

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SANTO ANDRÉ**  
**Tecnologia em Mecatrônica Industrial**

**Allan Loçano de Come**  
**Murilo Rodrigues de Oliveira**  
**Vinicius dos Santos Aguiar**

**Comunicação Industrial Entre Meios Robóticos**

**Allan Loçano de Come**  
**Murilo Rodrigues de Oliveira**  
**Vinicius dos Santos Aguiar**

**Comunicação Industrial Entre Meios Robóticos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à FATEC  
Santo André, como requisito parcial para a obtenção  
do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.

Orientador: Prof. Me. Murilo Zanini de Carvalho

**Allan Loçano de Come**  
**Murilo Rodrigues de Oliveira**  
**Vinicius dos Santos Aguiar**

C732c

Come, Allan Loçano de  
Comunicação industrial entre meios robóticos / Allan Loçano de  
Come, Murilo Rodrigues de Oliveira, Vinicius dos Santos Aguiar. -  
Santo André, 2018. – 66f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.  
Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, 2018.

Orientador: Prof. Me. Murilo Zanini de Carvalho

1. Mecatrônica. 2. Comunicação. 3. Robôs. 4. Internet das coisas.  
5. Automação. 6. indústrias. 7. Linha de montagem. I. Oliveira,  
Murilo Rodrigues de. II. Aguiar, Vinicius dos Santos. III.  
Comunicação industrial entre meios robóticos.

## LISTA DE PRESENÇA

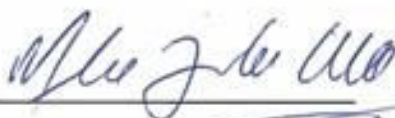
Santo André, 07 de Julho de 2018

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA:  
“COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL ENTRE MEIOS ROBÓTICOS” DOS  
ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

## BANCA

PRESIDENTE:

PROF. MURILO ZANINI DE CARVALHO



MEMBROS:

PROF. ELIEL WELLINGTON MARCELINO



PROF. PAULO TETSUO HOASHI

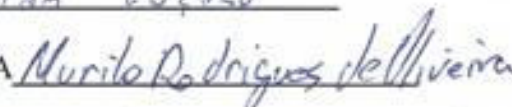


## ALUNOS:

ALLAN LOÇANO DE COME



MURILO RODRIGUES DE OLIVEIRA



VINICIUS DOS SANTOS AGUIAR



## **Agradecimentos**

Os autores agradecem em primeiro lugar a Deus que tornou tudo isso possível, ao orientador Prof. Me. Murilo Zanini de Carvalho, por mover montanhas para nos ajudar e mostrar o caminho correto. Agradecemos aos nossos amigos Bruno Ghais, Gabriella Alves, Tamires Santos e ao futuro PhD em ciências da computação Doutor Ignasi Andrés Franch, por nos ajudar a tornar possível a página web. Aos conselhos do sábio Fernando Garup Dalbo, que não só nos mostrou a direção como ensinou como seguir por este caminho.

*“Algumas pessoas podem ler “Guerra e Paz “e achar que é uma simples história de aventura, outras podem ler os ingredientes do chiclete na embalagem e desvendam os segredos do universo.”*

***Lex Luthor***

## **Resumo**

Conforme o avanço da computação em nuvem foi ganhando cada vez mais destaque, o fácil armazenamento de massas de dados se tornou real e com isso a Indústria 4.0 ganhou espaço para ser desenvolvida em conjunto com a utilização da Internet das Coisas, possibilitando assim comunicação em tempo real pela *internet*, minimizando erros humanos e possibilitando trocas de dados em intervalos mais curtos. Este trabalho foi elaborado para simular a comunicação entre meios robóticos em meio a uma linha de montagem visando uma comunicação simultânea entre o robô e a nuvem, dando ao cliente muito mais acesso ao que se está sendo produzido e facilitando o controle de dados do processo para o supervisor.

### **Palavras chave:**

Industria 4.0, Internet das Coisas, Comunicação em Nuvem, Comunicação industrial.

## **Abstract**

As the advancement of cloud computing has gained increasing featured, the easy storage of data masses has become real and with this 4.0 Industry has gained space to be developed side by side with the Internet of Things, making possible communication in real time throught the internet, minimizing human errors and allowing data exchanges at shorter intervals. This work was designed to simulate the communication between robotic means in the middle of an assembly line, aiming at a simultaneous communication between the robot and the cloud, giving the customer much more access to what is being produced and facilitating the control of process data for the supervisor

### **Keywords:**

Industry 4.0, Internet of Things, Cloud Communication, Industrial Communication.



## Lista de ilustrações

Figura 1 – Fluxograma do projeto	14
Figura 2 – Feudalismo	16
Figura 3 – Indústria em 1800	17
Figura 4 – Uma grande união	18
Figura 5 – Linha de montagem século XVIII	19
Figura 6 – Princípios da indústria 4.0	21
Figura 7 – Áreas de atuações da IoT	24
Figura 8 – <i>Gateway</i> IoT	25
Figura 9 – Linha de montagem inteligente	26
Figura 10 – Troca de informações HTTP	27
Figura 11 – XML protocolo	28
Figura 12 – Diagrama JSON	29
Figura 13 – Exemplo de dados no JSON	29
Figura 14 – Diagrama MQTT	30
Figura 15 – Troca de informações do MQTT	31
Figura 16 – Diagrama de troca de mensagens	32
Figura 17 – Diagrama do MQTT com exemplos	33
Figura 18 – Placa Arduino Nano	34
Figura 19 – Wemos	35
Figura 20 – Placa NodeMCU	36
Figura 21 – Armazenamento em nuvem	37
Figura 22 – Armazenamento em nuvem	38
Figura 23 – Esquema de fluxo de dados	39
Figura 24 – Peças do produto final	41
Figura 25 – <i>Pallet</i>	42
Figura 26 – Fluxo de possibilidades	45
Figura 27 – Ponte H	46
Figura 28 – l293d circuito	47
Figura 29 – Chave de alimentação	47
Figura 30 – Circuito do encoder	48
Figura 31 – Interior do motor do robô	49
Figura 32 – Postman método <i>post</i>	51
Figura 33 – Postman método <i>get</i>	52
Figura 34 – Fluxo de <i>post</i> e <i>get</i>	52
Figura 35 – Equipamento desenvolvido	54
Figura 36 – Equipamento desenvolvido	55
Figura 37 – Encaixe das peças	56
Figura 38 – Novas peças <i>layout</i>	57

## Lista de abreviaturas e siglas

AWS	<i>Amazon Web Services</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MDF	<i>Medium-Density Fiberboard</i>
MQTT	<i>Message Queue Telemetry Transport</i>
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

## Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	13
1.2	Justificativas	14
1.3	Organização da Monografia	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Evolução da indústria	16
2.2	Indústria 4.0	20
2.3	IoT(Internet of Things)	23
2.3.1	HTTP (HyperText Transfer Protocol)	26
2.3.2	XML (Extensible Markup Language)	27
2.3.3	JSON (JavaScript Object Notation)	28
2.3.4	MQTT (Message Queue Telemetry Transport)	30
2.3.5	Broker	31
2.3.6	Subscriber	32
2.3.7	Publisher	32
2.4	Hardware para transmissão de dados com dispositivos	33
2.4.1	Arduino	33
2.4.2	ESP8266	34
2.4.3	Wemos	34
2.4.4	NodeMCU	35
2.5	Computação em Nuvem	36
3	METODOLOGIA	39
3.1	Escolha do tema	39
3.2	Etapas para desenvolvimento do projeto	40
3.2.1	Acionamento remoto de dispositivos	43
3.2.2	Comunicação entre ESP8266 e Servidor	43
3.2.3	Comunicação entre Wemos e a nuvem	44
3.2.4	Implementação do protocolo MQTT	44
3.2.5	Implementação da lógica do projeto	44
4	DESENVOLVIMENTO	46
4.1	Desenvolvimento do software	46
4.1.1	Sistema de controle do robô	46
4.1.2	Sistemas de controle do pallet	49
4.1.3	Software para gerenciamento da plataforma (WebServer)	50
4.1.4	Banco de dados	50
4.1.4.1	PythonAnywhere	50
4.1.4.2	Postman	51
4.1.5	Interface web com o usuário	53
4.2	Desenvolvimento do hardware	53
4.2.1	Robô	54
4.2.2	Suportes para fechamento de malha do robô	55
4.2.3	Geometria das peças para montagem	56
5	RESULTADOS	58
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICES	62

## 1 Introdução

A evolução industrial pode ser compreendida por meio da perspectiva histórica e da análise das fases de desenvolvimento, geração e aproveitamento da tecnologia. Esse processo contínuo permitiu que a indústria passasse do uso de máquinas à vapor, durante o século XVIII, para a utilização de complexos robôs nos dias atuais. Esse progresso ocorre, em parte, pela necessidade de inovação da linha produtiva, e em parte pela busca por maior eficiência no processo produtivo por meio da otimização da tecnologia já existente.

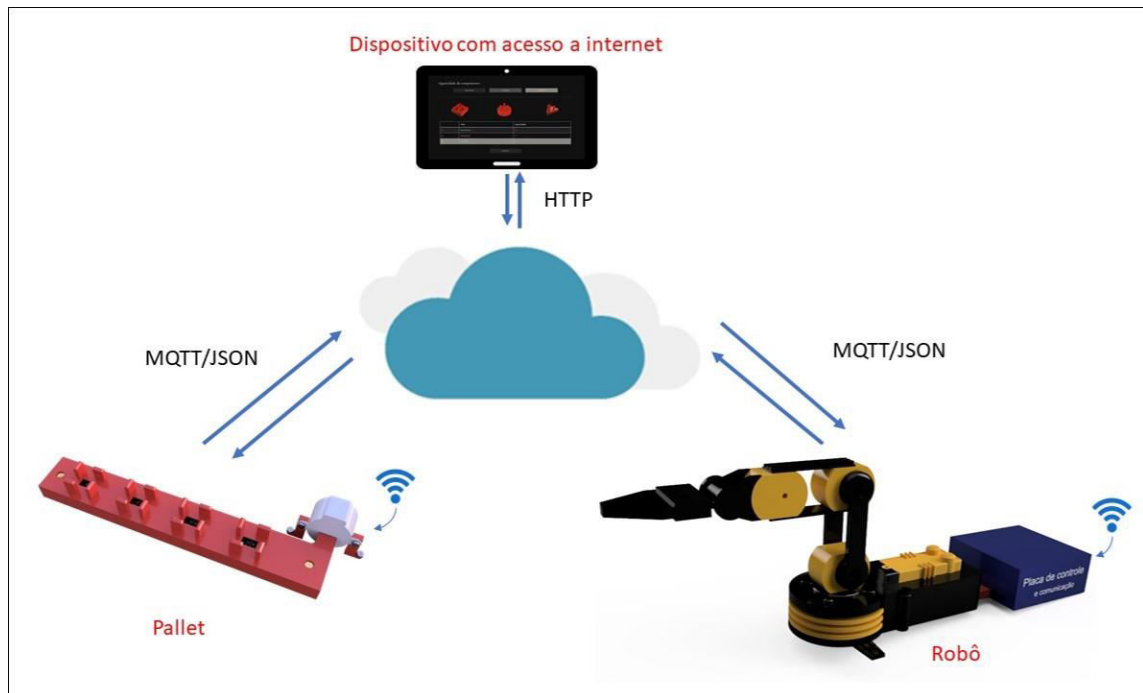
O aproveitamento dessa tecnologia, combinado ao uso da *internet*, permitem a facilitação do acesso aos dados na linha de produção, além facilitar e renovar o funcionamento das linhas de montagem. Em meio a esse contexto de constante evolução e desenvolvimento encontra-se a chamada indústria 4.0. Embora seja um conceito recente, essa indústria vem crescendo ao longo dos anos e apresentando novos conceitos de fábricas inteligentes, tendo em destaque algumas características como: o compartilhamento de dados constante entre todos os meios ligados; a capacidade de operação em tempo real, na qual há conexão entre os meios de produção e a descentralização de tomada de decisão já que as decisões podem ser feitas pelo sistema *cyber-físico* de acordo com as necessidades de produção. O presente trabalho tem como objeto de pesquisa as aplicações e desenvolvimento desse tipo de indústria

### 1.1 Objetivos

Dado o cenário exposto, este trabalho teve por objetivo implementar um sistema para viabilizar a comunicação de dispositivos robóticos integrados na produção de produtos personalizados, para possibilitar que os usuários possam realizar os pedidos em uma *interface web* personalizada. O usuário teria livre acesso para realizar a manipulação do produto final, onde poderia alterar suas características físicas de acordo com as variações que a plataforma fornece a ele.

Com o pedido realizado pelo usuário, o sistema iniciaria de forma automática sua produção. Todo o processo de fabricação do pedido realizado poderia ser acompanhado pelo usuário. A cada etapa que o pedido progride em sua montagem, novas atualizações de status ficariam disponíveis em tempo real na plataforma. Para a produção, o usuário enviaria a solicitação de seu pedido, os dados deste pedido seriam armazenados para que o manipulador robótico pudesse acessar e realizar a montagem do que foi solicitado, como pode ser esquematizado na Figura 1 a troca de informações dos elementos do projeto.

Figura 1 – Fluxograma do projeto



FONTE:Autoria Própria, 2018

Desta forma seria possível demonstrar a aplicação da comunicação entre os dispositivos, de uma linha de montagem com o usuário que solicitou o produto, fazendo o uso da comunicação via *web* e integrando o usuário com o produto fabricado, demonstrando os principais pontos da Indústria 4.0 e de sistema de comunicação entre meios robóticos.

## 1.2 Justificativas

A tecnologia introduzida e aprimorada pela indústria 4.0 facilita o controle e aquisição de dados estatísticos para melhor controle de produtos além de favorecer o aumento da produtividade. O acesso a essa rede de comunicação pode proporcionar maiores informações tanto para a empresa quanto aos seus clientes, sendo um dos focos deste trabalho.

Utilizando a comunicação entre meios robóticos é possível gerar dados influentes sobre o processo dos produtos o que confere um maior controle de estoque e de compra de materiais. Essa comunicação tem como objetivo manter o fluxo de informações entre o supervisor e controle na indústria para um melhor processo industrial.

A versatilidade que a indústria 4.0 proporciona, com capacidade de produzir informação, colabora para que possíveis melhorias sejam feitas nos produtos com uma maior margem de segurança visto que permite o rastreamento de falhas na produção ou no produto que podem ser informados aos operários.

Todas essas características fazem com que a demanda de mercado por tecnologias como a oferecida pela indústria 4.0 aumentem cada vez mais, uma vez que conferem vantagem competitiva àquelas empresas que a adotam.

### 1.3 Organização da Monografia

O presente trabalho é organizado em quatro tópicos principais: fundamentação teórica, metodologia, desenvolvimento e considerações finais. No primeiro tópico são abordados o desenvolvimento da indústria e sua evolução até a chegada até a indústria 4.0, bem como sua atuação no mercado com o auxílio dos modelos propostos pela *Internet Of Things*, também chamada de IoT, protocolos de comunicação, e pôr fim a computação em nuvem. Já em Metodologia são expostos os métodos e discussões para a escolha do objeto de pesquisa e as etapas para desenvolvê-lo. Além disso foi desenvolvido o estudo entre a comunicação de componentes com a nuvem, a implementação do protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), entre estes componentes e o cronograma de projeto.

O desenvolvimento detalhou os meios e as ferramentas para que o projeto fosse elaborado via *hardware* e *software*. Foram levados em consideração os sistemas de controle, *software* para desenvolvimento de uma página *web*, e uma abordagem específica para o braço robótico. Os resultados obtidos com o protótipo são apresentados, discutindo cada uma das etapas do desenvolvimento para sua realização. A discussão sobre os dados levantados é apresentada a seguir.

Por fim, as considerações finais, os trabalhos futuros e as referências para a elaboração do trabalho são apresentadas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico foram abordados a modernização da indústria e seus respectivos avanços para suprir as necessidades da sociedade, procurando mostrar o avanço tecnológico conforme as possibilidades dadas da evolução de época e também da demanda dos consumidores.

### 2.1 Evolução da indústria

A indústria tem o início de seu desenvolvimento ainda no fim na Idade Média com a produção de artefatos essenciais para a sociedade. Durante esse período, a produção era organizada em torno de artesãos que se caracterizavam como uma mão de obra que dominava a linha de produção do início ao fim, qualificando-se pela produção individual que permitia o conhecimento da cadeia produtiva como um todo.

A evolução do comércio pela burguesia transformou a sociedade como um todo, inclusive na forma como organizava sua cadeia produtiva. A busca por maior produtividade e empenho técnico na produção permitiu o avanço das chamadas manufaturas. Esse tipo de produção se organizava de forma a separar o processo produtivo em etapas realizadas por diversos artesãos que agora não precisavam mais conhecer toda linha de produção e sim apenas a etapa que lhe era designada, tendo como objetivos o aumento de lucros e o controle rígido dos funcionários. (Carrera, 2014).

Além disso, outro fator determinante para diferenciação dessas duas organizações da mão de obra pode ser visto na relação funcionário-chefe. Antes do surgimento das manufaturas os artesãos se organizavam de forma autônoma, enquanto as manufaturas caracterizam-se pela existência de salários correspondentes a produtividade e tempo dedicados, preconizando a organização direcionada ao lucro encontrada nas indústrias modernas.

Na era do feudalismo os trabalhos eram feitos com auxílio de algumas ferramentas e engenhos como a roda d'água, na Figura 2 é visto este tipo de serviço.

Figura 2 – Feudalismo



FONTE: Catalina Ramirez Carrera, (El Feudalismo, 2014)

Após a manufatura iniciou-se o capitalismo industrial, que teve um grande desenvolvimento na Inglaterra, a partir da década de 1780, concedendo a introdução às máquinas e estimando um aumento lucrativo. (Robert, 2006)

Embora a Inglaterra não possuísse uma tecnologia superior à França, na época, conseguiu ser pioneira na industrialização, pois possuía certos fatores que a favorecia, como proprietários comerciais que possuíam um vasto monopólio de terras, o que levou os ingleses a terem uma maior noção de aproveitamento das mesmas, visando o aumento de produção e lucro.

(Robert, 2006) Relata ainda que com essa mudança nos campos, houve um crescimento de trabalhadores que se dirigiram para a cidade, aumentando o potencial de mão-de-obra, nesse período, entre 1700 e 1800, Londres foi à cidade mais populosa do mundo.

O progresso da Inglaterra também contribuiu para o avanço industrial, pois as principais matérias-primas que impulsionavam a produção industrial eram vastas nos campos ingleses, os materiais mais abundantes eram o carvão, ferro e o algodão.

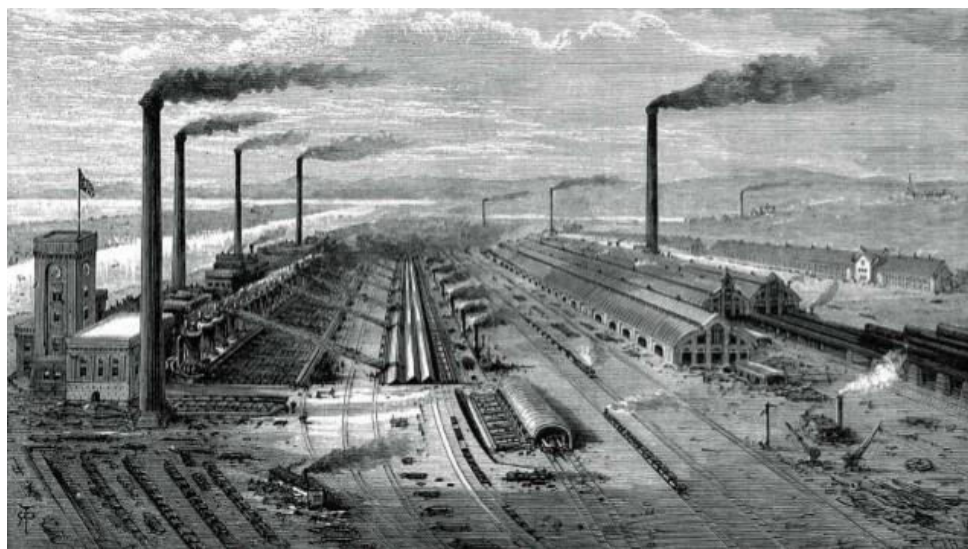
O carvão era utilizado como combustível para aquecer caldeiras e fazer o vapor, enquanto o ferro tinha sua importância para a construção de trilhos, navios, máquinas e pontes. Já o algodão era utilizado na fabricação de roupas, que por ser a matéria prima de maior facilidade em inovação, foi a primeira indústria a se desenvolver e revolucionar.

Entretanto com o ferro a situação era diferente, pois o mercado consumidor não existia, e isso só mudou após a revolução industrial, na qual a máquina a vapor e as ferrovias vinham ficando mais comuns e o ferro se tornando cada vez mais necessário para fabricação desses utilitários.

Com a evolução dessas máquinas foi possível substituir aos poucos as forças externas, como muscular e da natureza, pela energia mecânica que a máquina a vapor proporcionava. (Robert, 2006)

A Figura 3 mostra uma indústria operando no ano de 1800, explorando alguns detalhes, como trens e setores.

Figura 3 – Indústria em 1800



FONTE: George Dumitrache (THE INDUSTRIAL REVOLUTION, 2017).



A partir de 1807 o desenvolvimento de meios de transportes se tornava cada vez mais real, encurtando o tempo de viagem de passageiros e transporte de materiais.

Porem toda essa evolução trouxe suas consequências, uma delas foi o aumento da competição entre as empresas. Proporcionada pelo rápido desenvolvimento da indústria, a margem de lucro teve sua redução, portanto foi necessário tomar algumas medidas para que este fato fosse revertido, e para isso algumas mudanças foram feitas, como a redução salarial dos funcionários, e mão de obra infantil para redução de custos, onde o “salário” era muitas vezes pago com comida ou moradia.

Com a frequência de maquinário aumentando e o espaço dos funcionários diminuindo, uma grande parcela da população ficou sem trabalho, pois as empresas dispunham de muitos funcionários a custo de mão de obra baixíssimo, dado ao fato que o desemprego se tornara algo real. (Wesson, 2016)

Por conta dessas mudanças para a classe trabalhista, ocorreu também o desenvolvimento de ideologias socialistas, que possuíam o princípio de apropriação dos meios de produção, já que o objetivo do socialismo em si, era de não existir propriedade privada e que cada trabalhador iria trabalhar o necessário para ter as necessidades básicas atendidas e assim teoricamente a desigualdade social iria ser abolida na medida que o resultado do trabalho seria mais equilibrado. Mas pelo excesso de trabalhadores e o péssimo ambiente das fábricas iniciou-se a revolta dos funcionários. (Web,2012)

Um dos movimentos de trabalhadores que mais se destacou foi o Luddismo liderado por Ned Ludd. Esse movimento tinha como estratégia destruir máquinas e equipamentos, em forma de protesto, buscando melhorar a qualidade da vida dos trabalhadores.

Outro movimento que também se destacou foi o Cartismo, nome dado por referência a "Carta do povo", que foi escrita por William Lovett e enviada ao Parlamento, possuindo exigências para a classe trabalhista desta época, além do lucro ainda estar acima de tudo para os chefes das indústrias, operários tinham seus direitos minimizados pelo parlamento, onde não era possível nem votar, na Figura 4 é mostrado o simbolo do *One Big Union*.

Figura 4 – Uma grande união



A função desse movimento era adquirir mais direitos aos operários, como voto universal, igualdade entre os distritos eleitorais, voto secreto, eleição anual, pagamento aos membros do parlamento e abolição da qualificação segundo as posses para a participação no Parlamento.

Embora não tenha tido todo êxito necessário, foi um movimento de inspiração para outras possíveis conspirações futuras. (Santos,2017)

Associação formada pelo proletariado, conhecida como Trade Unions, foi outro movimento de suma importância. Depois na metade do século XIX, se tornaram os sindicatos que lutariam pelos direitos dos trabalhadores.

Nesse mesmo tempo, iniciava-se a segunda revolução industrial, que foi desenvolvida entre 1860 e 1914, e claro também trouxe suas mudanças, como a utilização de novas tecnologias, fordismo e taylorismo.

Dentre essas tecnologias se destacava a energia elétrica, a invenção do motor a combustão e a invenção do telefone, com isso as indústrias foram mudando o seu jeito de produzir e lidar com os avanços tecnológicos da época.

Foi então que surgiu o fordismo, em que Henry Ford utilizou uma esteira criando o que conhecemos como linha de montagem, a qual aperfeiçoaria boa parte de produção em maiores escalas, sendo um marco para a história, pois linhas de montagem existem até hoje e estão sendo cada vez mais aprimoradas para atender as demandas do mercado.

O fato das linhas de montagem serem sempre uma espécie de base para produtos que serão produzidos em larga escala, fez com que a evolução desta época fosse um tanto mais rápida, até alcançar a velocidade que possuímos industrialmente hoje, em que na figura 5 é possível visualizar uma linha de montagem de automóveis no século XVIII.

Figura 5 – Linha de montagem século XVIII



FONTE:Marcelo Cardoso (Revolução Industrial no Mundo, 2008).

Quem também se destacou foi Frederick Winslow Taylor, pois como a maioria dos industriais, via os trabalhadores como preguiçosos, que se permitiam preencher o seu tempo com qualquer coisa menos com o trabalho.

Visando esse fato, Taylor criou métodos para reduzir o tempo de execução das atividades, com o objetivo de simplificar as operações necessárias da produção. Taylor via que para ser efetivo era necessário vigiar e treinar os trabalhadores para que aquele que não fizesse sua parte fosse punido, de maneira adequada, mas nada brutal ou imoral, e para aqueles que se destacassem e desse o exemplo aos outros trabalhadores, havia o sistema de prêmios e gratificações, assim aumentando a competitividade entre os trabalhadores.

As principais ideias do Taylor para que isso funcionasse era, desenvolver uma ciência de planejamento com homens especializados para administrar e ter regras de processo, para que não existisse figura de patrão opressor e todos os trabalhadores fossem tratados igualmente. (Gonçalves, 2018)

O grande início da terceira revolução industrial veio logo após a segunda guerra mundial, pois houveram muitas evoluções tecnológicas principalmente para produção industrial, por conta da necessidade de alta produção de armamentos e munições.

Com a amplitude de pesquisas e descobertas feitas sobre a robótica e a *internet*, algumas atividades vinculadas a produção começaram a se destacar. Com o auxílio de computadores, *softwares*, microeletrônicos, chips, robôs, dentre outros, a produtividade e a melhora na qualidade de produtos começaram a gerar uma maior competição de mercado, buscando custos menores para produção e qualidade para os produtos.

Uma das características importantes quanto a inovação, foi a implementação e desenvolvimento de novos softwares e computadores que auxiliam na evolução das indústrias, proporcionando um destaque para produção de maiores índices lucrativos, tornando possível o investimento em tecnologia e desenvolvimento da indústria. (Alves, 2018)

Embora seja um conceito recente, a indústria 4.0 vem crescendo ao longo dos anos e apresentando ideais de fábricas inteligentes, com a capacidade de operação e monitoramento em tempo real, maquinário capaz de comunicar e disponibilizar dados de produção através de sistemas cyber-físico, além do acesso remoto via internet. E esse será o foco do trabalho apresentado, a comunicação entre sistemas cyber-físico.

## 2.2 Indústria 4.0

As atuais evoluções tecnológicas e a busca acirrada por competitividade de mercado, vêm impulsionando o avanço dos sistemas industriais de produção e a busca por agilidade, prazos curtos e resultados em processos, tudo isso traz à tona um novo conceito de indústria.

Como é citado por (Zhu ruicong wang; Qin, 2010) esse conceito de indústria atual utiliza as inovações tecnológicas nas áreas de automação, controle, tecnologia da informação, aplicadas na manufatura. Baseia-se na ideia de internet das coisas (IoT), que consiste na comunicação das máquinas entre si, utilizando a internet como meio de comunicação as máquinas podem trocar informações, processos, dados e até mesmo funções onde será abordado mais profundamente no tópico abaixo.

Isso transforma a maneira como as indústrias veem o processo de manufatura, deixando-o cada vez mais seguro, rápido e eficiente, causando um grande impacto nos diversos setores

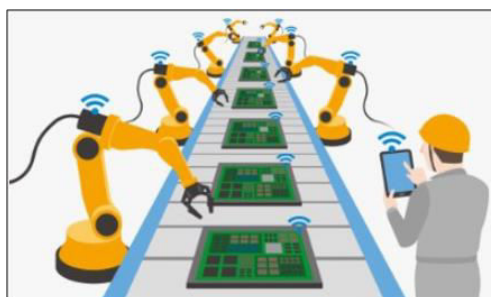
relacionados do mercado.

Alguns princípios da Indústria 4.0 apresentados por (Faustino,2016)

- Operação em tempo real: troca de dados, comandos e tomada de decisão praticamente instantâneas.
- Descentralização: as máquinas podem transferir e receber dados através de meios cyber-físicos, fazendo com que, dependendo da situação, os órgãos inteligentes descentralizem seus comandos tentando aprimorar o processo de fabricação.
- Modularidade: A produção é feita de acordo com a demanda, então as máquinas podem ser desacopladas e acopladas dependendo da necessidade apresentada pelo cliente.
- Virtualização: plantas virtuais supervisionam o funcionamento da indústria, permitindo, desta maneira, o rastreamento e monitoramento remoto do processo como um todo.

(Faustino,2016) também afirma ser possível perceber alguns destes detalhes, da indústria 4.0, na Figura 6 a seguir, como sua abrangente comunicação wireless entre os braços robóticos, o produto e seu dispositivo móvel que estabelece uma comunicação via *internet*, facilitando a troca de dados que conseqüentemente facilita o controle da produção.

Figura 6 – Princípios da indústria 4.0



FONTE:Dan Yarmoluk (IOT Manufacturing, 2016).

A modernização da indústria, com o passar dos anos, se tornou algo considerável, e com ela o profissional evoluiu também. Com a indústria repleta de sistemas automáticos e controle por robôs, os profissionais desta área terão que se especializar cada vez mais, para tornar seu trabalho sempre mais eficiente.

Embora a tecnologia esteja transformando a maneira como as coisas são fabricadas, algumas regras para se manter um profissional relevante não mudam tanto assim. Ter um bom relacionamento com os colegas de trabalho continuará sendo importante – ainda mais em um ambiente em que o avanço da automação exigirá competências diferentes de cada um.

Entre os especialistas é forte a ideia de que, num ambiente cada vez mais digitalizado, a colaboração ganhará força. “O avanço da tecnologia afetará todo mundo, do chão de fábrica ao alto escalão”, diz Maia. “Quem conseguir passar por esse processo de mudanças sem grandes traumas demonstrará inteligência emocional para subir na carreira.”.(Maia,2017)

Contudo o conceito de indústria 4.0 seja um tópico recente, esse tema tem sido abordado há alguns anos em países como Estados Unidos, Alemanha, China e Japão, que vêm elaborando essa ideia de “*quality over quantity*”, que seria traduzido de forma literal, “qualidade acima de

quantidade”.

Como diz (Li, ) O grande exemplo seria a China, que vem produzindo e exportando produtos para diversos países nesses últimos anos, o que fez com que sua economia alavancasse no meio industrial, onde no final de 2012, o país se tornou um líder global em operações de manufatura e a segunda maior em poder econômico do mundo.

De acordo com uma reportagem feita do Daily China (<http://www.chinadaily.com.cn/>, 2015), “em 2014 a China produziu 286,2 milhões de computadores pessoais, que equivale a 90% do mundo todo, 109 bilhões ares-condicionados, equivalendo a 80% de todo o mundo, 4,3 bilhões de lâmpadas leds, equivalendo a aproximadamente 80% de todas já produzidas no mundo e por último sua produção de celulares se aproximou ao equivalente de 80% da produção mundial” (Li, 2017, p.1, tradução nossa).

Baseado nos dados do “Daily China” foi possível notar que o desempenho que a china vem desenvolvendo é de extrema importância para a indústria como um todo, pois além de aumentar a competição com outros países, melhora o desenvolvimento e economia do próprio país.

Com toda essa ampliação do mercado chinês (Li, 2017) cita que a Alemanha vem sendo a pioneira quando se é falado de indústria 4.0, pois desde 2013 já se preocupava com estratégias de industrialização para competir com a China, onde as indústrias que se destacaram nesta época foram Volkswagen, BMW e SAP, que contavam e ainda contam com estratégias de manufatura para competir com outras indústrias, são elas: integração de informação industrial, digitalização de fabricação, internet das coisas e inteligência artificial.

Uma pesquisa sobre a infraestrutura, ciência e tecnologia diz que a China conquistou ótimos resultados em seis áreas de demanda do mercado, nessas seis áreas está incluso o novo tipo de energia, várias construções de pontes de grande porte, equipamentos espaciais (exemplo lançamento de novos satélites), *e-business* (exemplo Alibaba.com), redes de transporte (trilho de velocidade alta, tuneis, etc.) e supercomputadores. Essas conquistas têm melhorado a qualidade de vida da população chinesa e construído uma base sólida para o próximo nível de industrialização e desenvolvimento econômico.

Entretanto, a força da China se reflete nas áreas em que ela precisa melhorar, a maioria dessas áreas desenvolvidas está em infraestrutura doméstica e escopo de desenvolvimento, além de não serem marcas mundialmente reconhecidas, como Volkswagen, Mercedes, BMW e Siemens, da Alemanha, que produzem muitos bens de consumo e que são vendidos internacionalmente, estas foram desenvolvidas para melhoria interna. (Li, 2017)

Por mais que os destaques da evolução industrial estejam ligados a Ásia, Europa e América do norte, existem outros continentes que também se preocupam com a industrialização e estão se modificando através dessa nova área da industrialização, pois a (Iedi,2018) afirma que a própria américa latina vem investindo mais em inovações tecnológicas, pois com a atual tecnologia que se possui na américa, a demora que se desenvolveu a indústria, faz com que preocupações como impacto econômico, a velocidade da mudança tecnológica, desafios para o desenvolvimento da indústria 4.0 e relação entre automação e desemprego, sejam mais evidentes e que o nível industrial não alcance o de outros continentes. Afinal este tipo de avanço tecnológico pode causar mudanças disruptivas para a sociedade, como também pode gerar soluções com surgimento de novos produtos e modelos de negócio.

No entanto alguns dos desafios relevantes são as definições dos padrões de comunicação e garantia de segurança das redes frente à transmissão de dados, a capacidade analítica de elevado volume de dados, a infraestrutura das redes de comunicação dentro e fora das empresas e a disponibilidade de recursos humanos qualificados, com conhecimentos específicos para desenvolvimento, implementação e uso das novas tecnologias digitais.

“Estima-se que um dos fatores que mais se torna preocupante é o da especialização e educação dos futuros trabalhadores dessas áreas, pois a rápida evolução da indústria pode não auxiliar no desenvolvimento de pessoas qualificadas para trabalhar com esse tipo de tecnologia futuramente, essa inserção tecnológica deve modificar a maneira de ensino, ainda mais com a transição de gerações, e mostrar-se um dos fatores de maior atenção da América latina.” (Iedi, 2018)

Em dias atuais, por mais que não existam produtos feitos totalmente em indústria 4.0, são notáveis as opções que certas empresas têm de disponibilizar para uma variação e customização de seus produtos, como exemplifica (Padis,2017) um grande exemplo é a Coca-Cola, que por mais que ainda não seja possível modificar o sabor de seu refrigerante, já é possível fazer a customização do nome que é escrito na lata, podendo ter duas expressões de até 11 caracteres. (<https://loja.cocacola.com.br/>).

Outro exemplo de produto atual que está bem próximo das características da indústria 4.0, é a Nike, a qual possui um programa de customização para seus calçados, onde é possível customizar utilizando várias ferramentas que o site lhe proporciona, para criar o tênis da maneira que preferir, através do NikeID.( <https://www.nike.com.br/>)

Outro exemplo é a empresa chamada *The North Face*, dos Estados Unidos da América, a qual faz uso do supercomputador Watson da IBM, que trata-se de uma inteligência artificial capaz de interagir com internautas, permitiu que os produtos vendidos, tivessem mais de acordo com o que cada cliente esperava, assim diminuiu as devoluções de seus produtos, além de alavancar um pouco mais as vendas. (<https://www.thenorthface.com.br/>) (Padis,2017)

### 2.3 IoT(Internet of Things)

A tecnologia está se desenvolvendo muito rapidamente e com essa evolução a comunicação vem sendo implementada de muitas maneiras diferentes. O IoT é um grande exemplo desse progresso, pois se trata de uma vasta rede de informações que pode ser utilizada para automatizar os processos de produção, trocando dados entre os maquinários conectados à *internet*.

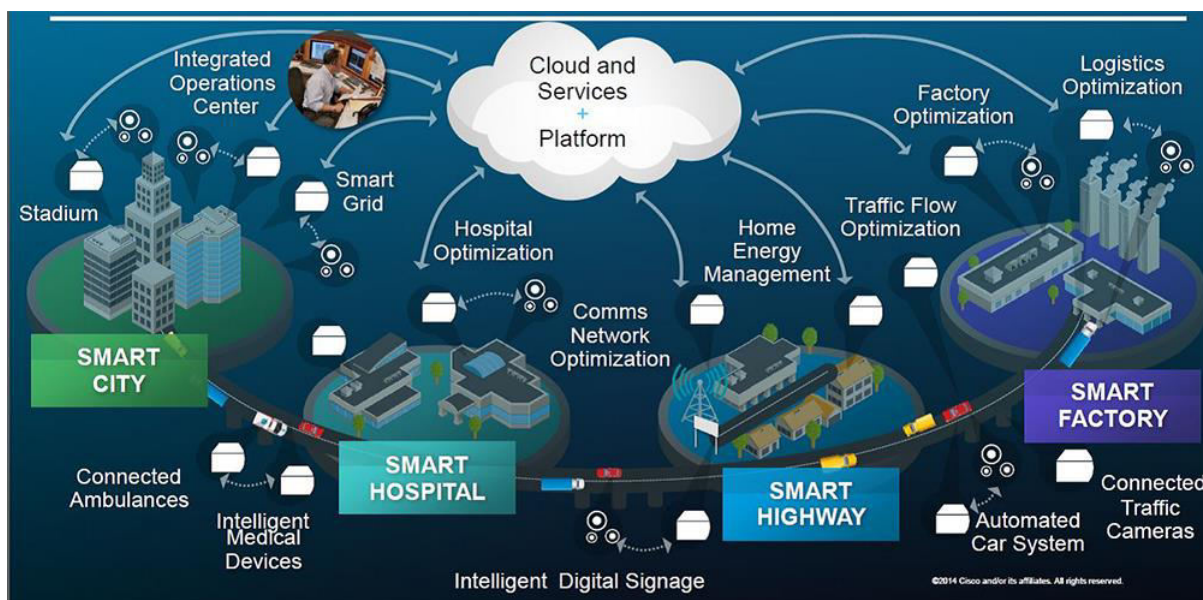
O termo foi criado por um pesquisador britânico chamado Kevin Ashton, um dos primeiros a desenvolver um sistema de sensores com base nesses conceitos de conexão com a internet, interligando objetos animados ou inanimados, recebendo e fornecendo dados à rede.

Acrescenta-se também o grande aproveitamento, do IoT, em *smart manufacturing*, além de possuir várias áreas de atuação podendo ser utilizado tanto em cidades, hospitais, quanto em indústrias, e mostra que por possuir grandes qualidades o sistema vem ganhando mais espaço no mercado de inteligência digital, sendo uma ótima opção com a representatividade de áreas de atuação, como mostra a Figura 7. (Zhu ruicong wang; Qin, 2010)

Para ser integrado em diversos sistemas e aplicações é necessário que o serviço possua

um sistema IoT gateway, que é a integração de diversos tipos de sensores de rede e de uma diversidade de protocolos de informação.

Figura 7 – Áreas de atuações da IoT



FONTE: Cisco (smart cities, 2017).

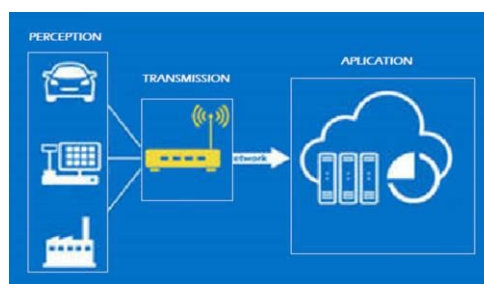
Para ser integrado em diversos sistemas e aplicações é necessário que o serviço possua um sistema IoT gateway, que é a integração de diversos tipos de sensores de rede e de uma diversidade de protocolos de informação.

Como são abordado as características listadas do *perception*, *Transmition* e *Application Layer*, que são mostradas na Figura 8.

Características do IoT Gateway:

- Grande área de compatibilidade;
  - Alto índice de gerenciamento;
  - Protocolos de informações internas;
  - O sistema do *IoT Gateway* pode ser subdividido em:
    - *Sensor node*;
    - *Gateway*;
    - *Application platform*;
- (Guoqiang, 2013)

Figura 8 – Gateway IoT



FONTE: Swapnil Raut (Supply Chain and Market Intelligence, 2016)

Sua estrutura de aplicação pode ser dividida em três camadas, *Perception Layer*, *Transmission Layer* e *Application Layer*, que dependendo da função estabelecida, pode ser implementada em cada dispositivo.

**Perception Layer** na linha de percepção, o sistema foca em adquirir e processar informações físicas, a partir de seus sensores e da informação base guardadas em seus dados.

**Transmission Layer** na linha de transmissão, o foco está em transmitir as informações em larga escala e em distâncias mais longas, sendo ela por *wi-fi* ou outros tipos de comunicação de dados.

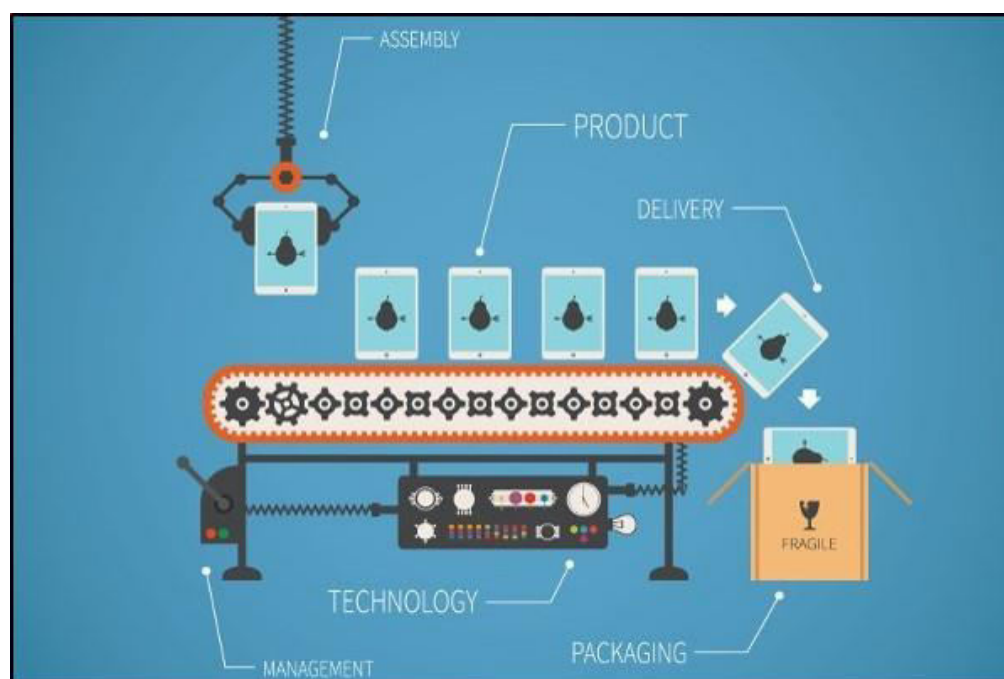
**Application Layer** na linha de aplicação, é onde ocorre o processamento dos dados e dos serviços fornecidos pelas outras linhas.

Essas camadas permitem que a *IoT* seja muito mais explorada nos conceitos da indústria 4.0. Com este setor ficando cada vez mais flexível, ela vem ganhando mais espaço em aplicações de mercado, sendo uma ótima alternativa para explorar, ainda mais, todo o desenvolvimento que a indústria 4.0 tem a proporcionar.

Além de ser usada em diversas outras áreas como no setor agrícola e no setor de automação residencial, a *IoT* se adequa ao *smart manufacturing*, sendo possível assimilar com a Figura 9, mostrando uma linha de montagem inteligente.



Figura 9 – Linha de montagem inteligente



FONTE: Adam Robinson (Manufacturing Supply Chain Technology Trends, 2015)

A Figura 9, também mostra o quanto a tecnologia influencia nas linhas de montagem do produto, deixando uma linha de produção mais independente de ser operada manualmente.

Diversas tecnologias são utilizadas para possibilitar que a troca de informações dos dispositivos possa acontecer. Foram apresentados alguns dos conceitos essenciais para sua compreensão.

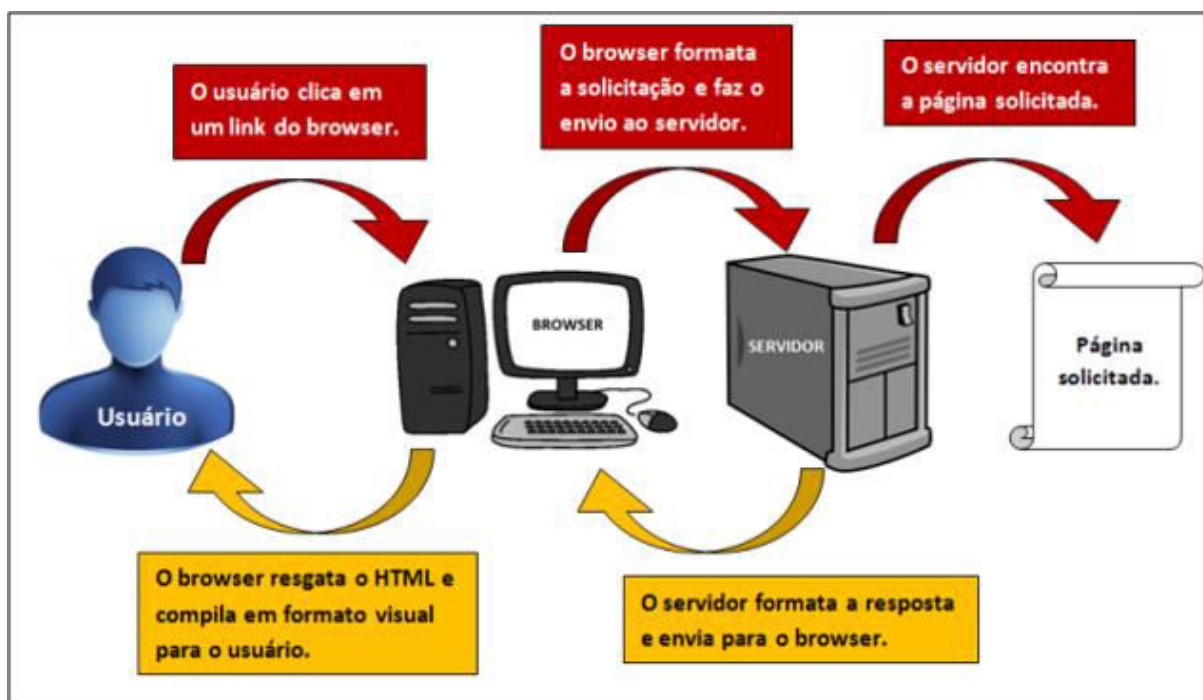
### 2.3.1 HTTP (*HyperText Transfer Protocol*)

Como afirma a (Rouse,2006), o HTTP é um protocolo para transferência de dados na internet, geralmente usados em páginas web escritas em HTML (*Hypertext Mark-up Language*), usada pelo usuário para transmitir informação a um *browser*, que faz uma solicitação ao servidor, este devolve uma resposta da página web solicitada, então o browser resgata o HTML da página e a mostra para o usuário, fechando o ciclo do acesso.

(Rouse,2006) diz ainda que uma linguagem de marcação de hipertexto é usada para programar este tipo de página, permitindo a criação de documentos que podem ser lidos na internet. As mensagens armazenadas utilizam uma codificação do tipo MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*) múltiplas entradas e múltiplas saídas sendo diversos transmissores e receptores de transferência de dados, permitindo transmitir dados simultaneamente.

Como diz (Saude,2017), o objetivo do protocolo é permitir a transferência de arquivos entre o navegador e um servidor web, utilizando de métodos que auxiliam na especificação da ação a ser executada. Alguns exemplos são: *get*, *head*, *post*, *put*, *delete*, dentre outros que podem ser vistos na Figura 10, a funcionalidade da sua troca de dados entre o usuário e a página que ele deseja acessar.

Figura 10 – Troca de informações HTTP



FONTE:Thiago Vinícius (DevMedia, 2017)

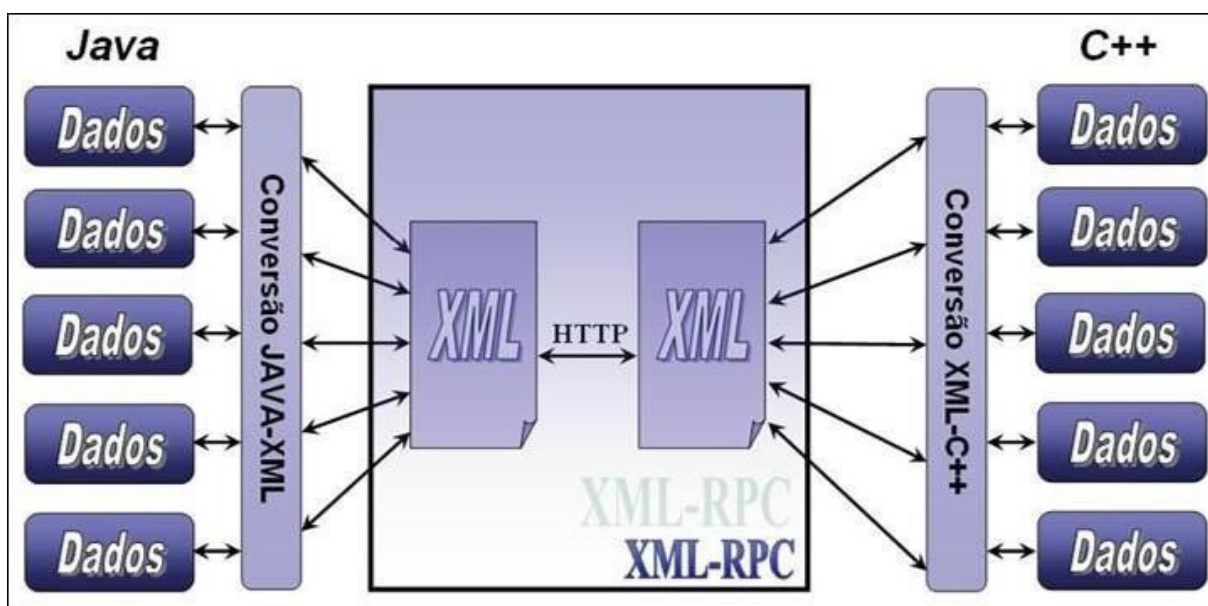
### 2.3.2 XML (Extensible Markup Language)

Afirma (Perreira,2009) que XML é uma linguagem de marcação utilizada para criar documentos de dados organizados hierarquicamente, ou seja, priorizam categorias de dados, como banco de dados, desenhos vetoriais, etc., além disso, também é uma linguagem extensível, pois permite definir elementos de marcação, que podem ser lidos por computadores ou pessoas. O XML separa o conteúdo e integra em outras linguagens. Sua principal característica é trazer sintaxe básica, podendo utilizar compartilhamento de informações de diferentes computadores com diferentes aplicações, fazendo uma linguagem de alta portabilidade, pois outro banco de dados pode lê-lo.

Algumas de suas aplicações são: auxiliar sistemas de informações com compartilhamento de dados, codificar documentos e inserir dados seriais para comparar textos de outras linguagens.

Na Figura 11 é possível visualizar o diagrama da troca de dados do XML com as conversões que é possível fazer nas linguagens de programação:

Figura 11 – XML protocolo



FONTE: Eduardo André (DevMedia, 2016)

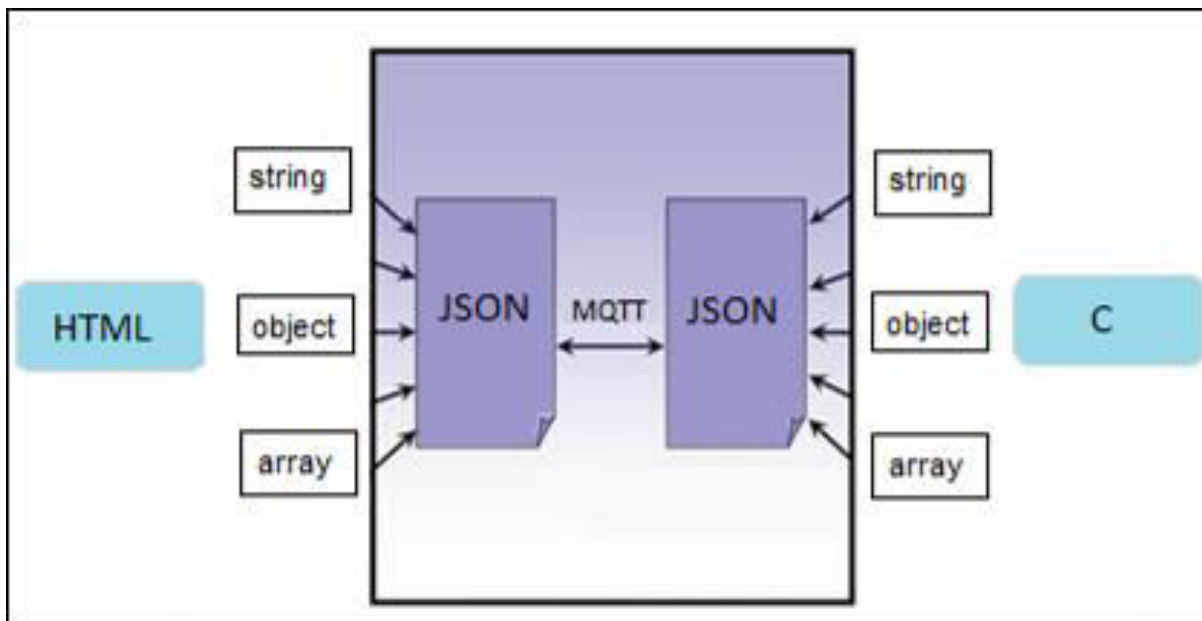
### 2.3.3 JSON (JavaScript Object Notation)

O JSON é uma linguagem de troca de dados simples, leve e rápida, tendo uma velocidade maior de execução, comparado a outros modelos com a mesma função, e transporte de dados.

Por possuir esse vasto intercâmbio de dados entre aplicativos e se comunicar com outras linguagens, ele se torna uma ótima escolha na hora de programar na web, possuindo uma ótima qualidade com um grande desempenho.

O JSON pôde ser utilizado como um formato de intercâmbio de dados de modelo de linguagem de programação, uma de suas funções é a aplicação em páginas web, para a transmissão e recepção de dados referente a solicitações feitas por possíveis usuários. Um conceito também relevante é a sua aplicação com as funções "get" e "post", que tem como intuito o envio e recebimento de comandos ou informações. Foi de suma importância, pois representa o protocolo de transmissão de informação entre os meios de físicos do projeto para o sistema de controle e nuvem.

Figura 12 – Diagrama JSON



FONTE:Autoria Própria, 2018

Na Figura 12 é possível ver seu envio de dados, e demonstrar a simplicidade da linguagem e sua viabilidade para o projeto, um exemplo de sua estrutura de transmissão: “JSON utiliza chaves ao invés de sinais de maior e menor utilizados no XML, mas pode armazenar os mesmos tipos de dados que o XML.”(Medeiros,2012) Segue na Figura 13, um exemplo de envio utilizando JSON.

Figura 13 – Exemplo de dados no JSON

```

152 {"endereco": [
153   {
154     "rua": Japão,
155     "cidade": Santo André,
156     "estado": SP
157   }
158 ]};
    
```

FONTE:Autoria Própria, 2018

Possuindo uma estrutura de dados universal e apresentando um modelo simples, que permite trabalhar com formatos de texto, a linguagem se mostra compatível com diversas aplicações de comunicação, sendo assim é a linguagem utilizada pelo Google, Facebook, Yahoo, Twitter dentre outros. (Medeiros,2012)

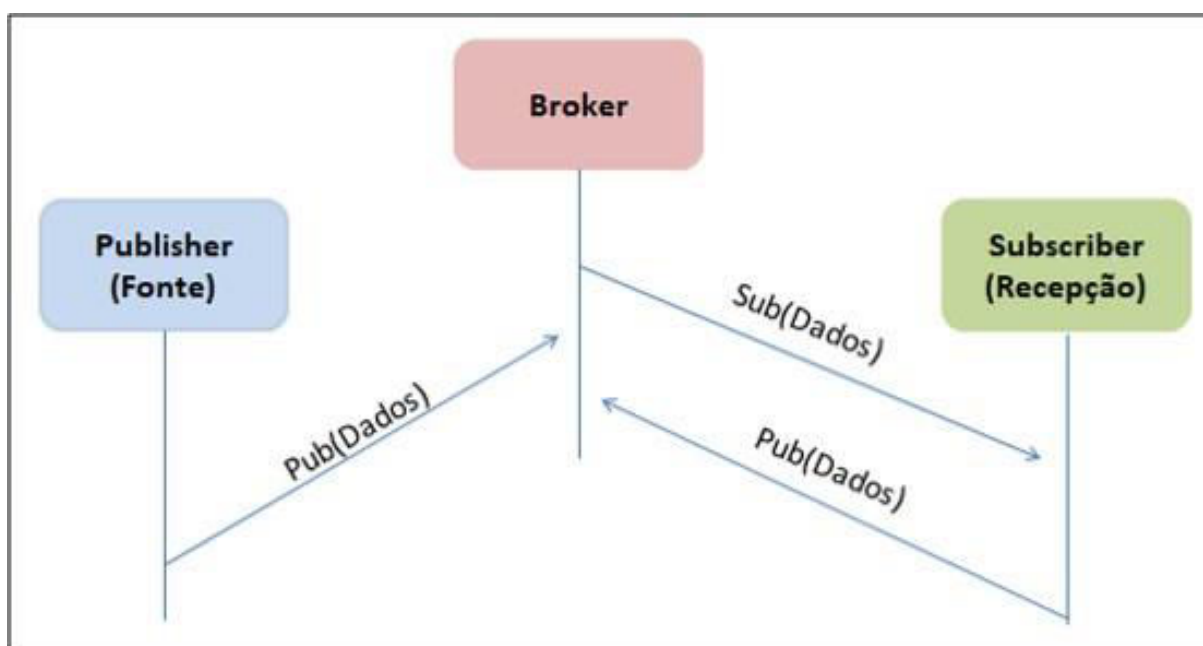
### 2.3.4 MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*)

O MQTT, protocolo difundido em projetos de IoT, foi criado e desenvolvido pela IBM (*International Business Machines*), por volta dos anos 90, e tinha como função principal o vínculo de informações e mensagens. É utilizado mais em sistemas de supervisão e coletas de dados do tipo SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Algumas de suas características são a segurança, a qualidade de serviço e a facilidade de implementação e uso em sistemas embarcados. (Yuan,2017)

A troca de informações do MQTT é feita através do *publish/subscriber*, tendo como intermédio de comunicação o broker, que é um item da rede MQTT, explicado posteriormente.

Quando há a necessidade de receber informação a mensagem é publicada pelo *Publisher*, disponibilizando a informação para que o broker tenha a possibilidade de gerir publicações e subscrições, assim a mensagem fica disponível para que o *subscriber* tenha acesso a ela, em que pode ser visualizado na Figura 14.

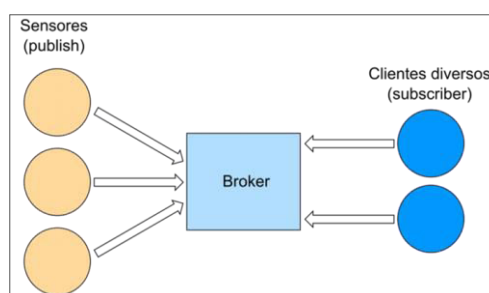
Figura 14 – Diagrama MQTT



FONTE:Autoria Própria, 2018

Como é utilizado no projeto (*ISA - Intelligent Sensing Anywhere, 2013*) desenvolvido na faculdade de Coimbra, Portugal, o protocolo MQTT se mostra responsável pelo envio dos dados, coletados por sensores dispostos no corpo de um paciente, para um servidor remoto, possibilitando o acesso a esses dados sem a necessidade do deslocamento de qualquer um dos envolvidos, uma vez que os dados estariam disponíveis para que os responsáveis tenham acesso.

Figura 15 – Troca de informações do MQTT



FONTE:Marcelo Barros (Embarcados, 2015).

Como é visto na Figura 15 o protocolo MQTT, mostrado através das setas brancas, atua e identifica mensagens a partir de tópicos, viabilizando o envio e recebimento das mesmas. A rede pode enviar vários dados para o *broker*, através do protocolo citado, então os subscritores escolhem as mensagens que vão subscrever e assim o fluxo se completa, formando uma cadeia de troca de informação.

### 2.3.5 *Broker*

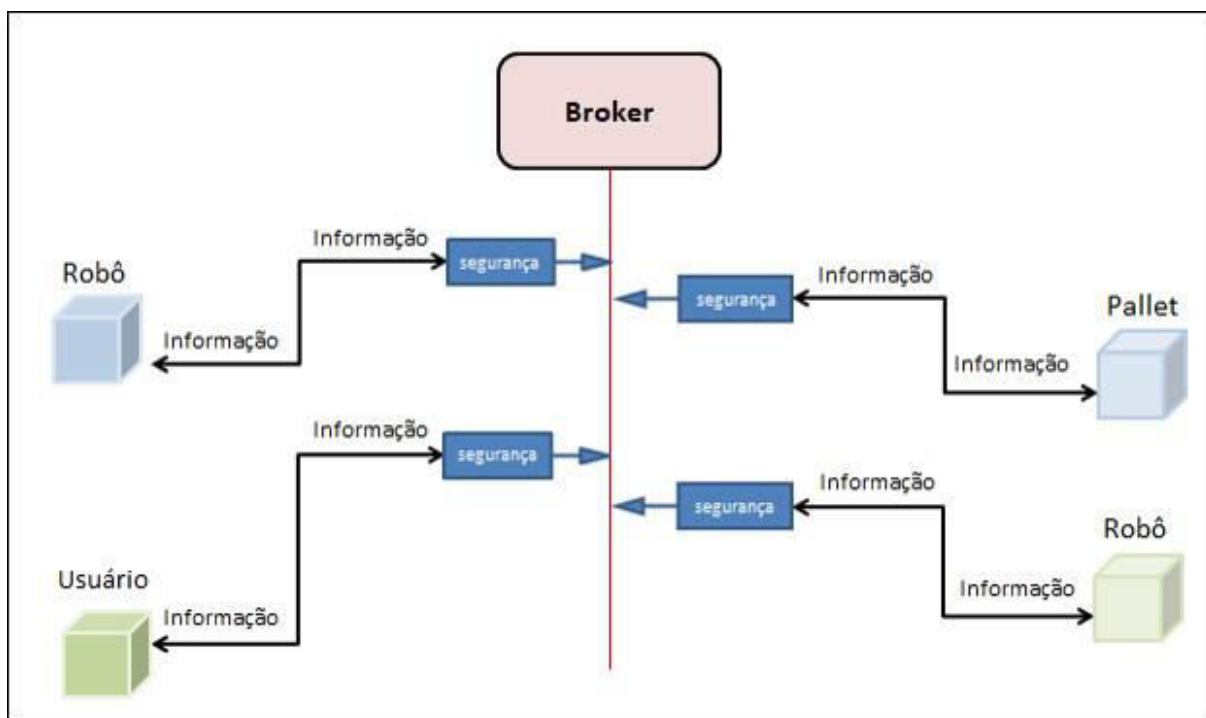
(Barros,2015) diz que elementos que desejam publicar informações o fazem também através do broker, enviando-lhe as informações que possuem. Esse padrão não é novo e existe em outros protocolos. Por exemplo, a troca de informação de controle (*links*) em redes *Foundation Fieldbus* segue o paradigma *publish/subscriber*.

O *broker* é responsável por receber, enfileirar e disparar as mensagens recebidas dos publishers para os subscribers.

O centralizador, serviço ou server, é chamado MQTT *broker* – O que seria um intermediário. Ele que recebe e envia mensagens para todos os clientes que estabelecerem conexão e todos os dispositivos devidamente permitidos a receber interação.

Ao receber a mensagem de *CONNECT* a resposta obrigatória do Broker é a mensagem de *CONNACK*, contendo apenas duas entradas de dados; a *Session Present Flag* e o código de retorno. Esta primeira indica que o *Broker* já tem uma sessão persistente do cliente com interação prévia. Saber o formato dos pacotes lhe permitirá depurar qualquer problema na comunicação através da camada de rede, utilizando um sniffing, que em tradução literal significa “farejando”, sobre uma conexão não criptografada.

Figura 16 – Diagrama de troca de mensagens



FONTE: A autoria Própria, 2018

### 2.3.6 Subscriber

O termo *subscriber* significa inscrito, e mostra onde ele é aplicado dentro do sistema da IoT. Como primeira e última instância do sistema, o *subscriber* é responsável por enviar e receber os dados disponibilizados pelo *broker*, estes referentes a um possível pedido ou um simples retorno sobre o processo pedido inicialmente, servindo como um começo e fim do sistema.

“MQTT é uma ótima escolha de protocolo para sistemas de internet wireless (sem fio) que experimentem vários níveis de latência ou seja sistemas que precisam de sinais de referências e reações para desencadear algo. Sendo assim se a conexão de um cliente *subscribing* (cliente que quer subscrever) for interrompida, imediatamente o *broker* enviara uma mensagem para o *subscriber* quando estiver tudo online novamente.” (Rouse, 2017), (tradução nossa)

### 2.3.7 Publisher

Trata-se de um “publicador”, traduzindo na forma literal. É o elemento responsável por publicar ou disponibilizar os dados na rede. A maneira como ele atua segue alguns passos, primeiro um elemento da rede é *subscrito*, então é necessário que o *Publisher* atue na rede MQTT, publicando assim o arquivo requisitado pelo usuário, essa identificação das mensagens é feita através de tópicos, assim é possível escolher o tópico desejado para que o *Publisher* mande informação para o usuário que o escolheu.



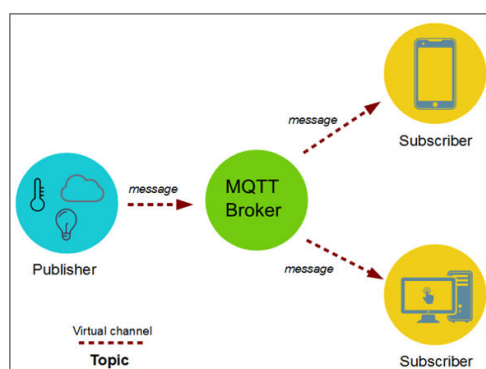
---

Após essas explicações de cada etapa do protocolo de MQTT, fica mais claro ainda, com o



exemplo na figura 17, de modo que mostra os dispositivos como celular ou computador sendo o *subscriber*, o *broker* sendo um intermediador das mensagens, que foram publicadas pelo *publisher*, representados como sensores ou informações da nuvem.

Figura 17 – Diagrama do MQTT com exemplos



FONTE: Rajtharan G. (MQTT Protocol for IoT, 2018)

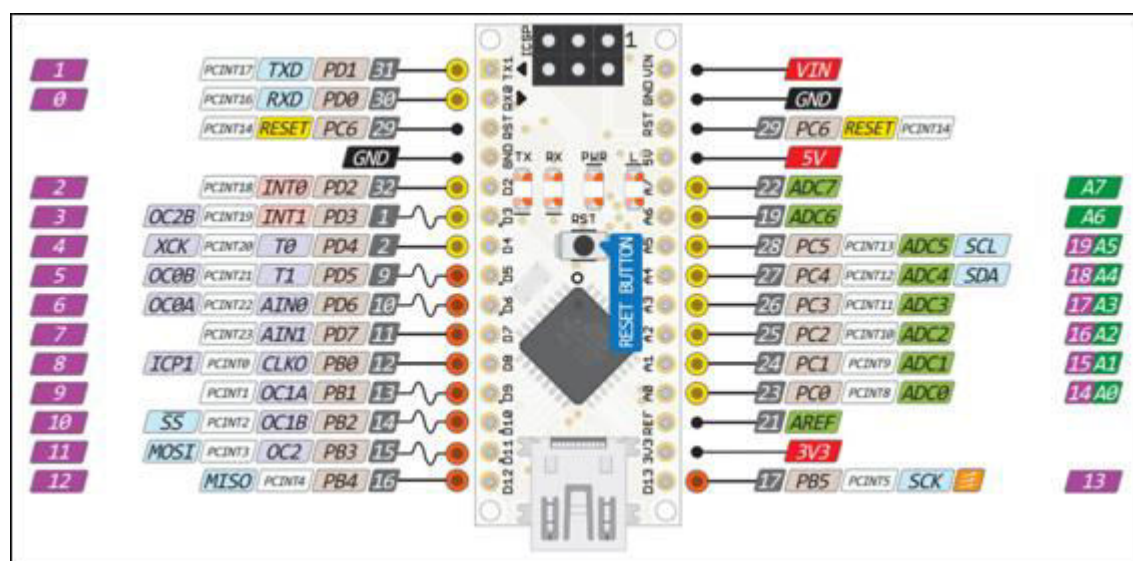
## 2.4 Hardware para transmissão de dados com dispositivos

Diversos *hardwares* podem ser utilizados para a transmissão de dados e comunicação entre máquinas. A seguir são apresentados alguns dos principais hardwares utilizados para realizar essa função.

### 2.4.1 Arduino

O Arduino foi criado em 2005 por um grupo de 5 pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. O objetivo do projeto era criar um dispositivo que fosse barato, fácil de programar e funcional ao mesmo tempo, tornando-se acessível, a estudantes e projetistas amadores, por essas qualidades. Além disso, foi adotado o conceito do hardware livre, o que significa que qualquer um pode montar, modificar, melhorar e personalizar o Arduino, por essa característica foram criadas diversas placas de Arduino baseada na original, entre elas a placa Arduino nano desenvolvida e é produzida pela Gravitech, (Thomsen, 2014) sendo possível visualizar a placa Arduino nano na Figura 18.

Figura 18 – Placa Arduino Nano



FONTE:Trevor, DejaWorks, 2017

Uma das suas características é tamanho reduzido, possuindo 14 pinos digitais podendo ser usado como entrada ou saída, em adição tem pinos de comunicação serial, interrupção externa, PWM, comunicação SPI e possui um led conectado ao pino digital 13, possuindo 8 pinos de entrada alógica com uma resolução de 10 bits e pinos específicos como para a comunicação I2C, AREF que seria um pino de voltagem de referência para as entradas analógicas e um pino de reset para resetar a placa.

O Arduino nano seria utilizado no projeto para tratar as informações proveniente dos sensores acoplados no manipulador robótico, com os dados dos sensores seria possível controlar a posição do manipulador utilizando o Arduino Nano.

#### 2.4.2 ESP8266

O ESP8266 é um circuito integrado que permite conexões via *wi-fi*, além desse destaque em sua conexão, ele também possui outros aspectos importantes, como o seu tamanho reduzido, baixo custo e também sua fácil comunicação serial. Trata-se de um modulo lançado em 2014, pela empresa chinesa Espressif, que possui um microprocessador que pode ser programado em uma grande variedade de ambientes para compilação, além de ser possível programá-lo em diversas linguagens de programação, como C, C++, Lua, e etc. (Schwartz, M. IoT *with* Esp8266: Packt Publishing Ltd, 2016)(Schwartz,2016)

#### 2.4.3 Wemos

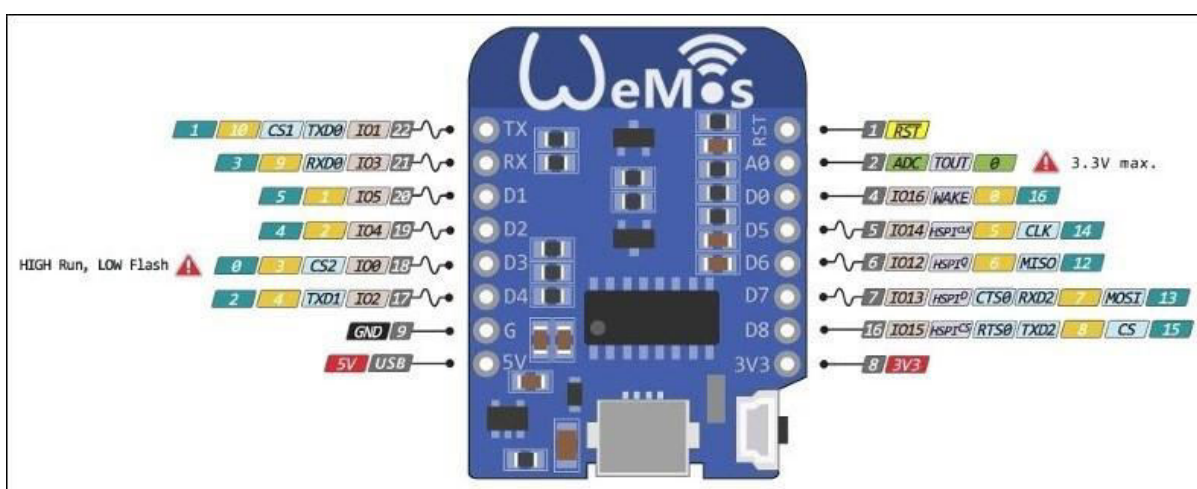
A placa Wemos D1 mini é uma placa para desenvolvimento de projetos e protótipos, ela possui 11 pinos digitais podendo ser entradas ou saídas onde todas possuem suporte a *interrupt*, *pwm* (*Pulse Width Modulation*), I2C, *one-wire*, com exceção do pino D0, a entrada analógica, cuja tensão máxima é de 3.3 volts, porta micro USB para comunicação serial. Também é compatível com IDE Arduino, compatível com NodeMCU, além de contar com

diversos *Shields*.

O funcionamento do Wemos D1 mini é muito parecido com o Arduino Uno, onde ele recebe um programa feito pelo usuário para realizar alguma tarefa, porém o Wemos conta com um chip ESP8266EX que se trata de um processador Tensilica de 32-bit com *WiFi* que trabalha em modo AP ou *Station* e pode servir conexão para seus hosts com suporte a protocolos 802.11 b/g/n. permitindo trocar dados e funções com outros aparelhos e até mesmo outras placas de desenvolvimento Wemos.(Wemos,2017)

Foi escolhida para o projeto pela sua conexão *wi-fi* podendo explorar a IoT e também por sua viabilidade financeira. Na Figura 19 é visualizado a placa Wemos e suas especificações.

Figura 19 – Wemos

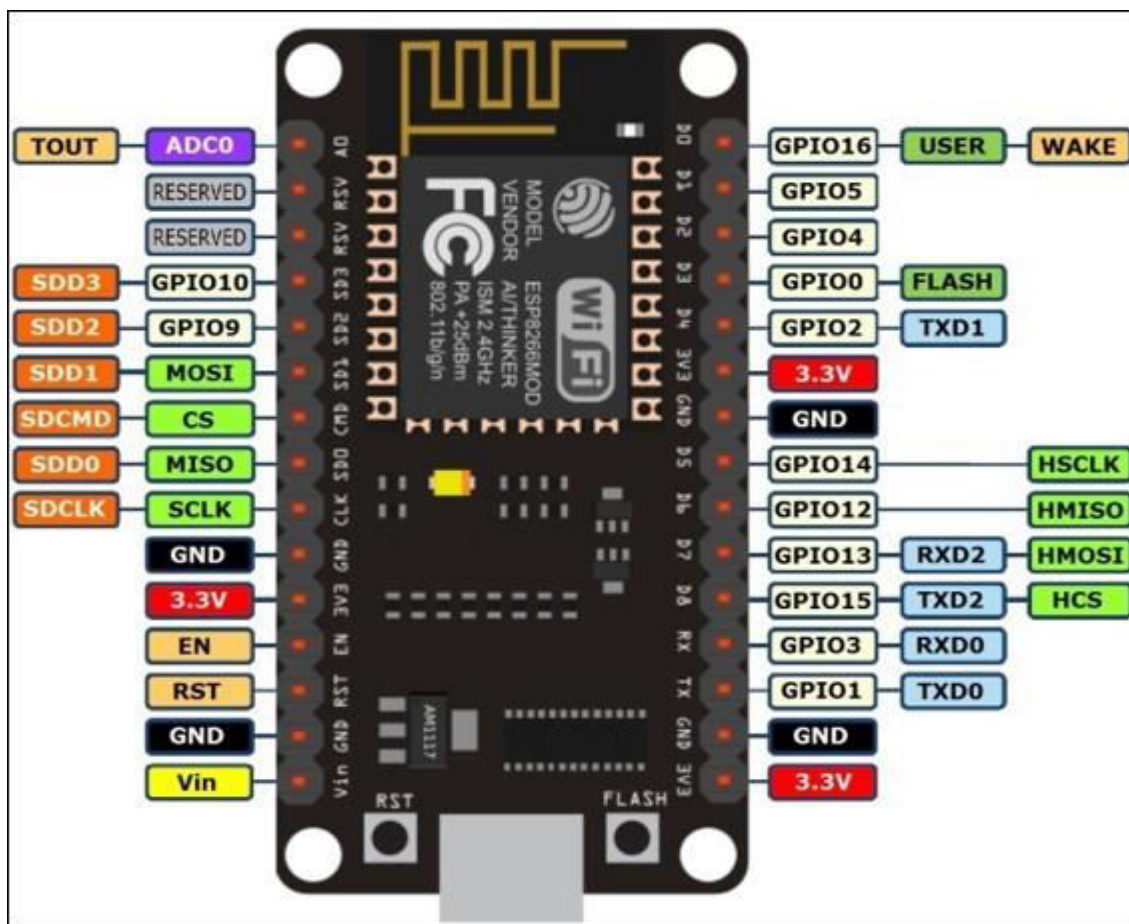


FONTE:Robin Mulloy, Gizmobin on the web, 2016 Disponível em<http://goo.gl/FIOFR>

#### 2.4.4 NodeMCU

NodeMCU é uma placa de desenvolvimento de projetos em código aberto, possibilitando a conexão de diversos dispositivos distintos via internet. Atualmente existe diversas versões disponíveis da placa nodeMCU, sendo utilizado nesse projeto a placa nodeMCU V3 possuindo o chip Esp266 ESP-12E, tendo um próprio regulador de tensão de 3,3 volts, sendo programável pela a IDE do Arduino via um cabo micro-usb ou usando LUA, possuindo uma pinagem total de 30 pinos entre eles 11 pinos digitais, 1 pino analógico, pinos de alimentação e GND, além de pinos para I2C, SPI entre outros. Sendo possível ver as características de seus pinos completa e placa na figura 20:

Figura 20 – Placa NodeMCU



FONTE: Oasis, NODEMCU ESP12 V2 / V3 PINOUT, 2018

Neste projeto foi utilizado a placa para realizar a interface de comunicação entre o manipulador robótico e a nuvem, onde um controlador trataria a massa de dados dos sensores do manipulador robótico, e enviaria a informação para o NodeMCU utilizando a comunicação serial.

## 2.5 Computação em Nuvem

Computação em nuvem é um sistema de armazenamento de arquivos pela a *internet*, sendo mais abrangente possuindo todos os recursos de TI sobre demanda. Seu funcionamento tem como princípio a interligação entre computadores ao redor do mundo, formando uma rede que é a base da computação em nuvem.

Em 1960 se iniciou o conceito e a base da computação em nuvem, segundo as pesquisas dos cientistas John McCarthy e Joseph Carl Robnett Licklide.

Como cita (Lecheta,2014) em 1960 se iniciou o conceito e a base da computação em nuvem, segundo as pesquisas dos cientistas John McCarthy e Joseph Carl Robnett Licklide. Carl era um desenvolvedor da ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*), tendo como objetivo interligar as bases militares do governo americano, imaginando uma rede de computadores conectados podendo enviar e receber dados entre as bases militares, posteriormente esta ideia deu origem a internet, sendo hoje essencial para a computação em nuvem.

(Lecheta,2014) também conta sobre John McCarthy, que era um pesquisador focado em inteligência artificial, o qual tinha a mesma ideia de interligar pessoas por meio de programas de computadores, e que seria pago somente pelo o que estivesse sendo usado, conceito conhecido como “*pay as you go*”, sendo um dos pilares da computação em nuvem, onde o pagamento só seria efetuado se o servidor estivesse em utilização, caso contrário não haveria cobrança.

Em 1997, o professor Ramnath Chellappa apresentou uma tese chamada “*A new computing paradigma ramanath chellappa*”, explicando a computação em nuvem e o seu uso, a partir desses conceitos grandes empresas como Google, IBM, Microsoft e Amazon, inicializaram o avanço da computação em nuvem.

Utilizando o conceito de Nuvem, Figura 21, fica claro que qualquer dispositivo com acesso à *internet*, pode ter acesso a esse sistema de armazenamento, podendo ter esses compartilhamentos de massa de dados, em um tipo de cofre, que foi disponibilizado por uma empresa que possua esse tipo de armazenamento em Nuvem.

Figura 21 – Armazenamento em nuvem



FONTE: Armazenamento em Nuvem, 2017

O conceito de compartilhamento de informações pode ser visualizado na figura 22, onde o mesmo conjunto de dados armazenados no servidor poder ser visualizado em diversos dispositivos distintos.

Figura 22 – Armazenamento em nuvem



FONTE: Armazenamento em Nuvem, 2017



### 3 METODOLOGIA

Esse tópico descreve os métodos que foram necessários para a conclusão deste projeto, sendo detalhados as funções exercidas no projeto e as definições discutidas e estabelecidas pelo grupo em conjunto do orientador.

#### 3.1 Escolha do tema

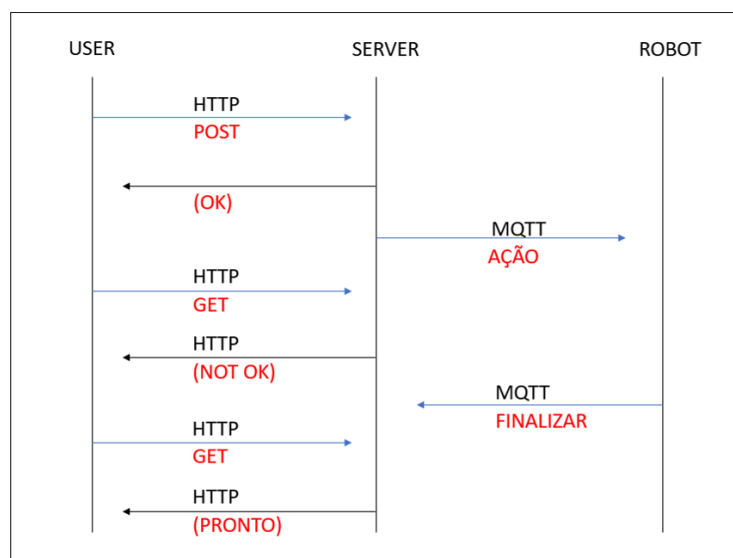
Devido às tendências atuais de desenvolvimento tecnológicos, dos temas envolvidos o que mais teve realce foi o da indústria, sendo um tópico novo a ser abordado, apresentado a indústria com comunicação por meio da internet, ou seja, a Indústria 4.0. Em que se aproveita das tecnologias atuais do mercado, como automação e ferramentas de rede internet, para facilitar essa troca de mensagens dos dispositivos disponibilizados em uma indústria.

As definições do nosso orientador foram de simular uma linha de montagem onde seria possível supervisionar os dados enquanto o produto fosse montado, em que cada etapa enviaria dados, para que essa execução fosse sempre fluida, além desse controle de dados também fazer com que distintos equipamentos estabeleçam comunicação entre si.

A escolha do tema permeou todos esses pontos, ficando assim escolhido a comunicação industrial entre os meios robóticos de produção, uma forma para realizar toda essa implementação. Com o tema delimitado, ainda foi necessário especificar qual o objetivo do trabalho, como apontado por (Severino, 2007), que retrata o objetivo do trabalho como a formação do problema que precisa ser resolvido dentro do âmbito descrito pelo tema selecionado.

Ficou selecionado como objetivo principal do projeto de pesquisa, implementar um sistema que vai viabilizar a comunicação de dispositivos robóticos integrados na produção de produtos personalizados, para possibilitar que os usuários possam realizar os pedidos em uma *interface web* personalizada. Tendo seu funcionamento de fluxo esquematizado na Figura 23.

Figura 23 – Esquema de fluxo de dados



Este objetivo do trabalho vai de encontro com o que (Severino, 2007) retrata como objetivo principal do trabalho de conclusão de curso, que é a consolidação dos ensinamentos obtidos durante a fase acadêmica da formação profissional.

### 3.2 Etapas para desenvolvimento do projeto

Com o objetivo do projeto definido, a etapa seguinte foi a fundamentação teórica do projeto. Com os dados obtidos dessa fundamentação, ficou claro que alguns pontos deveriam ser os principais elementos abordados durante o desenvolvimento do projeto, tais como: Industrial 4.0, IoT, importância da comunicação entre dispositivos e a forma como essa troca de mensagens acontece.

Para continuar com a elaboração da metodologia e, posteriormente o desenvolvimento do projeto, foi adotada a metodologia ágil *SCRUM* para gerenciamento de projetos. (Sutherland, 2014) descreve que o *SCRUM* pode ser entendido como uma metodologia geralmente utilizada para gestão e planejamentos de projetos de *software*, por se basear em ciclos de execução e em *feedbacks* semanais facilitando a visualização de possíveis erros e melhorando a organização do projeto.

(Sutherland, 2014) descreve ainda que os projetos são divididos em ciclos chamados de *Sprints*, que funcionam como um conjunto de atividades que precisam ser executadas nos ciclos. As tarefas que serão executadas são mantidas em uma lista chamada *Product Backlog*, que após as reuniões de cada *Sprint*, serão selecionadas as tarefas de cada *Sprint* é passada para o *Sprint* backlog através das reuniões de planejamento de cada *Sprint*. Uma breve reunião é feita a cada dia de *Sprint*, que é chamada de *Daily Scrum*, tendo como objetivo o conhecimento das tarefas que foram feitas no dia anterior.

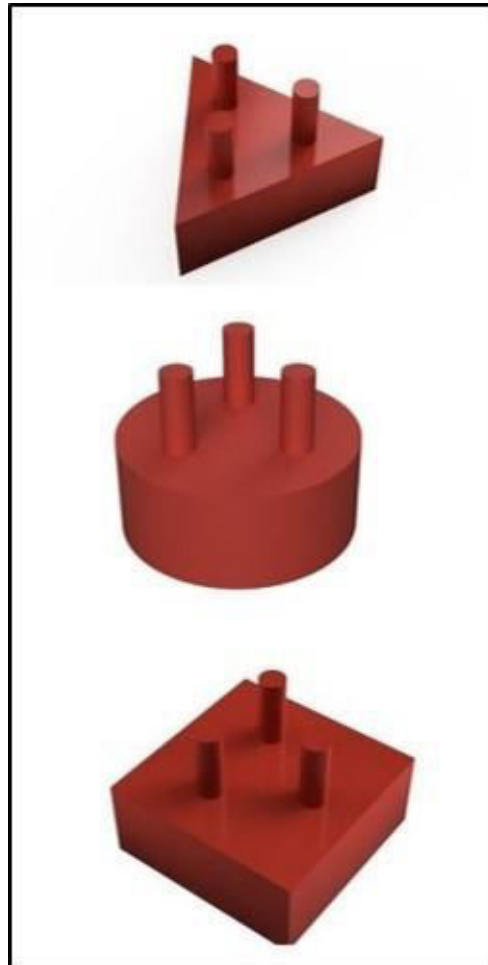
Dado a metodologia adotada para o desenvolvimento das tarefas do projeto, foi necessário realizar um registro das discussões feitas pelo grupo. Ambas sendo anotadas em documentações utilizadas em cada orientação.

Em seguida nessas discussões foram descritos e decididos os *layouts* das peças que montariam o produto, a sua estrutura pôde ser construída com o encaixe de até 3 peças do conjunto. Sua geometria se dá na forma de 3 pinos, que permitem o engaste da peça no *pallet*, possibilitando que seu movimento seja feito com firmeza quando conjuntas

A Partir desta descrição, foi possível definir e estruturar as peças em um *software* de modelagem, possibilitando que todas elas fossem confeccionadas em uma impressora 3D, resultando em seu *design* mostrado na Figura 24.



Figura 24 – Peças do produto final

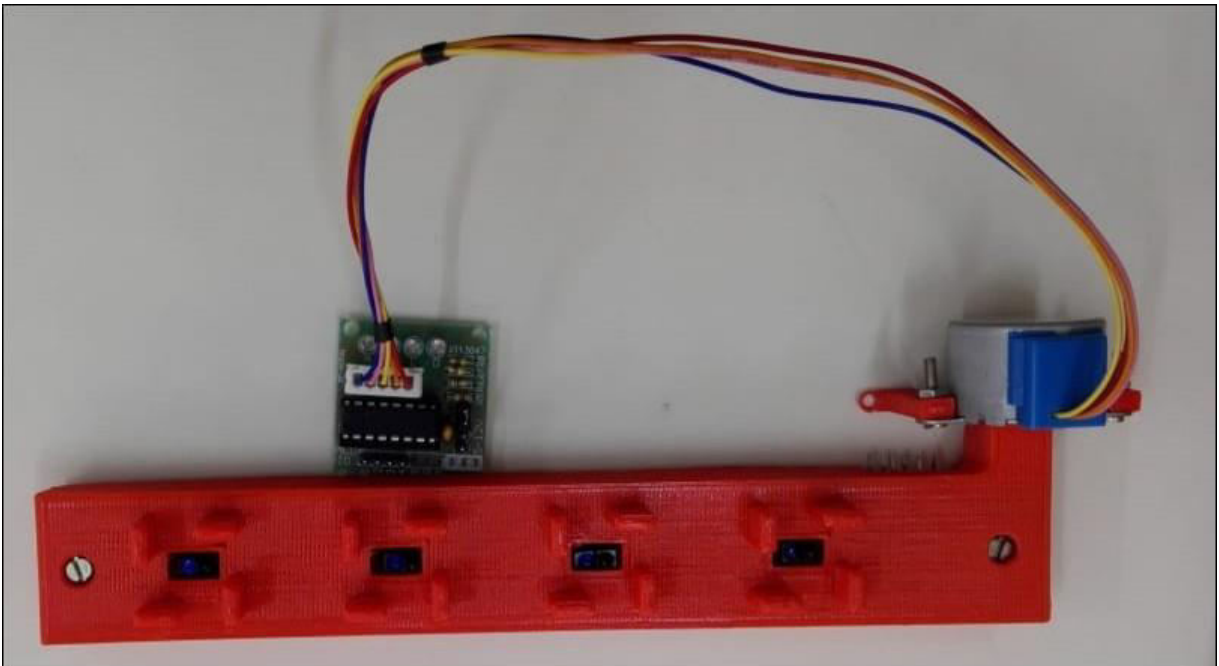


FONTE:Autoria própria, 2017

Conforme já mencionado o item chamado *pallet*, visto na Figura 25, também foi modelado utilizando um *software* para desenvolvimento de modelos tridimensionais, sofreu alterações para que fosse possível enviar e receber dados para verificação de estoque.

Sua forma foi toda modelada para que o manejo das peças, não venha a ser prejudicado, quando o manipulador robótico está operando ou quando está sendo efetuado o carregamento de material.

Figura 25 – Pallet



FONTE:Autoria própria, 2018

Ainda na Figura 25, o *layout* mostra o destaque das peças, onde o posicionamento delas permite um acesso completo ao robô para qualquer parte do conjunto, diminuindo as chances de que o manipulador as derrube ou as comprometa.

Além disso possui sensores em cada bloco, para dar o feedback quanto a existência ou não de peças no pallet, possibilitando assim os dados de armazenamento e o controle para recarregar o estoque.

Conforme foi necessário ler e avaliar esses dados, se viu a necessidade de guardar essas informações, onde a ideia de banco de dados foi estabelecida.

Um banco de dados “é uma coleção de dados inter-relacionados, representando informações sobre um domínio específico”, ou seja, sempre que for possível agrupar informações que se relacionam e tratam de um mesmo assunto, posso dizer que tenho um banco de dados. diz Korth (Rezende,2006)

Para estabelecer a ideia do banco de dados, alguns *softwares* foram estudados e levados em consideração, como o *postgreSQL*, *MongoDB*, *phpMyAdmin* e o *PythonAnywhere*.

Como avaliados os programas, o *postgreSQL* foi levado em consideração por possuir certa robustez e 30 anos em que o *software* vem sendo desenvolvido e melhorado, o que nos passou uma maior confiança para utiliza-lo.

Efetuada alguns testes, e códigos rodados, alguns aspectos não ficavam como os planejados, tendo uma certa dificuldade em achar informação para auxiliar e dar continuidade no trabalho, impossibilitando alguns testes.

Contudo essa restrição de informação nos fez pesquisar outros *softwares* para atender o que tínhamos como objetivo para o banco de dados, sendo assim foi feita pesquisas e discussões para que um novo *software* de banco de dados fosse escolhido.

Foi levado em consideração utilizar o software chamado *phpMyAdmin*, mas a linguagem

por ser php, nos trouxe para algo que precisaria de um maior implemento, o que nos remeteu a ideia de outro software.

Como nossa aplicação já estava envolvida e rodando com a linguagem Python, ficou mais simples, implementar o banco de dados utilizando o *software* chamado *Pythonanywhere*, que além de ter um certo conhecimento na linguagem, o próprio site, possuía uma documentação para auxílio.

Por suprir as necessidades do nosso projeto, o desenvolvimento da comunicação do projeto, se estabeleceu ao *software Pythonanywhere*.

### 3.2.1 Acionamento remoto de dispositivos

O acionamento dos dispositivos foi feito por sensores, onde tanto o robô, quanto o *pallet* possuem estes de forma individual e de tipos diferentes, que vão informar todos os dados necessários para controle de posição e estoque do material disposto no *pallet*.

No robô, o tipo de sensor utilizado foi o *encoder*, pois apresentou um melhor desempenho para estabelecer posição para os eixos do robô. Foi posicionado internamente em cada caixa de engrenagem dos motores, fazendo assim a leitura da quantidade de giro de cada motor, possibilitando a análise de dados e na determinação da movimentação do motor, desta forma foi estabelecida uma maneira para verificar a posição e manter o controle de movimentos do robô.

Já no *pallet* o sensor utilizado foi o *trcr5000*, que se trata de um sensor optico infravermelho, capaz de enviar um sinal de luminosidade e perceber o retorno deste sinal, possibilitando assim realizar a detecção de proximidade dependendo da queda de tensão entre os terminais do transistor. O acionamento de determinado sensor mostra que existe um material sobre o *pallet*, proporcionando dados para a verificação das peças e disponibilizando estes dados para a nuvem, enviando a resposta quanto a disponibilidade de peças para a montagem.

### 3.2.2 Comunicação entre ESP8266 e Servidor

Todos os dispositivos são conectados à *internet* e conectados entre si através do servidor, ambos utilizando os protocolos de *get* e *post* para enviar e receber informações, tornando-os disponíveis a todo momento para a troca de dados com outros aparelhos ligados a rede, com esse método de comunicação, o servidor recebe informações individuais de cada dispositivo, sabendo assim como está o processo de produção do ponto de vista de cada componente que ele se comunicou.

Toda a comunicação é feita utilizando o protocolo MQTT como intermediador para a passagem destes dados, garantindo que as informações fluam entre o *broker* e os inúmeros clientes, sendo assim essa aquisição de dados de cada indivíduo faz com que estabeleça essa passagem da mensagem pelo protocolo. Desta forma os acionamentos podem ser feitos através de pedidos enviados do servidor para os meios robóticos envolvidos no processo. Estes que recebem a informação por conta do chip Esp8266, que possibilita a conexão com a *internet*, recebendo essa mensagem que lhe foi passada, assim a solicitação feita pelo usuário aciona ações pré-programadas na placa e efetua a função se possível.

### 3.2.3 Comunicação entre Wemos e a nuvem

A comunicação entre os dois se baseia na linguagem de JSON, enviando sinais de identificação para a nuvem e assim ela devolve sinais ao Wemos para a que a placa de processamento do mesmo, proporcione essa intercomunicação, onde esses dados vão ser recebidos e assim executar a função que foi programada ou requisitada na nuvem.

O Wemos utiliza alguns comandos, feitos dentro de seu programa, para que a comunicação com o servidor seja estabelecida, a partir desse momento as funções de *get* e *post* são utilizadas para que as mensagens sejam enviadas e então recebidas pelo *broker*, que fica responsável por distribuir a informação para seu determinado destino.

Ao final do processo esses dados terminam disponibilizados para o usuário, na plataforma *web* e como estoque na plataforma do robô, fazendo assim com que a escolha do cliente, seja efetuada a partir das determinadas opções disponíveis, que foram avaliadas a partir do Wemos para a nuvem.

Os comandos de *post/get* são de mais fácil entendimento em seus protocolos, pois traduzindo *post* é informar e *get* receber, assim é possível perceber que o *post* leva a informação a quem a requisitou, já o *get* tem a função de receber essa mensagem, efetuar algum comando, seja ele fazer alguma ação que foi requisitada ou salvar essa mensagem para que possa ser disponibilizada em outra ocasião.

### 3.2.4 Implementação do protocolo MQTT

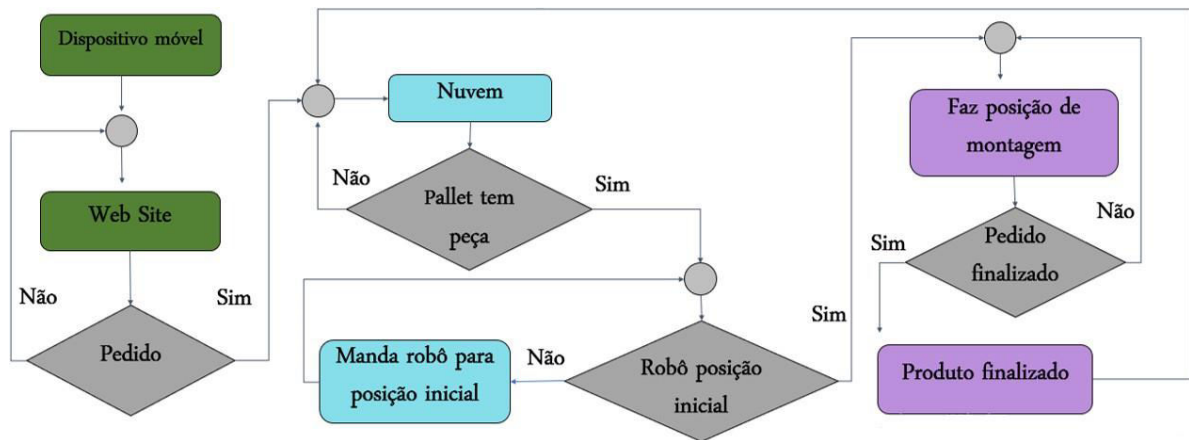
A utilização do protocolo MQTT se dá em todo o projeto, pois cada componente conectado a rede utiliza este como meio para transmitir os dados solicitados por outros componentes, que funciona como um ciclo de dados. Essa transmissão de dados entre *broker*, *publisher* e *subscriber*, faz com que a comunicação seja efetuada e que a mensagem seja direcionada e publicada para que o *subscriber* a receba.

As placas de controle utilizam alguns comandos programados internamente para que comunicação com o servidor seja estabelecida, a partir desse momento protocolos de MQTT faz o seu ciclo de dados, onde o *broker* estabelecido como o nosso servidor, receba ou envie informações, em que o cliente requisitou. Essa informação será disponibilizada pelo *publisher*, sendo no nosso projeto o robô conjunto do *pallet*, em que recebe suas ações que devem ser efetuada pelo *broker*, através do que foi requisitado pelo *subscriber*, e então após efetuar a checagem de peças pelo *pallet*, e efetuar a montagem do produto pelo robô, essa informação será disponibilizada para o usuário, mais uma vez enviando os dados ao *broker*, para ser lida pelo *subscriber*.

### 3.2.5 Implementação da lógica do projeto

Conforme a lógica do projeto foi estabelecida em etapas, temos a possibilidade de visualizar essa lógica do projeto através deste destacado na figura 26.

Figura 26 – Fluxo de possibilidades



FONTE: A autoria própria, 2018

Nesse fluxograma, é mostrado como os dados se comportam, e como as decisões são tomadas, começando por um pedido efetuado pelo usuário, em um dispositivo móvel, em que ele faz a escolha de peças e da montagem através do *web site*.

Conforme o pedido é realizado, a primeira decisão é tomada pelo processo, se o pedido foi ou não finalizado, e com isso, se de fato ainda está escolhendo as peças, a decisão que o processo toma é de manter os dados atualizando para o *web site*, se já foi finalizado, esses dados serão enviados para a nuvem.

Conforme a nuvem recebe essa informação, ela precisa enviar para o pallet esses dados, para que seja feita a verificação se tem peças para que seja realizado a montagem, se não possuir, fica em espera, para que a nuvem seja atualizada pelo pedido do site, se tiver as peças no *pallet*, a informação é passada para o manipulador robótico.

Quando o pedido é passado para o robô, é feita a verificação para saber se o robô está na posição inicial, se não estiver, é efetuado o comando de posição inicial, o enviando para o *start up* do processo e continuando a rotina e dando início a montagem do produto.

Conforme é efetuada a passagem de peças e a sua montagem, o sistema vai realizando a verificação, para saber se é necessário enviar mais peças ou se a montagem está completa, se estiver finalizado a montagem, o pedido é finalizado, se não estiver, volta a posição para efetuar os últimos encaixes das peças.

Após todo o processo de montagem ser concluído, o sinal de produto finalizado é enviado para a nuvem, onde será armazenada a informação, que o pedido foi realizado é já pode ser entregue.

Com os estudos finalizados e a lógica definida e discutida, foi continuado o desenvolvimento.

## 4 Desenvolvimento

O objetivo deste tópico foi de demonstrar todo o desenvolvimento que o projeto teve, desde seus sistemas de *software* e *hardware* até o controle do robô e seus respectivos dispositivos de comunicação, dando um maior diagnóstico de como foram trabalhados os itens abaixo e como cada realização concluída foi necessária para a conclusão deste projeto.

### 4.1 Desenvolvimento do *software*

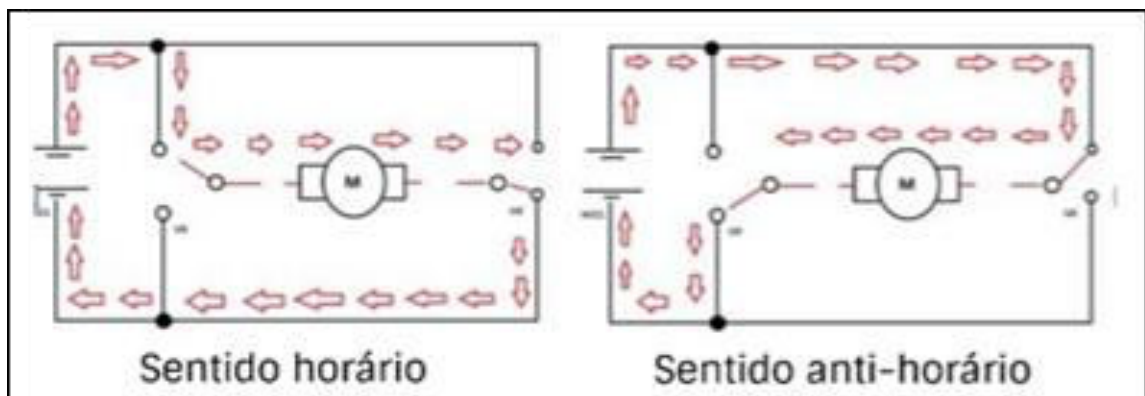
Neste tópico serão abordados os conceitos dos sistemas de controle referentes ao robô e ao *pallet* utilizados na realização do presente trabalho.

Além disso, serão explorados os *softwares* utilizados para a programação do *web server*, suas linguagens e o detalhamento da plataforma em geral, bem como o funcionamento e como é utilizada para a montagem e construção do sistema desenvolvido.

#### 4.1.1 Sistema de controle do robô

O controle do robô é efetuada através de duas etapas onde para controlar o sentido de rotação dos motores é usada um circuito integrado I293d, popularmente conhecido pelo nome de Ponte H, pelo aspecto do circuito onde as chaves formam um H, o circuito funciona utilizando o chaveamento de transistor para mudar o sentido da corrente, alterando também o sentido de rotação do motor. Na figura 27 pode-se visualizar o funcionamento do circuito de Ponte H.

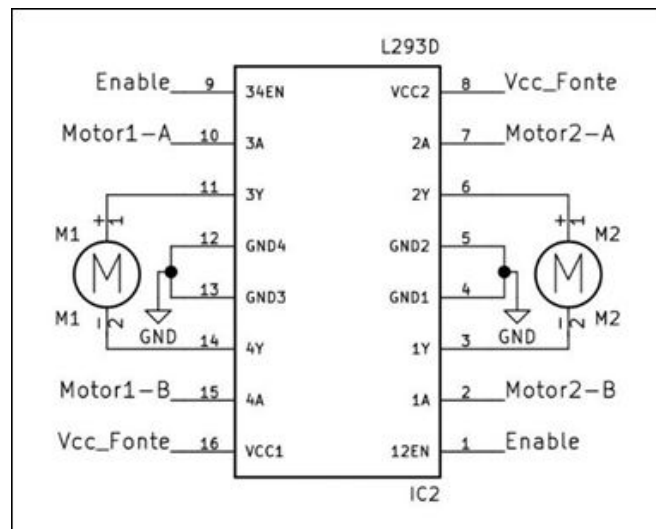
Figura 27 – Ponte H



FONTE: PandoraLab, 2018

De acordo com a Figura 28, é possível visualizar parte do esquema elétrico que é usado pelo I293d no projeto, onde os pinos (2,7,10 e 15) são para controlar o sentidos dos motores, os pinos (3,6,11 e 14) são para conectar os motores, os pinos (4,5,12 e 13) são para o aterramento do circuito, os pinos 8 e 16 para alimentação do circuito e os pinos 1 e 9 são responsáveis por ligar ou desligar os motores.

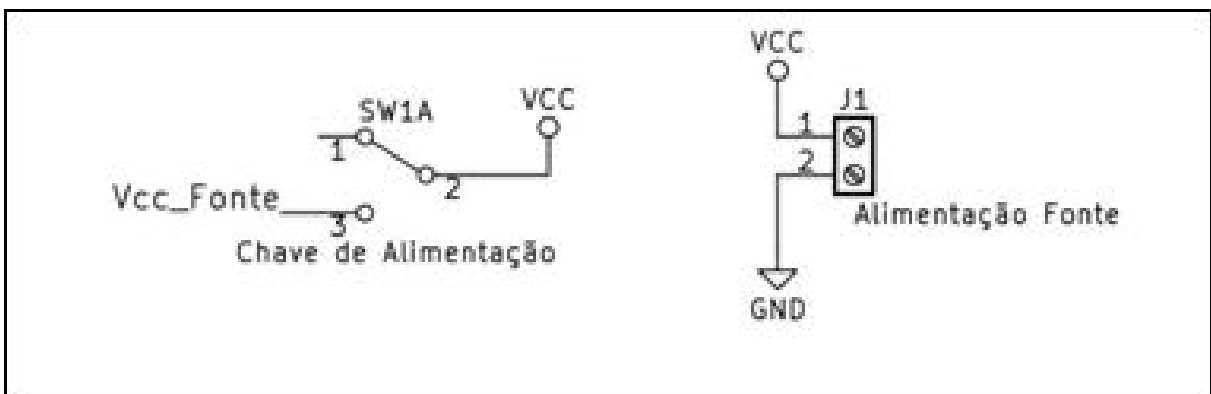
Figura 28 – l293d circuito



FONTE:Autoria própria

Sendo todo o circuito de controle de sentido de rotação alimentado por uma fonte de 5v, que pode ser acionada por uma chave de alimentação, visualizado na Figura 29.

Figura 29 – Chave de alimentação

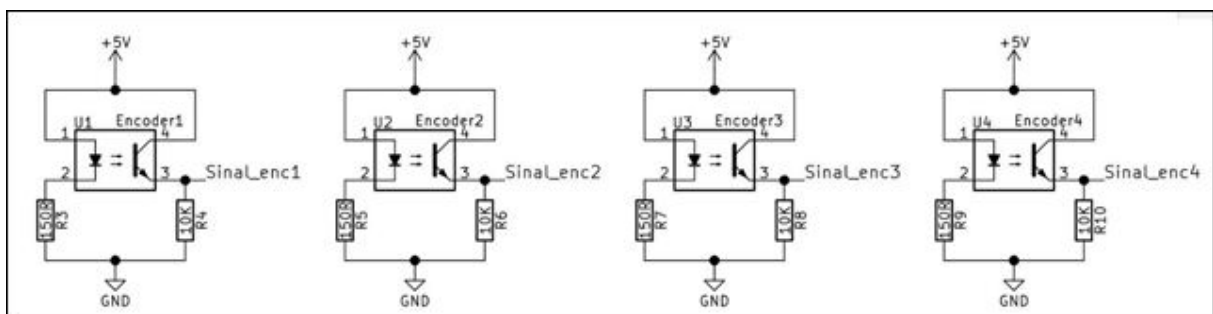


FONTE:Autoria própria

A segunda etapa foi controlar a posição do manipulador robótico, e para realizar a medição foi utilizado um mp237, que é um sensor em forma de “U”, tendo em uma ponta um diodo emissor de infravermelho e a outra um fototransistor. Quando um objeto passa pelo meio dos dois, é interrompido o sinal mandado do diodo para o fototransistor, tornando possível a medição da quantidade de furos, que foram distribuídos internamente em cada engrenagem.

Neste projeto o mp237 é utilizado como encoder dentro da caixa de redução do motor, sendo o objeto responsável pela interrupção do sinal uma engrenagem perfurada, detalhes do circuito na Figura 30.

Figura 30 – Circuito do encoder



FONTE: Autoria própria

Para montagem o circuito com o mp237, foi utilizado um resistor de 150 ohms ligado ao catodo do diodo para limitação de corrente. Já no fototransistor foi utilizado um resistor de 10k ohms ligado ao emissor, fazendo assim um circuito conhecido com resistor *Pull Down* permitindo ler o estado do sensor.

O algoritmo para este controle foi feito diretamente na placa controladora Wemos, utilizando a linguagem C de programação, dadas as medidas dos sensores, o programa é capaz de estipular a quantidade de furos que passaram, e por meio disto o algoritmo estabelece a posição de cada eixo do manipulador robótico.

Uma vez que a posição de cada eixo pode ser medida, comandos de movimento seriam aplicados para que o manipulador se mova, então desta maneira é realizado a execução dos movimentos necessários para cada função.

Viabilizando desta forma, não só controlar o manipulador robótico, mas também monitorar a sua posição atual e quais tarefas estariam sendo executadas, o interior do motor pode ser visualizado na Figura 31.



Figura 31 – Interior do motor do robô



FONTE: Autoria própria

#### 4.1.2 Sistemas de controle do *pallet*

O *pallet* foi planejado e desenvolvido de forma a facilitar o alcance do operador durante a reposição de peças, bem como possibilitar o acesso do robô, mantendo-o no alcance de todas as peças disponíveis na parte da frente do *pallet*. Seu desenvolvimento foi estritamente para que armazenasse as peças de maneira em que não tenha atrito com as demais e que não as deixe tão soltas, para que possam cair facilmente.

O controle do movimento desse equipamento é realizado por meio da utilização de um motor de passo em sua base, fazendo um ângulo de 90° com o chão, e nessa posição de o acesso ao manipulador robótico, esse posicionamento é feito pela informações de controle através da placa Wemos, em que necessita receber o sinal se as peças estão ou não já colocadas para fazer a montagem e então, dependendo do sinal recebido, ele pode executar o movimento para reposição de peças em que o funcionário as colocara nos slots do *pallet*, ou então o sinal passe que a alocação do *pallet* já está apta para serviço.

Por meio da comunicação *post/request/serial*, a placa de controle e comunicação, dá acesso às informações de disponibilidade de peças, tanto para o encarregado do sistema de supervisão, quanto para o cliente, ou seja, esse componente além de facilitar a customização do produto, também fornece a disponibilidade de estoque diretamente para a nuvem e então para o *site*.

### 4.1.3 *Software* para gerenciamento da plataforma (*WebServer*)

Para o gerenciamento da nuvem, foi necessário uma série de pesquisas até a escolha de um serviço especializado para acomodação do projeto via *web service*. A plataforma utilizada para gerenciar esse serviço e a comunicação de todo o projeto, foi o Heroku, uma plataforma aberta e livre para que qualquer desenvolvedor, com experiência ou sem experiência, possa realizar aplicações e armazená-las em um espaço disponível.

Além de fornecer facilidade no manuseio de informações, a plataforma fornece opções para programação em diversas linguagens, dentre elas Python, JavaScript, HTML, e Flask, linguagens estas que podem ser utilizadas no desenvolvimento tanto, da página *web*, anteriormente citada, quanto de um banco de dados, para movimentação das solicitações.

O desenvolvimento dos códigos, referentes ao site e aos protocolos de transmissão de dados, foi realizado utilizando diversas ferramentas de programação, que proporcionaram facilidades para a produção da página *web*. O maior auxiliador do projeto foi o programa *Visual Studio Code*, pois viabiliza uma grande variedade na interpretação de linguagens e auxilia os desenvolvedores com menos experiência, fornecendo dicas e atalhos no desenvolvimento do código.

### 4.1.4 Sistema Remoto para Armazenamento de Dados na Nuvem

Com essa massa de dados, foi necessário que fosse desenvolvido um banco de dados, com o intuito de agrupar e relacionar essas informações coletadas, para que sejam acessadas pelo *site* e pelos dispositivos que irão operar e montar o produto.

Como já mencionado na metodologia, o banco de dados que atendeu os requisitos para o nosso projeto, foi o *software* chamado de PythonAnywhere, que trata-se de um ambiente de desenvolvimento integrado, que disponibiliza apoio e ferramentas para que o processo seja executado, sem a necessidade de baixar dados para utiliza-lo.

Além dessas ferramentas, também disponibiliza serviço de hospedagem *web*, para guardar informações e imagens, referente as páginas *web* do projeto, em um servidor disponibilizado pelo PythonAnywhere.

#### 4.1.4.1 PythonAnywhere

Sendo um *software* que tem como principal linguagem o python, a nossa projeção do desenvolvimento exigiu o aprendizado desta linguagem para que pudéssemos realizar os códigos necessários. Após alguns estudos a codificação ficou mais clara e o aprendizado sobre o servidor se tornou mais simples, tornando viável a integração de múltiplas linguagens como html, javascript e python.

Além dessas linguagens, esse *software* também possibilita utilizar o protocolo JSON e o *micro-framework* Flask, facilitando o empacotamento de dados e favorecendo o uso do programa, já que engloba diversas linguagens, banco de dados e hospedagem de arquivos, ambos necessários para o desenvolvimento do projeto.

Em conjunto com o PythonAnywhere, foi utilizado a linguagem html, para a formação da página, e a biblioteca SQLite, para trabalhar com os dados e arquivos referentes ao banco de

dados.

Algumas limitações foram encontradas para a criação e desenvolvimento do banco de dados, onde foi possível requisitar somente 2 linhas de cada tabela criada, com isso se viu a necessidade de criar mais de uma tabela para a aquisição de dados e armazenamento.

Contudo foi possível armazenar as informações no banco de dados, utilizando uma tabela para cada par de variável, permitindo com que cada variável seja acessada e requisitada pelo método de *post/get*, que será melhor atribuído no tópico "postman" em sequência.

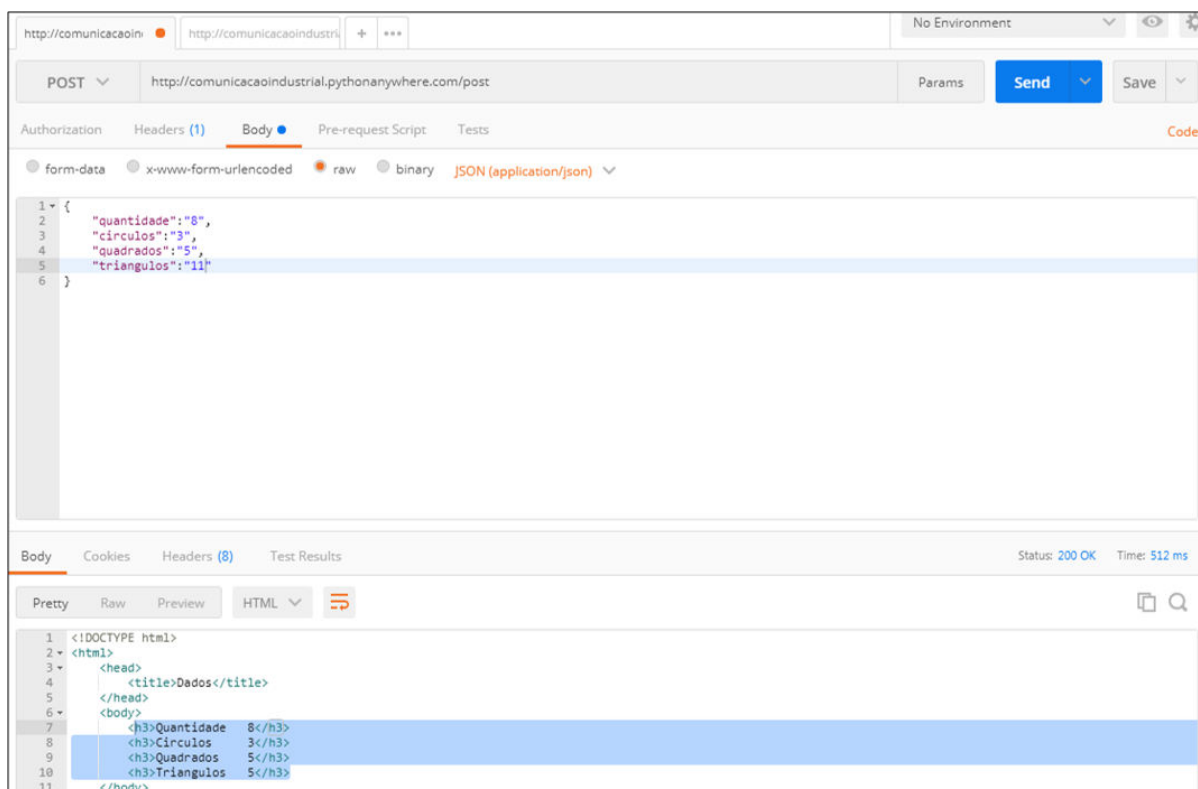
#### 4.1.4.2 Postman

O Postman é uma ferramenta utilizada para fazer diversos tipos de aplicações, como simulações de requisições e envio de dados, teste de resposta de aplicações, criação de documentação visualizável na *web*, entre outros. Possui uma interface de programação simples, sem a necessidade de muitas linhas de programação ou *interfaces* específicas para códigos, o que torna possível realizar diversos testes de maneira rápida e objetiva.

Com isso os métodos de *post* e *get* foram efetuados em conjunto do Postman e do protocolo JSON para a aquisição de informação no banco de dados.

Na Figura 32 é mostrado o método *post*, que foi efetuado pelo aplicativo Postman, que tem a capacidade de postar ou requisitar dados, permitindo que a informação armazenada no banco de dados, seja utilizada nos pedidos do projeto.

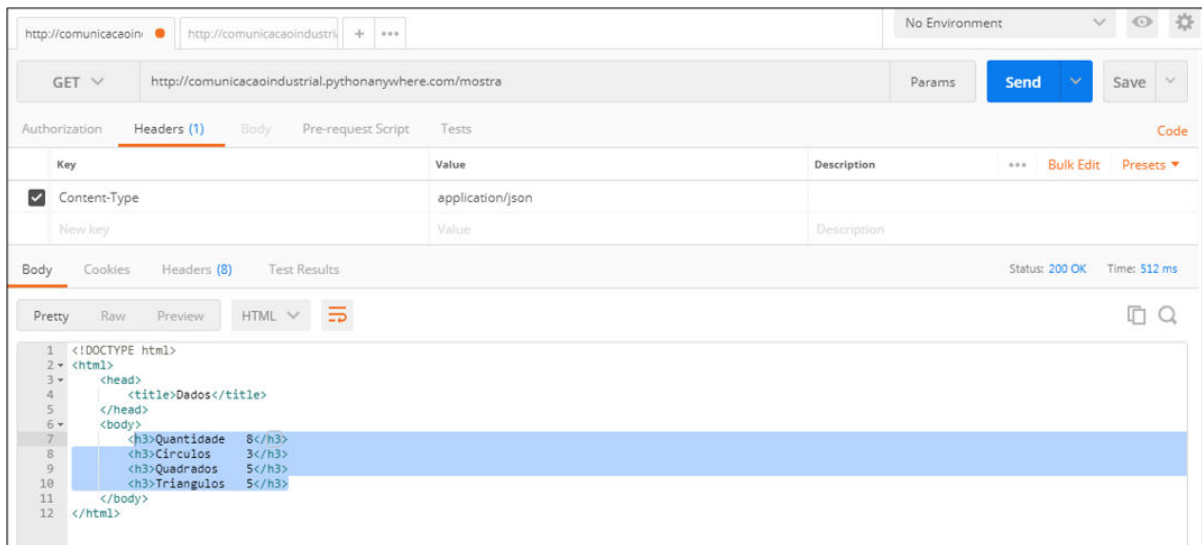
Figura 32 – Postman método *post*



Além de poder efetuar a postagem, também podem ser requisitados dados através desta ferramenta, utilizando o método *get* ele possibilita pegar a informação que está no banco de dados e disponibilizar para o requerente.

Na Figura 33 é possível visualizar o método de *get* pegando os valores das variáveis: Quantidade, Círculos, Quadrados e Triângulos.

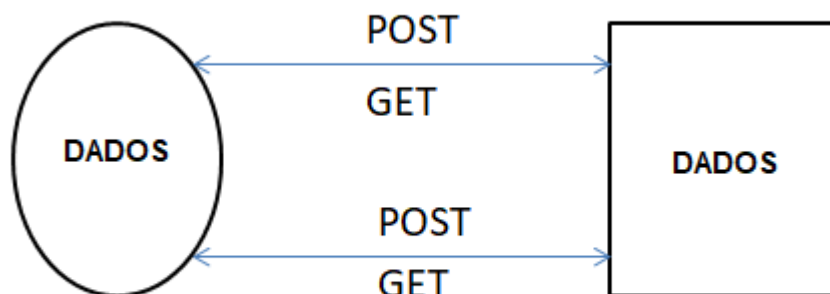
Figura 33 – Postman método *get*



FONTE: Autoria própria, 2018

A representação do fluxo de dados por *post* e *get*, é mostrado na Figura 34, conforme essa troca de informação vai ser efetuada pelo programa Postman.

Figura 34 – Fluxo de *post* e *get*



FONTE:Autoria própria, 2018

#### 4.1.5 Interface web com o usuário

A *interface web* foi desenvolvida com o aplicativo chamado Pingendo, que se trata de um programa/aplicativo próprio para a criação de páginas responsivas, fazendo uso de recursos de parallax e fornecendo templates próprios para a criação da parte visual da página em poucos minutos. O programa se destacou pela sua diversidade de funções disponíveis e a linguagem de fácil entendimento sobre seu sistema. Sendo possível gerar códigos de páginas completas e moldar através da visualização das imagens finais.

Fazendo uso deste programa, o site foi implementado com uma *interface* simples e didática para que o usuário consiga entender e realizar as solicitações que precisa. Com poucos comandos é possível selecionar a quantidade e a forma geométrica das peças e também selecionar a ordem em que seriam produzidas, então de acordo com a disponibilidade de estoque o site informa o limite máximo de peças disponíveis e também informa que elas estão sendo produzidas, caso o pedido esteja dentro dos parâmetros de estoque.

Após os ajustes do pedido o usuário precisa clicar no botão "Solicitar", que fica localizado logo abaixo da tabela de pedidos, então a partir disso os dados do sistema seriam enviados para a nuvem, ficando disponíveis para que os requerentes tenham acesso a essa informação e assim o processo de produção possa ter início.

Os dados gerados pelo processo são armazenados em uma tabela em outro endereçamento de página, para que possam ser acessados pelo supervisor, com a finalidade de que ele avalie como o sistema está seguindo seu fluxo de peças e quais foram selecionadas e lidas pelo servidor, mantendo um controle sobre a requisição.

Além da página de "Compras", citada acima, o site possui mais duas páginas, sendo a primeira delas responsável pelo "Login" de usuários. Esta seria encarregada do cadastro e *login* de cada perfil, sendo utilizada para a separação de cada pedido e para que a solicitação seja salva no cadastro de cada usuário na nuvem.

Outra página seria a "*Home page*", que serve como portfólio do trabalho, nela pode ser identificado cada um dos integrantes e colaboradores de desenvolvimento do projeto e para a identificação do tema em geral.

## 4.2 Desenvolvimento do hardware

O desenvolvimento do hardware foi centralizado no avanço do manipulador robótico e do *pallet*, pois assim teríamos a base de uma linha de montagem para efetuar a projeção do fluxo que seguimos para a execução do projeto.

Com esse foco, o *pallet* e as suas peças de encaixe, foram modeladas para que o robô conseguisse ter acesso a elas sem muita dificuldade.

### 4.2.1 Robô

O robô escolhido foi o OWI-535 *Robotic Arm Edge* possuindo 5 graus de liberdade, 5 motores, capacidade de elevação de 100 gramas, o movimento de inclinação do pulso é de 120°, movimento de inclinação do cotovelo é de 300°, do seu ombro é de 180° e sua base possui a inclinação de até 270°.

Por ser flexível e ter área de trabalho relativamente extensa, foi selecionado para atuar como dispositivo de montagem dos produtos, onde seu objetivo é pegar as peças e realizar a montagem das peças informadas pelo cliente.

Na Figura 35 temos a imagem do robô manipulador robótico citado.

Figura 35 – Equipamento desenvolvido

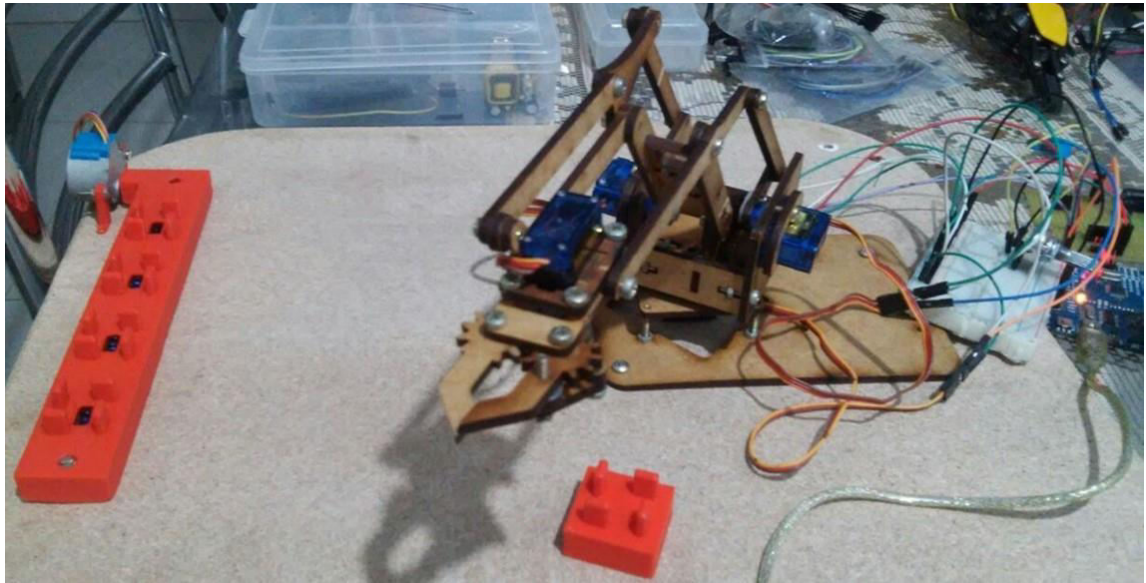


FONTE: A autoria própria, 2018

Também foi selecionado um outro robô para auxiliar na linha de montagem das peças, sendo ele feito de madeira e utilizando servo motores.

Na figura 36 temos uma foto do robô de MDF, para uma melhor visualização de seu perfil e sua área de trabalho.

Figura 36 – Equipamento desenvolvido



FONTE: A autoria própria, 2018

#### 4.2.2 Suportes para fechamento de malha do robô

Com a necessidade de realizar a medição do posicionamento do manipulador robótico, para realizar a montagem do produto, algumas ideias foram avaliadas e também testadas, com o intuito de minimizar erros de encaixe nas peças.

A princípio, a projeção do fechamento da malha do robô foi de utilizar acelerômetros, em que faria a medida da aceleração própria do manipulador robótico, sendo assim todo seu movimento, ia depender do quão rápido ou lento ele estivesse, e então com essas medidas, ficaria clara sua posição, porém após alguns testes, foi visto que os dados para determinação da posição do robô eram incertos e tornariam os seus movimentos mais imprecisos.

Após essa tentativa de medição da posição, outra ideia foi elaborada. Baseava-se em colocar potenciômetros em cada eixo do robô, para medir sua posição através da diferença de potencial do motor em relação ao seu movimento. Movendo a chave do dispositivo, essa diferença de potencial elétrica geraria um dado para que soubéssemos o quanto ele se moveu, e através deste movimento em que a chave faria seria possível estabelecer uma posição para cada eixo do manipulador.

Porém com estes ajustes os ângulos de movimento do robô ficaram mais limitados. Estas limitações fizeram com que outra ideia fosse levada em consideração.

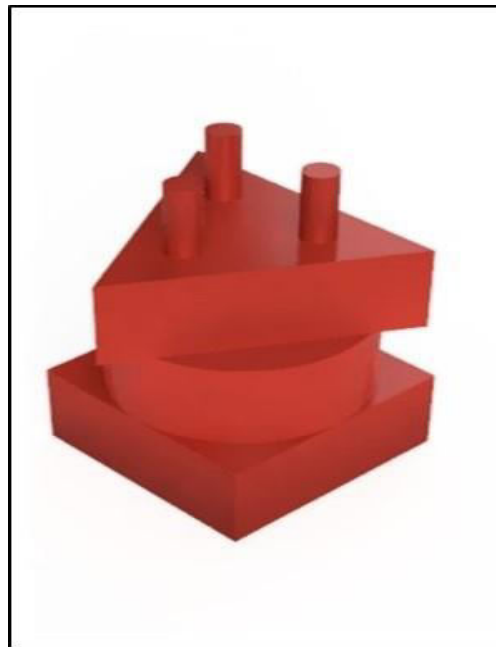
Foi pensando então em utilizar *encoders*, estes dentro das engrenagens do redutor do motor, fazendo sua medição por furos localizados no jogo de engrenagem do motor, para que a cada passagem de luz no sensor *encoder*, ele teria a medição da quantidade em que o motor girou, dando a ele muito mais aproveitamento em seu envelope de trabalho, pois não teria limitações

como nas ideias anteriores, além de suas medições para movimento e posicionamento ficarem mais claras.

### 4.2.3 Geometria das peças para montagem

Primeiramente realizamos a modelagem de três peças que possuem formas geométricas básicas de: círculo, triângulo e quadrado, cada peça simulando um produto, sendo que todas as peças possuem três pinos de encaixe na face superior e três furos na parte inferior. Juntos, esses componentes propiciam o encaixe e a montagem do produto final, conforme é visto na Figura 37 esse encaixe das peças.

Figura 37 – Encaixe das peças



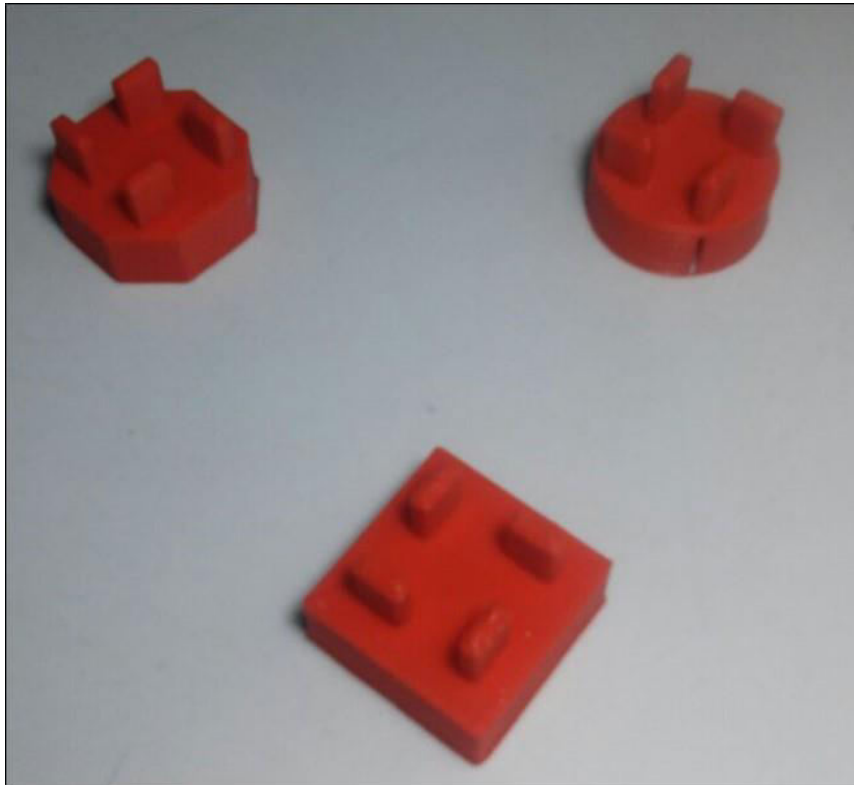
FONTE:Autoria própria, 2017

Foram realizados testes com este formato invalidando o mesmo, porque com a disposição dos pinos só permitia um modo de encaixe, sendo que se o manipulador pegasse a peça de modo diferente não seria possível realizar o encaixe, remodelamos também os pinos, pois o diâmetro do pino era pequeno, necessitando uma alta precisão do manipulador na montagem, mudados o formato do pino para ter uma maior atrito entre as peças com o pallet, assim quando ele estiver



posicionado em um ângulo de 90° as peças não cairão, trocamos a forma geométrica do triângulo para um octógono para ter mais pontos de apoio na garra do manipulador, na Figura 38, o novo *layout* das peças é mostrado.

Figura 38 – Novas peças *layout*



FONTE: Autoria própria, 2017

As peças utilizadas como protótipo para o desenvolvimento desta pesquisa foram obtidas por meio de modelagem realizada no *software Fusion 360* e impressas e confeccionadas em uma impressora 3D com o auxílio do *software Slic3r*, a partir do filamento PLA ou Ácido Polilático.

## 5 Resultados

Os resultados que nós obtivemos foram, que é possível fazer a troca de dados entre dispositivos robóticos. Todos os dados que foram disponibilizados e que efetuaram a troca, apresentaram a possibilidade de armazenamento em serviços de Nuvem, o que proporcionou o caminho da informação entre o usuário e o manipulador final.

Alguns problemas em relação ao Hardware foram encontrados, como por exemplo no manipulador OWI-355, em que primeiramente foram utilizados acelerômetros, em seus eixos, para realizar a medição de seu posicionamento, porém conforme testes foram efetuados, os dados de posição se mostraram imprecisos e de difícil aquisição, com isso foi tentado realizar o controle de posição utilizando potenciômetros em seus eixos. Houve uma melhora notável em sua medição, porém a movimentação em seu envelope de trabalho ficou limitada.

Após essas duas tentativas foi pensado em uma outra alternativa, a de utilização de encoders, fazendo a leitura de furos dispostos internamente nas caixas de engrenagens dos eixos dos motores, porém esta, apresentou problemas na parte mecânica, em relação ao funcionamento das engrenagens, além da dificuldade na consistência dos dados obtidos, tornando a aplicação do método impossível.

Conforme esses testes foram realizados, e visando o rumo que o robô OWI-355 se aplicava, a ideia de utiliza-lo ficava cada vez mais limitada, com isso outro robô foi cogitado, sendo ele um manipulador robótico microcontrolado, conforme os testes foram efetuados, foi notável que ele não tinha força para levantar as peças e sua garra manipuladora não conseguia ter um encaixe preciso, não tornando possível a sua aplicação.

Tudo isto acabou tornando o *Hardware* inviável para o projeto, tornando-se uma proposta futura de aplicação, então foi necessário a simulação com outros dispositivos e programas disponíveis.

O fluxo do projeto foi finalizado, através dos protocolos citados no trabalho e em conjunto do uso de alguns programas, como *PythonAnywhere* e o *Postman*, para produzir a simulação da intercomunicação dos meios, mostrando a possibilidade de envio e recebimento dos dados apresentados, então a solicitação é feita através do *Postman* para o site hospedado, assim a informação pode ser vista no programa e requisitada pelo próprio *Postman* novamente.

Para a visualização do usuário hospedamos a página web no servidor Heroku, pois o servidor possibilita uma facilidade no desenvolvimento de *templates*, pois aceita linguagens de *JavaScript*, *CSS* e *HTML*, tornando mais simples a programação da página de acesso do usuário.

## **6 Considerações finais**

Em virtude do que foi pesquisado e desenvolvido, foi possível concluir que com os avanços tecnológicos disponíveis atualmente, as indústrias estão maximizando seus esforços para utilizar essa tecnologia em conjunto, para ter uma maior conexão entre os equipamentos que conseqüentemente remete a um maior controle das informações que se estão sendo operadas e armazenadas.

Por utilizar tecnologias como a automação, a internet das coisas e robôs colaborativos, faz com que a ideia da indústria 4.0, seja de extrema importância, para que o controle de informação de todos estes componentes, fiquem armazenados e em constante comunicação, sendo assim os supervisores venham a ter acesso a esse conjunto de informações, minimizando possíveis erros de montagem ou de envios errados.

Com essa comunicação proposta pelo nosso projeto, que foi simular uma linha de montagem utilizando a comunicação em rede de internet, mostra que empresas já estão trabalhando e investindo nesse crescimento industrial, e que essa comunicação entre meios distintos é possível. Com essas características da indústria 4.0, algumas propostas futuras se destacam no nosso projeto, sendo elas, a aplicação de segurança na rede de comunicação, um sistema de identificação de usuário, ou seja, um login, para fazer o pedido do produto, e login de administrador para supervisão da massa de dados.

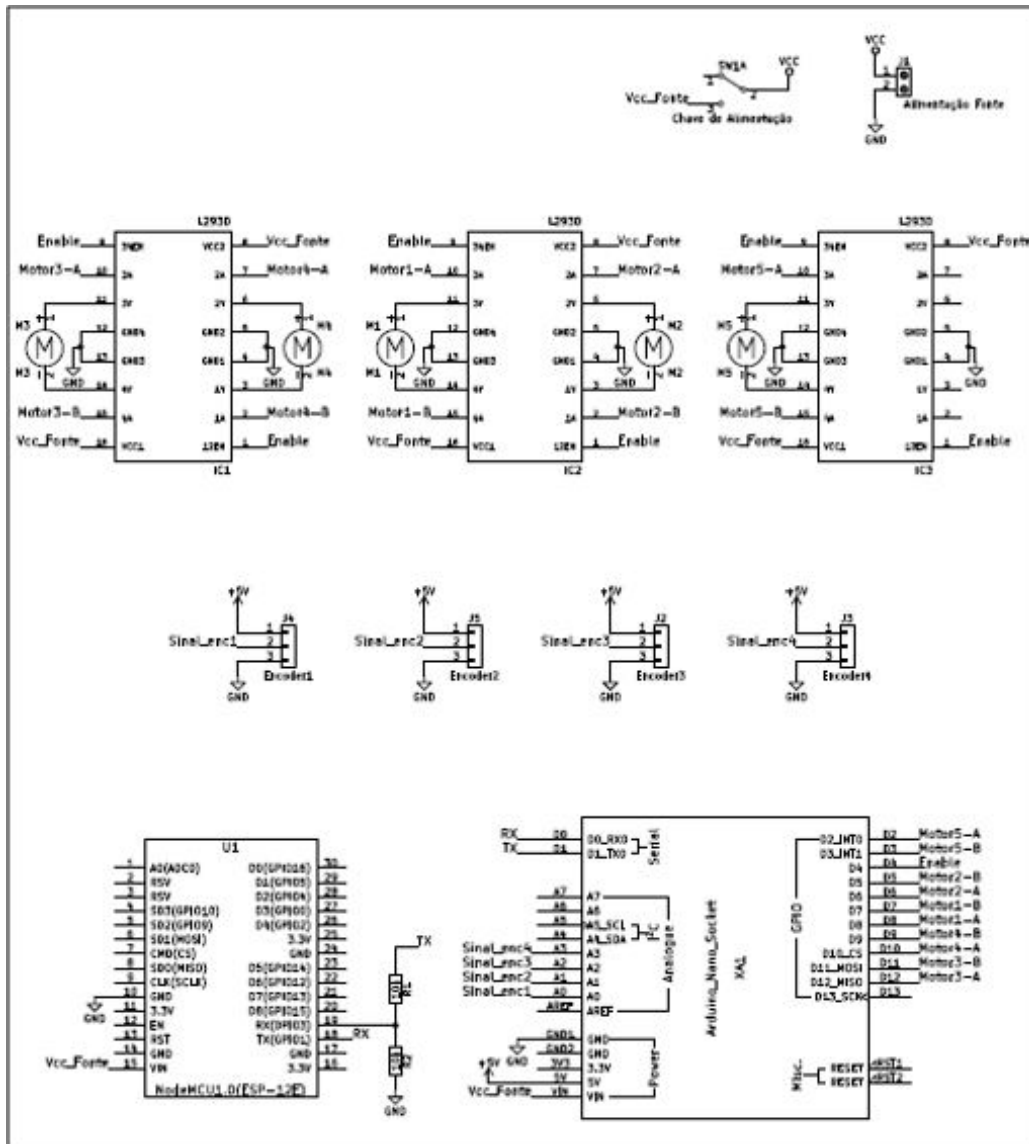
## Referências

- ALVES, R. F. **Terceira revolução industrial**. Março 2018.  
<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/terceira-revolucao-industrial.htm>. Urlaccess-date = 17 Fev. 2017.20
- BARROS, M. **MQTT Protocolos para IoT**. Jun. 2015. <https://www.embarcados.com.br/mqtt-protocolos-para-iot/>. Urlaccessdate = 24 set. 2017.31
- FAUSTINO, B. **Seis princípios básicos da Indústria 4.0 para os CIOs**. Maio 2016.  
<http://cio.com.br/noticias/2016/05/02/seis-principios-basicos-da-industria-4-0-para-os-cios/>.  
 Urlaccessdate = 23 março. 2017.20,21
- GONÇALVES, R. **Segunda revolução industrial**.  
<https://brasilecola.uol.com.br/historiag/segunda-revolucao-industrial.htm>. Urlaccess-date = 15 Fev. 2017.19
- GUOQIANG, S. Design and implementation of a smart iot gateway. **IEEE Xplore**.24  
 Urlaccessdate = 15 Maio 2017.
- IEDI. **América Latina entre riscos e oportunidades da Indústria 4.0**. Mar. 2018.  
<https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/customizacao-escolhas-personalizadas/>.  
 Urlaccessdate = 23 Maio 2018.22,23
- LECHETA, R. R. **AWS para desenvolvedores**. [S.l.: s.n.], 2014.35,36
- LI, L. China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of "made-in-china. **Old Dominion University, Norfolk**.21,22 Urlaccessdate = 14 Fev. 2018.
- MAIA, O. L. **Indústria 4.0 exigirá um novo profissional**. Jul. 2017.  
<https://exame.abril.com.br/tecnologia/industria-4-0-exigira-um-novo-profissional/>.  
 Urlaccessdate = 20 set. 2017.21
- MEDEIROS, H. **Conhecendo JSON**. Novembro 2012.  
<http://www.linhadecodigo.com.br/artigo/3623/conhecendo-json.aspx>. Urlaccessdate = 18 set. 2017.29
- PADIS, P. **customizacao escolhas personalizadas**. Jun. 2017.  
<https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/customizacao-escolhas-personalizadas/>.  
 Urlaccessdate = 24 Maio 2018.23
- PERREIRA, A. P. **O que é XML**. Março 2009.  
<https://www.tecmundo.com.br/programacao/1762-o-que-e-xml-.htm>. Urlaccessdate = 14 set. 2017.27
- REZENDE, R. **Conceitos Fundamentais de Banco de Dados**. 2006.  
<https://www.devmedia.com.br/conceitos-fundamentais-de-banco-de-dados/1649>.  
 laccessdate = 28 Jun. 2018.40
- ROBERT, A. Explaining the british industrial revolution,. **Department of Economics and Nuffield College**.15,16 Urlaccessdate = 10 Abril 2018.
- ROUSE, M. **HTTP**. Julho 2006. <https://searchwindevelopment.techtarget.com/definition/HTTP>.  
 Urlaccessdate = 12 Fev. 2018.26

- 
- ROUSE, M. **IoT gateway**. Novembro 2017. [Http://whatis.techtarget.com/definition/IoT-gateway](http://whatis.techtarget.com/definition/IoT-gateway).  
Urlaccessdate = 24 Maio. 2018.32
- SANTOS, F. **Movimento cartista**. 2017. [Https://historiadomundo.uol.com.br/idade-contemporanea/movimento-cartista.htm](https://historiadomundo.uol.com.br/idade-contemporanea/movimento-cartista.htm). Urlaccessdate = 22 Dez. 2017.18
- SAUDE, P. **CCM**. Abril 2017. [Http://br.ccm.net/contents/266-o-protocolo-http](http://br.ccm.net/contents/266-o-protocolo-http). Urlaccessdate = 27 out. 2017.26
- SCHWARTZ, M. **Internet of things with ESP8266**. [S.l.: s.n.], 2016.34
- SEVERINO, t.2007. A. J. [S.l.: s.n.].38
- SUTHERLAND, t.2014. J. [S.l.: s.n.].39
- THOMSEN, A. **O que é Arduino?** 2014. [Https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/](https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/).  
Urlaccessdate = 07 jun. 2018.33
- WEB, C. **O socialismo**. Jun. 2012. [Https://www.colegioweb.com.br/ideias-e-movimentos-sociais-e-politicos-do-seculo-xix/o-socialismo.html/](https://www.colegioweb.com.br/ideias-e-movimentos-sociais-e-politicos-do-seculo-xix/o-socialismo.html/). Urlaccessdate = 27 Maio 2018.  
17
- WEMOS. **MQTT Protocolos para IoT**. Mar. 2017. [Https://wiki.wemos.cc/products:d1:d1](https://wiki.wemos.cc/products:d1:d1).  
Urlaccessdate = 20 set. 2017.34
- WESSON, S. The industrial revolution,. **teacher's guide primary source set**.17
- YUAN, M. **Conhecendo o MQTT**. Out. 2017.  
[Https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html](https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.html).  
Urlaccessdate = 19 set. 2017.30
- ZHU RUICONG WANG, Q. C. Y. L. Q.; QIN, W. Iot gateway. **Bridging Wireless Sensor Networks into Internet of Things**. Urlaccessdate = 15 Jul. 2017.30

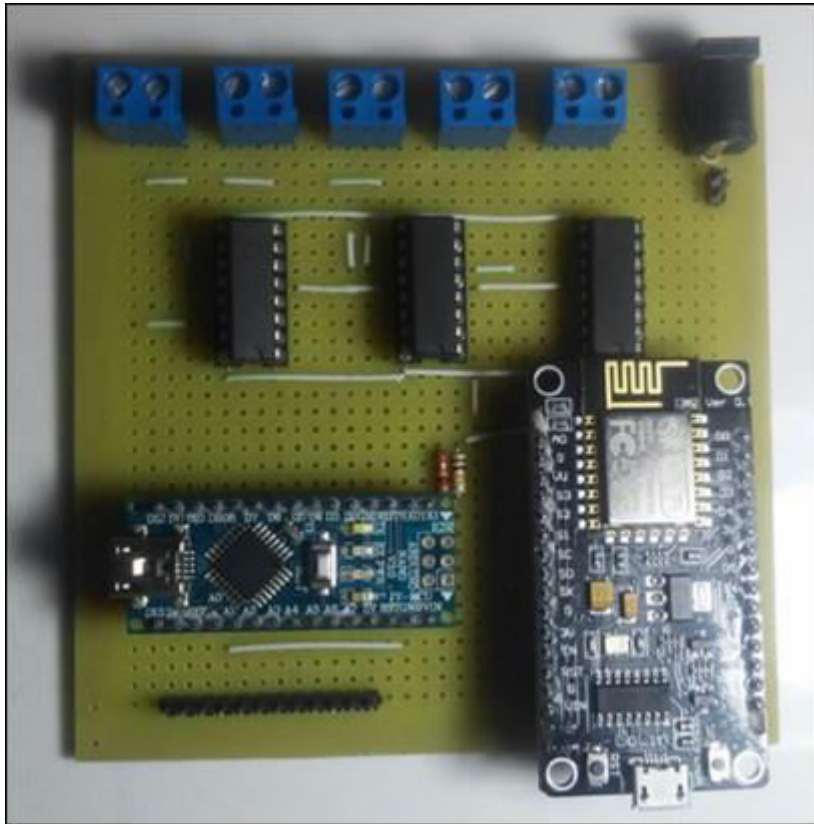
## **Apêndices**

Apêndice 1 - Placa de controle do robô



FONTE: Autoria própria

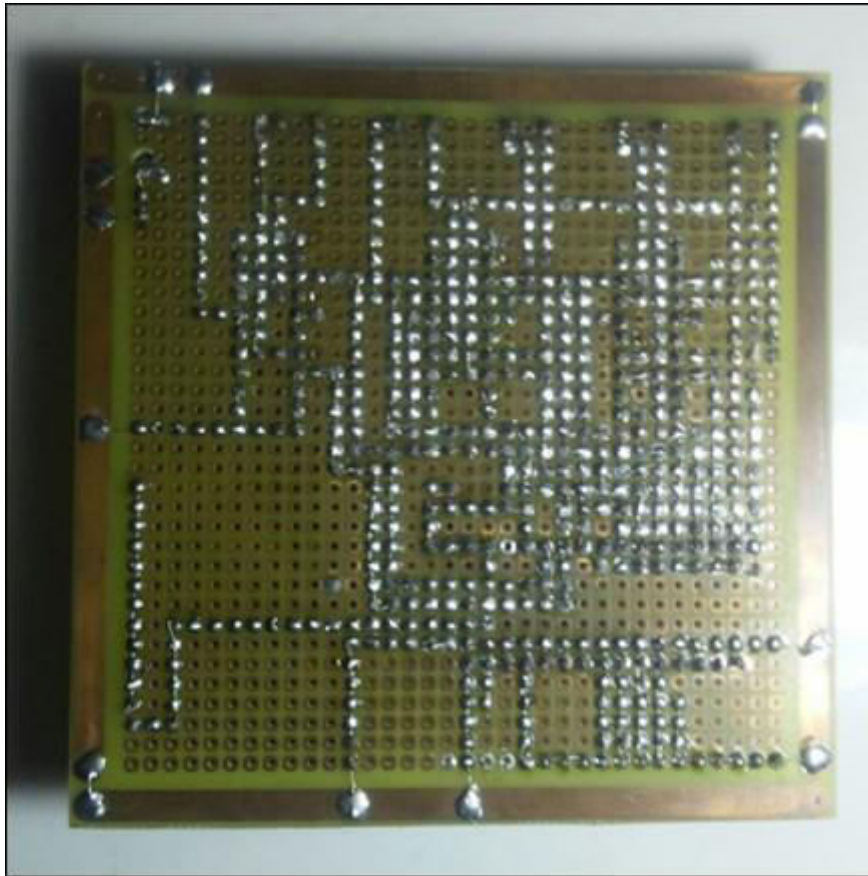
## Apêndice 2 - Placa do circuito do NodeMCU



FONTE: Autoria própria



Apêndice 3 – Trilha do circuito NodeMCU



FONTE: Autoria própria

Código da página para transmissão de dados

Código Disponibilizados no GitHub pelo link: <https://github.com/TCCIndustrial/tccindustrial.git>

Apêndice 4

Código JSON

Código Disponibilizados no GitHub pelo link: <https://github.com/TCCIndustrial/tccindustrial.git>