetro pode dizer como um objeto é orientado em relação à superfície da Terra, a detecção de um movimento específico e para detectar se o objeto está em queda livre (SPARKFUN,).

O acelerômetro mede a ação da gravidade nos três eixos (x, y e z), trabalhando com faixas de medições e detecção da variação da gravidade, selecionáveis. No caso do Myo o acelerômetro

trabalha em uma escala mais sensível, ou seja, em uma escala total menor de medição, submetido em acelerações entre +2g e -2g.

Utilizando os dados coletados pela mesma aplicação utilizada no tópico anterior, foi registrado a coleta de dados do acelerômetro do Myo. A coleta feita pelo dispositivo é registrada através da função `onAccelerometerData`, essa função retorna a aceleração coletada em cada eixo de atuação, em unidades de "g". Com os dados coletados nas planilhas .csv, foi possível criar um gráfico para ilustrar o efeito da aceleração nos três eixos de atuação em torno da braçadeira, vide o gráfico 3.

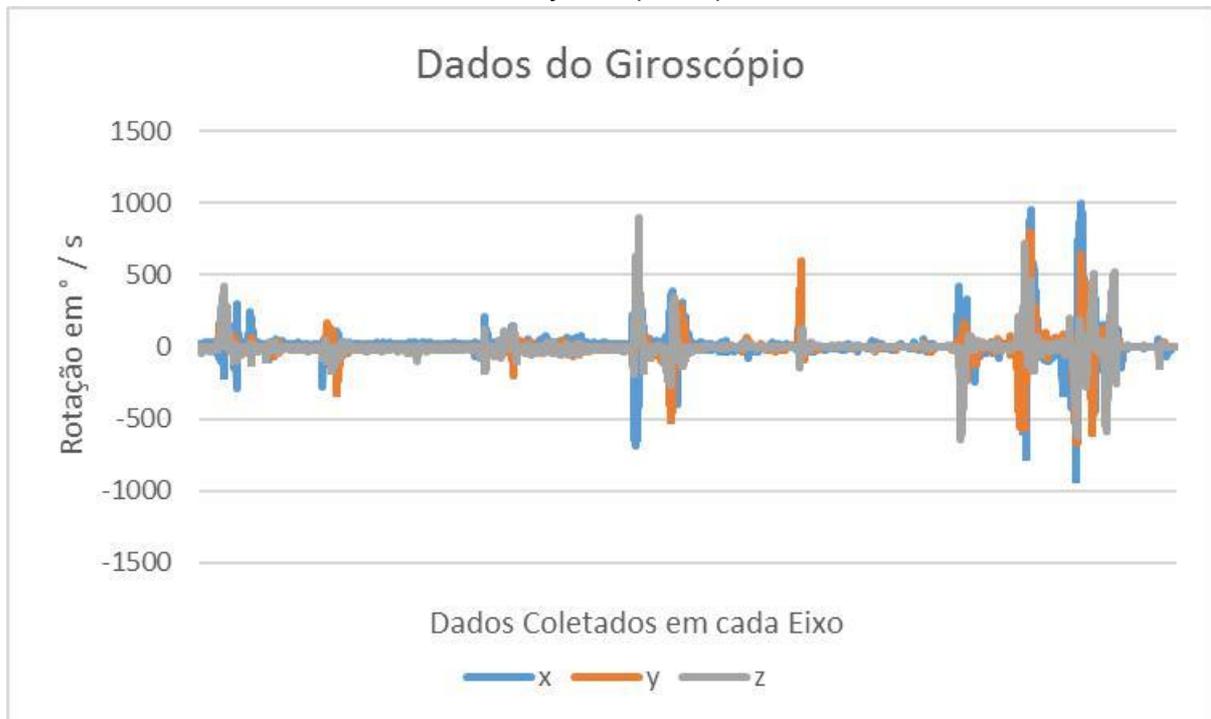
Gráfico 3 – A aceleração em cada eixo no Myo



Os giroscópios, medem a velocidade angular, ou seja, o quão rápido algo gira em torno de um eixo. Por exemplo, ao tentar monitorar a orientação de um objeto em movimento, um acelerômetro pode não fornecer informações suficientes para saber exatamente como o objeto está orientado. Já, diferente dos acelerômetros, os giroscópios não são afetados pela gravidade, então eles fazem um ótimo complemento para captar as medidas. A velocidade angular registrada por um giroscópio normalmente é representada por unidades de rotações por minuto (RPM), ou graus por segundo ($^{\circ} / s$). Os três eixos de rotação são referenciados como x, y e z, respectivamente, são roll, pitch, e yaw, sendo a forma utilizada para o estudo do projeto .

Através da função `onGyroscopeData`, do SDK do Myo, é possível obter um exemplo da anotação das medias realizado pelo Myo, vide o gráfico 4.

Gráfico 4 – A rotação adquirida pelo bracelete



O Magnetômetro é um instrumento utilizado para medir a intensidade, a direção e os sentidos de campos magnéticos próximos, também funciona como uma bússola digital. Dessa forma, ele fornece o diferencial para o cálculo das unidades de IMU, por deixar esse conjunto de módulos de sensores, bem mais complexo e coeso com a realidade aumentando a sua precisão para o cálculo.

Os giroscópios e os acelerômetros são ótimos, mas, por si só, eles não dão uma boa gama de informações suficientes para poder calcular confortavelmente coisas como orientação, posição e velocidade. Para medir essas e outras variáveis, combinam-se os dois sensores, para criar uma unidade de medição inercial (IMU) que fornece dois a seis graus de liberdade (DOF) (STARLINO, 2009).

2.3.2 O conceito de um movimento

Uma unidade de medição inercial (IMU) funciona através da detecção de aceleração linear usando um ou mais acelerômetros e a taxa de rotação usando um ou mais giroscópios. Os acelerômetros medem a aceleração ao longo dos eixos especificados, enquanto os giroscópios medem a aceleração sobre os eixos. Alguns módulos de IMU também incluem um magnetômetro comumente usados como referência de título. As configurações típicas contêm um acelerômetro, giroscópio e magnetômetro por eixo para cada um dos três eixos do dispositivo: roll (F), pitch (j) e yaw (y) (SPARKFUN,).

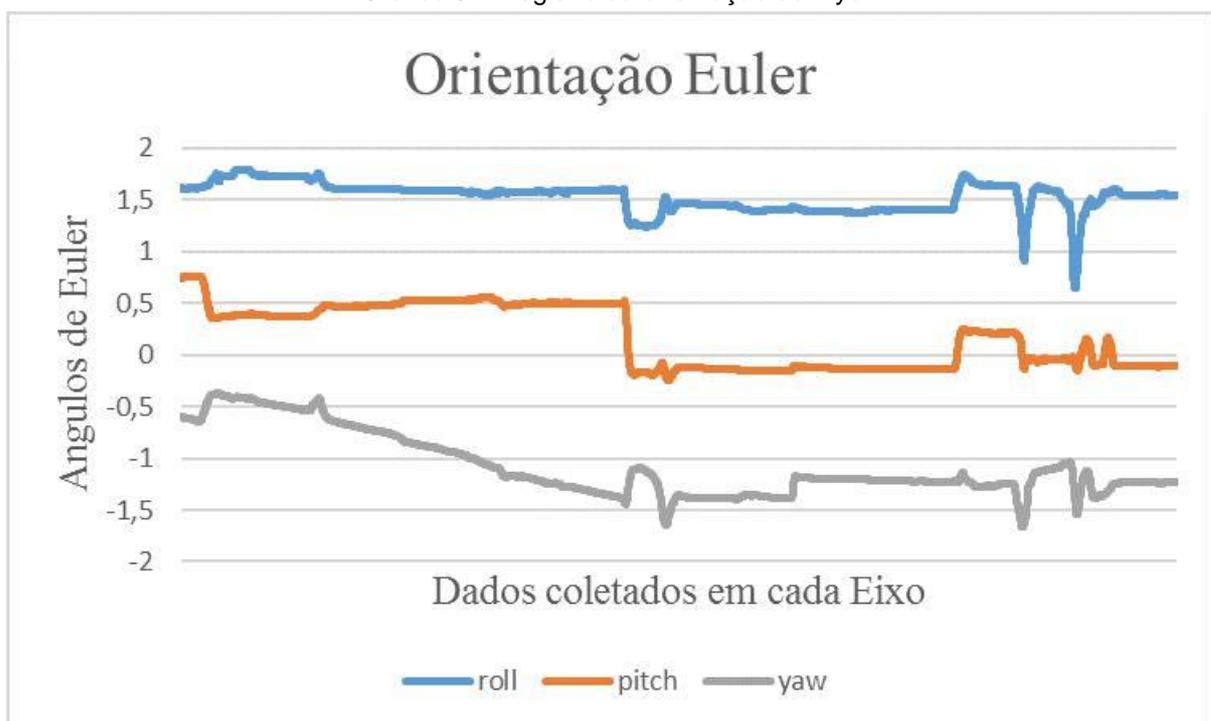
Os resultados obtidos pela unidade de medição inercial são fornecidos pelos graus de liberdade, são de rotações de ângulos de Euler (yaw, roll, pitch), sendo valores mais fáceis de lidar. Principalmente para se trabalhar com apenas um determinado eixo de movimento ou

para que cada eixo trabalhe de forma diferente. Também é uma forma mais compreensível de expressar uma orientação ou uma rotação, para o usuário.

Apesar da utilização de ângulos de Euler para representar a unidade de medição inercial, ser uma forma mais agradável de representar a rotação dos eixos. Pela forma que é realizada a técnica de dados de orientação através de apenas ângulos de Euler, faz com que esta possua algumas falhas (BERNHARDT, 2015b) . Por este motivo, o dispositivo Myo trabalha utilizando outra forma de representação espacial a anotação através de unidades de Quaternion, essa medição é explicada no próximo tópico. As falhas de uma representação utilizando ângulos de Euler é explicada no apêndice “O Bloqueio de Gimbal”.

Para realizar uma explicação mais simples da orientação espacial do dispositivo, através da aplicação desenvolvida, foi necessário utilizar uma função para realizar a transformação dos Quaternions coletados para os ângulos de Euler. Dessa forma foi criado um gráfico representando a mudanças espaciais do aparelho em torno de cada um dos eixos, roll, pitch e yaw, vide o gráfico 5.

Gráfico 5 – Registro da orientação do Myo



A fim de realizar a transformação das unidades de Quaternion registradas pelo Myo, é necessário parametrizar as rotações espaciais em três dimensões usando ângulos de Euler (GRAPHICS, 2017). Através da função demonstrada abaixo, é possível obter os “parâmetros de Euler” .

Para Euler:

$$f = \tan^{-1} \frac{2(q_0q_1 + q_2q_3)}{1 - 2(q_1^2 + q_2^2)}$$

$$q = \sin^{-1} (2(q_0q_2 - q_3q_1))$$

$$q_y = \tan^{-1} \frac{2(q_0q_3 + q_1q_2)}{1 - 2(q_2^2 + q_3^2)}$$

Através da função representada foi possível a elaboração de um algoritmo para realizar a transformação das unidades na aplicação criada, vide a figura 19.

Figura 19 – Algoritmo utilizado para a transformação dos Quaternions

```
// Calculate Euler angles (roll, pitch, and yaw) from the unit quaternion.
float roll = atan2(2.0f * (rotation.w() * rotation.x() + rotation.y() * rotation.z()),
  1.0f - 2.0f * (rotation.x() * rotation.x() + rotation.y() * rotation.y()));
float pitch = asin(max(-1.0f, min(1.0f, 2.0f * (rotation.w() * rotation.y() - rotation.z() * rotation.x()))));
float yaw = atan2(2.0f * (rotation.w() * rotation.z() + rotation.x() * rotation.y()),
  1.0f - 2.0f * (rotation.y() * rotation.y() + rotation.z() * rotation.z()));
```

2.3.3 A compreensão de um movimento

A braçadeira Myo possui uma grande gama de sensores para ajudar a precisão do cálculo, assim, obter o reconhecimento da posição exata do aparelho através da medição do IMU. Torna-se então possível, relatar a força específica do corpo, a taxa angular e o campo magnético que circunda o corpo, usando a combinação de acelerômetros, giroscópios e magnetômetros.

Tudo para garantir com precisão que as manobras de movimento que um braço realiza, sejam bem reproduzidas. Já que, para a reprodução dos movimentos humanos, em algum momento, será requerido girar alguma parte do braço. Assim, no mecanismo de coleta fornecido pelo SDK do Myo, cada transformação de movimento tem uma propriedade de orientação armazenada como um quaternion. Dando a capacidade de poder armazenar um movimento mais complexo, através de uma orientação “central” ou “levantado” e calcular as rotações relativas a isso.

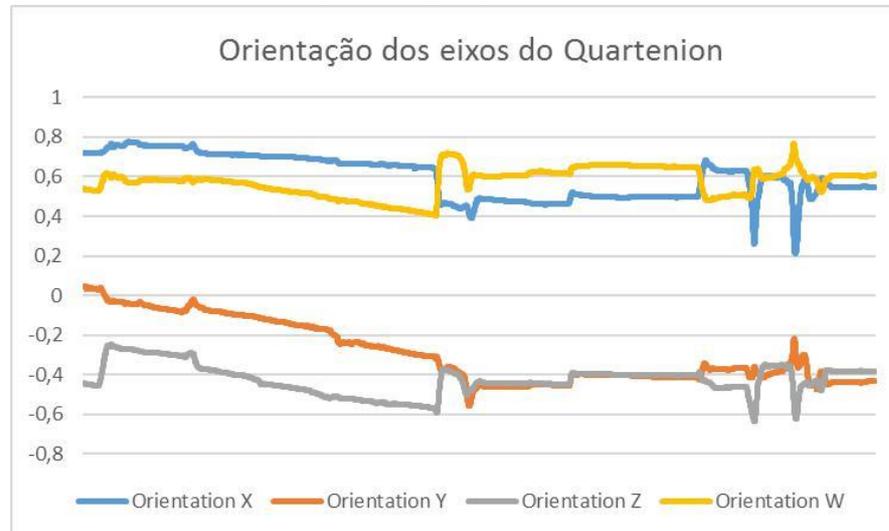
Este é realmente o maior benefício para a utilização das unidades de Quaternion. Girar suavemente e diretamente um conjunto de ângulos de Euler é algo extremamente complexo. Com quaternions, é tão simples quanto a multiplicação. Normalmente, tomando como base a orientação atual (como um quaternion) e multiplicá-la pela rotação (de outro quaternion) que deseja aplicar (HAMILTON, 1843).

Esta também é provavelmente a característica mais importante para chamar a função de Quaternion, já que, para uma unidade quaternion (que é o que todas as orientações válidas são) é a mesma operação, diferente de uma orientação obtida pelo ângulo de Euler. Os Quaternions não são realmente assustadores, a biblioteca disponibilizada pelo SDK do Myo possibilita uma fácil representação espacial através de sua utilização. A classe Quaternion do Myo SDK, possui praticamente todos os algoritmos necessários para utilizar com a braçadeira Myo e realizar a representação espacial (LABS, 2014). Motores utilizados por plataformas de desenvolvimento como a do Unity, possuem soluções bastante abrangentes para a utilização dos Quaternions.

Utilizando a aplicação criada para a compreensão da orientação do Myo foi possível obter os dados de orientação do bracelete por meio de Quaternions, utilizando a função onOrien-

tationData do SDK. Através dessa função, os dados são armazenados em uma planilha .csv, que possibilitou a construção do gráfico, vide o gráfico 6.

Gráfico 6 – A representação gráfica de um Quartenion



A representação gráfica de um Quartenion, não é a melhor forma de ilustrar uma representação espacial. Assim, no capítulo 4 é trabalhado uma melhor ilustração para a utilização desta unidade e possibilitar uma melhor compreensão. No capítulo 5, é demonstrado a funcionalidade do Quartenion através da interface gráfica da aplicação criada para a demonstração das funcionalidades do Myo, nesta iniciação científica.

Graças a precisão obtida para determinar uma orientação de dados de unidades IMU. O Myo consegue mensurar em qual braço do usuário ele está posicionado, o direito ou o esquerdo. Através da função `onArmSync`, do SDK, é possível determinar o braço do usuário pela enumeração da variável `XDirection`. Essa variável possibilita a captação distância e rotação do eixo do bracelete para o pulso do usuário, com a distância e rotação do eixo do bracelete para o cotovelo do usuário. Com a enumeração dessas duas distâncias, o Myo é capaz de determinar em qual braço ele está localizado. Este cálculo é realizado em relação a posição do logo da Thalmic Labs, presente no centro do bracelete (LABS, 2014).

Assim, com a devida representação de um Quartenion, nos capítulos 4 e 5 é demonstrado melhor como obtido o resultado dessa coleta, já que, pelo fato da aplicação criada em C++, não apresentar uma interface gráfica não é possível realizar a melhor representação para essas duas funções.

2.4 A comunicação pelo Dispositivo

No intuito de fornecer uma interação prática e conveniente para o usuário, o bracelete possui uma comunicação wireless para transmitir dados coletados à uma interface intermediária, que realizar o processamento desses dados. Essa transmissão é feita através de uma tecnologia de comunicação sem fio, o Bluetooth, mais especificamente o Bluetooth Smart. Nesse tópico é

feito o estudo da comunicação disponível para a conexão do aparelho, com o intuito de utilizá-la para o desenvolvimento a frente.

2.4.1 A comunicação wireless

O Bluetooth é uma tecnologia de comunicação sem fio desenvolvida pela empresa de telecomunicações Ericsson, em 1994. A ideia consiste em possibilitar que dispositivos se interliguem de forma rápida, simples e sem a presença de cabos, bastando que um dispositivo esteja próximo do outro. Baseada em um link de rádio de curto alcance e baixo custo, a transmissão de dados é feita por meio de radiofrequência, permitindo que um dispositivo detecte o outro independente de suas posições. Sendo necessário apenas que ambos estejam dentro do limite de proximidade, proporcionando uma maior liberdade de movimento (BLUETOOTH, 2017b) .

Ela é uma tecnologia criada para funcionar no mundo todo, razão pela qual se fez necessária a adoção de uma frequência de rádio aberta e aceita em praticamente qualquer lugar do planeta. A faixa ISM (Industrial, Scientific, Medical), que opera à frequência de 2,45 GHz, é a que mais se aproxima dessa necessidade, sendo utilizada em vários países, com variações que vão de 2,4 GHz a 2,5 GHz. O Bluetooth possibilita a troca de dados a curtas distâncias. As principais aplicações são: a conexão com fones de ouvido, teclados e mouses (e outros aparelhos que precisam economizar energia) e, claro, a transferência de arquivos como músicas e imagens (TOWNSEND, 2014) .

Tradicionalmente o emparelhamento de Bluetooth, nas primeiras versões da tecnologia de comunicação, garantia um caso ideal. Dois dispositivos combinados possuem um PIN aleatório. Uma parte fundamental do modelo de segurança Bluetooth que confirmaria que os dispositivos corretos estavam se conectando. No mundo real, no entanto, a maioria dos usuários acabou por emparelhar dispositivos simples, como fone de ouvido Bluetooth ou um gateway estéreo (caixa de som).

Não havendo a necessidade de inserir um PIN nesses tipos de dispositivos, o usuário precisava se lembrar do número selecionado pelo fabricante. Naturalmente, seria algo extremamente “seguro”, como “0000” ou “1234”. Sendo um aborrecimento desnecessário, basicamente.

Por esse motivo, com o avanço da tecnologia, no Bluetooth Smart o processo de emparelhamento foi simplificado. Desta forma, um aplicativo de modo que um usuário simplesmente escolha de uma lista de dispositivos compatíveis e se conecte imediatamente. Isso é bom, contudo, mesmo assim pode exigir a criação de mais UIs (User Interface) do que realmente deseja-se. Também vale a pena notar que, embora este fosse um exemplo, a mesma função existe para várias formas de uso, o emparelhamento é manipulado para que não precise se preocupar com isso.

Nas mãos de um desenvolvedor aventureiro, a ThalmicLabs permitiu a criação do suporte do Bluetooth Smart de diversas maneiras ao liberar a codificação do seu protocolo de comunicação. No caso da plataforma do Myo foi utilizado como um chip de Bluetooth Low Energy (BLE), que pode executar o próprio código atuando com um cliente GATT (nome de

atributo genérico), e então fazer uma conexão direta para um dispositivo intermediário. Sendo esse dispositivo um computador ou não, o emparelhamento é manipulado de forma automática pela Myo Connect para que não seja um problema (BERNHARDT, 2015c).

2.4.2 O conceito da comunicação wireless

O Bluetooth Low Energy (BLE), por vezes referido como “Bluetooth Smart”, é uma tecnologia de rede de área pessoal sem fios, e um subconjunto leve do clássico Bluetooth e foi introduzido como parte da especificação do núcleo Bluetooth 4.0. Multiplicando o alcance, velocidade e assim fornecer um aumento na capacidade de transmissão de dados, para uma maior precisão necessária de transmissões BLE, sendo importante para aplicações IoT. Destina-se a fornecer um baixo consumo e custos de energia consideravelmente reduzidos (TOWNSEND, 2014).

Há uma abundância de protocolos sem fio para engenheiros e designers de produtos. E um dos fatores que torna BLE tão interessante é sua fácil forma de projetar algo que pode conversar com qualquer plataforma móvel moderna como iOS, Android, Windows telefones, dentre outros.

O BLE trabalha como a transação de dados de um GAP, controlando conexões e funções de publicidade, de resposta e de varredura para dispositivos Central e Periféricos. GAP é um acrônimo para o perfil de acesso genérico. Ele é o que torna um dispositivo visível para o mundo exterior e determina como dois dispositivos podem (ou não) interagir uns com os outros. Os dispositivos Periféricos são dispositivos pequenos, de baixa potência, contraídos de recursos que podem se conectar a um dispositivo Central muito mais poderoso (BLUETOOTH, 2017b).

2.4.3 A compreensão da comunicação wireless

Após a compreensão dos requisitos de funcionamento do BLE. Um esboço básico do que está acontecendo para conversar com qualquer dispositivo BLE e a braçadeira Myo especificamente, seria:

O descobrimento GAP, periféricos, é a representação da braçadeira Myo na comunicação criada. O Myo enviará pacotes de publicidade contendo um único UUID de 128 bits para o Serviço de Controle, no objetivo de aparecer para outros dispositivos efetuarem a conexão. Para estabelecer a conexão entre os dispositivos, normalmente, utiliza-se uma interface para selecionar o aparelho desejado. Com a utilização BLE possui uma funcionalidade (comportamento) de “tap”, que a partir da força do sinal dois dispositivos se conectam-se pela proximidade, deixando armazenado o endereço MAC do dispositivo para conexões posteriores. A detecção de “tap” é baseada no enorme aumento na força do sinal que se obtém de dois rádios Bluetooth muito próximos. Torna-se trivial aproveitar dessa funcionalidade com o bracelete Myo (BERNHARDT, 2015c).

Por fim, a interação do bracelete, é tratada como um servidor GATT e dispositivo conectado como o cliente. A braçadeira expõe um conjunto de características (agrupadas em serviços) que proporcionam acesso a dados e controle de capacidades. Sendo possível agora a utilização de procedimentos GATT para ler e escrever valores de características e assinar notificações ou indicações de funcionalidade.

Para explicar exatamente o que a braçadeira Myo pode fornecer com o seu BLE como código livre, existem possibilidades bem amplas. Tornando possível desenvolver uma nova implementação utilizando os benefícios dela.

Há tudo especificado no `FirmwareVersionCharacteristic`, no SDK do Myo, como as IDs de Característica do GATT. Como a possibilidade capturar dados como o `IMUDataCharacteristic` para dados de movimento e `ClassifierEventCharacteristic`, como também os dados do EMG, quebrados em quatro diferentes `EmgDataXCharacteristic`, pois torna-se possível criar uma comunicação para aguentar tal nível de largura de banda (GREENBERG, 2015).

Assim, é possível utilizar comandos de controle para colocar o Myo no estado desejado a comunicação. Por padrão, a braçadeira Myo não enviaria dados de IMU / Pose / EMG apenas pela aplicação estar conectada, tendo que atribuir as características (Enable) das funções respectivas para sua utilização. Através do protocolo de comunicação do aparelho, criar o suporte para a utilização do Myo em diversas plataformas torna-se trivial, podendo conectá-lo a realmente qualquer coisa.

Devido a liberdade de poder executar seu próprio código, poder atuar como um cliente GATT. Assim, por exemplo, construir um projeto Arduino que conversa diretamente com um módulo Bluetooth LE acoplado na placa, ao em vez de passar pelo caminho tradicional um computador. Como foi o caso do desenvolvimento de um engenheiro Valentin Roland, ele criou a própria biblioteca `MyoBridge` integrada com o SDK do Myo possibilitando novas interações com o dispositivo, que muitos estão utilizando agora.

Há inúmeras possibilidades de fazer a conexão com o Myo, dando uma grande gama de opções para trabalhar na interação homem-máquina nessa iniciação científica. No próximo capítulo é explorado essa gama de possibilidades, justificando a escolha de desenvolvimento da interação em si com o dispositivo.

3 A integração das Arquiteturas

Este capítulo trata a organização do desenvolvimento de uma interação com o Myo. Partindo da explicação das plataformas de desenvolvimento fornecidas para conceber uma aplicação que interaja com o dispositivo. A forma que foi delineada a integração do bracelete com as plataformas, para ser possível escolher a melhor forma de realizar controle do processo de interação com o Myo. Assim, ao longo deste capítulo há uma discussão sobre a melhor forma de realizar um projeto com o bracelete.

3.1 Plataformas de desenvolvimento do dispositivo

O Myo traz consigo inúmeras possibilidades de desenvolvimento por meio dos Softwares Development Kit (SDK), disponibilizados pelos cientistas da Thalmic Labs (LABS, 2015). Através desses SDKs é possível que qualquer desenvolvedor possa se aventurar para criar interações utilizando o aparelho. No entanto, deve ser imprescindível que este esteja apto a obter o conhecimento de suas operações, protocolos de comunicação, funcionalidades e plataformas disponíveis, afim de realizar um bom desenvolvimento.

No intuito de praticar um bom aperfeiçoamento do projeto de iniciação científica, o estudo das possibilidades de desenvolvimento de cada SDK foi inestimável. Já que, para suceder a construção de uma integração adequada para a interação homem-máquina, torna-se imprescindível pensar em formas de integrar o hardware do Myo, com uma interface para efetivar o controle dos dados coletados pelo aparelho, e executá-los na plataforma Arduino, de modo a demonstrar a interação BCI. Essa sequência de passos para concretizar a interação BCI, é a arte de expressar um modelo ou conceito de informação utilizados em atividades que exigem detalhes explícitos de sistemas complexos, como a integração do bracelete, conceitualmente denominada como Arquitetura da Informação. Assim, para que o sistema criado possa garantir uma boa experiência ao usuário é necessário organizar a arquitetura criada para criar uma agradável integração com o dispositivo Myo.

No objetivo de ajudar a compreender e projetar como utilizar as aptidões de cada kit de desenvolvimento, ao explorar as características de cada SDK disponibilizado é possível determinar quais são as suas funcionalidades básicas. Dado que, cada um possui suas próprias operações e capacidades, podendo ser diferentes entre si e não apresentar todos os recursos disponíveis. Assim, a tabela 1 foi criada para ilustrar as possibilidades de desenvolvimento, em suas versões atuais, para a criação de uma interação utilizando o bracelete.

SDK	Gestos	IMU	EMG	Aplicação Completa	Plataforma
-----	--------	-----	-----	--------------------	------------

SDK	Gestos	IMU	EMG	Aplicação Completa	Plataforma
Keyborad Mapper	Sim	Não	Não	Não	Windows/OSX
Myo Script	Sim	Sim	Não	Não	Windows/OSX
Plataform SDK	Sim	Sim	Sim	Sim	Windows/OSX
Unity	Sim	Sim	Não	Sim	Windows/OSX
Android SDK	Sim	Sim	Não	Sim	Android
iOS SDK	Sim	Sim	Sim	Sim	iOS

Tabela 1 – As funcionalidades disponibilizadas para cada SDK

Analisando da tabela fica claro as características de cada plataforma de desenvolvimento, relacionadas as suas respectivas plataformas. As operações que elas conseguem implementar e as quais, na versão atual disponibilizada, não alcançam devido à restrições. Assim, utiliza-la para efetuar a organização das arquiteturas da interação com o Myo.

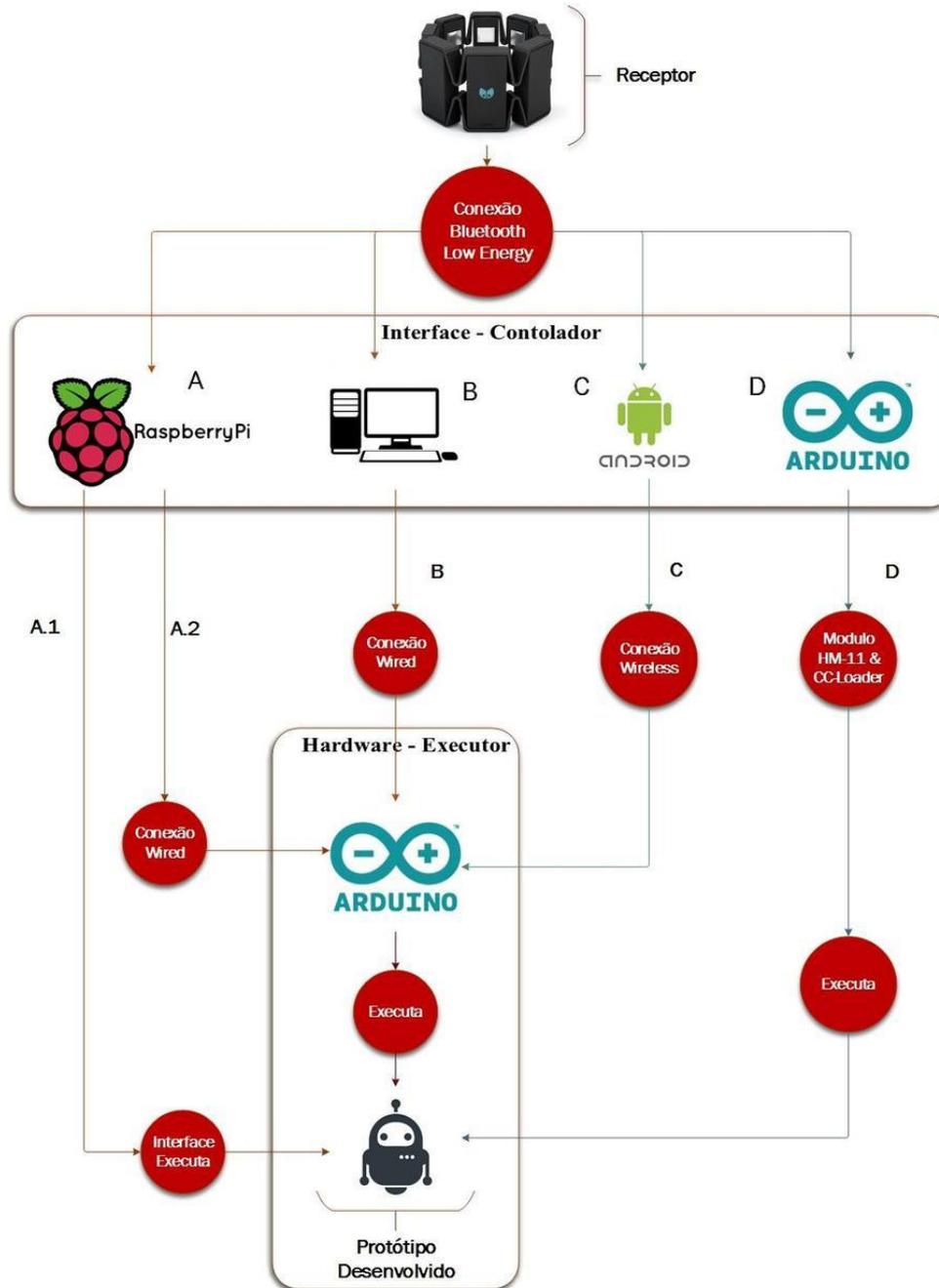
As arquiteturas servem como a base do desenvolvimento da comunicação com o bracelete para o projeto. Sendo modelos ou conceitos de informação utilizados para detalhar explicitamente o sistema de coleta e envio de dados, de controle e de execução. Nos próximos tópicos, são detalhadas as arquiteturas conjecturadas para o progresso da interação, caracterizando suas vantagens e desvantagens e pôr fim a escolha da arquitetura utilizada para o desenvolvimento.

3.2 As arquiteturas para a utilização do Myo

Explorando as possibilidades de desenvolvimento apresentadas pela tabela 1, torna-se plausível a utilização uma representação logica de possíveis formas de conexão utilizando bracelete para o projeto. De forma com que, utilizando da comunicação com uma interface intermediária. É verossímil realizar o processamento dos dados coletados pelo Myo, para assim controlar um dispositivo, no objetivo de representar o controle da interação BCI com um IoT. O dispositivo em questão será conjecturado utilizando a plataforma de hardware livre Arduino, mas isso será tópico do próximo capítulo.

Buscando implementar uma representação lógica das possíveis formas de conexão do aparelho, foi formulado o diagrama de fluxo de dados, o diagrama 1. A partir desse diagrama é possível então realizar uma discussão sobre as melhores formas de se utilizar a comunicação com o aparelho.

Diagrama 1 – Fluxograma das arquiteturas para o desenvolvimento



Analisando o fluxograma desenvolvido, o Myo pode se conectar com quatro possíveis áreas de interação, escolhidas para cumprir a função de controlador da interação. Esse papel é importante mediante ao fato que alguma plataforma precisa realizar o processamento dos dados coletados pelo dispositivo para poder dar instruções para o hardware executor, IoT. As interfaces escolhidas para cumprir esse dever são: o Raspberry Pi, um Computador, um aparelho Android e diretamente com o hardware que faz a função de executar os comandos recebidos, como o dispositivo final da interação.

No entanto, dependendo da escolha de desenvolvimento, as interfaces intermediárias ainda precisariam se conectar com o hardware do Arduino para realizar o controle sobre o

dispositivo final da interação. Já que, a arquitetura e a interface escolhida podem, não apresentar a possibilidade de cumprir com o objetivo de desenvolver uma ferramenta para a interação BCI. Assim, o Raspberry Pi em particular apresenta portas de GPIO (General purpose Input/Output) de simples acesso. Esses acessos cumprem com uma função parecida de descomplicada prototipação a que a plataforma Arduino possui, permitindo desenvolver o dispositivo para a interação na própria interface.

As possibilidades de cada área de interação são extensas, com uma grande quantidade de recursos para diferentes formas de desenvolvimento. A partir das possibilidades de desenvolvimento de cada uma das interfaces, é necessário escolher uma para ser o foco do projeto final. Sendo assim importante a exploração das características de cada uma, tanto quanto suas vantagens, desvantagens e desafios de implementação. Para escolha mais adequada para o desenvolvimento do projeto, aquela que se propicie mais aos planos da interação homem-máquina será a integração escolhida. No próximo tópico é discutido fundo cada uma das interfaces buscando a mais adequada para o projeto.

3.3 As características de cada arquitetura

Por questões de boas práticas de desenvolvimento utilizadas na engenharia de software, para podermos escolher uma boa técnica para a implementação é necessário conhecer a fundo um problema, de modo a obter a melhor solução a este. No caso, este problema, é poder definir a melhor arquitetura para o desenvolvimento.

Utilizando de metodologias e métodos para uma análise para a estrutura de software, foi deduzido que, ao obter o conhecimento sobre suas vantagens e desvantagens é possível atingir uma solução adequada para este problema. Da mesma forma que, ao alcançar uma sólida compreensão para a implementação de cada interface serve como uma motivação para então realmente implementar a sua escolha (SOMMERVILLE, 2007). Seguindo essa lógica, vamos explorar as características de cada interface de controle mostrada no tópico anterior para a escolher a melhor arquitetura de implementação.

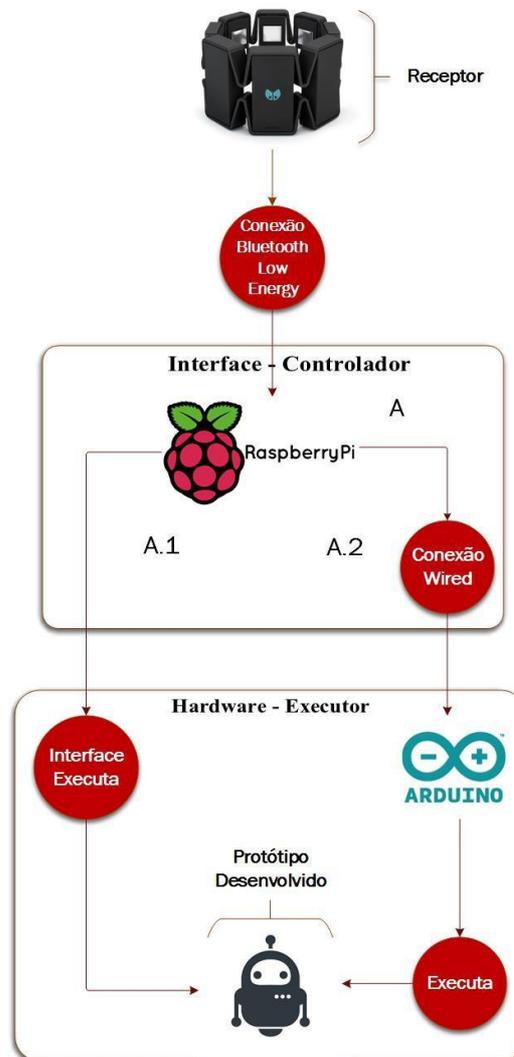
3.3.1 Raspberry Pi (A)

A interface Raspberry Pi é um computador do tamanho de um cartão de crédito, sem deixar nada a desejar comparado as funções básicas de um desktop. Comumente utilizado para promover o ensino de Ciência da Computação em várias escolas pelo mundo. Além do mais, ele possui uma ampla capacidade de interagir com o mundo exterior e desenvolver projetos digitais. O Raspberry Pi foi desenvolvido para operar sistemas operacionais (OS) com a base da distro Linux, mas por apresentar hardwares utilizados em smartphones antigos ele consegue empregar OS de dispositivos mobile, além de baseados no Windows 10 IoT (FOUNDATION, 2017).

Infelizmente os SDKs desenvolvidos para o Myo, não apresentam versões para a utilização em uma distribuição Linux. No entanto, o Raspberry Pi pode utilizar um sistema operacional

baseado no Windows 10, em especial para IoTs. Desta forma, podemos utilizar o SDK desenvol-vido para o Windows, o que faz com que a interface apresente praticamente as mesmas formas de desenvolvimento da interface do Computador.

Diagrama 2 – Arquitetura através do Raspberry Pi



Como demonstrado no diagrama 2, é perceptível às duas formas de efetuar o desen-volvimento de uma interação utilizando a interface Raspberry Pi (A). A primeira (A.1), seria através do GPIO que a interface proporciona para uma fácil usabilidade. A segunda (A.2), seria através da conexão USB com a plataforma Arduino. Vamos então discutir às vantagens e desvantagens das duas formas de integração das arquiteturas, e assim poder concluir sobre sua possível utilização no projeto.

- Prós:

A primeira forma de integração (A.1), proporciona a mesma funcionalidade de uma placa Arduino, poder criar uma interface para interação com o ambiente. Ao utilizar o próprio hardware do Raspberry Pi para realizar todo o processamento traz os benefícios de este ser

muito superior ao do Arduino. Além de gerar uma grande vantagem de portabilidade para o desenvolvimento de um IoT.

A segunda forma de integração (A.2), proporciona uma vantagem de organização, gerenciamento e maiores possibilidades de desenvolvimento. Já que, podemos utilizar o Raspberry Pi exclusivamente para cumprir o processamento dos dados coletados através do Myo e desenvolver uma interface dedicada apenas a interação BCI, deixando a função de implementar o desenvolvimento de um IoT para a plataforma Arduino. Ela apresenta uma variedade de recursos melhor que as disponíveis ao Raspberry Pi por ser desenvolvida especificamente para esse propósito e estar a mais tempo no mercado, proporciona uma leva de recursos bem maior.

Em geral, diferente de um Computador, ele é extremamente portátil fornecendo uma maior mobilidade para o desenvolvimento de um IoT, sem depender de grandes quantidades de energia para seu funcionamento.

- **Contras:**

A interação desenvolvida a partir da interface Raspberry Pi, não havia sido programada pela equipe de desenvolvimento do Myo, como em nenhuma plataforma que utiliza uma distribuição Linux. Ela surgiu pelas dificuldades de criar uma interação portátil utilizando um computador, ao ser possível instalar uma versão de OS Windows, uma versão para Tablets da Microsoft. Contudo, o verdadeiro potencial do Raspberry Pi está em funcionar utilizando um sistema operacional baseado no Linux, que é nativo ao hardware desenvolvido.

Assim o desenvolvimento utilizando o Raspberry Pi não possuiria uma assistência técnica disponibilizada pelas empresas que criaram os hardwares utilizados na interação. Tanto a empresa que desenvolveu a interface não fornece o suporte para o emprego do Windows no seu sistema, quanto a Thalmic Labs para a operação do SDK do Myo em uma plataforma Linux.

Apesar de sua portabilidade, o Raspberry Pi ainda depende de uma forma de alimentação constante. A alimentação do sistema pode ser provida por um Power-Bank, uma fonte de energia portátil normalmente utilizada para carregar celulares, para não precisar ficar fixo em uma tomada. Mesmo assim, esse recurso aumentaria o tamanho do IoT consideravelmente, diminuindo a sua portabilidade. Outro desafio seria a ventilação necessária para o minicomputador conseguir manter sua velocidade de processamento em uma constante, sem perder sua capacidade de atuação. Ou seja, seria necessário o emprego de um case concebido para sua utilização.

- **Conclusão:**

A interação desenvolvida pelo Raspberry Pi seria uma forma de simplificar a interface desenvolvida pelo Computador. Ao pensarmos no quesito de mobilidade desse projeto para o usuário, mesmo dependendo de uma fonte de energia constante. No entanto, a interação criada utilizando esse sistema seria tanto quanto trabalhosa e robusta, quanto elevaria o custo de produção do projeto. Já que em comparação ao custo do Arduino, o Raspberry Pi é consideravelmente mais caro. Mesmo assim, as possibilidades e vantagens na utilização da interface, fazem com que essa seja uma boa opção, para a conjectura de uma arquitetura integrando o uso do Myo.

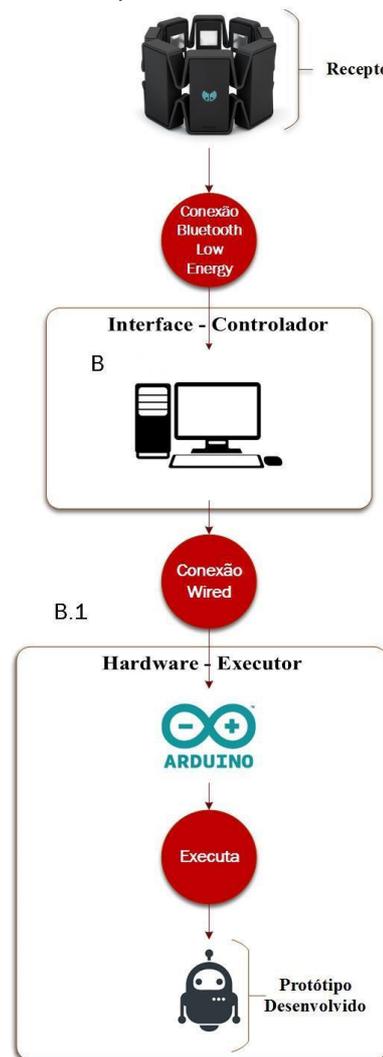
3.3.2 Computador (B)

A interação desenvolvida pela interface do Computador, possui a maior gama de formas de desenvolvimento disponibilizadas para o Myo, como demonstrado nos inúmeros SDKs para OSX ou Windows, na tabela 1. Apresentando a possibilidade de concepção de uma aplicação operando em C++ através do Platform SDK, ou a constituição de uma aplicação utilizando Script de Lua no Myo Script, quanto uma criação multiplataforma através de um site empregando websockets e javascript e o desenvolvimento de games ou animações interativas utilizando a plataforma de desenvolvimento Unity.

Por esta apresentar a mais completa possibilidade para o desenvolvimento, o Computador foi a interface recebeu pleno suporte da comunidade envolvida, em inúmeros SDKs, possibilitando uma forma de implementação mais completa quanto a utilização do Myo. Essa característica de desenvolvimento vem pelo fato da interface possuir um enorme potencial de processamento, uma arquitetura e hardwares melhor integrados. Assim, possibilitando a criação de projetos mais complexos sem grandes dificuldades.

O desenvolvimento da arquitetura de interação através do computador para o desenvolvimento de um IoT, é utilizando o grande potencial de desenvolvimento da interface, junto a utilização da plataforma Arduino para o desenvolvimento do dispositivo. Conforme descrito na ilustração do fluxo de dados abaixo:

Diagrama 3 – Arquitetura através do Computador



É perceptível, ao observar o diagrama 3, que há um único método para efetuar o desenvolvimento proposto empregando a plataforma(B) para a construção de uma interação dispondo do Myo, com o foco na concepção de um protótipo IoT. Ela é feita através da conexão via cabo, (B.1), utilizando o USB com a plataforma Arduino. Dessa forma, é discutido suas vantagens e desvantagens para a condição de integração da arquitetura, e assim poder concluir sobre sua possível utilização no projeto.

- Prós:

A integração da interface de desenvolvimento do Computador, traz consigo os benefícios de poder criar uma aplicação complexa, apresentar a maior quantidade de recursos e variedades de desenvolvimento para o Myo. Possui um pleno suporte de desenvolvedores e uma grande comunidade, ser de fácil elaboração para a concepção de uma interação ao utilizá-la como interface. Sem dúvida o Computador apresenta o maior potencial de desenvolvimento.

- Contras:

Apesar de uma interação desenvolvida empregando a interface Computador, apresentar o maior potencial de progresso. Para o foco de desenvolvimento de uma interação utilizando de um dispositivo IoT. Ela não fornece a mobilidade desejada para a criação do projeto. A plataforma depende de grandes quantidades de energia para poder apresentar tamanho potencial, ou seja, é imprescindível ela esteja conectada a uma tomada. É uma interface grande e robusta, comparado as outras arquiteturas.

- Conclusão:

Infelizmente para o foco de desenvolvimento de um IoT, utilizando o Computador a interação criada torna-se um empecilho para o usuário. No entanto, para finalidade de testes, coleta de dados e experimentação da interação BCI provida pelo Myo, essa interface sem dúvida é a melhor escolha para o desenvolvimento.

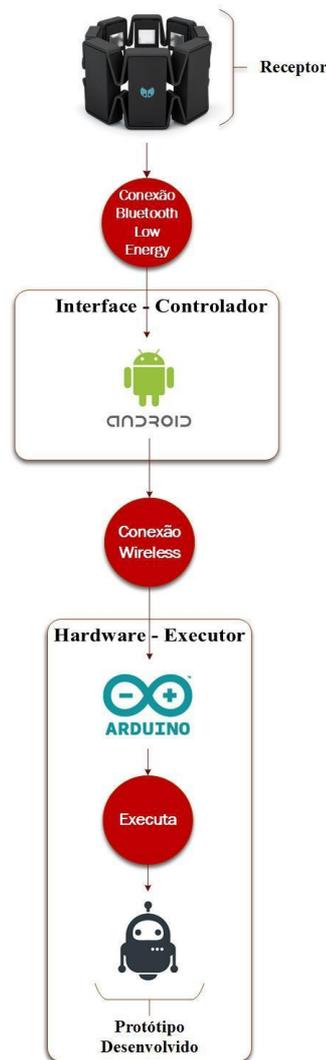
3.3.3 Android (C)

A interação desenvolvida pela plataforma do Android foi elaborada para trazer a maior mobilidade de utilização para o usuário. Através da utilização do Myo em conjunto ao uso em aplicações como coordenar o player de música no Spotify pelos gestos identificados pelo bracelete, ou jogar um game mobile pela captação da movimentação do braço do usuário para comandar o objeto do jogo.

Afinal possuir um smartphone na atualidade, tornou-se essencial para estabelecer as necessidades básicas de comunicação humanas, quanto para aumentar o nível de interações e possibilidades tecnológicas pelo dispositivo. Além de conseguir representar o potencial de um Computador na palma da mão. Utilizando da vantagem do dispositivo mobile estar presente no dia a dia de muitos. Os desenvolvedores do Myo criaram o SDK para o Android e para o iOS a fim de aumentar as ocorrências e possibilidades da interação BCI, através da praticidade de controlar um aparelho multifuncional, disponível a todo o momento para realizar uma interação.

Para a utilização da interface Android, a arquitetura foi proposta pensando conceber uma maior mobilidade. Assim, tanto o Myo quanto a plataforma Arduino estão livres para trazer a maior mobilidade para o usuário. Conforme na ilustração do fluxo de dados abaixo, o Myo se conecta a interface Android através da comunicabilidade bluetooth, e esta faz ponte dá conexão para o Arduino.

Diagrama 4 – Arquitetura através do Android



Analisando o fluxo de dados, do diagrama 4, fica claro que há uma única forma de efetuar o desenvolvimento proposto utilizando a interface (C) para a construção da interação. A integração das plataformas é feita através da conexão wireless, (C.1), podendo utilizar da conexão via Bluetooth ou Wi-Fi com a plataforma Arduino para garantir a mobilidade da arquitetura. Assim, é discutido as vantagens e desvantagens da forma de integração da arquitetura, para poder concluir sobre sua possível utilização no projeto.

- Prós:

A integração da interface de desenvolvimento Android, traz consigo os benefícios de uma conexão que proporciona comodidade, praticidade e facilidade para a utilização do usuário. Devido ao fato que, o smartphone tornou-se um item comum na vida das pessoas ao redor do mundo, por este possuir uma grande variedade de utilidades. Podendo o utilizar para criar inúmeras conexões, como para o desenvolvimento de um IoT. O Android também apresenta o desenvolvimento de uma aplicação mobile, o que traz uma interface mais amigável e interativa para o usuário em diferentes plataformas.

- **Contras:**

As desvantagens da utilização da interface Android estariam relacionadas ao SDK do Myo, desenvolvido para ela. Já que este não apresenta os dados do EMG coletados pelo bracelete. Assim, não é possível desenvolver uma aplicação capaz de reconhecer novos gestos utilizando os recursos disponibilizados pela Thalmic Labs. No entanto, há uma biblioteca desenvolvida pela comunidade, que consegue efetuar a coleta dos dados. Toda via ela não apresenta o suporte a quaisquer problemas, para serem disponibilizados aos desenvolvedores.

- **Conclusão:**

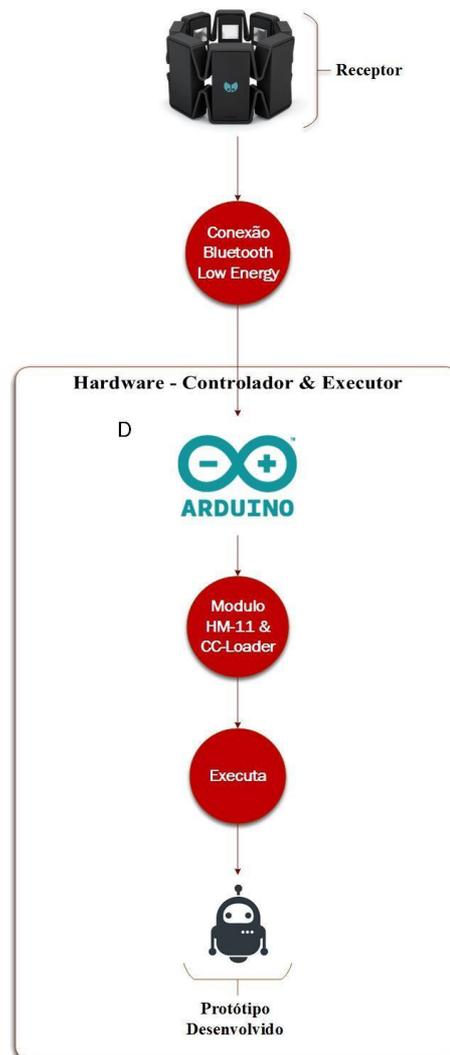
Sem dúvida a interface que traz maiores benefícios para o usuário na interação criada, é utilizando a arquitetura organizada para a plataforma Android, sendo a mais interativa e amigável para uso. Mesmo que, infelizmente não haja a possibilidade da coleta dos dados do EMG, disponibilizado pelo SDK desenvolvido até o momento. Ainda é possível estabelecer o reconhecimento dos gestos padrões para a interação com o usuário.

3.3.4 Arduino (D)

A interação desenvolvida utilizando a plataforma Arduino é a mais intrigante. Por se tratar de uma conexão direta com o desenvolvimento do dispositivo IoT. Diferente das demais, essa arquitetura não precisaria de dois dispositivos, o intermediário que controlaria as informações recebidas pelo Myo e o hardware executor, que comandaria os dados para o módulo IoT. Afinal, diferente do Raspberry Pi que apresenta uma arquitetura parecida com a de um Computador, o Arduino não possui tamanho desempenho para o desenvolvimento de softwares e aplicações. Ele é normalmente utilizado, exclusivamente para a prototipação.

O desenvolvimento direto na interface Arduino é desenvolvido utilizando a biblioteca Myo Bridge. Onde o Arduino através dos módulos HM-11 & CC-Loader pode estabelecer a conexão com o Myo, realizar o processamento dos dados coletados para que então a plataforma execute a função desejada no IoT Desenvolvido. Essa biblioteca foi desenvolvida pelo pesquisador engenheiro Valentin Roland, com seu projeto autônomo. Ele não faz parte da equipe de desenvolvimento do Myo, mas disponibilizou sua automação para o uso da comunidade.

Diagrama 5 – Arquitetura através do Arduino



Analisando o fluxo de dados, do diagrama 5, para o progresso da arquitetura do Arduino, fica claro forma de efetuar o desenvolvimento proposto utilizando a interface (D) para a construção da interação. A integração das plataformas é feita através dos módulos HM-11 & CC-Loader, (D.1), que através de uma conexão bluetooth com o dispositivo Myo são capazes de processar os dados coletados. Vamos então discutir as vantagens e desvantagens da forma de integração da arquitetura e, assim, poder concluir sobre sua possível utilização no projeto.

- Prós:

Com o Arduino realizando o processamento e a automação de um IoT, essa arquitetura traz a maior mobilidade e autonomia para o usuário. Já que, a interação proposta não depende da utilização de mais de uma interface. Em questões de energia, dependeria apenas de uma fonte de alimentação que pode ser uma bateria interna construída para não depender de uma ligação com a tomada.

- **Contras:**

Apesar da interação desenvolvida utilizando essa arquitetura ser tão prática, nenhum recurso para a conexão direta do Myo com o Arduino foi fornecido pela Thalmic Labs. Assim, o desenvolvimento dessa interação não contaria com uma assistência. Além que o projeto desenvolvido não apresentaria uma UI para o usuário, já que o Arduino não dispões de nenhuma interface para interação.

- **Conclusão:**

Até o momento houve pouquíssimo desenvolvimento utilizando essa forma de interação. Não há suporte fornecido para essa plataforma, disponibilizado pela Thalmic Labs, tornando-a suscetível a vários erros e falhas sem soluções rápidas ou práticas deixando o desenvolvimento complexo. O Arduino também não é uma plataforma tão inteligente quanto as outras, sua capacidade de processamento é limitada, deixando-o com uma competência menor para o desenvolvimento gradativo de um projeto, mediante a grandes complexidades.

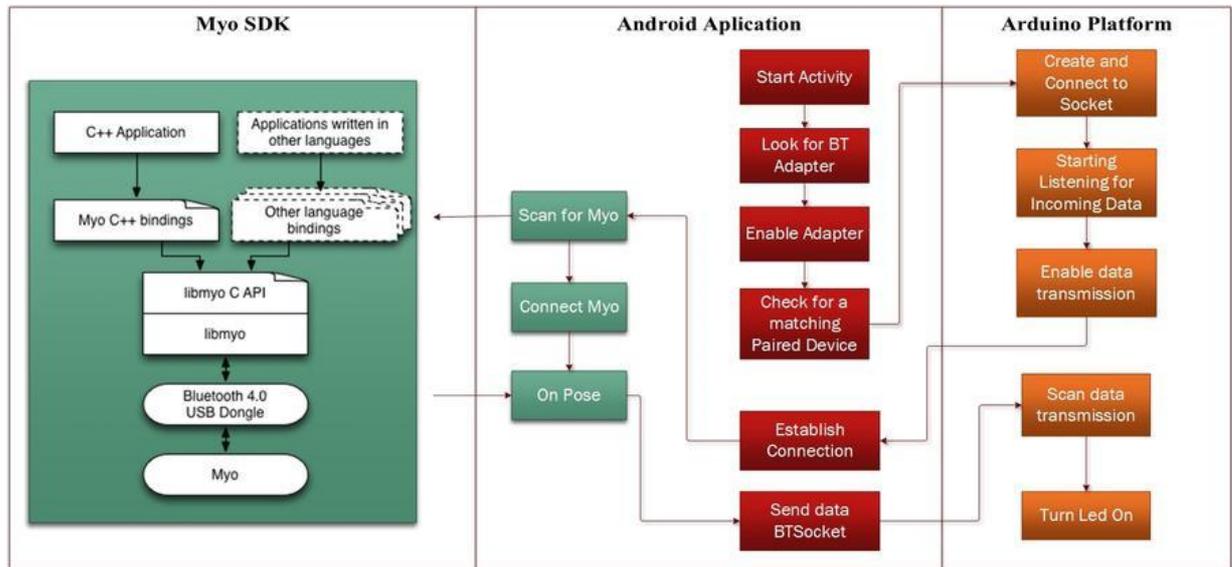
3.4 A arquitetura escolhida para a interação

Após discutir pontos positivos e negativos a respeito de cada uma das arquiteturas, é ne-cessário escolher uma para realizar o desenvolvimento da interação homem-máquina. Sem dúvida todas apresentaram uma vantagem para uma forma de utilização que traria grandes benefícios para a interação criada. No entanto, de modo a escolher uma para realizar o desenvolvimento com o foco da utilização de um dispositivo IoT, a arquitetura mais interessante para explorar essa área é a provida pela plataforma Android (C), seção 3.3.3.

Realizar a conexão do Myo a um dispositivo mobile, interfere diretamente com o dia a dia das pessoas, o que traz uma grande vantagem para a interação. Já que, utilizando o bracelete com a interface Android, a interação BCI estará mais acessível para todas as pessoas, garantindo mais utilidades para o Myo ao explorar sua funcionalidade com as aplicações mobile.

Com a escolha da arquitetura para conceber a interação, é dado o enfoque em como ocorre a comunicação entre as interfaces para realizar o processamento dos dados. O Android servirá como a ponte da comunicação realizando a interpretação dos dados do bracelete através do SDK do Myo, com o outro lado da comunicação que será o protótipo desenvolvido através da plataforma Arduino. Pronta para realizar a execução de uma ação de acordo com as informações enviadas pelo Android. O fluxograma, representado no diagrama 6, ilustra a pilha de software do sistema do Myo para o Android para o Arduino.

Diagrama 6 – Pilha de Software comunicação da Aplicação Android



Um ótimo lugar para começar é fazendo algo simples em resposta a uma pose, para demonstrar a capacidade da interação BCI provida pelo Myo. Assim, foi construído um IoT para acender uma led correspondendo a um gesto captado pelo Myo. Por mais simples que pareça ser esse processo, ele é de grande importância para uma automação. Por exemplo, ao invés de um led, poderia ser uma lâmpada em um apartamento, a diferença seria a instalação do Arduino, com quais componentes ele funcionaria. Contudo, a aplicação seria a mesma, a coleta, a identificação das poses, o envio dos dados para a automação, a diferença seria apenas o funcionamento do Arduino.

A autonomia de um projeto assim traz uma nova forma de interação para o cotidiano, com ampla diversidade de aplicação, por exemplo, a automação residencial. Não ter que interagir com um interruptor, mas apenas com um gesto para automatizar uma residência traz uma comodidade incrível para a vida das pessoas.

No próximo capítulo, o desenvolvimento dessa interface, desde a automação no Arduino fazendo o papel de um IoT, a ponte da comunicação feita pelo Android.

4 O Início do Desenvolvimento da Interação

Este capítulo trata o início do desenvolvimento da interação escolhida no final do assunto do anterior. Contemplando a concepção da escolha tomada, para o desenvolvimento de um IoT cumprindo com a finalidade de demonstração de uma interação com o Myo. Partindo da explicação da concepção do protótipo que ilustra o funcionamento de um módulo IoT, ao desenvolvimento da aplicação Android que realiza a ponte da conexão do bracelete e o Arduino. Servindo como uma interface de controle para o projeto. Assim, ao longo deste capítulo há inúmeras explicações sobre o funcionamento da interação, de modo a exemplificar o processo trilhado.

4.1 A elaboração do Protótipo

Graças à sua qualidade de atuação, o Arduino é utilizado em milhares de projetos e aplicações diferentes. Como na construção de instrumentos científicos de baixo custo, na comprovação de princípios de química e física, ou para começar com a programação e robótica. Sendo muito utilizado para o progresso de objetos interativos independentes, ou ainda para ser conectado a um computador hospedeiro para o desenvolvimento. Tornando-se em uma ferramenta chave para apreender coisas novas (ARDUINO, 2017).

Dessa forma, na triagem para o desenvolvimento de um IoT, o Arduino torna-se uma excelente escolha para prototipação. Já que, esta é uma plataforma eletrônica de código aberto, baseada em hardware e software de simples uso, o que o torna um programa intuitivo para o aprendizado. Destinado a qualquer projeto interativo, ela consegue detectar o meio ambiente, através da captação de entradas de muitas variedades de sensores e por conseguir afetar os arredores através de controladores como luzes, motores e outros atuadores.

Uma típica placa Arduino é composta por um controlador lógico, algumas linhas de E/S (memory-mapped I/O) digital e analógica, além de uma interface serial ou USB, para se interligar a um computador, que é usado para programá-la e interagir em tempo real. A placa não possui nenhum recurso de rede, porém, é comum combinar um ou mais Arduinos deste modo, ao utilizar extensões apropriadas chamadas de “shields”. A interface do Arduino, utilizada para o trabalho de desenvolvimento no computador é simples e moderna, permitindo uma programação de recursos em várias linguagens e formas de desenvolvimento.

O Arduino simplifica o processo de trabalho com módulos microcontroladores, sendo capaz de realizar inúmeras tarefas. Devido à capacidade de programar em C/C++. O que lhe permite criar muitas operações de entrada e saída, ao apenas definir apenas duas funções no pedido para fazer um programa funcionar. As funções, `setup()` e `loop()`, que respectivamente, uma é utilizada para a configuração, enquanto a outra é chamada para repetir um bloco de comandos até que a placa seja desligada. O software de código aberto (IDE) facilita a criação do código e para enviá-lo a placa, sendo uma aplicação multiplataforma escrita em Java, derivada dos projetos Processing e Wiring (ARDUINO, 2017).

Por meio do entendimento, aplicabilidade e funcionalidade do hardware e software do Arduino. Nos próximos tópicos é explicado como foi elaborado, o modo de uso, suas aplicabilidades de prototipação para o desenvolvimento de um projeto, servindo de teste da interação com o Myo. Representando um exemplo de uma domótica independente, para uma automação residencial. No entanto, como um modelo simplificado, de modo a testar a integração e funcionamento de todo o sistema, foi implementado. Esta implementação tem a simples função de acender e apagar uma luz através de uma pose do usuário do Myo. Apesar da simplicidade, através desta é possível validar o modelo proposto, além disto, trata de uma função de amplo uso em aplicações da automação residencial, por exemplo.

4.1.1 A concepção do protótipo

A principal finalidade do Arduino em um sistema é facilitar a prototipagem, implementação ou emulação do controle de serviços interativos, ao nível doméstico, comercial ou móvel, da mesma forma que um Controlador Lógico Programável controla sistemas de funcionamento industriais. Com ele é possível enviar ou receber informações de basicamente qualquer sistema eletrônico. Como identificar a aproximação de uma pessoa e variar a intensidade da luz do recinto conforme a sua chegada, ou abrir as janelas de um escritório de acordo com a energia da luz do sol e temperatura ambiente.

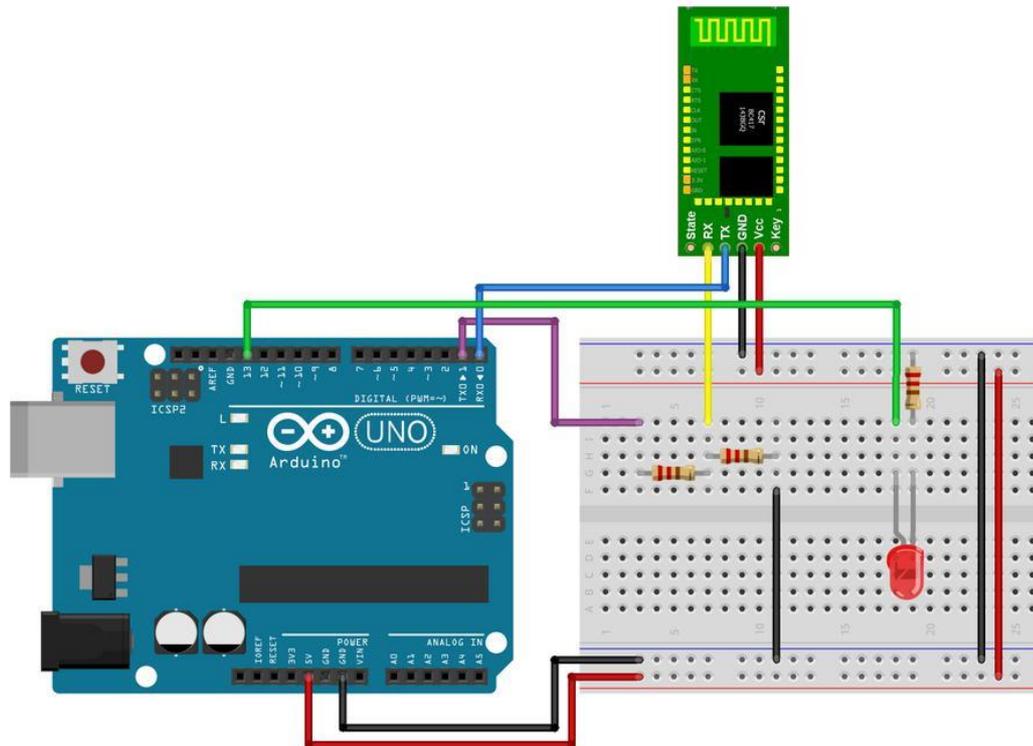
Baseado em sua principal finalidade, e com o intuito de demonstrá-la em um sistema IoT, foi elaborado um protótipo para representar a interação com o Myo no nível doméstico. Interligando um aplicativo mobile e uma domótica que tem por objetivo controlar os equipamentos elétricos em uma residência. Contudo, a representação do protótipo é uma interação simples, concentrada apenas na automação de uma lâmpada. No caso, representado por um led ligado ao Arduino, já que para tal tarefa não há a necessidade de uma demonstração em um circuito real, apenas para evidenciar uma interação BCI.

Pensando na interação entre a plataforma protótipo e o dispositivo mobile, foi empregado o uso do módulo HC-05 para constituir uma comunicação via bluetooth. Onde prestes elaborar o circuito para a prototipação, um elemento ao qual foi prestado atenção é o nível de sinal utilizado pelo módulo para a comunicação via serial. Já que, alguns módulos trabalham com 5v, outros com 3.3v, o HC-05 em particular utiliza a tensão de 3.3v.

A alimentação do módulo bluetooth é feita pelo próprio conversor, por meio dos pinos GND (Ground ou "Terra") e Vcc (Tensão de Corrente Continua). O pino TX (Transmissão) do FTDI é conectado ao RX (Recepção) do módulo, e o RX é ligado no TX. Utilizado um divisor de tensão de modo a evitar danificar o componente, para efeito de testes foi empregado dois resistores ligados ao pino de RX no módulo Bluetooth, um de 1,5K e outro de 2,2K gerando um nível de sinal de aproximadamente 3,1 v, suficiente para a experimentação (OLIVEIRA, 2016).

Após realizar os cálculos de preparação para a composição do circuito, o diagrama 7, foi preparado para explicitar a organização do módulo em conjunto a placa Arduino junto ao led para enfatizar a atuação de uma lâmpada.

Diagrama 7 – Circuito utilizado para a concepção do protótipo



4.1.2 O funcionamento do protótipo

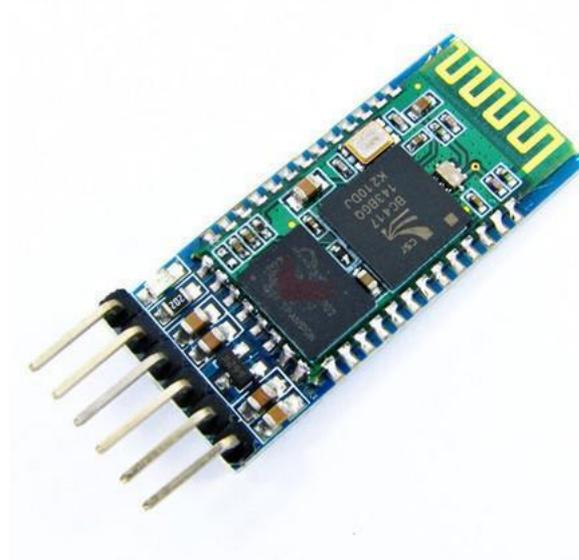
Após a preparação de como a circuitaria do protótipo funcionaria, em sequência há a elaboração do funcionamento dos componentes. Contudo, para realizar a preparação, é imprescindível pensar no modo que opera a comunicabilidade da placa, na direção de, como essa atuara a partir da comunicação com uma aplicação mobile. Dessa forma, inicialmente, a busca pelo entendimento do modulo bluetooth.

Os módulos Arduino bluetooth são divididos em dois tipos, os que operam no modo es-cravo (slave), ou seja, apenas aceitam conexões de outros dispositivos, e os que operam tanto no modo escravo como no modo mestre (master), permitindo que se conectem a outros dispositivos bluetooth. Quando dois ou mais dispositivos se comunicam através de uma conexão Bluetooth, eles formam uma rede denominada piconet (BLUETOOTH, 2017a). Nessa comunicação, o dispositivo que iniciou a conexão assume o papel de master, enquanto os demais dispositivos se tornam slave. Cabe ao master a tarefa de regular a transmissão de dados na rede e o sincronismo entre eles.

No caso do protótipo desenvolvido, foi utilizado o modulo HC-05, ilustrado na figura 20. Esse módulo em pelicular, consegue atuar no modo mestre e escravo. Visto as funcionalidades de cada forma de atuação, foi definido que este modulo trabalharia no modo escravo. Devido ao fato do protótipo não apresentar uma área de interação para o usuário realizar o controle da comunicação, o modelo possui um único propósito de atuar no circuito elétrico de uma

residência. Já o aplicativo desenvolvido, realiza o papel de uma interface intuitiva para o morador pode interagir com a seu lar com uma melhor comodidade e praticidade.

Figura 20 – O modulo bluetooth HC-05



A característica pela qual um dispositivo utiliza o Bluetooth depende das capacidades de seus perfis de uso. Os perfis provem padrões que os fabricantes devem seguir para permitir dispositivos a usarem o Bluetooth de uma maneira compatível. Para realizar essa tarefa, cada perfil usa opções particulares e parâmetros em cada nível do protocolo (BLUETOOTH, 2017a).

Desta forma, para a comunicabilidade do dispositivo mobile com o protótipo a solução foi programada utilizando o perfil SSP (Serial Port Profile), pois, este possui uma simples implementação e resolveria o modo de comunicação trabalhada pelo modulo HC-05. Similarmente, qualquer aplicativo pode executar essa forma de comunicação em diversos dispositivo mobile operando uma porta serial virtual, como se houvesse um cabo serial real conectando os dois dispositivos.

Com o intuito de implementar a comunicação pelo perfil SSP. Foi preparado um programa no qual o Arduino execute a função de acender ou desligar um led, através da verificação da porta serial do modulo bluetooth. Ao verificar se há dados disponíveis recebidos pela comunicação com o celular, para então identificar uma mensagem especifica na atuação na luz.

Para realizar o monitoramento da conexão estabelecida, dois passos na programação do modulo foram definidos:

- Primeiro, estabelece-se uma frequência de comunicação pela função de `setup()` no Arduino, para configurar a serial da placa.
- Segundo, pela função `loop()` a qual realiza o monitoramento da serial desenvolvida, para averiguar as informações coletados. Assim, no objetivo efetuar o controle dos dados obtidos no perfil SSP, uma estrutura de seleção e uma de repetição, são iniciadas para coletar todos as informações da frequência utilizada.

Com os comandos sendo recebidos, eles são empregados como formas de controle para outras funções e métodos do Arduino. Assim, na figura 21, há a demonstração do algoritmo elaborado para estabelecer a comunicação SSP, e realizar o monitoramento da mesma com o objetivo de capturar as mensagens recebidas.

Figura 21 – algoritmo utilizado para o controle da comunicação do Arduino

```
2 char command;
3 String string;
4 boolean ledon = false; //Boleano utilizado para realizar o controle do Led
5 #define led 13 //Led connectado ao digital pin 13
6
7 //Estabelece a serial para a conexão
8 void setup()
9 {
10     Serial.begin(9600);
11     pinMode(led, OUTPUT);
12 }
13 //Realiza o controle da conexão
14 void loop()
15 {
16     if (Serial.available() > 0)
17     {string = "";}
18
19     while(Serial.available() > 0)
20     {
21         //Armazena os dados coletados na conexão
22         command = ((byte)Serial.read());
23
24         if(command == ':')
25         {
26             break;
27         }
28
29         else
30         {
31             string += command;
32         }
33
34         delay(1);
35     }
```

Após o controle da comunicação bluetooth ser estabelecido, os dados recebidos são trabalhados no intuito de identificar a mensagem de um comando específico para ligar ou desligar a luz. Para proceder e atuar na função da iluminação, uma lógica de seleção é empregada para investigar uma mensagem específica para assim efetuar a automação da luz. No caso do desenvolvimento empregado, o Arduino tenta identificar dois exemplos de caracteres para realizar este controle. O exemplo da lógica aplicada, segue na linguagem de programação, demonstrado na figura 22.

Figura 22 – Estrutura de seleção criada para ligar ou desligar a luz

```
36 //Caso o dado coletado seja igual, o Led é aceso
37 if(string == "TO")
38 {
39     ledOn();
40     ledon = true;
41 }
42 //Caso o dado seja igual, o Led é desligado
43 if(string == "TF")
44 {
45     ledOff();
46     ledon = false;
47     Serial.println(string);
48 }
```

No próximo tópico é definido a segunda parte da interação, a ponte de controle realizada pela aplicação Android. Esta, constituirá o tratamento dos sinais recebidos pelo dispositivo BCI, que, a partir dos dados coletados e poderá transmitir a ordem estabelecida para o protótipo do projeto atuar com base nos códigos demonstrados no atual tópico. Demonstrando o funcionamento da comunicação Bluetooth, tratamento, transmissão e evidenciando-as nos próximos tópicos.

4.2 A ponte da comunicação, a aplicação Android

Android é um sistema operacional, baseado no sistema Linux, na atualidade desenvolvido pela empresa de tecnologia Google. Com uma interação ao usuário baseado na manipulação direta, o sistema Android é projetado principalmente para dispositivos móveis com tela sensível ao toque. A plataforma Android é hoje uma das mais utilizadas em dispositivos móveis principalmente telefones celulares. Para os desenvolvedores de software, a plataforma trouxe consigo um interessante nicho de mercado, o desenvolvimento de aplicativos para ela (FORNI, 2017).

O Android Studio é o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) oficial para a produção de aplicativos Android. Este oferece uma grande quantidade de recursos para aumentar a produtividade na criação de aplicativos Android em um sistema de compilação flexível baseado no Gradle, com um emulador rápido e um ambiente unificado para poder desenvolver a todos os dispositivos Android (DEVELOPERS, 2017). Tornando-se a plataforma escolhida para o progresso da aplicação do projeto.

4.2.1 A ponte da comunicação para o Arduino

Além de estabelecer a comunicação com o Arduino, é imprescindível manter o controle da conexão bluetooth do aparelho Android. Já que, o aparelho estabelece o papel de master na comunicação, onde na qual cabe a este realizar a tarefa de regular a transmissão de dados na

rede e o sincronismo entre os dispositivos. O controle da comunicação então, é implementado através da aplicação criada com o propósito da ativação da conexão e coletar e transmitir dados provindos do Myo na coleta da interação com o usuário.

No objetivo de estabelecer a conexão do dispositivo mobile, a instância de controle do bluetooth oferecida pela plataforma, uma variável chamada `myBluetooth` recebe a referência do Android, através dela é possível estabilizar o gerenciamento da comunicação do aparelho. Esta, também verifica a atividade da comunicação bluetooth no aparelho, através de uma estrutura de seleção, para averiguar se essa está ativa ou não como a demonstrada no exemplo do algoritmo da figura 23.

Figura 23 – Algoritmo para o controle da comunicação bluetooth do aparelho

```
46 //Se o dispositivo possuir Bluetooth
47 myBluetooth = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
48
49 if(myBluetooth == null)
50 {
51     //Mostra uma mensagem que o dispositivo nao possui bluetooth
52     Toast.makeText(getApplicationContext(), "Bluetooth Device Not Available", Toast.LENGTH_LONG).show();
53
54     //termina o apk
55     finish();
56 }
57 else if(!myBluetooth.isEnabled())
58 {
59     //Pede ao usuario para ativar o bluetooth
60     Intent turnBTon = new Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE);
61     startActivityForResult(turnBTon,1);
62 }
63 //chama o metodo para listar os dispositivos pareados
64 btnPaired.setOnClickListener((v) -> { pairedDevicesList(); });
71
72 }
```

Após suceder a ativação do controle do bluetooth aparelho, o método `pairedDevicesList` realiza a procura por dispositivos que possuam a comunicação bluetooth ativa, de modo a encontrar outros aparelhos prontos para efetuar o pareamento. O método, armazena os dados destes dispositivos encontrados em uma lista. Para que liste e exiba os nomes destes aparelhos em uma interface na qual o usuário poderá selecionar o dispositivo desejado para efetuar o pareamento.

Explorando a funcionalidade do método para gerenciar dispositivos encontrados, este possui duas estruturas lógicas, uma de seleção e uma de repetição. As estruturas do método efetuam a coleta de todos os dados encontrados na comunicação bluetooth do celular, através da variável criada no exemplo anterior, utilizando-a para procurar outros aparelhos com a comunicação ativa. Após o recolhimento, os dados serão implementados em um objeto list, do tipo `ArrayList`, criado para ser adaptado e representar uma lista no layout da aplicação Android. A estrutura de coleta e pareamento com outros dispositivos são descritos no exemplo do algoritmo da figura 24.

Figura 24 – Algoritmo para a escolha de um aparelho para conectar

```
74 private void pairedDevicesList()
75 {
76     //Encontra os dispositivos pareados através da conexão
77     pairedDevices = myBluetooth.getBondedDevices();
78     //Cria uma lista para armazenar os dados dos dispositivos
79     ArrayList list = new ArrayList();
80
81     if (pairedDevices.size()>0)
82     {
83         for(BluetoothDevice bt : pairedDevices)
84         {
85             list.add(bt.getName() + "\n" + bt.getAddress()); //Pega o nome e o endereço dos dispositivos
86         }
87     }
88     else
89     {
90         //Mensagem de erro caso não ache nenhum dispositivo
91         Toast.makeText(getApplicationContext(), "No Paired Bluetooth Devices Found.", Toast.LENGTH_LONG).show();
92     }
93     //Transforma a lista em um Adapter para utilizar no Layout
94     final ArrayAdapter adapter = new ArrayAdapter(this, android.R.layout.simple_list_item_1, list);
95     devicelist.setAdapter(adapter);
96     devicelist.setOnItemClickListener(myItemClickListener); // Metodo chamado quando o dispositivo da lista for
97
98 }
```

Após um dispositivo ser selecionado pelo usuário, é preciso estabelecer uma conexão entre o celular e o aparelho encontrado. Como explicado no tópico sobre o Arduino, o vínculo estabelecido deve utilizar o perfil SSP para a comunicação bluetooth. Contudo, para constituir uma conexão utilizando o perfil SSP, a aplicação precisa cumprir com alguns requisitos fundamentais para a configuração de conexões de cabo serial emulada usando o RFCOMM, esses expressos em termos de serviços fornecidos para aplicativos e definindo os recursos e procedimentos imprescindíveis para a interoperabilidade entre dispositivos bluetooth (saiba mais em <http://www.amd.e-technik.uni-rostock>).

Para estabelecer a comunicação com o Arduino é utilizado a variável criada anteriormente, myBluetooth, para coletar os dados e instaurar o pareamento com o aparelho. Assim, é criada outra variável chamada btSocket para emular um cabo serial entre os dois dispositivos, criando a conexão RFCOMM através do perfil SSP. A RFCOMM é utilizada para transportar os dados do usuário, os sinais de controle do modem e os comandos de configuração. Com a conexão SSP estabelecida, sendo possível utilizar essa variável para interagir com o protótipo, demonstrado mais à frente, na automação da luz. A estrutura lógica utilizada para assegurar a conexão SSP, é demonstrada no algoritmo da figura 25.

Figura 25 – algoritmo para estabelecer a conexão SSP

```
226 private class ConnectBT extends AsyncTask<Void, Void, Void> // Tratamento UI
227 {
228     private boolean ConnectSuccess = true; //Se der certo, esta quase conectado
229
230     @Override
231     protected void onPreExecute()
232     {
233         progress = ProgressDialog.show(MainActivity.this, "Connecting...", "Please wait!!!"); //mostra um dialogo de progresso
234     }
235
236     @Override
237     protected Void doInBackground(Void... devices) // Enquanto mostra o dialogo de progresso, a conexao e feita em background
238     {
239         try
240         {
241             if (btSocket == null || !isBtConnected)
242             {
243                 myBluetooth = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();//Pega o dispositivo movel bluetooth
244                 BluetoothDevice dispositivo = myBluetooth.getRemoteDevice(address);//Conecta-se ao endereço do dispositivo e checka s
245                 btSocket = dispositivo.createInsecureRfcommSocketToServiceRecord(myUUID);//Cria o RFCOMM (SPP) conexao
246                 BluetoothAdapter.getDefaultAdapter().cancelDiscovery();
247                 btSocket.connect();//inicia a conexao
248             }
249         }
250         catch (IOException e)
251         {
252             ConnectSuccess = false; //Se ocorrer um erro e possivel checar a excecao
253         }
254         return null;
255     }

```

Com a comunicação pronta, através da utilização variável `btSocket`, para então enviar dados da aplicação Android ao dispositivo Arduino, através da conexão SSP. Sendo então utilizados dois métodos com a finalidade de atuar no estado da iluminação do protótipo, um para apagar a luz, outro para ligar. Os dois métodos enviam uma mensagem através da RFCOMM, utilizando caracteres específicos para que o protótipo possa identificar as mensagens na estrutura de seleção definida no algoritmo no final do tópico do Arduino. O algoritmo utilizado para o envio de mensagens é demonstrado na figura 26.

Figura 26 – Algoritmo para realizar o controle do led

```
166 //Funcao para desligar o Led
167 private void turnOffLed()
168 {
169     if (btSocket!=null)
170     {
171         try
172         {
173             //Envia mensagem para desligar o Led
174             btSocket.getOutputStream().write("TF".getBytes());
175         }
176         catch (IOException e)
177         {
178             msg("Error");
179         }
180     }
181 }
182 //Funcao para ligar o Led
183 private void turnOnLed()
184 {
185     if (btSocket!=null)
186     {
187         try
188         {
189             //Envia mensagem para ligar o Led
190             btSocket.getOutputStream().write("TO".getBytes());
191         }
192         catch (IOException e)
193         {
194             msg("Error");
195         }
196     }
197 }
```

Após a comunicação da aplicação Android com o protótipo Arduino ser estabelecida. O caminho para a automação do Myo está concluído. De forma com que, não haverá empecilhos para o caminho da coleta de sinais para a obtenção de uma pose. No objetivo de utilizar os dados obtidos no dispositivo BCI para realizar a automação residencial, feita a partir de um gesto do usuário, obtido pelo bracelete. A implementação da comunicação com Myo pela aplicação desenvolvida é descrita no tópico a seguir.

4.2.2 A ponte da comunicação para o Myo

Para que a aplicação possa estabelecer uma comunicação com o bracelete, alguns frameworks devem ser implementados de forma com que o Android IDE consiga interagir com as classes próprias do SDK do aparelho. O Myo possui um conjunto de softwares para o desenvolvimento no Android, o Myo Android SDK. A partir desse mescla é possível realizar uma interação com o bracelete utilizando o quadro de classes próprias do dispositivo de modo a controlar os recursos providos pelo Myo, com uma maior facilidade.

Contudo, para ser possível utilizar o kit de desenvolvimento, são imprescindíveis algumas mudanças básicas no funcionamento da aplicação. O Myo Android SDK requer algumas predefinições no nível da Interface de Programação de Aplicação (API) Android. De forma com que, as aplicações que utilizarem o SDK precisam definir o seu minSdkVersion, para um nível igual ou superior ao 18. Se não, uma série de funções necessárias para a implementação não estarão indisponíveis no sistema operacional Android (LABS, 2014).

Com a mudança no nível da aplicação, torna-se possível utilizar o grau de funções que o SDK do Myo oferece para este. Para habilitar as funções do kit de desenvolvimento, importam-se as dependências dele para o repositório do Gradle. Dessa forma, sempre que a aplicação instanciar, as referências das classes do Myo são instaladas para o aplicativo poder estabelecer a conexão com o bracelete. Também, é necessário implementar protocolos de permissão para a comunicabilidade via bluetooth e internet, pois, o usuário precisa permitir tais formas de comunicação, de modo que a aplicação funcione com o Myo e o Arduino.

Após realizar as implementações na aplicação Android, esta será capaz de receber e tratar quaisquer eventos de comunicação com o Myo, disponibilizados pelas classes do SDK. Assim, podendo trabalhar com os dados coletados pelo bracelete e retornar funções de acordo com as poses identificadas, ou mesmo a movimentação do dispositivo. Dando espaço para estabelecer a conexão com o Myo através da aplicação.

Para estabelecer a comunicação com o Myo, utiliza-se uma variável bastante comum para uma aplicação Android, uma Intent. Essa por padrão da origem a uma operação de modo a iniciar uma atividade, em especial do SDK do Myo. A atividade ScanActivity, fornece uma tela na qual o usuário pode selecionar o bracelete que ele quer estabelecer a conexão. Assim sem grandes empecilhos o bracelete já estará pronto para enviar dados para a aplicação.

Uma boa forma para estabelecer atividade de conexão com o Myo, é colocando ela como uma das opções no menu da aplicação. Da maneira demonstrada no exemplo da figura 27, garantindo uma boa experiência para o usuário (UX), onde ele não terá dificuldades para realizar o pareamento quando desejar.

Figura 27 – Criando a conexão com o Myo

```
422 //Inicia o Menu na aplicacao
423 @Override
424 public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
425     super.onCreateOptionsMenu(menu);
426     MenuInflater inflater = getMenuInflater();
427     inflater.inflate(R.menu.menu_led_control, menu);
428     return true;
429 }
430
431 //Caso selecionado Myo Scan
432 private void onScanActionSelected() {
433     // Inicia o ScanActivity para scanear Myos e conectar-se a um.
434     Intent intent = new Intent(this, ScanActivity.class);
435     startActivity(intent);
436 }
```

Com a conexão com o bracelete estabelecida, é possível explorar as funcionalidades do Myo. Uma das possibilidades de interação com o bracelete, sem dúvida é demonstrar a movimentação do dispositivo. De forma com que, explorando a capacidade dos sensores de

movimento da braçadeira consiga identificar e copiar a movimentação do braço do usuário. Assim, a partir da utilização do método na biblioteca do Myo, é possível representar rotação do dispositivo, através de um TextView aplicado no layout da aplicação Android.

Transformando o quatérnio obtido na orientação do bracelete em ângulos de Euler, de modo a representar manipulação mais inteligível nos resultados coletados pelo Myo. Assim, o TextView na aplicação terá a mesma rotação nos ângulos em cada eixo rotacional igual ao do bracelete no braço do usuário. Na figura 28, está representado o algoritmo utilizado para poder captar os movimentos do usuário.

Figura 28 – algoritmo utilizado para representar a movimentação do bracelete através da utilização de um Quaternion

```
325 // onOrientationData() e chamado sempre que o Myo fornece a sua orientacao atual
326 // representado como um quaternion.
327 @Override
328 public void onOrientationData(Myo myo, long timestamp, Quaternion rotation) {
329     // Calcula os angulos de Euler (roll, pitch, and yaw) atraves do quaternion.
330     float roll = (float) Math.toDegrees(Quaternion.roll(rotation));
331     float pitch = (float) Math.toDegrees(Quaternion.pitch(rotation));
332     float yaw = (float) Math.toDegrees(Quaternion.yaw(rotation));
333
334     // Ajusta o roll e o pitch para a orientacao do Myo no braco.
335     if (myo.getXDirection() == XDirection.TOWARD_ELBOW) {
336         roll *= -1;
337         pitch *= -1;
338     }
339
340     // Aplica-se a rotacao no TextView usando o roll, pitch, e yaw.
341     mTextView.setRotation(roll);
342     mTextView.setRotationX(pitch);
343     mTextView.setRotationY(yaw);
344 }
```

No entanto, a principal funcionalidade que deve ser explorada é a de realizar a automação da luz do protótipo. Como discutido anteriormente, de modo a explorar o poder da interação BCI provida pelo dispositivo Myo, foi utilizada a capacidade de reconhecer gestos do usuário para realizar a automação da luz no protótipo Arduino. Através de uma função obtida pelo SDK do bracelete, é instanciada as poses que o dispositivo consegue identificar pelo padrão de fábrica.

Assim, utilizando uma estrutura de seleção é possível realizar um tratamento para a identificação de cada pose. De modo que, a partir dessa estrutura, seja iniciada uma das funções desenvolvidas anteriormente, turnOnLed ou turnOffLed, para enviar uma mensagem através da comunicação bluetooth, para ligar ou desligar a luz, ao protótipo Arduino. Na figura 29, é demonstrado o algoritmo utilizado para identificar as poses, e a partir de duas, realizar a automação residencial.

Figura 29 – Algoritmo utilizado para capturar uma pose pelo bracelete

```
347 // onPose() é chamado sempre que o Myo prover uma pose nova.
348 @Override
349 public void onPose(Myo myo, long timestamp, Pose pose) {
350     // Lida com os casos da enumeração das Poses e muda o Textview de acordo.
351     // Baseado na pose recebida.
352     switch (pose) {
353         case UNKNOWN:
354             mTextView.setText("Hello world!");
355             break;
356         case REST:
357         case DOUBLE_TAP:
358             int restTextId = "Hello world!";
359             switch (myo.getArm()) {
360                 case LEFT:
361                     restTextId = "Left Arm";
362                     break;
363                 case RIGHT:
364                     restTextId = "Right Arm";
365                     break;
366             }
367             mTextView.setText(getString(restTextId));
368             break;
369         //Caso seja indentificado FIST, envia o comando para ligar o Led
370         case FIST:
371             mTextView.setText("Fist");
372             turnOnLed();
373             break;
374
375         case WAVE_IN:
376             mTextView.setText("Wave In");
377             break;
378
379         case WAVE_OUT:
380             mTextView.setText("Wave Out");
381             break;
382         //Caso seja indentificado FINGERS_SPREAD, envia o comando para desligar o Led
383         case FINGERS_SPREAD:
384             mTextView.setText("Fingers Spread");
385             turnOffLed();
386             break;
387     }
388 }
```

Por fim, com o cumprimento de cada passo do planejamento, finalizado. É possível verificar a comunicação desenvolvida a partir da ponte criada pela aplicação Android entre o Arduino e o bracelete Myo. Demonstrando se as funcionalidades do BCI ocorreram sem nenhum problema, ou caso houve algum, o que é necessário para corrigir tais desafios encontrados na interação criada. Logo no próximo capítulo, é retratado os resultados parciais obtidos na Interação Homem-Máquina.

5 Resultados Obtidos

Com o desenvolvimento do projeto realizado, neste capítulo é discutido os resultados obtidos na exploração dos testes executados nos capítulos anteriores. Contemplando a elaboração e o apuramento da averiguação realizada, lembrando tópicos importantes junto a seus respectivos resultados. Apresentando os resultados do desenvolvimento apresentado no capítulo anterior. Por fim, retratando os problemas e desafios encontrados na pesquisa com as suas possíveis soluções, no intuito melhorar a projeto realizado.

5.1 A busca da pesquisa desenvolvida

Buscando suprir características das limitações de uma interação com um computador e juntamente aperfeiçoar os comportamentos padrões nos usos atuais. O desenvolvimento do projeto de pesquisa envolve a evolução dos modelos de interações humanas com máquinas. Na intenção de inovar os padrões das interfaces entre máquinas e humanos (HCI), explorando interações como a partir de interfaces cérebro-computador (BCI) para trabalhar com sinais capturados pelo sistema nervoso, como uma nova fronteira de implementação da interação convencional.

Partindo da utilização de um dispositivo para captura de sinais do antebraço que usufrui técnicas de processamento de sinais, conseguindo traduzir um comando humano para uma máquina, na tentativa de imitar os movimentos humanos. Torna-se possível quebrar uma barreira dentre vários níveis de relação que existe entre um homem e um código binário. No objetivo de desenvolver uma interação que, quanto mais intuitiva e amigável esta for, mais produtiva será o desenvolvimento utilizando-a. Não apenas por uma questão de conveniência, mas também para suprir a necessidade da falta de possibilidades de comunicações existentes devido a suas limitações.

Deste modo, para desenvolver uma forma de superar essas barreiras de interação comuns no cotidiano. Foi proposto um experimento no qual houve o investimento de tempo e esforço com estudo de técnicas de interações homem-máquina. De modo a facilitar a comunicação do ser humano, com ambiente a sua volta, sem estar limitado aos meios de entrada convencionais. Através do estudo da neurociência, empregando de técnicas que coletam e processam diversos sinais vindos do corpo humano, possibilita o desenvolvimento de uma interface programada.

Através da programação da técnica de investigação empregue, o objeto de exploração utiliza-se do reconhecimento de gestos, aprendizado de máquinas e uma realidade mista tentando combinar os melhores aspectos de ambas realidades. Propondo desenvolver um design centralizado no objetivo de realizar o processamento de sinais. Dessa forma, a relação foi trabalhada com o foco no qual é considerada parada no tempo, ou seja, com maturidade industrial.

Uma interação que possui o foco em suprir formas de convívio com um dispositivo e sofreu pouco investimento tecnológico no decorrer dos anos. Comparado as inovações apresentadas no mercado, a utilização de um interruptor para controlar uma luz é algo extremamente ultrapassado, novas técnicas podem deixar essa interação mais cômoda. Este dispositivo sempre

apresentou uma interação escassa em quesitos de capacidade ou comodidade do mesmo sendo algo comumente aplicado.

Já, em contrapartida, a essa peculiaridade de convívio desatualizada, manifesta-se a ideia para o emprego de uma tecnologia que complemente essa relação. Elaborada na forma de representar uma situação mais prática e disruptiva. Foram utilizadas duas tecnologias que ganham maior publicidade para o impacto na vida de uma pessoa. O Arduino como uma plataforma que populariza o conceito de hardware livre e uma aplicação mobile como a integração de dispositivos digitais na palma da mão com múltiplas funcionalidades. Proporcionando uma relação mais intuitiva e amigável, do que um simples interruptor.

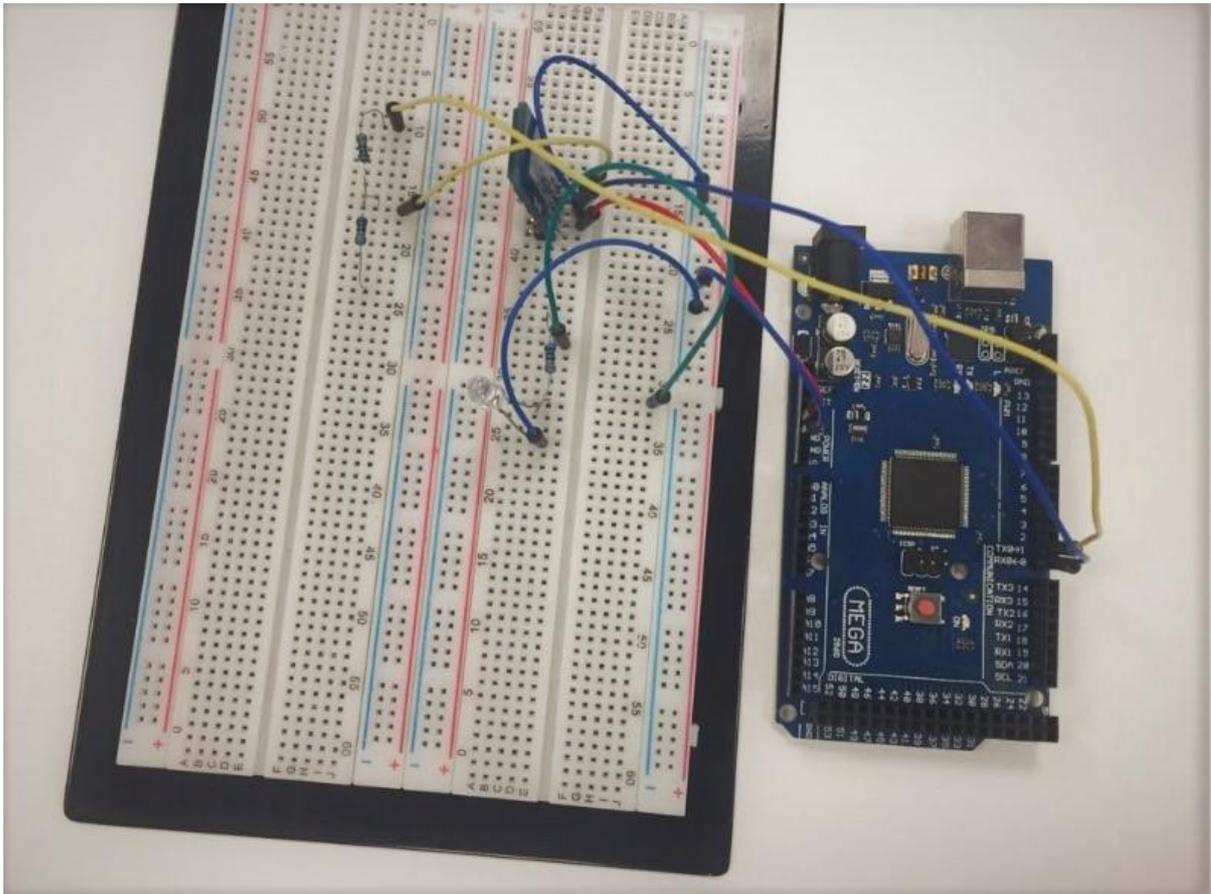
Como resultado, uma integração na qual um dispositivo IoT e uma aplicação mobile operem em conjunto ao bracelete Myo, atuando no estado de uma luz. Conduziu na programação do projeto, utilizando o IoT criado com o objetivo de realizar a automação no estado da luz. Junto a aplicação mobile realizando a administração da ponte de comunicação, em tempo real, entre o Arduino e os sinais provindos do bracelete. Impactando a relação humana com um objeto que apresentava certa maturidade industrial. Já que, com a técnica BCI, torna-se possível aperfeiçoar os padrões de relação entre homens e máquinas.

5.2 A interação desenvolvida

Após a explicação entregue no capítulo, “O início do desenvolvimento da Interação”. Neste tópico é abordado como a programação das funções de lógica e algoritmos utilizadas no programa, foram aplicados para a concepção da comunicação proposta. Procurando consolidar uma base sólida para a explicação da interação concebida, exemplificando o comportamento do protótipo manipulado pela plataforma Arduino e a aplicação Android.

No intuito de quebrar a barreira da inconveniência relacionada a interação decorrente do ligar ou desligar de uma lâmpada através de um interruptor, servindo como o atuador ou exemplificação de uma interface final para a comunicação elaborada. O emprego de um dispositivo IoT, foi elaborado por meio da prototipação de uma circuitaria utilizando a plataforma de hardware livre Arduino. Como discutido no capítulo anterior, o hardware utiliza a comunicação bluetooth provida pelo modulo HC-05 para se comunicar e de um led. Simbolizando a automação de uma lâmpada, sem a necessidade de implementar em um circuito real, representado na figura 30.

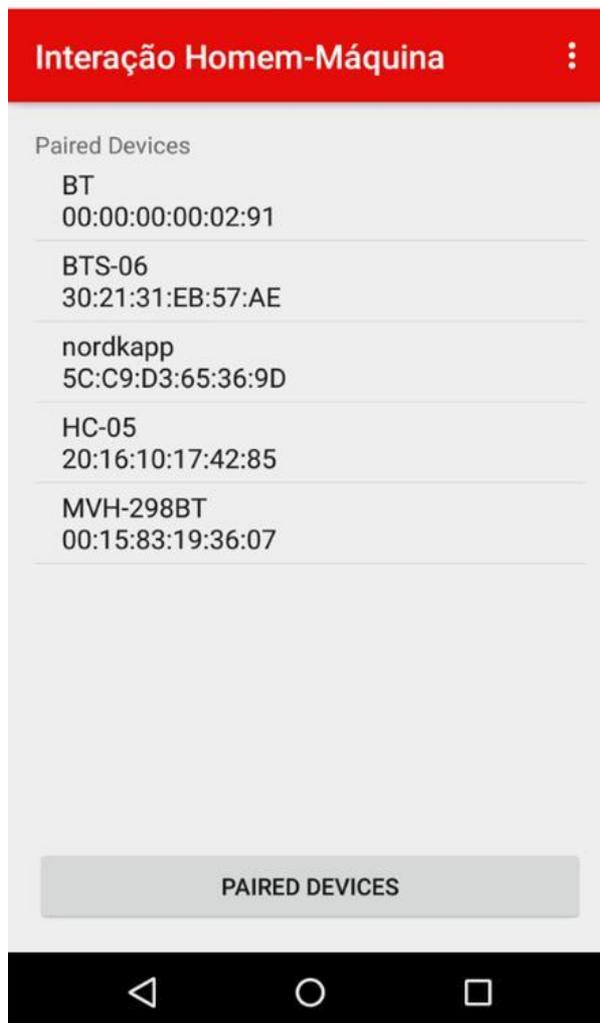
Figura 30 – Dispositivo IoT desenvolvido através da plataforma Arduino para este projeto



De modo a cumprir com os papéis de controle dos dados coletados pelo bracelete, desempenhar a ponte da comunicação entre o Myo e o Arduino e executar a automação do protótipo. A aplicação mobile entra com o papel de coordenar tais funcionalidades, como uma interface de controle de dados e das funções que amparam a atuação dentre os dispositivos.

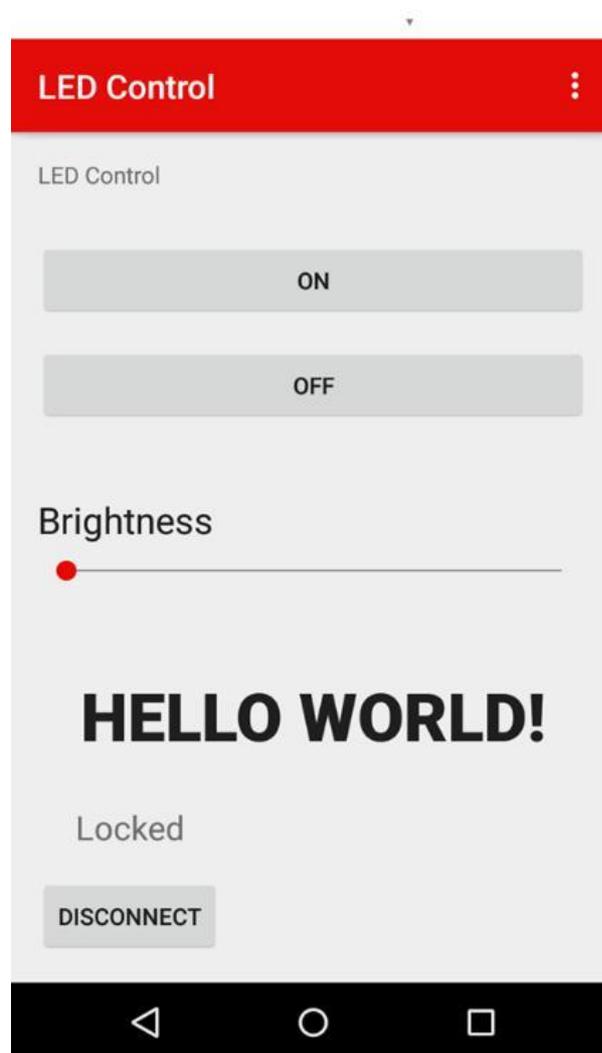
A primeira parte da interação trata-se de estabelecer a comunicação com o protótipo e com a aplicação mobile. Assim, a partir da lógica desenvolvida para estabelecer o controle da comunicação bluetooth e o pareamento do dispositivo Android. Na tela inicial da aplicação, implementa-se controle da comunicação, exibindo ao usuário os dispositivos encontrados, no objetivo de efetuar o pareamento com o aparelho e iniciar a conexão. No caso do projeto em questão, o dispositivo selecionado para a conexão é o HC-05, o modulo bluetooth utilizado no Arduino, representado na figura 31.

Figura 31 – Tela da aplicação para pareamento bluetooth com o IoT



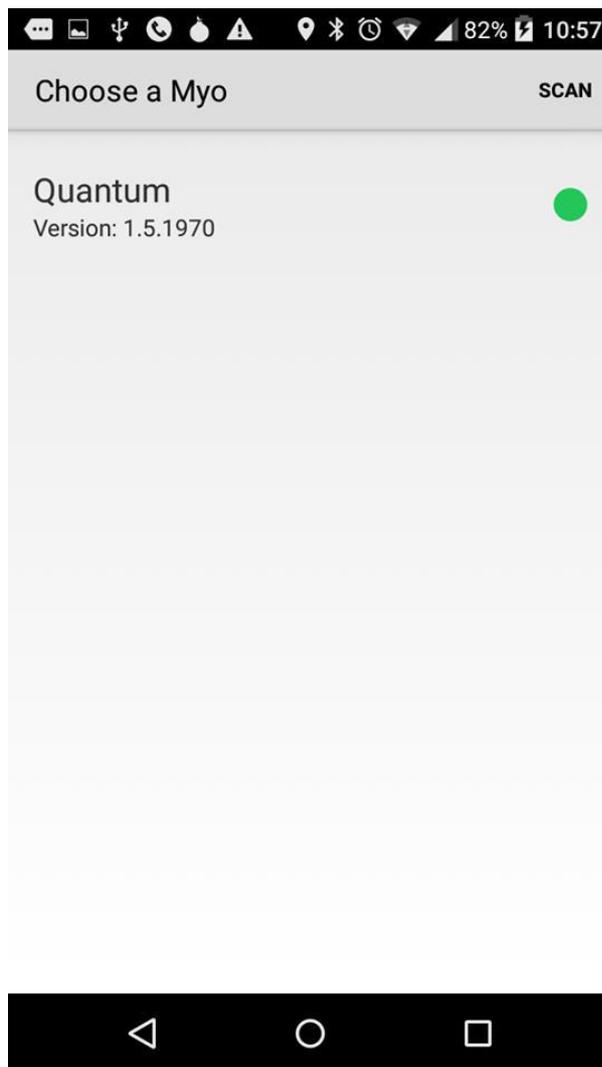
Quando estabelecida a conexão com o dispositivo IoT, o usuário ganha acesso à automação da lâmpada do protótipo na tela principal da aplicação do projeto de interação. Essa interface representa a proposta de utilização de uma inovação da interação HCI, expondo a condição simples e cômoda da evolução dessa interação, podendo interagir com uma residência. A partir dos botões representados na tela o usuário poderá fazer o manejo do estado da lâmpada, sendo capaz de definir a luminosidade do led de acordo com a carência de iluminação.

Figura 32 – Tela principal da aplicação mobile



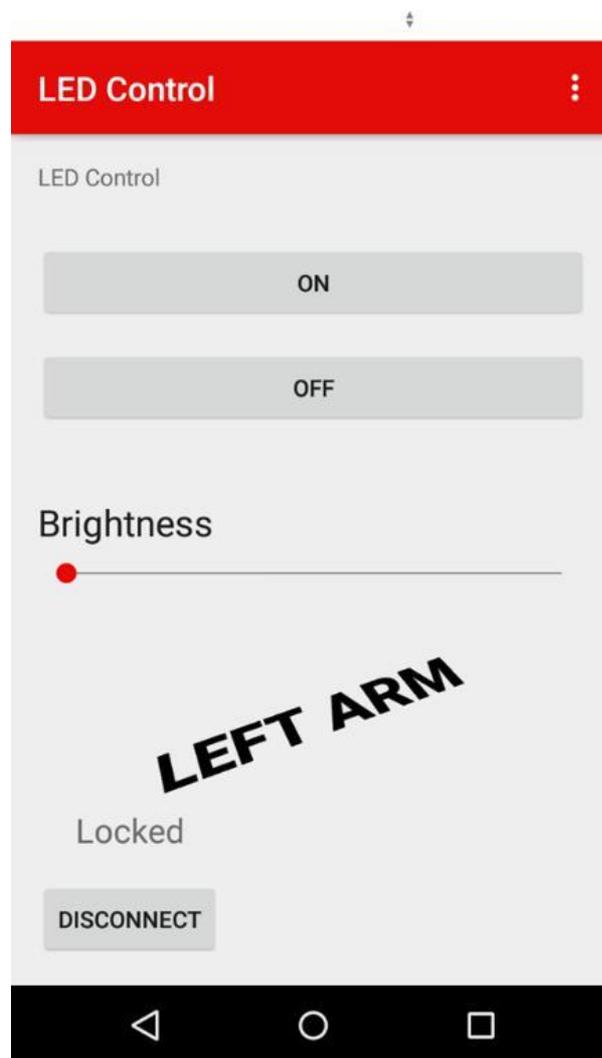
No entanto, como apresentado até o momento, a essência da interação desenvolvida está em romper o convencional, por meio da aplicabilidade e reformação garantida em uma interação BCI. Deste modo, efetivar a conexão com o dispositivo BCI manifesta-se na possibilidade de aperfeiçoar uma interação sem restrições. Utilizando as funções disponíveis no SDK do Myo, a tela representada pela figura 33 é implementada na aplicação. Permitindo com que o usuário possa efetuar a conexão com o dispositivo e a aplicação seja capaz de utilizar os impulsos nervosos coletados, para controlar a lâmpada.

Figura 33 – Tela da aplicação para o pareamento com o Myo



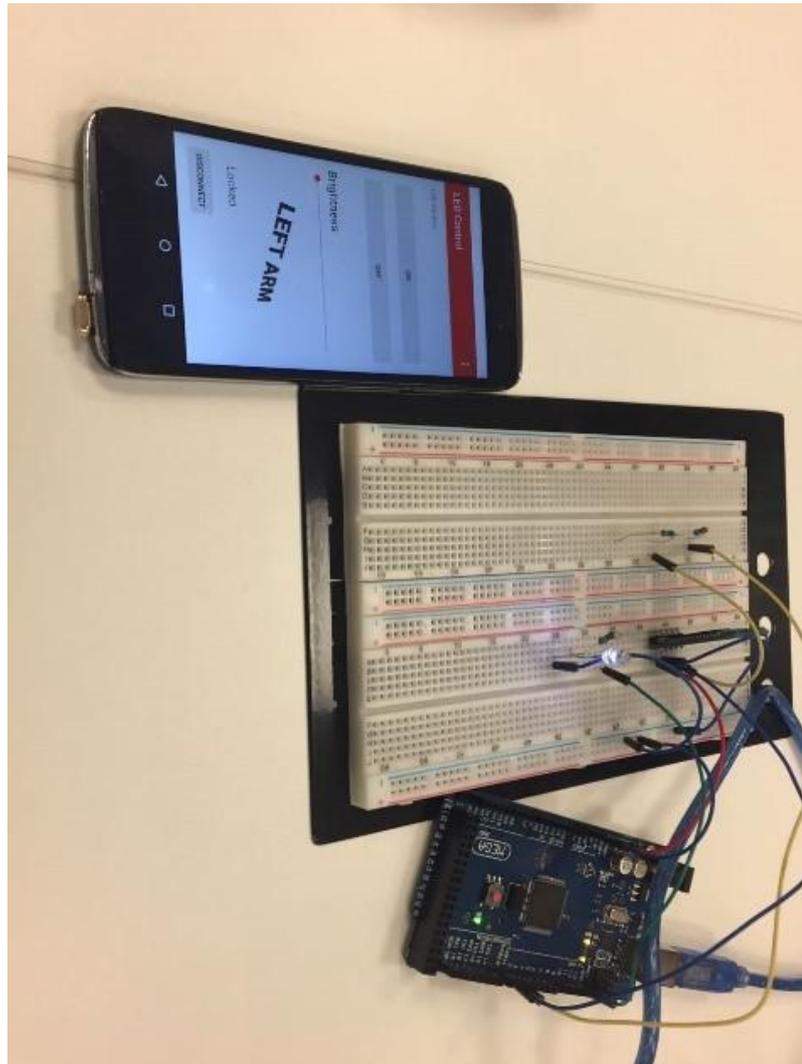
Com a conexão com o Myo estabelecida, a aplicação volta a sua tela principal, figura 34, pronta para atuar com a interação provinda do bracelete. Dessa forma, a aplicação começa a captar a movimentação do braço do usuário, simbolizado pela ilustração “Left Arm” na qual o aparelho detecta sua posição de acordo com a aceleração da gravidade. Isto ilustra a capacidade da interação ao utilizar o quartenion mencionado no capítulo dois. Agora, o usuário pode efetuar os gestos pré-programados, (“Fist”, punho) para ligar a luz e (“Finger Spread”, abrir a mão) para desligar a luz do protótipo. Ganhando a partir da comunicação entre os dispositivos, uma maior mobilidade, comodidade e praticidade com o dispositivo, provindos da interação BCI.

Figura 34 – Tela principal da aplicação com o Myo pareado



Através da interação BCI, o usuário não depende mais dos meios convencionais da interação HCI, podendo interagir com a automação da luz independente do seu dispositivo mobile. Tendo exclusivamente que efetuar o pareamento com o bracelete, independente dos botões e cliques disponibilizados pela interface para automatizar a lâmpada. Assim, com a transmissão do estímulo nervoso coletado pelo dispositivo BCI o usuário consegue efetuar uma interação de alto nível, cumprindo com o propósito elaborado para a interação Homem-Máquina .

Figura 35 – Protótipo de todo framework implementado para o teste do conceito do projeto



Por meio do prosseguimento da interação através da interface de uma aplicação Android, decorreram alguns desafios os quais necessitaram ser resolvidos para garantir uma aplicabilidade mais apurada e pertinente a funcionalidade do sistema desenvolvido. Afinal, tais desafios promoveram certos dilemas a comunicação dos dispositivos. Assim, no próximo tópico, no objetivo de otimizar o software criado, juntamente a interação com o usuário, será discutido a implementação de algumas transformações no sistema.

5.3 As adequações necessárias

A partir dos resultados obtidos na comunicação formulada a partir dos softwares das interfaces Android e Arduino, verificou-se possível a identificação de certos impecilhos na interação originada com bracelete Myo. De modo que, para futuros desenvolvimentos da aplicação via o Android, tais devem ser revistos de modo a, promover uma conectividade superior de operação para o sistema. Garantindo uma usabilidade mais satisfatória para o usuário.

Os impasses encontrados na interação desenvolvida foram verificados na conexão do

bluetooth com o Arduino e na identificação de uma pose do Myo na aplicação Android. A decorrência desses empecilhos, faz com que a comunicação fique escassa, limitando o entendimento entre os dispositivos e na falha de no reconhecimento de gestos na automação do bracelete.

A adversidade da comunicação dos aparelhos ocorre partir do envio de 30 ou mais mensagens por meio da serial bluetooth. Assim, a troca de mensagens começa a oscilar a um ponto no qual ela não aceita mais informações, conseqüentemente, cessa o envio. Provocando ao usuário, inabilitar a comunicação e reiniciar a aplicação mobile junto ao modulo Arduino, para reestabelecer a conexão entre os aparelhos. Tornando-se em um grande infortuno para a interação desenvolvida, ocasionado pelo contratempo de propiciado pela reconexão constante.

No objetivo de solucionar a comunicação bluetooth entre os aparelhos, foi indispensável suceder uma readequação nas configurações do Bluetooth no modulo no Arduino. Identificado que pela ausência de uma biblioteca e uma versão na configuração do software do HC-05. Simploriamente resolvido durante a etapa de depuração do código, que levou a implementação de novos projetos.

O desafio encontrado na identificação dos gestos do Myo, na aplicação Android, segura-mente ocorreu devida a imprecisão na estrutura de coleta realizada durante seu funcionamento. Não houve um correto tratamento de exceções, devidamente otimizado, proporcionando uma conturbação para a aplicação. De maneira geral, a falta desta abordagem, deixa um programa sujeito a uma grande quantidade de possibilidades sem um objetivo relacionado. Ocasionando um overflow de dados e possibilidades para o sistema interpretar. Deixando a aplicação gerar uma resposta inadequada. No caso da interação desenvolvida, o acendimento do led, através da identificação de gestos no bracelete.

No objetivo de solucionar a imprecisão da estrutura utilizada para a identificação de gestos, foi necessário realizar uma análise no código desenvolvido da aplicação Android. Buscando retirar linhas de código inutilizadas ou mal otimizadas, procurando de aumentar a precisão do programa. Obtendo um tratamento de exceções que supostamente causavam o overflow dos dados utilizados para a identificação de uma pose. Assim, a aplicação foi satisfatoriamente otimizada a encontrar resultados esperados para a integração desenvolvida.

Com os desafios do desenvolvimento solucionados, a interação Homem-Máquina foi desenvolvida com sucesso. Demonstrando o poder de uma interação BCI, inovando os padrões de uma interação convencional. Assim, persistindo apenas um capítulo para elaboração. Com o objetivo de concluir a obra, o capítulo “Considerações Finais” retrata o aprendizado obtido até o momento, com impressões sobre o desenvolvimento, experiencias e perspectivas para trabalhos futuros nessa área de pesquisa.

6 Considerações Finais

No objetivo de finalizar com o desenvolvimento deste projeto de iniciação científica de forma satisfatória e de modo a discutir sobre o conhecimento obtido, a proposta trabalhada, a interação desenvolvida, as impressões sobre o assunto, por fim, abordar novas possibilidades de trabalho. O capítulo seis, “Considerações Finais” apresenta o acabamento da obra marcando o fascinante estudo sobre a Interação BCI, estudos da neurociência e seu desenvolvimento.

6.1 Epílogo

Este trabalho de iniciação científica se objetivou em estudar as interações entre homem e máquinas. Investigando os ensinamentos que proveram a concepção das tecnologias atuais, até o progresso de novas áreas de estudo que proporcionaram uma nova evolução para a interação Homem-Máquina, evidenciando o grande foco de aprendizagem de inúmeras pesquisas de desenvolvimento na área.

Através do aprendizado obtido sobre o comportamento humano, para gesticular e interagir com o meio ambiente, áreas de estudo como a do HCI geraram consigo novos modelos de negócios em busca de técnicas e interações mais fluentes. De forma que, diligenciaram pesquisas de circunstâncias quais, quanto mais intuitiva e amigável for uma interação, mais produtiva será sua utilização. Por outro lado, surgiram áreas de estudos com técnicas cujo objetivo é alcançar uma interação de alto nível, suprimindo limitações provindas de meios tradicionais, como uma nova fronteira de implementação.

No objetivo de alcançar uma interação de alto nível, o crescimento no âmbito da neurociência, viabilizaram investigações buscando o entendimento do funcionamento do sistema nervoso proporcionando para a formação da área de estudo do BCI. Com novos modelos de pesquisas os quais apresentam o potencial de manipulação de computadores com nada mais do que um pensamento, ou seja, de fácil de interação humana e sem limitações. O que propicia o extraordinário, a possibilidade marcante de uma pessoa debilitada recuperar seus movimentos e voltar a interagir habitualmente com o ambiente a sua volta sem se sujeitar a demão de alheios.

Dada empregabilidade, a área de estudo provinda pelo BCI, foi sujeita a pesquisas para o desenvolvimento de uma forma de controle ao qual pudesse realizar diversas funções corriqueiras, através da coleta de estímulos nervosos, para demonstrar o poder provindo dessa interação. Os resultados desta investigação foram notórios, explicitados no decurso do desenvolvimento deste relatório de pesquisa, não obstante, do epílogo retratado a seguir, exprimindo a aquisição de conhecimento, experiência, para a formação de ensino obtido durante a execução da proposta.

6.2 Da prática à experiência denotada

Mediante a área do BCI, sobrevém uma competência que incentiva um empenho multidisciplinar o qual expandiu o âmbito de conhecimento tradicional da ciência da computação, por intermédio da medicina. Relacionados a capacidade de desenvolvimento envolvendo estes

assuntos, faculta na preparação prática para a assimilação de um experimento o qual possa despertar a clareza e consenso de um entendimento explorando a comunicação de áreas tão distintas.

Assim sendo, o know-how para o desenvolvimento utilizando o dispositivo BCI empregado, promoveu mudanças para a composição de um trabalho confrontando a forma tradicional de implementação de um sistema. Transferindo parte do âmbito do estudo para a compreensão do processamento de sinais biológicos, quais são assimilados por este aparelho na finalidade de suceder uma interação. Oportunizando um surpreendente aprendizado no âmbito da neurociência, que desperta inúmeras possibilidades de pesquisa para a continuidade da formação acadêmica nessa multidisciplinaridade, sendo assunto de um próximo tópico deste capítulo.

Além do conhecimento obtido de modo a assimilar o processamento de dados do dispositivo e no intuito de salientar uma forma de controle que exprima o poder de uma interação BCI. A importância proporcionada pela mobilidade ao usuário, originou a implementação de uma interface na qual fosse evidenciada a utilização do tratamento de sinais do aparelho para uma representação visual de coleta de dados. Para isto, a distinção que advém da serventia de uma aplicação mobile, beneficiou o estudo posto que influenciaria diretamente com o dia-a-dia das pessoas. Ou seja, sua aplicabilidade estaria suscetível a atuação real visto que grande parte da população possui smartphones e os utiliza com demasiada frequência.

A interação com o dispositivo evoluiu gradativamente. De forma que, próximo ao término de grande parte do escopo do projeto, a implementação de um IoT no intuito de exemplificar a capacidade de desenvolvimento prática assimilando um experimento real na comunicação de uma interação BCI, concerniu à integração da plataforma Arduino. Mediante a utilização de um protótipo IoT e dispendo de uma asserção na disciplina projeto interdisciplinar do curso de Sistemas de Informação. Houve a possibilidade de associar os dois projetos com o intento de congregar o aprendizado em um único plano contemplando a integração de uma interação BCI utilizando o IoT criado na matéria interdisciplinar.

Deste modo, o módulo concebido e apresentado neste projeto serviu como base para uma prova de conceito elaborado na disciplina do curso de sistemas, o qual, apresentou maior completude e funcionalidade em um cenário real. Visto que, o projeto sucedeu em um produto com valor agregado para a Startup OnHouse, organizada pelo grupo ao qual o iniciando é membro. A agregação do protótipo IoT gerou um artefato para a inovação na área de automação residencial tomando poder de uma interação BCI para a maior simplicidade, aptidão e agrado para as interações Homem-Máquina.

Apesar da fase de pesquisa e estudo, empregada para a seleção do desenvolvimento no apoio da plataforma Arduino explorada para o IoT utilizado na proposta OnHouse não ser explícita no relatório do projeto, este estágio se manifesta como sustentação da preparação para a construção e otimização fundamental, a qual gerou o embasamento de definição da metodologia utilizada na iniciação científica. Com objetivo de garantir uma plena eficiência de processos, justificada no preparo do protótipo desenvolvido na disciplina interdisciplinar.

Ainda, apesar do satisfatório resultado obtido, é estimado que haveriam maiores contri-

buições se fosse feita uma investigação da evolução da área de BCI com outros dispositivos, que podem ser feitos através de uma nova proposta de pesquisa e aquisição de novos equipamentos. As possibilidades ocasionadas pela evolução do estudo do BCI, proporcionaram planos para trabalhos futuros inconcebíveis sem o auxílio de verba do programa do PIC. Assim, no próximo tópico será discutida a continuidade da proposta a Interação Homem-Máquina, como um novo projeto de pesquisa, a fim de explorar ainda mais a capacidade de uma interação BCI.

6.3 Trabalhos futuros

Na atual conjuntura do projeto de iniciação científica, a pesquisa e o progresso pre-visto foram contemplados. Contudo, nem todo o potencial da interação BCI foi obtido até o momento. O dispositivo, alvo da pesquisa (Myo), expôs uma grande competência para desenvolvimento utilizando técnicas do BCI, um âmbito cerne em pesquisas de inovação tecnológica na modernidade.

Essa área inova a cada dia no meio acadêmico, encaminhando muitas expectativas no avanço tecnológico e para a medicina. Assim, há uma competência excepcional para a Interação Homem-Máquina, iminente no progresso do estudo utilizando as técnicas apreendidas com a braçadeira. No intuito de evoluir e avançar no âmbito de ensino multidisciplinar proposto pela área de estudo do BCI é pretendido o desenvolvimento de um novo projeto de pesquisa, a fim de explorar uma interação capaz de unir o admirável ao espantoso.

Alcançando o discernimento dos processos executados pela interface do bracelete, com o entendimento do processo biológico que advém do corpo humano. Algumas etapas se apresentaram diversa relevância no propósito de implementar um novo projeto de pesquisa:

A etapa de coleta, alusiva ao tratamento de sinais biológicos, apresentou certa carência, no recolhimento da taxa de amostras do processo biológico. Etapa fundamental para a elaboração de novas técnicas para captar novos gestos, tornando-se funções inéditas para implementação.

A etapa de testes, alusiva as técnicas utilizadas pelo aparelho na elaboração de algoritmos os quais descrevem os gestos. Podendo então, acrescentar a compreensão da técnica, sua verificação e a reprodução.

A expectativa de desenvolvimento aplicado na medicina, no intuito de mimificar movimentos humanos por intermédio do aperfeiçoamento de um dispositivo com capacidade de atuação na área.

A aplicação de um repositório de amostras, desenvolvido e disponibilizado pela empresa francesa InMoov (<http://inmoov.fr/>), para o incentivo a pesquisas nas áreas da robótica e mecatrônica, utilizado por estudantes em diversas partes do mundo.

Direcionando-se cada vez mais a complementação das duas áreas de ensino que trabalham com as interações humanas com as máquinas, perante da interação BCI. A nova proposta de desenvolvimento do projeto possibilita a replicação de algumas técnicas obtidas no atual trabalho e por meio da evolução por meio destas novas etapas para a interação, capaz de suprir limitações extraordinárias entre homem e máquina.

Referências

- ARDUINO. What is Arduino? 2017. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 26/03/2017.
- BEAR, M. F. et al. Neurociência, desvendando o sistema nervoso. Artmed, n. 2, 2002.
- BERNHARDT, P. EMG in the Bluetooth Protocol. 2015a. Disponível em: <http://developerblog.myo.com/myocraft-emg-in-the-bluetooth-protocol/>. Acesso em: 05/02/2017.
- BERNHARDT, P. How I learned to Stop Worrying and Love Quaternions. 2015b. Disponível em: <http://developerblog.myo.com/quaternions/>. Acesso em: 08/05/2017.
- BERNHARDT, P. Myo Bluetooth Protocol. 2015c. Disponível em: <http://developerblog.myo.com/myo-bluetooth-spec-released/>. Acesso em: 07/06/2017.
- BLUETOOTH. Bluetooth Specifications. 2017a. Disponível em: <https://www.bluetooth.com/specifications>. Acesso em: 19/04/2017.
- BLUETOOTH. what is Bluetooth? 2017b. Disponível em: <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works>. Acesso em: 13/04/2017.
- CHURCHLAND, P. S. et al. What is computational neuroscience? . Computational Neuroscience, MIT Press, p. 46 – 55, 1993. Edited by Eric L. Schwartz.
- DAWSON; MICHAEL. Understanding Cognitive Science. Blackwell Publishing, 1998.
- DEVELOPERS, A. Componentes da arquitetura do Android. 2017. Disponível em: <https://developer.android.com/develop/index.html>. Acesso em: 21/04/2017.
- FORNI, R. M. A. Gartner Says Worldwide Sales of Smartphones Grew 9 Percent in First Quarter of 2017. 2017. Newsroom, Press Release. Disponível em: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3725117>. Acesso em: 25/07/2017.
- FOUNDATION, R. P. Raspberry Pi Learning Resources. 2017. Disponível em: <https://www.raspberrypi.org/learning/hardware-guide/>. Acesso em: 15/04/2017.
- GRABIANOWSKI, E. How Brain-Computer Interfaces Work. Tech j Other Peripherals, Novembro 2007. Disponível em: <http://computer.howstuffworks.com/brain-computer-interface>. Acesso em: 24/08/2016.
- GRAPHICS, C. Conversion between quaternions and Euler angles. 2017. Disponível em: http://graphics.wikia.com/wiki/Conversion_between_quaternions_and_Euler_angles?veaction=edit. Acesso em: 25/07/2017.
- GREEN; PAUL. Iterative Design. Lecture presented in Industrial and Operations Engineering, Human Factors in Computer Systems, University of Michigan, Ann Arbor, MI, n. 436, February 2008.
- GREENBERG, S. Specification Myo Bluetooth . [S.I.], 2015. Disponível em: <https://github.com/thalmiclabs/myo-bluetooth>. Acesso em: 15/04/2017.
- HAMILTON, W. R. On Quaternions; or on a new System of Imaginaries in Algebra . Philosophical Magazine, (1844–1850), 1843. Letter to John T. Graves, dated October 17, 1843. Disponível em: <https://www.emis.de/classics/Hamilton/OnQuat.pdf>.

- HECHT-NIELSEN, R. Neurocomputing . Addison-Wesley, 1990. ISBN 10: 0201093553.
- HEWETT et al. ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction. July 2014.
- JOHNSON, R. C. GPS system with IMUs tracks first responders. News & Analysis, EEJTimes, July 2011. Disponível em: http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1259727. Acesso em: 09/05/2017.
- JONES, P. F. E. M. Gimbal Angles, Gimbal Lock, and a Fourth Gimbal for Christmas. 2011. Disponível em: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/gimbals.html>. Acesso em: 18/05/2017.
- KIMURA, J. Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle principles and practice. Oxford University Press, Oxford University Press, n. Fourth Edittion, p. 47 – 92, September 2013. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=h06nBAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 04/08/2017.
- LABS, T. Myo SDK Manual. [S.l.], 2014. Disponível em: https://developer.thalmic.com/docs/api_reference/platform/index.html.
- LABS, T. Myo Developer. 2015. Downloads SDKs, Firmwares and Other Resources for developing with myo. Disponível em: <https://developer.thalmic.com/downloads>. Acesso em: 20/02/2017.
- MACHINE-LEARNING-TEAM. Hardware Gets Better with Data. 2014. Disponível em: <http://developerblog:myo.com/hardware-gets-better-data/>. Acesso em: 07/06/2017.
- MILLETT, D. Hans Berger: From Psychic Energy to the EEG. Perspectives in Biology and Medicine, The Johns Hopkins University Press, v. 44, n. 4, p. 522 – 524, Autumn 2001. Disponível em: <https://methodsinbraincomputerinterfaces.wikispaces.com/file/view/BergerBiography.pdf>. Acesso em: 08/01/2017.
- MR, B. The early history of the synapse: from Plato to Sherrington. Brain Res Bull, v. 2, n. 50, p. 95 – 118, 1999.
- OLIVEIRA, W. Comunicação entre Módulos Bluetooth HC-05 e HC-06. 2016. Acesso em: 27/03/2017.
- PH., M.; M., D. Instrumentação em Eletromiografia. Laboratório de Biofísica, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://demotu.org/pubs/EMG.pdf>. Acesso em: 25/08/2016.
- RALL, W. Theory of physiological properties of dendrites. Ann. N.Y. Acad. SCI, n. 96, p. 1071 – 1092, 1962.
- RALL, W. Theoretical significance of dendritic trees for neuronal input-output relations. In Neural Theory and Modeling, R.F. Reiss. Stanford Univ. Press, 1964.
- REBELO, I. Introdução ao HCI. 2014. Disponível em: <https://irlabr.wordpress.com/apostila-de-ihc/parte-1-ihc-na-pratica/introducao-a-interacao-entre-homem-e-computador-ihc>. Acesso em: 26/08/2016.
- SENIAM. Sensor Placements. 2017. Recommendations for sensor locations. Disponível em: <http://www.seniam.org/>. Acesso em: 12/08/2017.
- SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. Pearson Addison Wesley, n. 8, 2007.

SPARKFUN. Accelerometer, Gyro and IMU Guide. Disponível em: https://www.sparkfun.com/pages/accel_gyro_guide. Acesso em: 09/05/2017.

STARLINO. A Guide To using IMU (Accelerometer and Gyroscope Devices) in Embedded Applications. 2009. Disponível em: http://www.starlino.com/imu_guide.html. Acesso em: 09/05/2017.

TH., M. M.; JS., C. O início da era dos canais iônicos. Ciência Hoje, v. 193, n. 33, p. 56 – 80, 2003.

TOWNSEND, K. Introduction to Bluetooth Low Energy. 2014. Disponível em: <https://learn.adafruit.com/introduction-to-bluetooth-low-energy/>. Acesso em: 13/03/2017.

VALLABHAENI, A. et al. Brain-Computer Interface. 2014.

WOLPAW, J. R. et al. Brain-Computer Interfaces for communication and control. Clinical Neurophysiology, v. 6, n. 113, p. 767 – 791, 2002.

Apêndices

APÊNDICE A – O Bloqueio de Gimbal

Figura 36 – Myo e o Gimbal



Imagem retirada do vídeo: goo.gl/21gn3G

As IMUs (unidade de medição inercial) são amplamente empregues em dispositivos que exigem conhecimento de sua posição exata, como ferramentas aplicadas no estudo do movimento do corpo. No entanto, pela forma que é realizada a técnica de dados de orientação, através de apenas ângulos de Euler, ocasiona possua algumas imperfeições. Dado que, rotações espaciais são modelos matemáticos complexos, se usadas mediante fundamentos imprecisos, podem ocasionar em uma trava. Já que estas, não comutam, são difíceis de combinar e interpolar, constituindo amplos quebra-cabeças tal como o Bloqueio de Gimbal. Que, acarretou o mais afamado e imprevisito acontecimento durante a missão Apolo 11 à Lua.

O Gimbal consiste em um rotor e 3 aros concêntricos, figura 36. O Gimbal Lock ou bloqueio de Gimbal, é quando dois ou três aros desse sistema ficam na mesma posição, levados a uma configuração paralela “travando” as rotações do Gimbal de forma com que apenas gire em um espaço bidimensional. Esse problema usualmente transcorre em rotações, ocasionando em problemas para animações (visualizações 3D), e para procedimentos que utilizam rotações de Euler. Essa “trava” do dispositivo, resulta na perda de um grau de liberdade em um meca-nismo articulado de 3 dimensões. No entanto, a palavra “lock” é enganosa, o Gimbal não está travado, todos os três eixos desse sistema ainda podem girar livremente em seus respectivos eixos de suspensão. Mas devida a orientação paralela de dois dos eixos, não há um quarto eixo disponível (rotor, figura 37), para acomodar a rotação ao longo de um dos eixos (BERNHARDT, 2015b).

Figura 37 – Gimbal com quatro eixos de atuação

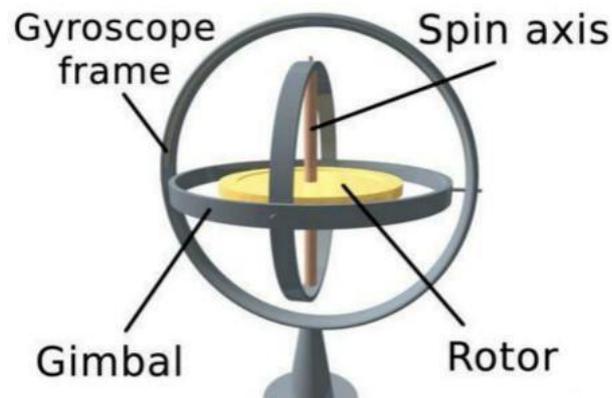


Imagem retirada do site: goo.gl/QQFmXR

A operação de sistema de navegação inercial (INSs), contam como componente mais importante de coordenação, a utilização de aplicações de IMUs. Onde grande parte dos veículos como uma espaçonave dependem deste sistema para se direcionar pelo globo ou universo. No cenário apresentado a cima, a nave espacial da missão Apolo 11, apresentava um conjunto de gimbals para implementar o IMU. Onde, apesar de os engenheiros da missão, estarem cientes do problema de Gimbal Lock, eles se recusaram a utilizar um quarto anel. Ocasionalmente no infortuno do sistema de rotação da nave simplesmente “congelar”. Dessa forma, a partir desse ponto, a espaçonave teve de ser movida manualmente para longe da posição na qual a articulação do Gimbal havia sido bloqueada. Propiciando no realinhamento manual da plataforma, cuja manobra é de extrema complexidade para um piloto, comparada com a atuação dos sistemas de computação excepcionalmente inovadores da nave. Resultando em um processo ao qual o piloto realinhou a nave, utilizando as estrelas como pontos de referência espacial (JONES, 2011).

A realidade moderna é evitar completamente a utilização de Gimbals, no contexto de sistemas de navegação por inércia, isso pode ser feito montando sensores inerciais diretamente no corpo do veículo, como um sistema strapdown. Integrando sensores de rotação e aceleração e digitalmente usando métodos de quaternions para derivar a orientação e velocidade do veículo. Por existirem várias soluções para uma determinada orientação, é possível representar as rotações com quatérnion de forma agradável e inequívoca. O Quatérnion é um método de rotação que utiliza um quatérnion para representar uma orientação em três dimensões, fornecem uma notação matemática conveniente para representar orientações e rotações de objetos em três dimensões, como uma extensão de quatro dimensões dos números complexos, da seguinte forma: $[x, y, z, w]$. Em comparação com os ângulos de Euler, eles são mais simples de compor e evitar o problema do bloqueio de gimbal. Em comparação com as matrizes de rotação, elas são mais compactas, mais numericamente estáveis e podem ser mais eficientes (HAMILTON, 1843).

APÊNDICE B – On House

Figura 38 – On House



A On House é uma Startup criada pelo iniciando deste projeto, com mais três colegas do curso de Sistemas de Informação, durante lecionação da disciplina de Projeto Interdisciplinar no quarto semestre do curso.

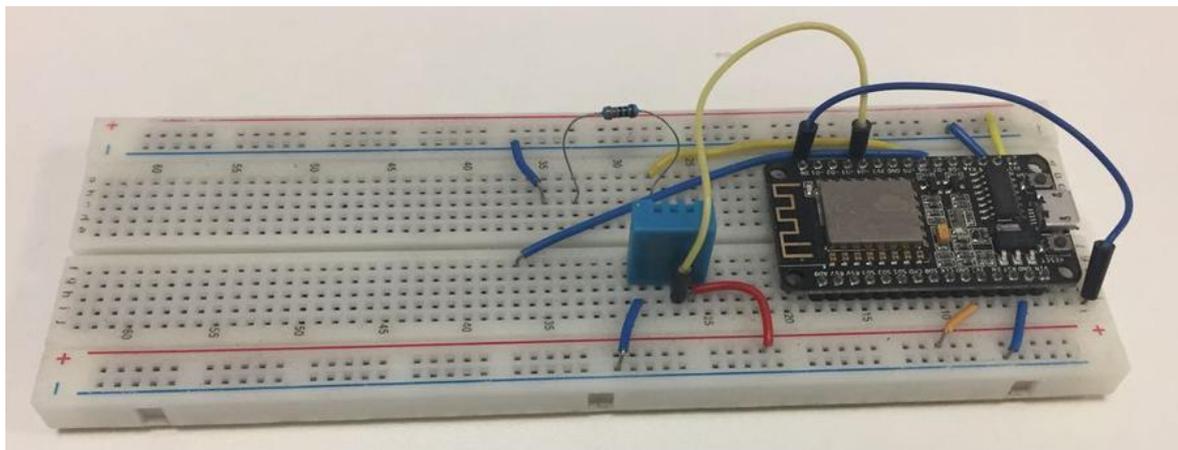
A disciplina Projeto Interdisciplinar, por sua vez, cuja finalidade é a consolidação da formação teórico-prática do semestre, através da integração do aprendizado exercido no semestre, tem como entrega final a apresentação de um produto mercadologicamente viável utilizando-se em sua concepção o conceito de internet das coisas (IoT).

Esse produto tem o objetivo de atuar no mercado de automação residencial, mais especificamente voltado para a utilização em pequenas residências ou escritórios, pois na atualidade, a automação dificilmente concilia boa performance e baixos custos de implementação. Esta solução se encontra no contexto de proporcionar uma alternativa economicamente mais acessível para essa tecnologia ao mercado.

Assim, em paralelo ao projeto de iniciação científica, foi utilizada a ideia empregue de BCI para aperfeiçoar o projeto onHouse, permitindo que a interação entre homens e máquinas seja empregue em uma aplicação industrial, mesmo que num simples protótipo de controle de um interruptor de energia.

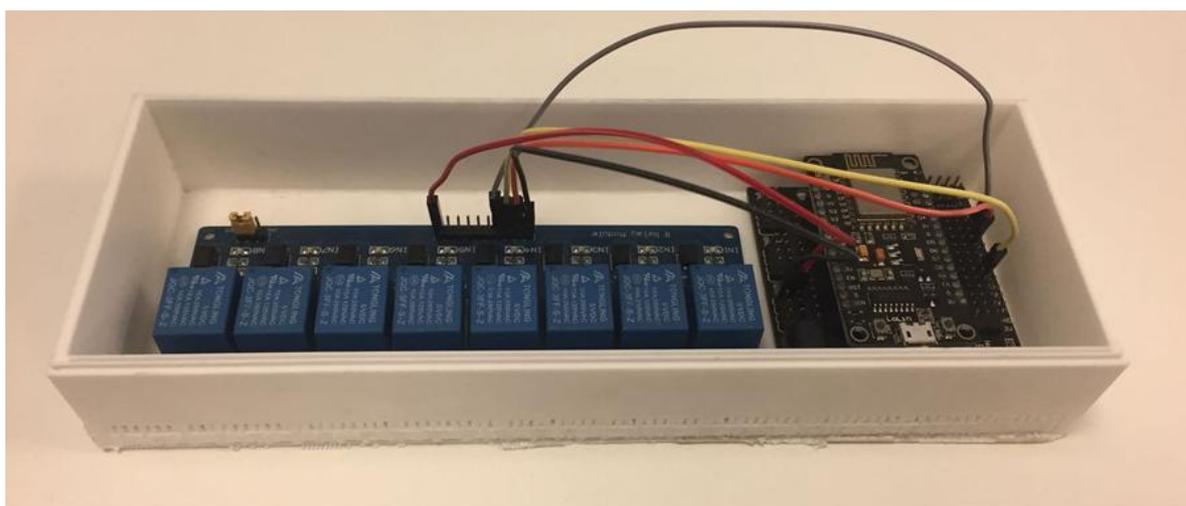
Para isto, foi construída uma prova de conceito utilizando da tecnologia IoT a partir da plataforma de desenvolvimento de hardware livre do Arduino e da utilização de um Cloud Service para atuar no controle da plataforma. A figura a seguir, 39, apresenta o primeiro protótipo utilizando Arduino e que permite o controle de um led atrás do projeto de iniciação.

Figura 39 – Prova de Conceito On House



A próxima figura, já apresenta um segundo protótipo, que pode ser ligado a uma rede elétrica doméstica convencional.

Figura 40 – Protótipo de desenvolvimento On House



Além disso, um vídeo demonstrativo pode ser acessado pelo link: <https://goo.gl/vXh76d>.
Um ilustração deste vídeo pode ser observado pela figura 41 abaixo.

Figura 41 – Vídeo demonstrativo On House

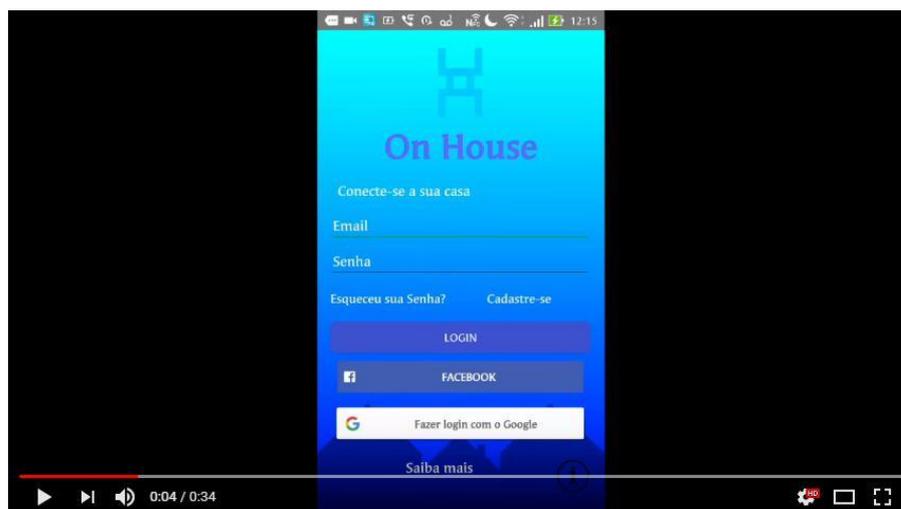


Imagem retirada do Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=SZMCbKRvh_U

APÊNDICE C – Tratamento e Coleta de Dados

Durante o desenvolvimento do capítulo dois, “O Dispositivo BCI” foi implementada uma aplicação para realizar a coleta dos dados do bracelete Myo. Como resultado desta coleta foram obtidas planilhas “.csv”, as quais foram utilizadas para a tomada de decisão sobre as possíveis classificação dos movimentos que o usuário deseja realizar. Uma série de dados, dos diversos que foram coletados, estão ilustrados na figura 42.

Figura 42 – Exemplo de dados coletados EMG

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Emg1	Emg2	Emg3	Emg4	Emg5	Emg6	Emg7	Emg8
2	3	4	-3	1	0	0	0	5
3	-3	2	4	-1	1	-1	-2	-1
4	2	6	-2	-1	-2	-1	0	0
5	-7	-6	8	7	2	-1	-1	-7
6	2	-2	-6	-2	1	1	0	3
7	-3	-5	-1	0	-3	-2	-3	-4
8	3	-1	0	0	-2	0	1	2
9	0	-1	-1	-5	0	0	0	0
10	-4	-3	2	1	-3	-2	-3	-3
11	1	1	-1	0	-2	0	1	-3
12	-3	-1	0	-3	1	1	0	3
13	-1	-2	0	1	-3	0	-2	1
14	-4	-4	0	-1	-2	-2	0	-6
15	1	-2	-4	-6	-1	-1	-1	3
16	-5	-5	-6	2	1	0	-2	-3
17	6	7	-1	-3	-3	-1	4	3
18	-2	3	-1	-2	-1	0	-1	-2
19	-1	1	6	4	0	-1	-1	1
20	-3	-6	-9	0	-1	-2	-2	-3
21	-3	-2	-4	2	0	0	-3	-2

A fim de possibilitar, uma melhor análise e uso posterior dos dados para a pesquisa científica e cálculos amostrais, uma coleção de outras informações, gráficos ilustrativos e séries amostradas estão disponíveis no link: <https://goo.gl/oxt6Dp>.