

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA

GABRIEL BULIGON DAL PONTE

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE
CONSUMO DE GÁS ENVASADO UTILIZANDO TECNOLOGIA IOT

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO DE 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA
CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE METAL-MECÂNICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA

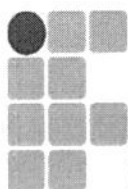
GABRIEL BULIGON DAL PONTE

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE
CONSUMO DE GÁS ENVASADO UTILIZANDO TECNOLOGIA IOT

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Santa Catarina como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Mecatrônica.

Professor orientador: André Roberto de
Sousa, Dr. Eng.

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO DE 2018



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

DECLARAÇÃO DE FINALIZAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Declaro que o(a) estudante **GABRIEL BULIGON DAL PONTE**, matrícula nº **141004850-0**, do Curso de Engenharia Mecatrônica, defendeu o trabalho intitulado **DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO DE CONSUMO DE GASES CONFINADOS UTILIZANDO TECNOLOGIA IOT**, o qual está apto a fazer parte do banco de dados da Biblioteca Hercílio Luz do Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.

Florianópolis, 12 de dezembro de 2018.

Prof. Orientador do TCC: André Roberto de Sousa

“It’s times like these you learn to live again.”

Foo Fighters

RESUMO

O desenvolvimento da internet abriu novas e grandes possibilidades para o monitoramento de processos, na chamada Internet das coisas (IoT). Dispositivos integrando sensores e a capacidade de comunicação com a internet têm sido aplicados nas mais variadas situações para tornar visível variáveis que podem ser usadas para a tomada de decisões com vistas à melhoria da eficiência e segurança de processos.

Uma das áreas com grande benefício potencial da integração dessas tecnologias é a área de logística de distribuição de produtos consumíveis como gases e líquidos empregados em diversos processos. Atualmente a logística de distribuição desses itens depende basicamente de pedidos feitos pelos clientes aos fornecedores, os quais nem sempre conseguem atender com brevidade e eficiência esses pedidos, com pouco poder de antecipação de demanda e planejamento das estratégias de distribuição.

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema para monitoramento em tempo real com uso da internet do consumo de gás envasado em botijões. Uma balança foi adaptada para esta finalidade e dispositivos de comunicação com a internet foram integrados de modo a permitir a medição e a transmissão do volume de gás do botijão. Um aplicativo foi desenvolvido para a visualização remota dessa informação, com recursos para armazenamento dos dados medidos e emissão de relatórios e alarmes. Para a sua validação operacional e metrológica o sistema foi calibrado e usado na prática no monitoramento de consumo de GLP de uso residencial, demonstrando excelente conformidade com os objetivos do trabalho.

Palavras-chave: Internet das Coisas, medição de consumo de gás, sistemas inteligentes.

ABSTRACT

The development of the internet has opened new and great possibilities for the monitoring of processes, in the so-called Internet of Things (IoT). Devices integrating sensors and the ability to communicate with the Internet have been applied in the most varied situations to make visible variables that can be used for decision making in order to improve the efficiency and security of processes.

One of the areas with great potential benefit of the integration of these technologies is the logistics area for the distribution of consumables such as gases and liquids used in various processes. At present, the logistics of distribution of these items depends basically on requests made by customers to suppliers, who are not always able to respond quickly and efficiently to those requests, with little power of anticipation of demand and planning of distribution strategies.

The present work describes the development of a system for monitoring in real time with the use of the internet of the consumption of confined gases in cylinders. A balance has been adapted for this purpose and internet communication devices have been integrated in order to allow measurement and transmission of the gas volume of the cylinder. An application was developed for the remote visualization of this information, with resources for storing the measured data and reporting and alarms. For its operational and metrological validation the system was calibrated and used in practice in the monitoring of residential LPG consumption, demonstrating excellent compliance with the objectives of the work.

Keywords: Internet of Things, gas consumption measurement, intelligent systems.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - APLICAÇÃO DO CONCEITO DE IOT NO MONITORAMENTO DO CONSUMO E AÇÕES DE LOGÍSTICA	11
FIGURA 2 - CYLINDER FILLING OPERATION, NEW YORK, 1926	14
FIGURA 3 - MODELOS DE BOTIÕES DE GLP	15
FIGURA 4 - CORES DE CILINDROS INDUSTRIAIS.....	16
FIGURA 5 - FUNCIONAMENTO TCP/IP	19
FIGURA 6 - FUNCIONAMENTO DA COMUNICAÇÃO MQTT	20
FIGURA 7 - SISTEMA IDEALIZADO	21
FIGURA 8 - DING	24
FIGURA 9 - PLATAFORMA RAMUZA DP 150	25
FIGURA 10 - DIAGRAMA DE FUNÇÕES.....	27
FIGURA 11 - SUBSISTEMA MECÂNICO	28
FIGURA 12 - SUBSISTEMA ELETRÔNICO	29
FIGURA 13 - DIAGRAMA DE INTERAÇÕES.....	30
FIGURA 14 - ESBOÇO DO PRODUTO	31
FIGURA 15 - VISÃO SUPERIOR DA BALANÇA	32
FIGURA 16 - VISÃO INFERIOR DA BALANÇA	34
FIGURA 17 - ESBOÇO DA INTERFACE	35
FIGURA 18 - TABELA COMPARATIVA ENTRE ESP32 E ESP8266	37
FIGURA 19 - FUNCIONAMENTO DO MICROCONTROLADOR	39
FIGURA 20 - CÓDIGO REFERENTE AO HX711.....	40
FIGURA 21 - TRECHO DO CÓDIGO DO APLICATIVO	42
FIGURA 22 - INTERFACE DO APLICATIVO.....	43
FIGURA 23 - LIGAÇÕES ENTRE OS DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS	44
FIGURA 24 - BALANÇA MODIFICADA	45
FIGURA 25 - GRÁFICO DE AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO.....	47
FIGURA 26 - GRÁFICO DO TESTE COM VARIAÇÃO DE MASSA	49

LISTA DE QUADRO

QUADRO 1 - DADOS TÉCNICOS RAMUZA DP 150.....	25
QUADRO 2 - ESPECIFICAÇÕES DA BALANÇA COMERCIAL	32
QUADRO 3 - MEDIDAS DE MASSA AVALIADAS	46
QUADRO 4 - REPETIÇÕES DE VALORES DE TESTE	48
QUADRO 5 - REPETIBILIDADE NOS ENSAIOS DE ESTABILIDADE	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.2	OBJETIVOS	12
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	GASES ENVASADOS EM CILINDROS	13
2.1.1	TIPOS E APLICAÇÕES.....	14
2.1.2	LOGÍSTICA DE REPOSIÇÃO	16
2.2	INTERNET DAS COISAS.....	17
2.2.1	APLICAÇÃO DO IOT EM MONITORAMENTO DE PROCESSOS.....	17
2.2.2	TECNOLOGIAS.....	18
2.3	MONITORAMENTO DO CONSUMO DE GASES ENVASADOS COM IOT	20
2.3.1	SISTEMA IDEALIZADO.....	20
3	METODOLOGIA.....	22
3.1	PROJETO INFORMACIONAL	22
3.1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	22
3.1.2	CLIENTES	23
3.1.3	BENCHMARKING	23
3.1.4	REQUISITOS E LIMITAÇÕES DE PROJETO.....	26
3.2	PROJETO CONCEITUAL.....	26
3.2.1	FUNÇÃO GLOBAL E SUBFUNÇÕES	26
3.2.2	SUBSISTEMA MECÂNICO	27
3.2.3	SUBSISTEMA ELETRÔNICO	28
3.2.4	DIAGRAMA DE INTERAÇÕES	30

3.3	PROJETO PRELIMINAR.....	31
3.3.1	CONFIGURAÇÃO DO PRODUTO	31
3.3.2	MÓDULO DE ESTRUTURA MECÂNICA	31
3.3.3	MÓDULO ELETRÔNICO.....	33
3.3.4	INTERFACE DO APLICATIVO.....	34
3.3.5	RELACIONAMENTOS.....	35
3.3.6	DIRETRIZES DE SEGURANÇA.....	36
3.4	PROJETO DETALHADO.....	36
3.4.1	MATERIAIS	36
3.4.2	SOFTWARES.....	39
3.4.3	INTEGRAÇÃO E MONTAGEM	44
3.4.4	TESTES DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA	46
4	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERÊNCIAS.....	52
	APÊNDICE A – SOFTWARE MICROCONTROLADOR.....	53
	APÊNDICE B – MAIN SOFTWARE APLICATIVO	55

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento de usuários de internet e o avanço de tecnologias de comunicação, o conceito da Internet das Coisas (do inglês Internet of Things, IoT), vem ganhando muito destaque no setor acadêmico e industrial. O principal objetivo do IoT é a conexão entre usuários com objetos e dispositivos diversos, capaz de transmitir e receber dados, permitindo a visualização do funcionamento dos mesmos.

ATZORI et al. (2010) denotam que o grande potencial do conceito IoT está nos vários aspectos do cotidiano dos usuários da tecnologia. Muitos processos podem ser grandemente beneficiados com a integração das tecnologias de IoT. Um exemplo disso é o uso de gases, através de botijões, como o gás GLP em casas e restaurantes, ou Oxigênio em hospitais e ambulatórios. Para evitar problemas relacionados com a falta desses gases ou outros contratempos envolvidos, como vazamentos ou uso exagerado, o uso de um sistema que supervisione o consumo dos gases e informe ao usuário esses dados seria uma alternativa válida.

O sistema desenvolvido nesse projeto teve como finalidade criar um protótipo de balança que utilize tecnologia IoT, utilizando um microcontrolador de baixo custo, permitindo a visualização da variação contínua do volume de gás no botijão através de uma interface desenvolvida em um aplicativo para dispositivo móvel.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

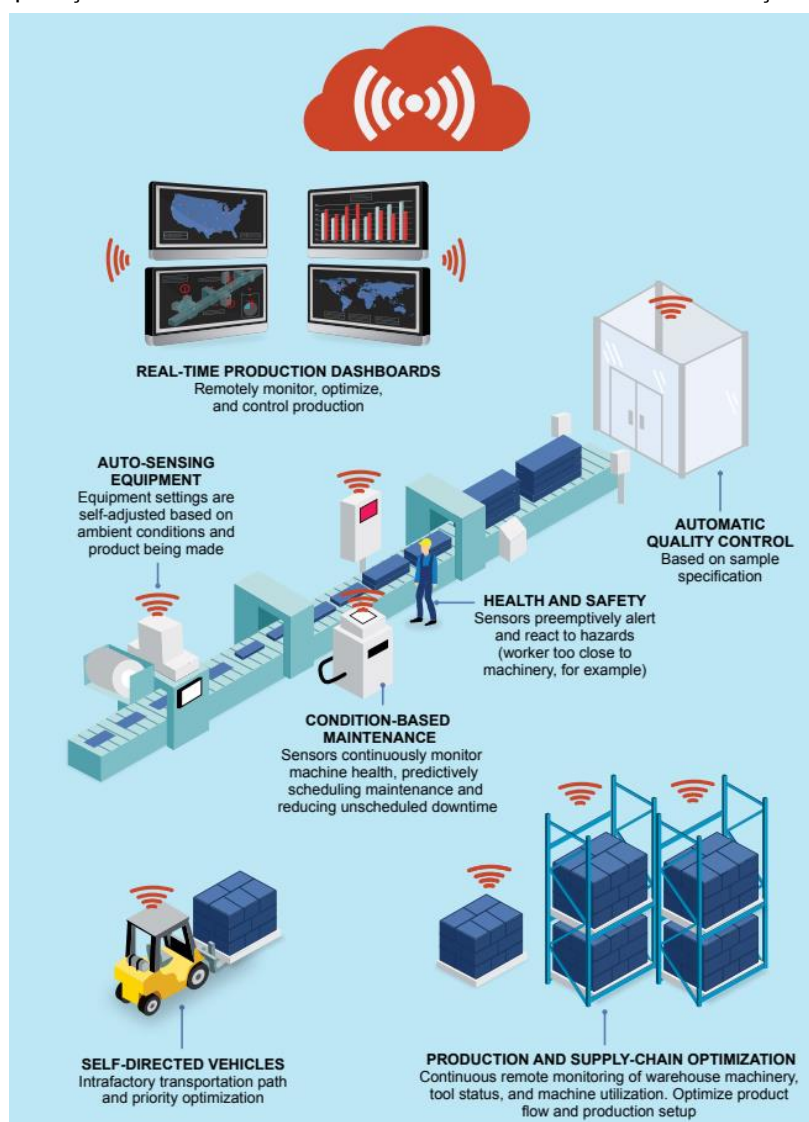
A medição de consumo de gases é importante para diversas finalidades por permitir ações de otimização tais como monitorar o consumo e permitir identificar excessos ou vazamentos e também possibilitar o acompanhamento do consumo e planejar com eficiência o momento de reposição dos materiais (Figura 1).

Empresas distribuidoras destes produtos operam sob demandas imediatas de seus clientes, que comunicam a falta ou iminência dela e os fornecedores respondem a essas demandas sem muito tempo ou chance de planejamento. Esse imediatismo leva a problemas do atendimento de prazos, gerando insatisfação nos usuários, bem como faz os fornecedores operarem com eficiência de distribuição abaixo do desejado. Por não ter chance de um planejamento de entrega, muitas vezes as rotas e frequências de entrega

levam a desperdícios de tempo e combustível com rotas não planejadas ou mesmo duplicadas.

Além dessa limitação para os fornecedores, a falta de medição de consumo acarreta situação de desperdícios para os usuários, decorrentes de problemas como vazamentos e problemas operacionais nos processos comerciais e industriais que utilizam esses gases. O monitoramento do consumo permitiria aos usuários identificar desperdícios e estabelecer melhores métodos de uso dos gases, com benefícios técnicos, econômicos e ambientais.

Figura 1 - Aplicação do conceito de IoT no monitoramento do consumo e ações de logística



Fonte: Mapping the value beyond the hype, McKinsey Global Institute, 2015

Outro problema relacionado ao consumo de gás engarrafado é identificar anormalidades durante a troca dos cilindros, como volumes de material abaixo do correto.

A reposição dos cilindros de gás é realizada normalmente com base na massa não utilizada do gás, que é medida e é concedido um desconto ao valor correspondente de gás não utilizado. É importante que o usuário possa conferir o valor que está entregando de gás não utilizado para evitar prejuízos.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho procurou desenvolver e validar metrologicamente uma aplicação de IoT voltada para o monitoramento do consumo de gás engarrafado. Por se tratar de uma proposta nova, ainda não vista comercialmente, este projeto traz a possibilidade de criação de um produto ou patente. O seu escopo foi definido para atingir os seguintes objetivos Geral e Específicos.

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e validar metrologicamente um sistema de monitoramento da massa para botijões de gás com conexão à internet, empregando o conceito de Internet das Coisas.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do projeto são:

- a) Desenvolver um sensor para a medição da massa de botijões de gás e os dispositivos de hardware para comunicação com a internet
- b) Desenvolver softwares para integração dos módulos do sistema e para visualização das medições
- c) Integrar todo o sistema e avaliá-lo operacional e metrologicamente
- d) Documentar o desenvolvimento do projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Antes de partir para o desenvolvimento do sistema, foi necessária uma pesquisa envolvendo os temas aqui apresentados, desde a utilização dos gases de forma envasada, suas aplicações e logísticas, até o cenário atual do conceito Internet das Coisas, tecnologias envolvidas na sua construção e seus usos. Ao fim dessa etapa, foi mostrado o projeto idealizado envolvendo ambas as pesquisas.

2.1 GASES ENVASADOS EM CILINDROS

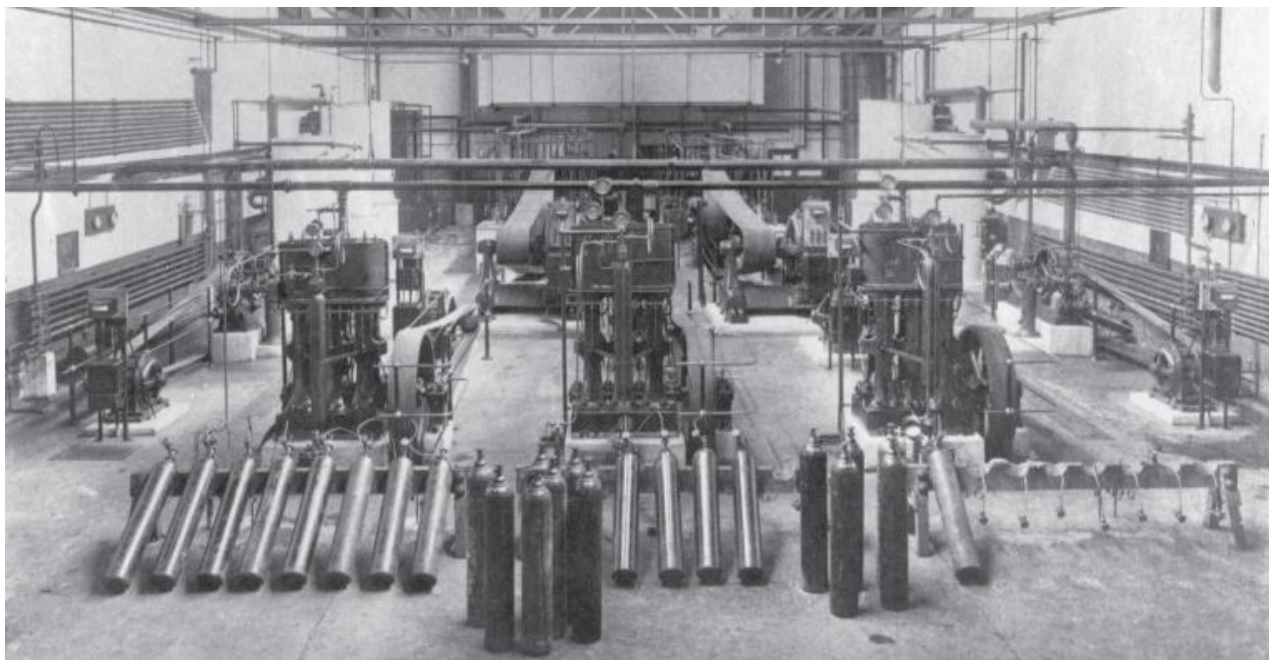
Materiais que são encontrados em forma gasosa na natureza em temperatura ambiente, são consumidos de forma pressurizada. Para isso, são usados compressores de gás que pressurizam o material e colocam em recipientes tais como cilindros ou tanques.

Segundo The Compressed Gas Association, 2013, nos Estados Unidos da América os primeiros registros de uso de gases envasados estão relacionados a produção de alimentos. Diferente dos recipientes usados hoje em dia, no século 18 o dióxido de carbono foi utilizado através de grãos de fermentação para criar água com gás e no século seguinte, cerca de 123 empresas já utilizavam esse processo pra produção de bebidas.

Na mesma época, vários gases foram utilizados como. Hidrogênio, um gás não liquefeito, descoberto em 1766, serviu de combustível para os primeiros balões e zepelins. O gás liquefeito de petróleo, foi pressurizado em baixas temperaturas em meados de 1870 e utilizado para cocção de alimentos, porém seu uso não servia como combustível pois evaporava rapidamente se não passasse por tratamento (The Compressed Gas Association, 2013).

Com o comércio de dióxido de carbono, houve uma necessidade do envasamento correto do gás. Como medida rápida, foram utilizados containers soldados a mão utilizados para o transporte de combustível, porém não tinham capacidade de aguentar tanta pressão.

Figura 2 - Cylinder Filling Operation, New York, 1926



Fonte: The Compressed Gas Association, Inc.

A solução feita foi importar cilindros produzidos na Alemanha para depois, nos anos seguintes produzir cilindros específicos para tal uso (Figura 2) e depois começar as regularizações necessárias (The Compressed Gas Association, 2013).

Na Europa, século 19, também foram produzidos gases engarrafados, principalmente para o uso doméstico. Os combustíveis mais usados eram lenha e carvão, usados para aquecimento durante o inverno e nessa época, o gás comprimido em cilindro começou a ser utilizado para esta função (Liquigás).

2.1.1 TIPOS E APLICAÇÕES

Dentre os diversos tipos de gases envasados usados nas mais diversas áreas, o que mais se destaca é o Gás Liquefeito de Petróleo, também conhecido como GLP ou gás de cozinha. As aplicações são diversas: cocção de alimentos, aquecimento de água e outros usos específicos.

O GLP pode ser envasado em diversos tipos de cilindros (Figura 3). Segundo a Liquigás, o modelo P-13 é o mais usado em residências seguido do P-45, sendo que este pode ser usado em grandes consumidores de GLP como condomínios residenciais, restaurantes ou indústrias, para corte de chapas metálicas por exemplo.

Figura 3 - Modelos de botijões de GLP



Nome	P-8	P-13	P-20	P-45
Kg	8	13	20	45
Diâmetro (mm)	300	360	310	376,5
Altura (mm)	464	476	878	1299
Aplicação	Fogões domésticos	Fogões domésticos	Empilhadeiras e balonismo.	Condomínios, indústrias, hospitais, bares, restaurantes, farmácias, balonismo entre outras.
Material	Aço carbono de 2,5 a 3,0 mm de espessura	Aço carbono de 2,5 a 3,0 mm de espessura	Aço carbono de 2,5 a 3,0 mm de espessura	Aço carbono de 2,5 a 3,0 mm de espessura
Principal região Consumidora	São Paulo, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Piauí, Maranhão, Sergipe e Rondônia	Todas as regiões do Brasil	Todas as regiões do Brasil	Todas as regiões do Brasil
Pressão interna	2 a 7 Kg/cm ²	2 a 7 Kg/cm ²	2 a 7 Kg/cm ²	2 a 7 Kg/cm ²
Dispositivo de Segurança	Plugue fusível	Plugue fusível	Válvula sobre pressão	Válvula sobre pressão
Padrão da Válvula	Norma ABNT NBR 8614	Norma ABNT NBR 8614	Norma ABNT NBR 8614 (consumo)	Norma ABNT NBR 8614 (consumo)

Fonte: Liquigás

Existem diversas normas da ABNT para regularização do uso dos botijões. Conforme a NBR 8460, todo cilindro de aço para GLP deve passar por uma inspeção visual feita pela distribuidora do produto, para atender alguns requisitos, tal como não apresentar danos causados por fogo, corrosão ou deformação e apresentar a tara de forma visível no recipiente.

O uso de cilindros de gás também se dá na indústria. No setor de soldagem, os gases são usados para proteção de solda e são diferentes para cada tipo de processo de solda. O uso de gases puros, como Argônio, Hélio e Dióxido de carbono auxiliam na proteção do arco elétrico e da posse de fusão, mas podem ser combinados com outros gases (Oxigênio, Hidrogênio) em misturas para obter mais vantagens (Revista do Aço, 2017).

Os mesmos gases podem ser usados industrialmente para corte de chapas, oxicorte. Esse processo requer um gás de combustível e Oxigênio puro para executar o corte e estes podem vir de uma central ou de cilindros em indústrias de menor porte. E, assim como o GLP, esses cilindros devem seguir as normas ABNT.

Figura 4 - Cores de cilindros industriais

GÁS	FÓRMULA QUÍMICA	COR	NOTAÇÃO MUNSELL
Ar comprimido industrial	–	Azul-segurança	2,5 PB 4/10
Argônio	Ar	Marrom-canalização	2,5 YR 2/4
Cloro	Cl ₂	Cinza-escuro	N 3,5
Dióxido de carbono (CO ₂) industrial	CO ₂	Alumínio	–
Dióxido de carbono (CO ₂) para incêndio	CO ₂	Vermelho-segurança	5 R 4/14
Hélio	He	Alaranjado-segurança	2,5 YR 6/14
Hidrogênio ou GNV	H ₂	Amarelo-segurança	5 Y 8/12
Nitrogênio industrial	N ₂	Cinza-claro	N 6,5
Óxido nitroso medicinal	N ₂ O	Azul-marinho	5 PB 2/4
Oxigênio industrial	O ₂	Preto	N 1
Oxigênio medicinal	O ₂	Verde	2,5 G 4/8

Fonte: Gifel® Cilindros E Sistemas

Além de formatos específicos, como pode ser visto na Figura 4 os cilindros devem apresentar cores específicas ditadas pela norma NBR 12176, não somente no uso industrial, mas também para mergulhos ou uso medicinal (Gifel ®).

Gases envasados podem ser usados também para uso medicinal em hospitais e clínicas. Se uso vai desde o oxigênio em tratamentos para respiração, quanto no nitrogênio usado para criogenia de órgãos, tecidos ou sangue. Semelhante a indústria, podem ser consumidos através de redes instaladas em centrais ou através de cilindros para aplicações menores (White Martins®)

2.1.2 LOGÍSTICA DE REPOSIÇÃO

A reposição dos cilindros de modo geral se dá por meio de fornecedoras de produtos. Quando os cilindros estão vazios ou próximos do fim, o usuário comunica o fornecedor para fazer a substituição do produto.

O produto é pesado antes da troca e comparado com o valor de tara do cilindro para medir a quantidade restante de material no interior, que normalmente é descontada no pagamento, tendo em vista que essa quantidade restante pode ser reutilizada no abastecimento do cilindro. Este então é conferido, levado para a empresa que vai enchê-lo novamente e depois servir de reposição.

2.2 INTERNET DAS COISAS

O conceito Internet das Coisas tem se expandido muito nos últimos anos. Com seu poder de unir elementos físicos com a informação digital, apresenta um grande potencial para novas aplicações que facilitam a vida de todos seus usuários é dita como a próxima fase da internet.

A Internet das coisas será aplicada nos mais diversos objetos do cotidiano, possibilitando a comunicação, troca de informação e análise de dados para fornecer serviços melhores a todos (Silva,2017). Desde o campo da saúde, podendo monitorar o batimento cardíaco, rotina e alimentação, auxiliando no bem estar do usuário, até nas grandes cidades, facilitando a movimentação das pessoas e carros.

Ainda existem algumas dificuldades para que o conceito IoT seja aceito, sendo barrado em aspectos tecnológicos e sociais. Existe um certo medo em ter todos os fatores do cotidiano, em casa ou no trabalho, sendo monitorados por dispositivos e como eles interferem na vida das pessoas. Também existe a dificuldade de conseguir unir a “internet nas coisas”, considerando que esses equipamentos precisem ser de baixo consumo computacional e energético (ATZORI et al., 2010).

Contudo, os benefícios que a Internet das Coisas pode proporcionar são muito maiores. Em indústrias, seu papel está sendo na automatização dos processos de produção, permitindo um controle melhor de todos os setores dentro de uma fábrica, por exemplo. Os dados coletados podem ser utilizados para aumentar a produtividade, qualidade e, por consequência, a sustentabilidade (Silva,2017).

2.2.1 APLICAÇÃO DO IOT EM MONITORAMENTO DE PROCESSOS

Um dos usos com mais potencial da Internet das Coisas é para o monitoramento de processos de diversos setores, desde a indústria até residências. Seu uso propicia uma

melhora de qualidade e produtividade, porém ainda não é muito aplicado devido a objetos com inteligência primitiva (ATZORI et al., 2010).

Na parte de logística, o uso de RFID em cadeias logísticas dentro de empresas e indústrias, podem permitir o controle de todos os produtos que entram e saem, e com isso facilitar o controle de estoque e reposição de suprimentos.

Essa aplicação pode ser usada dentro de casa. Muitas geladeiras inteligentes utilizam a internet para fazer a reposição de produtos que estão em falta, conectando-se diretamente com fornecedoras que utilizam a mesma tecnologia. As chamadas *Smart Homes* (Casas inteligentes) utilizam a internet das coisas para informar ao morador como está o consumo de água e luz, permitindo a este uma gerencia maior dos seus gastos.

Contudo, o consumo de gás não apresenta essas facilidades em algum produto. Diferente da água e luz que são fornecidas as residências através de uma rede municipal, o gás é normalmente consumido através de botijões e precisa ser substituído de tempos em tempos. Com isso, o monitoramento do consumo de gás é de grande necessidade, e a Internet das Coisas pode facilitar tal processo.

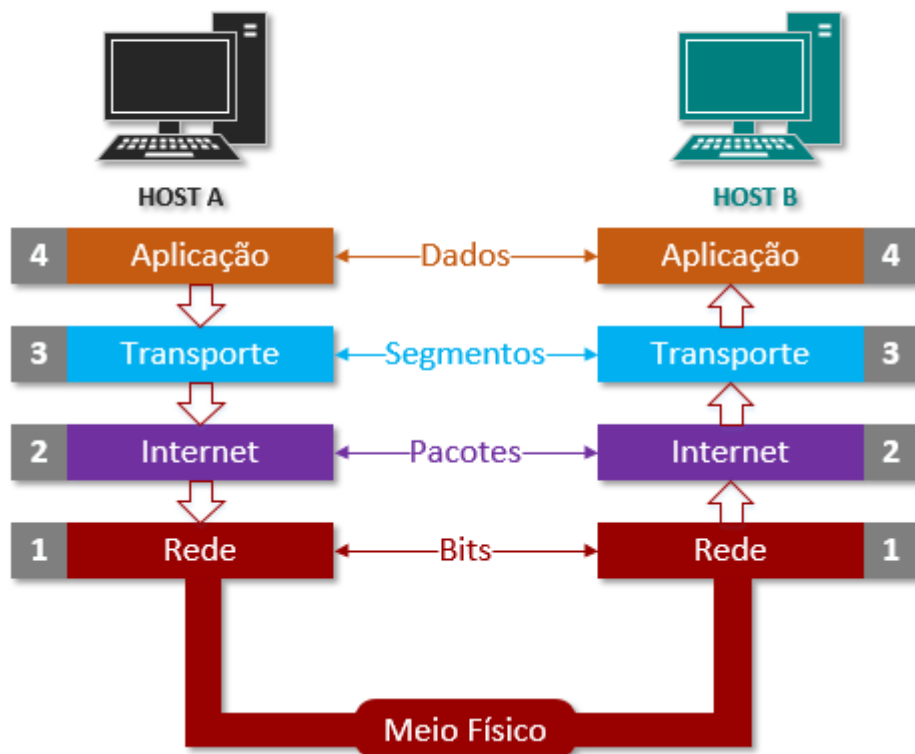
2.2.2 TECNOLOGIAS

Segundo ATZORI et al. (2010), a internet das coisas necessita de algumas tecnologias para seu funcionamento. Dentre elas estão protocolos de comunicação na internet e dispositivos que possibilitem a implementação da IoT.

Não existem ainda um protocolo definido para o a transmissão de dados da internet das coisas (Silva,2017). Para o funcionamento dos protocolos, é normalmente utilizada a comunicação TCP (Transmission Control Protocol) que permite o envio de dados de forma ordenada e segura por meio do Internet Protocol. A Figura 5 representa o funcionamento da comunicação.

Figura 5 - Funcionamento TCP/IP

Modelo Internet TCP/IP



Fonte: <http://www.isaacoliveira.blog.br/entenda-osi-e-tcpip>

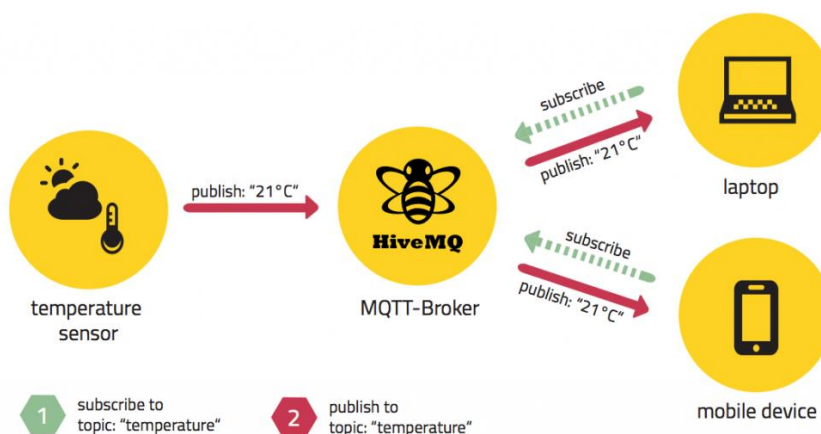
A camada de aplicação é onde os dados são transmitidos, a parte que o usuário tem contato. A camada de transporte faz a conexão *end to end*, da origem para o destino e ordena os pacotes transmitidos. Os endereços dos dispositivos e o “caminho” a ser seguido pela rede é responsabilidade da camada de internet, utilizando os IP’s para tal endereçamento. A última camada é a de rede, também chamada de física, pois trata das conexões utilizadas para a transmissão dos dados, tais como Ethernet e Wi-Fi (Oliveira, 2016).

O HTTP, comumente usados em sites de navegação, pode ser usado na camada de aplicação para o compartilhamento de dados. Utilizando o método GET e POST, possibilita a troca fácil de informação entre um servidor e um cliente, porém se limita a uma comunicação síncrona, o que pode ser um problema quando existem vários dispositivos conectados a uma mesma rede ou esta não tenha uma banda grande (Yuan, 2017).

Outro protocolo da camada de aplicação usada para a internet das coisas é o MQTT. É um protocolo que não pesa a rede, criado para o envio de mensagens curtas e permite o suporte de diversos dispositivos (Yuan, 2017). O funcionamento da comunicação MQTT se

dá por meio de um servidor, chamado também de *broker*, onde os *publishers* transmitem as mensagens nos tópicos e os *subscribers* se inscrevem nesses tópicos para poder receber essas mensagens (Figura 6).

Figura 6 - Funcionamento da comunicação MQTT



Fonte: HiveMQ.

Os servidores podem ser locais ou em servidores online, porém, apesar do servidor local ser mais seguro, ele depende de algum equipamento que fique rodando o mesmo.

2.3 MONITORAMENTO DO CONSUMO DE GÁS ENVASADO COM IOT

Um dos monitoramentos possíveis de ser feito dentre as várias aplicações do IoT é no monitoramento de gases envasados. O consumo desses gases normalmente não possui nenhum tipo de controle envolvido e sua reposição é feita quando o cilindro já está vazio.

O monitoramento pode ser feito por sensores que possibilitem medir a quantidade de fluido disponível e que informe o usuário através da internet.

2.3.1 SISTEMA IDEALIZADO

O sistema idealizado para o controle do consumo de gás envasado utilizou a ideia de uma balança, que é usada para medir massas. A balança faria a medida constante

do peso dos cilindros, desde este cheio no momento da reposição até o esvaziamento quase completo.

Figura 7 - Sistema idealizado



Fonte: Elaboração própria

A ideia é que essa balança possua algum controlador que possibilite o uso da Internet das Coisas e transmita esses dados ao usuário (Figura 7). Levando em conta que quase todos os monitoramentos dentro de uma casa inteligente, ou outro ambiente que use cilindros de gás, são transmitidos ao usuário por meio do celular, seria criado um aplicativo para tal monitoramento.

Além disso, seria possível disponibilizar um gráfico que mostrasse o consumo do gás e alguma conexão direta ao fornecedor que, por meio de e-mail, ligação ou mensagem, fizesse a substituição imediata do cilindro vazio, facilitando a vida do consumidor.

Os potenciais desse sistema são a facilidade de substituir os cilindros, avisando o consumidor o momento certo de efetuar a troca e não acontecendo problemas com falta de gás em momentos impróprios.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto foi escolhido a metodologia de Desenvolvimento de Produto, conhecida também como ProDip.

Na primeira etapa, o Projeto Informacional, foi definido os requisitos do projeto, os clientes do produto e possíveis concorrentes que estejam no mercado. No Projeto Conceitual tem-se como objetivo as funções do sistema, bem como cada alternativa para a execução de cada uma das funções. Nessa etapa também são definidos os subsistemas (mecânico, elétrico, etc.) para um melhor desenvolvimento do produto.

Em seguida, na etapa de Projeto Preliminar foi feito um projeto CAD do sistema, bem como um possível circuito elétrico da parte elétrica, um fluxograma inicial da programação para o microcontrolador e um esboço do aplicativo ou interface de visualização dos dados. Por fim, no Projeto Detalhado foram construídos e integrados os módulos do sistema, realizado o desenvolvimento da programação e os testes finais para validação.

3.1 PROJETO INFORMACIONAL

O objetivo da fase inicial do projeto, o projeto informacional, tem como principal função definir o produto, coletando as informações de requisito do projeto fornecidas pelos clientes alvo, para se definir o problema e poder avaliar os concorrentes. Após a coleta de todos os dados, pode-se criar as especificações do produto.

3.1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O uso de cilindros para armazenamento de gases pode gerar certos problemas envolvendo o consumo desse produto, como uso exagerado ou a falta de gás em momentos inconvenientes.

Por conta disto, um produto que faça o monitoramento do consumo dos cilindros e que informe ao cliente de maneira fácil e simples a quantidade restante de gás no cilindro se faz necessário.

3.1.2 CLIENTES

Como o uso gases em cilindros é amplamente utilizado em várias áreas da sociedade e por se tratar de um produto prático e apropriado a usuários de baixo consumo.

Na indústria, gases como argônio, dióxido de carbono e hélio, usados puros ou misturados, servem de gases de proteção para soldagem e seus usos podem influenciar sobre o processo de solda, modificando a velocidade e o perfil da mesma [Aço]. Ainda na indústria, o oxigênio é o gás utilizado no processo de oxicorte, que utiliza uma corrente do gás em seu estado puro em chapas de metal aquecidas até seu ponto de ignição, possibilitando o corte da chapa. (Revista do Aço, 2017).

Gases envasados também são utilizados na área da saúde. Além do oxigênio medicinal para tratamentos respiratórios, nitrogênio, óxido nitroso e hélio são alguns exemplos de gases usados para diversos procedimentos de tratamentos ou cirurgias. (White Martins®)

Contudo o uso mais comum e “perceptível” do uso de gás envasado é o gás liquefeito de petróleo (GLP), popularmente conhecido por gás de cozinha, usado na maioria das residências como combustível de aquecimento para alimentos e em alguns casos redes de água. Por esse fato, proprietários de casas ou restaurantes que utilizam gases envasados seriam os principais clientes do produto a ser desenvolvido.

3.1.3 BENCHMARKING

A etapa de *benchmarking* tem como principal objetivo identificar possíveis concorrentes para o produto à ser desenvolvido. Durante essa etapa, foi observado que os concorrentes podem ser divididos em dois grupos: diretos e indiretos. Os concorrentes diretos apresentam produtos idênticos ao produto proposto nesse projeto, diferente dos indiretos, que possuem produtos semelhantes, mas que não apresenta todas as características, funções e ambiente de trabalho deste. A seguir são detalhados os produtos concorrentes pesquisados

3.1.3.1

Direto

Dentre os produtos pesquisados que se encaixariam em concorrente direto, comercialmente, não foi encontrado nenhum. Contudo, foi encontrado um produto que possui função semelhante ao do projeto que não está mais no mercado, chamado Ding.

O equipamento possui um sensor para medir a quantidade de gás dentro do cilindro e avisa ao usuário através de um sinal sonoro quando o material está no fim. Uma imagem do produto pode ser vista na Figura 8.

Figura 8 - Ding



Fonte: bdexpert.com

As únicas informações encontradas sobre o Ding foi que ele funciona com pilhas AA, é compatível com botijões P-13 e P-8 e custa R\$230,00. Apesar de não ser um concorrente, pesquisar sobre o concorrente forneceu uma base para um possível custo de mercado.

Indireto

Comercialmente, existem produtos que possuem certas funções que são desejadas para o atual projeto, porém é válido um estudo sobre elas para adquirir algumas informações relevantes ao projeto (Carpes Jr., 2004). Um caso são de balanças usadas em distribuidoras de botijões de gás para o controle de recebimento e saída de tais produtos. A diferença está no fato dessas balanças possuírem um visor que informa o valor

instantâneo medido, não possuindo um sistema de armazenamento desses valores e nenhum tipo de conexão com outros dispositivos por rede.

Dentre as empresas pesquisadas, a Ramuza possui balanças utilizadas tanto para o comércio, com balanças de alimentos ou pessoas, quanto para a indústria, com equipamentos mais robustos para grandes cargas. O modelo Plataforma em Aço Carbono Ramuza DP 150 (Figura 9) se assemelha ao produto a ser desenvolvido e seus dados técnicos estão expressos no Quadro 1.

Figura 9 - Plataforma Ramuza DP 150



Fonte: Comercial Frigel

Quadro 1 - Dados Técnicos Ramuza DP 150

Dados Técnicos	DP 150
Pesagem	150 kg x 50 g
Estrutura	Aço Carbono
Tamanho	C 245 x L 225 x 150 mm
Peso	13,5 kg
Células	Única célula
Alimentação	Fonte Bivolt
Bateria	Opcional 20h
Potencia	15 W
Preço Médio	R\$ 1200,00

Fonte: Elaboração própria

3.1.4 REQUISITOS E LIMITAÇÕES DE PROJETO

Os requisitos do projeto foram levantados com o auxílio do professor orientador deste trabalho, tendo em vista as necessidades dos possíveis usuários.

- a) Baixo custo;
- b) Baixo consumo de energia;
- c) Possibilitar o uso de diferentes tipos de cilindros;
- d) Utilizar o conceito de Internet das Coisas.

As limitações impostas são

- a) Boa repetibilidade;
- b) Durabilidade.

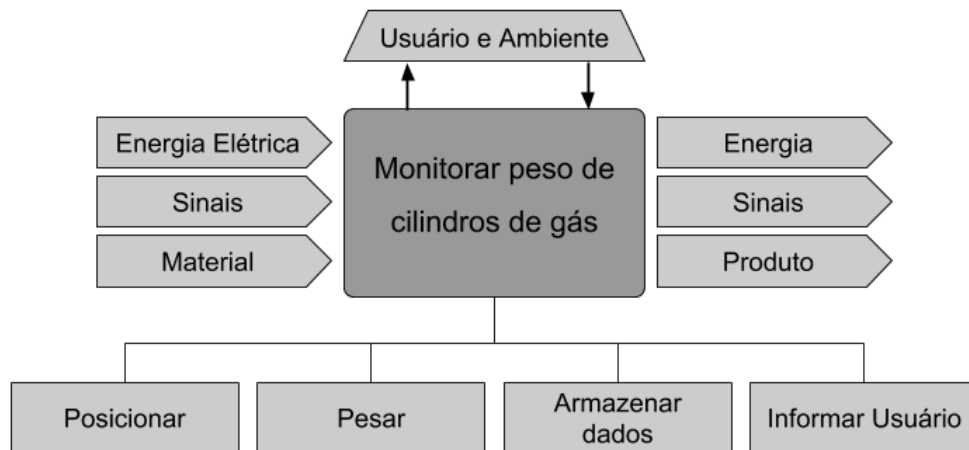
3.2 PROJETO CONCEITUAL

Esta etapa do projeto visa realizar a síntese funcional onde, a partir da função principal desempenhada pelo equipamento obtêm-se as subfunções que são ilustradas por diagramas de blocos. A partir dos diagramas foi possível definir os problemas a serem solucionados para em seguida buscar soluções que viabilizem a sua conclusão, levando em conta os requisitos e as limitações impostas.

3.2.1 FUNÇÃO GLOBAL E SUBFUNÇÕES

A função global desempenhada pela balança é a ação principal que ela exercerá, que no caso do trabalho proposto é monitorar o peso de cilindros de diferentes tipos de gás. Pode-se criar um diagrama (Figura 10) que represente as entradas e saídas realizadas pela função global, bem como as subfunções envolvidas no processo.

Figura 10 - Diagrama de funções



Fonte: Elaboração Própria

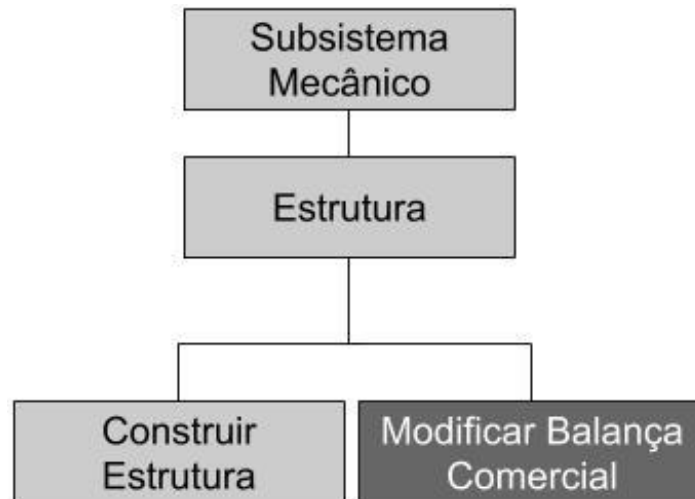
A partir do diagrama acima tem-se que os sinais de entrada do equipamento fornecem as informações necessárias para o seu funcionamento onde a energia elétrica é responsável pela alimentação do equipamento, os sinais são informações recebidas e enviadas pelo controlador, o material de entrada são os cilindros de gás e o produto final é o valor monitorado pelo sistema.

Com essas informações, pode-se dividir o sistema inteiro em dois subsistemas que englobam as subfunções: o subsistema mecânico e o subsistema eletrônico. O mecânico será responsável por sustentar e dar rigidez ao sistema como um todo, enquanto a parte de controle verificará o peso e será responsável por toda comunicação e interface com o usuário. Ambos serão discutidos com mais detalhes nas próximas seções, detalhando possíveis soluções para cada etapa e a solução que melhor se adequa ao projeto.

3.2.2 SUBSISTEMA MECÂNICO

Para o subsistema mecânico foram colocadas duas opções para sua estrutura: a primeira, construir uma estrutura para servir como a balança e a segunda utilizar alguma balança disponível no mercado e modificá-la para adequar-se ao projeto. O diagrama de decisão pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 - Subsistema Mecânico



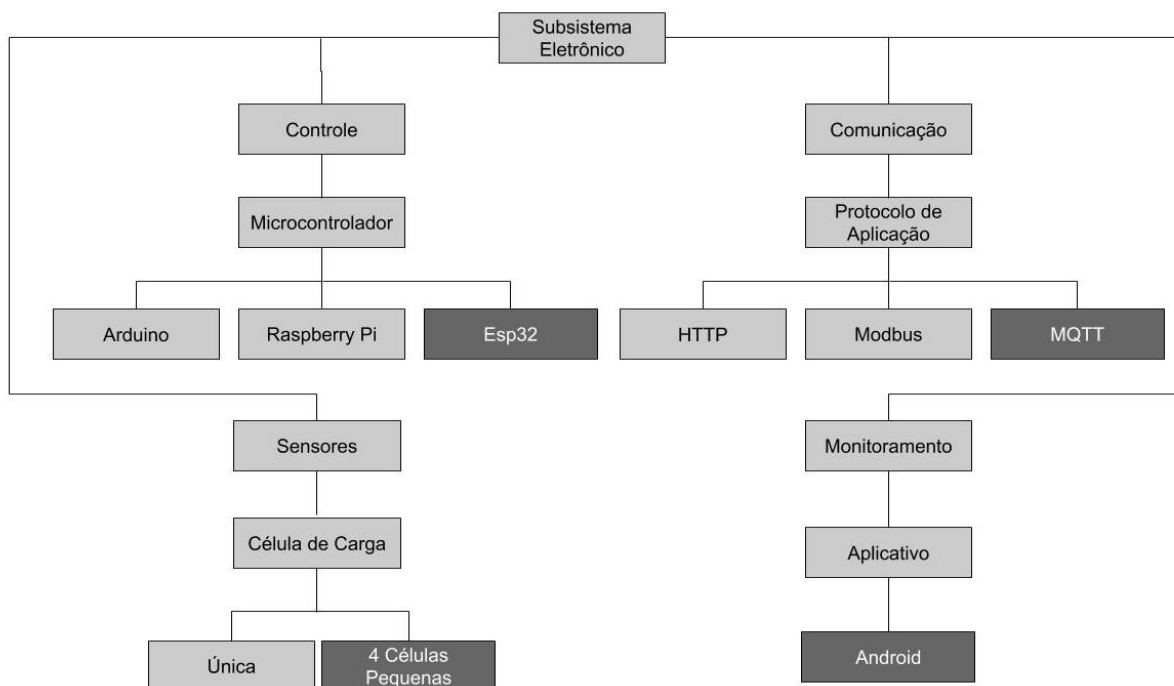
Fonte: Elaboração Própria

Como a principal contribuição técnico-científica do trabalho consiste no desenvolvimento do sistema de monitoramento no conceito IoT, e não o desenvolvimento da balança em si, e também por causa da limitação de tempo do projeto, optou-se por adaptar uma balança disponível comercialmente habilitando-a para a medição de cilindros de gás e comunicação com a internet. Deste modo a opção de modificar uma balança comercial foi escolhida.

3.2.3 SUBSISTEMA ELETRÔNICO

O subsistema de controle foi dividido em quatro partes: controle, sensores, comunicação e monitoramento. O diagrama referente é mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Subsistema Eletrônico



Fonte: Elaboração Própria

Na parte de controle do processo foram colocadas três opções de microcontroladores: Arduino, Raspberry Pi e Esp32 e, para avaliá-las, foram considerados os fatores de custo, consumo e comunicação. O Arduino possui um baixo custo e consumo, porém para poder utilizar uma comunicação sem fios, necessita de um *shield* específico, fazendo aumentar seu custo e tamanho por consequência. Dentre os modelos de Raspberry Pi, algumas possuem a opção de internet Wi-Fi, contudo seu preço é um pouco elevado e os modelos mais baratos não dispõem de internet. A opção da Esp-32 se sobressai nos 3 aspectos com um custo e consumo baixos, e dispendo de um chip de Wi-Fi para a comunicação.

Os sensores comumente utilizados em balanças são as células de carga e para este projeto as opções seriam entre uma única célula de carga, projetada especificamente para o sistema ou quatro células de carga pequenas que aguentam 50 kg cada. Como foi utilizada a balança comercial para o desenvolvimento do projeto, a mesma já dispunha das quatro células de carga ligadas a um condicionador de sinal HX711 e foi a opção selecionada.

Tendo em vista a relevância do conceito IoT para o projeto, a escolha do tipo de comunicação é importante. Levando em consideração que a comunicação seria usando Wi-Fi e o transporte dos dados via TCP/IP, foram escolhidos três protocolos de aplicação para

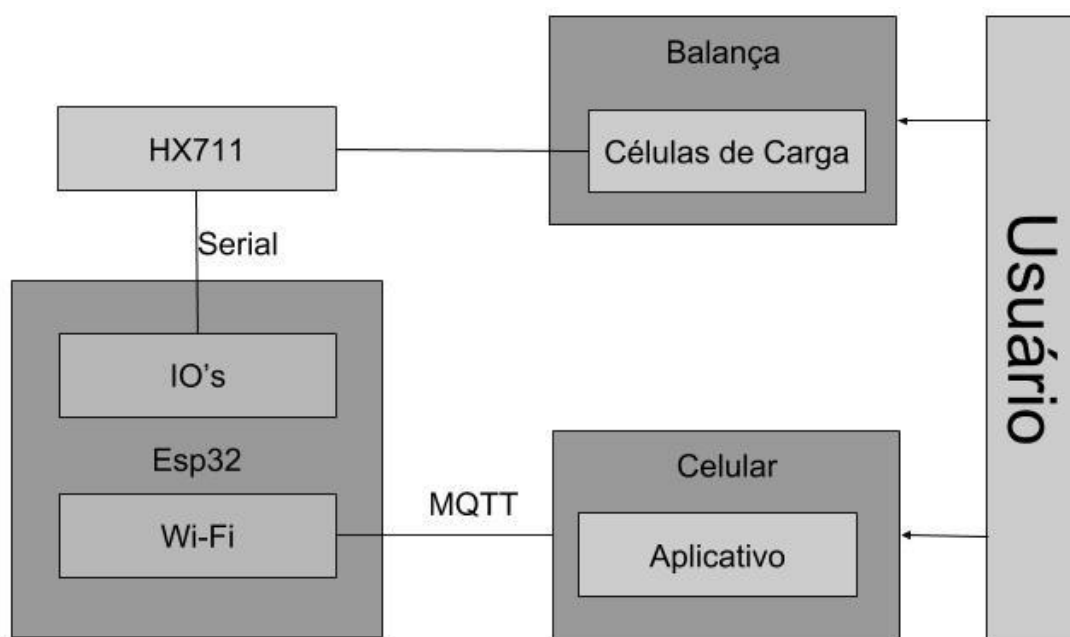
os dados: HTTP, MQTT e Modbus. Em resumo, a aplicação MQTT foi escolhida por se tratar de um protocolo criado justamente para transmissão de dados de sensores facilmente e que não requer uma alta velocidade de transmissão.

Para o monitoramento dos dados é importante que o usuário tenha a facilidade de visualizar os valores e tenha notificações para quando o gás estiver acabando. Levando isso em consideração, um aplicativo de celular se encaixa bem nessa ocasião e que pode ser desenvolvido facilmente para Android.

3.2.4 DIAGRAMA DE INTERAÇÕES

Com o intuito de facilitar o entendimento das configurações internas do equipamento, desenvolveu-se um diagrama de sinais que é ilustrado pela Figura 13.

Figura 13 - Diagrama de Interações



Fonte: Elaboração Própria

O diagrama representa a sequência como que os componentes do sistema estão relacionados para que o equipamento funcione adequadamente.

3.3 PROJETO PRELIMINAR

A terceira etapa do desenvolvimento do projeto busca apresentar as configurações do produto mediante ao que já foi definido nas etapas anteriores. Além disso serão mostrados os relacionamentos entre os módulos e diretrizes de segurança.

3.3.1 CONFIGURAÇÃO DO PRODUTO

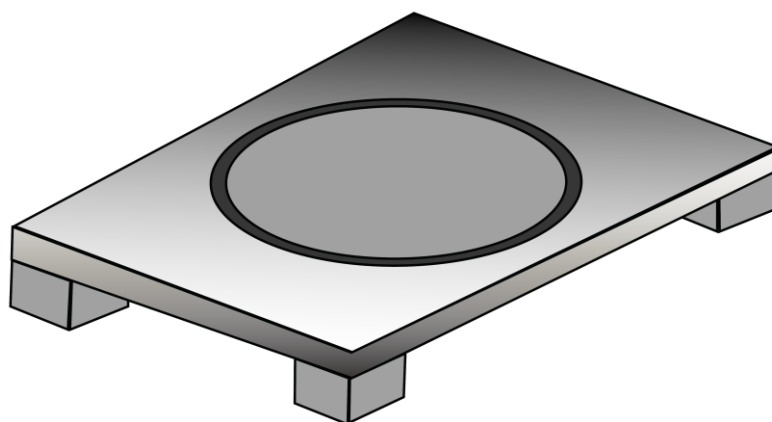
A configuração do produto busca detalhar os módulos que compõem o projeto. A escolha dos componentes utilizados foi realizada anteriormente no projeto conceitual a partir dos diagramas de decisões. Nas próximas seções são descritos com mais detalhes o módulo estrutural, o módulo eletrônico e a interface. Ao final são discutidos os relacionamentos e as diretrizes.

3.3.2 MÓDULO DE ESTRUTURA MECÂNICA

O modulo mecânico é a parte que servirá de suporte ao cilindro de gás e onde será posicionado as células de carga.

Por se tratar de um produto com o objetivo de ser comercializado, foi pensado em um conceito para a estrutura, esboçado na Figura 14 por meio de um croqui.

Figura 14 - Esboço do produto



Fonte: elaborada pelo autor.

O produto seria constituído por uma chapa de algum material leve de tamanho superior ao diâmetro de um cilindro de gás, com um rebaixo no centro do tamanho do diâmetro do cilindro (para um melhor posicionamento). Na parte de baixo estaria preso à chapa quatro “pés” para elevar a balança como um todo e também posicionar as células de carga. Futuramente esse conceito pode ser modelado em um software 3D, como o *SolidWorks*. Porém como dito no projeto conceitual, por motivos de limitação de recursos, foi utilizada uma balança comercial (Figura 15) da marca Mazzilli.

Figura 15 - Visão superior da balança



Fonte: elaborada pelo autor.

As especificações dessa balança podem ser vistas no Quadro 2.

Quadro 2 - Especificações da balança comercial

Capacidade	180 kg
Dimensões	32 x 32 x 2,5 cm
Plataforma	Vidro Temperado
Resolução	100 g

Fonte: elaborada pelo autor.

Apesar da estrutura ser feita de vidro, as especificações do produto afirmam que suporta uma massa de até 180kg, bem superior ao peso de botijões P-45 por exemplo, tornando aceitável para o desenvolvimento do projeto.

O diâmetro da base dos dois botijões mais comuns (P-13 e P-45) é próximo de 32 cm, garantindo o posicionamento dos mesmos sobre a balança. Um possível problema que poderia acontecer seria os cilindros escorregarem no vidro, mas isso será avaliado na próxima etapa do projeto. Outra necessidade de adaptação mecânica foi implementada para evitar a aplicação de esforço concentrado do botijão sobre a plataforma de vidro, quebrando-o.

3.3.3 MÓDULO ELETRÔNICO

O módulo eletrônico é formado por três elementos: microcontrolador, sensores e conversor analógico-digital, e tem como função fazer a leitura da massa e enviar os dados para o usuário.

A balança comercial já conta com um sistema eletrônico composto por um leitor, um visor LCD e uma bateria, mas que foram retiradas da balança pois não seriam utilizadas. Já as células de cargas estão posicionadas nos quatro cantos da balança com suportes de plásticos e os fios todos ligados em uma pequena placa de circuito (Figura 16).

Figura 16 - Visão inferior da balança



Fonte: elaborada pelo autor.

Para proteger os componentes, eles podem ser colocados no mesmo lugar onde estava o circuito original.

3.3.4 INTERFACE DO APLICATIVO

A projeto da interface do aplicativo é que seja de utilização prática, em que o usuário possa em uma tela visualizar os valores relacionados a balança.

No aplicativo será possível verificar o peso atual do conteúdo do cilindro, o nível do mesmo (de 0 a 100 %) e um gráfico que mostre o consumo a cada certo período de tempo. Junto com isso teriam duas entradas para o usuário configurar ao sistema: o tipo de cilindro que está na balança e um botão de tara, para zerar a balança quando for necessário.

Essas funções foram colocadas em um esboço representada na Figura 17.

Figura 17 - Esboço da interface



Fonte: elaborada pelo autor.

Executando em paralelo ao aplicativo, por traz dele, haveriam algumas funções possíveis de serem implementadas, como notificações ou mensagens ao usuário sobre o funcionamento da balança.

3.3.5 RELACIONAMENTOS

O conceito do produto foi dividido em módulos, porem tanto o estrutural mecânico quanto o eletrônico serão montados como um só e se relacionam com a interface por meio de redes sem fio. As relações para o funcionamento do sistema se dão por esta ordem:

- O módulo estrutural mantém o módulo eletrônico unido;
- O cilindro é colocado sobre a estrutura e os sensores de carga fazem a leitura da massa;
- A leitura analógica é convertida para digital e enviada ao microcontrolador;

- O microcontrolador, já conectado à internet transmite o valor lido para a interface e armazena os valores de tempos em tempos;
- O usuário abre o aplicativo ou recebe uma notificação para verificar a leitura da massa do cilindro;

3.3.6 DIRETRIZES DE SEGURANÇA

Com o projeto preliminar definido, pode ser feito alguns refinamentos para garantir a segurança do sistema e do usuário.

Como citado anteriormente, um problema possível estaria relacionado ao suporte da balança ser feito de vidro e afetar o posicionamento do cilindro. Para isso será colocado algum outro material sobre o vidro para que de uma maior aderência e não haja acidentes.

Quanto à energia elétrica relacionada ao sistema, o microcontrolador requer uma fonte de 5V DC e consome pouca corrente, não apresentando riscos de segurança ao usuário. Porém, o local de armazenamento dos botijões não permite que passe rede elétrica, fazendo com que seja necessário utilizar uma bateria para alimentar o sistema.

Além desses detalhes, existem diversas normas quanto ao armazenamento de cilindros de gases em residências, comércio e indústria e que devem ser observadas pelo usuário no momento da instalação.

3.4 PROJETO DETALHADO

O projeto detalhado é última fase do desenvolvimento do produto que visa gerar toda a documentação necessária para que o mesmo possa ser reproduzido como citado por CARPES. Ele contém as etapas de montagem dos módulos, o funcionamento dos softwares implementados no microcontrolador e na interface, e por fim os testes realizados.

3.4.1 MATERIAIS

Nesta seção são detalhados todos os materiais utilizados para o desenvolvimento do equipamento, as informações que são importantes para a montagem dos mesmos e seus respectivos valores.

Balança

A balança utilizada segue as especificações já citadas no Quadro 2. O valor do produto no mercado varia de 30 a 40 reais e, por já contar com as células de carga, diminui ainda mais o valor do produto final.

ESP32

Segundo a definição do datasheet fornecida pela empresa Espressif, criadora do microcontrolador, a ESP32 é um chip de 2.4 GHz com Wi-Fi e Bluetooth de baixo consumo de energia.

CURVELLO compara o equipamento ao seu antecessor, a Esp8266, por meio da Figura 18.

Figura 18 - Tabela comparativa entre ESP32 e ESP8266

Specifications	ESP8266	ESP32
MCU	Xtensa® Single-Core 32-bit L106	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6 600 DMIPS
802.11 b/g/n Wi-Fi	Yes, HT20	Yes, HT40
Bluetooth	None	Bluetooth 4.2 and below
Typical Frequency	80 MHz	160 MHz
SRAM	160 kBytes	512 kBytes
Flash	SPI Flash , up to 16 MBytes	SPI Flash , up to 16 MBytes
GPIO	17	36
Hardware / Software PWM	None / 8 Channels	1 / 16 Channels
SPI / I2C / I2S / UART	2/1/2/2	4/2/2/2
ADC	10-bit	12-bit
CAN	None	1
Ethernet MAC Interface	None	1
Touch Sensor	None	Yes
Temperature Sensor	None	Yes
Working Temperature	- 40°C – 125°C	- 40°C – 125°C

Fonte: <https://www.cnx-software.com/2016/03/25/esp8266-and-esp32-differences-in-one-single-table/>.

Além de possuir dois núcleos de processamento, a ESP32 tem 160 MHz de frequência, 36 GPIOs e Bluetooth integrado. Para facilitar seu uso, será utilizado a placa NodeMCU que, além de apresentar o próprio chip ESP32, conta com um regulador de tensão permitindo o uso de um cabo USB como fonte, conversor USB-serial para facilitar a

comunicação, LED interno e botões de boot e reset. O custo da placa NodeMCU ESP32 é de R\$25,00.

Para o desenvolvimento dos programas para o microcontrolador, foi criado um framework pela empresa proprietária do produto que pode ser utilizada em uma IDE escolhida pelo desenvolvedor dos programas. Contudo, para desenvolvimentos rápidos ou simples para a ESP32, foi criado um suporte para a placa através da Arduino IDE que traz vários exemplos e bibliotecas modificadas para seu uso. No desenvolvimento do atual projeto, foi utilizado a Arduino IDE como interface por já possuir bibliotecas de comunicação uteis na área IoT.

Células de carga

3.4.1.3 O funcionamento das células de carga é baseado na variação da resistência dos strain gauges (SG) fixados em uma estrutura mecânica. Os SG são ligados em circuito de ponte de Wheatstone, para converter uma pequena variação de resistência elétrica em uma variação de tensão. Neste projeto trabalhou-se com a ponte completa, ou seja, os 4 resistores da ponte são sensores SG.

Na célula de carga a resistência é modificada quando o material, geralmente alumínio ou aço, sofre alguma pequena deformação gerada por uma carga mecânica aplicada, aumentando a resistência quando a célula sofre tração e diminuindo quando ela é comprimida. Essas pequenas mudanças são convertidas em uma pequena tensão elétrica, necessitando de um amplificador de instrumentação para elevar esta tensão a um nível suficiente para ser transmitido ao controlador.

3.4.1.4 Os modelos das células de carga que estão na balança suportam cargas de até 50kg e são feitas com SG meia-ponte de 1000 ohm e, por esse motivo, requerem que trabalhem sempre em pares para a formação de uma ponte completa. Seu custo está na faixa de R\$7,00.

Módulo HX711

Como informado por seu datasheet, o HX711 é um amplificador de instrumentação e conversor analógico-digital de 24-bit de resolução, feito para condicionamento e sinais de células de carga. Para seu funcionamento é necessária uma

fonte de 2,7 – 5V e a transmissão dos dados convertidos ocorre através de uma interface serial, que utiliza um pino de dados e um de pulsos (DOUT e SCK).

Além de ser de baixo consumo (menos de 1,5 mA), seu custo no mercado é baixo, variando de 7 a 15 reais. Outro ponto positivo de utilizar o HX711 é a facilidade de encontrar bibliotecas ou projetos, facilitando e flexibilizando na programação e utilização.

3.4.2 SOFTWARES

Aqui serão explicados os funcionamentos dos softwares desenvolvidos para o projeto, primeiro do microcontrolador e depois o do aplicativo de smartphone.

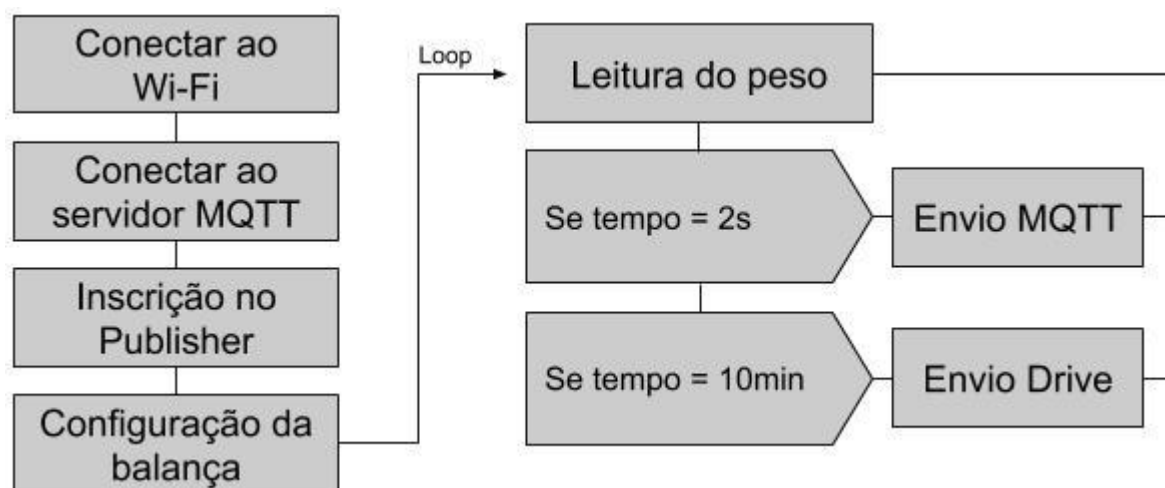
Software do Microcontrolador

3.4.2.1

Para a elaboração do programa do microcontrolador ESP32, foi utilizado a Arduino IDE com um pacote que possibilita a criação de programas para outros microcontroladores que não sejam da marca Arduino.

O funcionamento geral do programa pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 - Funcionamento do microcontrolador



Fonte: elaborada pelo autor.

De maneira simplificada, no início do programa o microcontrolador conecta-se à internet local definida no programa por meio do nome da rede e da sua senha. Após isso este é conectado ao servidor de MQTT onde as mensagens serão transmitidas.

A mensagem que irá ser configurada futuramente para envio através do aplicativo será transmitida no tópico “balancaiot/tara” para fazer a tara da balança e então, após conectar ao servidor, o microcontrolador se inscreve no tópico citado. A leitura das mensagens se dá em uma função chamada *callback* que fica constantemente checando o tópico inscrito e caso receba uma mensagem, executa a tara e envia uma mensagem para o aplicativo no tópico “iot/zerado” com a mensagem de confirmação.

A última configuração necessária antes do funcionamento da Esp-32 é para o correto funcionamento da leitura das células de carga utilizando uma biblioteca própria do Hx711, que pode ser visto no trecho de código da Figura 20.

Figura 20 - Código referente ao Hx711

```
#include "HX711.h"
#define DOUT 19 //Pino de dados do HX711
#define CLK 18 //Pino de clock do HX711
HX711 scale;    //Nome da balança

void setup() {
    scale.begin(DOUT,CLK); //Inicia a balança
    scale.set_scale(23640); //Fator de definicao
    scale.tare();           //Tara a balança
}
void loop() {
    peso = scale.get_units(20); //média de 20 leituras
}
```

Fonte: elaborada pelo autor.

A biblioteca “HX711.h” é incluída, seus dois pinos de transmissão de dados (DOUT e CLK) são definidos nos pinos 19 e 18 do microcontrolador e um nome é dado para configurar a balança no Setup, no caso ‘scale’. A balança é iniciada nos pinos referentes e recebe um fator de escala que depende do tipo de microcontrolador que está sendo utilizado e, para a ESP32, o criador da biblioteca recomenda um valor próximo de 24000. A balança então é zerada pela função ‘tare’ e, para a leitura dos dados, é utilizada a função ‘get_units(20)’ que faz uma média de 20 leituras e armazena em uma variável.

Durante o funcionamento em loop do dispositivo, a cada dois segundos o peso lido é enviado por MQTT e a cada dez minutos o peso atual é enviado para uma tabela criada no Google Drive por um link formado pelo id da tabela e o peso medido. Para o funcionamento da tabela no Drive, utilizou-se de uma ferramenta inclusa na plataforma que

permite a implementação de *scripts* online. Se o link da tabela for acessado e possuir junto uma informação com o valor do peso, é gerada uma linha nela com a data e hora do recebimento da informação em uma coluna e o valor recebido em outra.

Esse método foi escolhido por ser simples, permitir um compartilhamento do gráfico no aplicativo e para o usuário no próprio Google Drive. Outro fator importante para essa escolha é por ser gratuita, tendo em vista que a maioria das plataformas IoT online que permitem armazenar dados necessitam de um pagamento mensal.

O código inteiro e comentado do microcontrolador pode ser visto no Apêndice A.

Aplicativo

3.4.2.2 Para a criação do aplicativo, foi utilizado o software Android Studio, ambiente oficial para desenvolvimento de aplicativos para plataforma Android. A escrita do programa foi feita em Java e o código inteiro pode ser visto no Apêndice B.

A implementação da comunicação MQTT foi baseada em biblioteca própria da HiveMQ criada para o uso no Android Studio. O funcionamento necessita que permissões de acesso à internet sejam feitas antes do aplicativo se conectar ao broker e aos tópicos “iot/peso” e “iot/zerado” onde as mensagens enviadas pelo microcontrolador serão recebidas. Semelhante ao programa implementado no microcontrolador, o aplicativo também possui uma função chamada *callback* para a leitura das mensagens e pode ser visto na Figura 21.

Figura 21 - Trecho do código do aplicativo

```
client.setCallback(new MqttCallback() {
    @Override
    public void connectionLost(Throwable cause) {
    }
    @SuppressWarnings("SetTextI18n", "DefaultLocale")
    @Override
    public void messageArrived(String topic, MqttMessage message) throws Exception {
        if(topic.equals("iot/peso")) {
            pesoText = (TextView) findViewById(R.id.Peso);
            pesoText.setText(new String(message.getPayload()) + " kg");
            porcentagemText = (TextView) findViewById(R.id.Porcentagem);
            String nivel = String.format("%.2f", (100.00 * Double.valueOf(new String(message.getPayload())) / Double.valueOf(pesoCheio[0])));
            porcentagemText.setText(nivel + " %");
            if((100.00 * Double.valueOf(new String(message.getPayload())) / Double.valueOf(pesoCheio[0])) < 5.0 ) {
                mNotifyMgr.notify(mNotificationId, mBuilder.build());
            }
            else{
                mNotifyMgr.cancel(mNotificationId);
            }
        }
        if(topic.equals("iot/zerado")) {
            Toast.makeText(context MainActivity.this, text: "Zerado", Toast.LENGTH_SHORT).show();
        }
    }
    @Override
    public void deliveryComplete(IMqttDeliveryToken token) {
    }
});
```

Fonte: elaborada pelo autor.

A função callback verifica se o tópico é referente ao peso e se for, imprime esse valor na tela do aplicativo. Em seguida executa-se um cálculo para o nível do cilindro, o imprime na tela e, caso o valor de nível esteja inferior a 5%, o aplicativo gera uma notificação para o cliente, vibrando o celular e com uma mensagem de aviso. Se a mensagem vier no tópico "iot/zerado", mostra uma mensagem na tela do aplicativo informando que a balança está zerada.

Baseado no esboço definido na etapa anterior, foi criado uma interface do aplicativo para que o usuário possa visualizar melhor os dados referentes a balança. O layout criado pode ser visto na Figura 22 .

Figura 22 - Interface do aplicativo



Fonte: elaborada pelo autor.

A ideia do aplicativo é de poder exibir todos os dados necessários ao usuário em uma página só. Na parte de cima encontra-se o nome do aplicativo junto ao ícone que o representa também no menu do dispositivo móvel. Abaixo do nome, uma entrada fornecida pelo usuário para informar ao aplicativo que tipo de botijão foi colocado sob a balança e por ser mais comum, o valor do botijão P-13 já vem selecionado por padrão.

Ainda na parte superior do aplicativo encontram-se os valores de peso atual e nível. O peso atual serve para informar ao usuário o valor instantâneo da balança em quilogramas, útil para o momento de início de ciclo para garantir que a balança esteja zerada e que o botijão esteja cheio no momento de troca. Já o valor de nível informa ao usuário a quantidade restante de gás no botijão em porcentagem e utiliza o valor do tipo de botijão para fazer o cálculo.

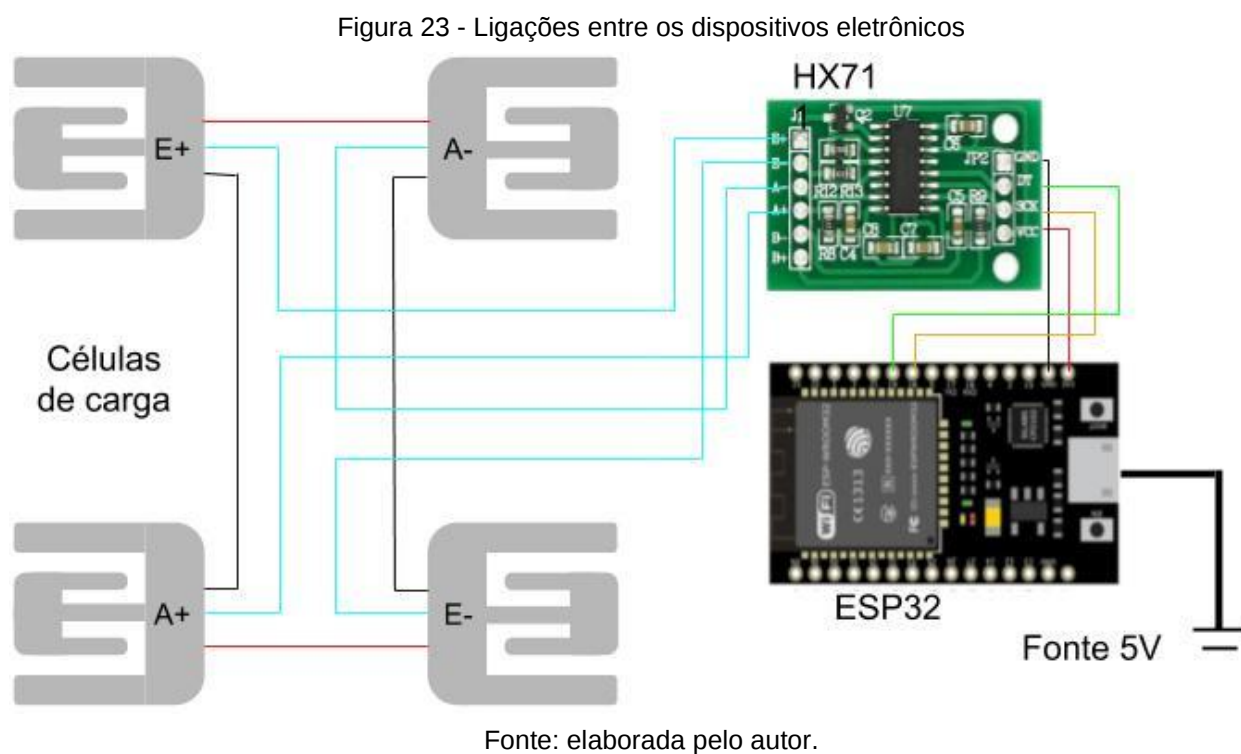
No centro do aplicativo é mostrado o gráfico consumo do gás do botijão, retirado diretamente da tabela do Google Drive e acessado através do seu link de

compartilhamento. Por fim, na parte inferior do aplicativo está o botão de tara, que envia por MQTT no tópico "balancaiot/tara" a mensagem "tara", que o microcontrolador recebe e zera a balança.

O código inteiro da tela do aplicativo pode ser visto no Apêndice B.

3.4.3 INTEGRAÇÃO E MONTAGEM

A primeira parte para a montagem do produto foi a realização das ligações eletrônicas entre os dispositivos. As ligações se dão como mostra a Figura 23.



A eletrônica original da balança foi retirada, mantendo somente os sensores conectados entre si. Os fios de cada célula de carga foram soldados nos terminais correspondentes do Hx711 utilizando estanho e um ferro de solda. Para a ligação entre o conversor e o microcontrolador foram utilizados 4 jumpers de cores diferentes, que facilitam a conexão já que ambos dispositivos possuem os conectores. Após conectados, os dispositivos foram armazenados no local original e um furo foi feito na tampa do mesmo para a passagem do conector da fonte.

Para os testes e validação do protótipo foi utilizado uma fonte de 5V de celular para alimentar o sistema, mas como dito anteriormente, a área de armazenamento dos botijões não permite instalação de rede elétrica. Para o produto final foi dimensionado uma bateria de 5V e 500mAh para permitir uma boa duração do produto antes que a bateria tenha que ser recarregada.

O uso da bateria pode gerar um problema relacionado a tensão dela, que quando cair após o uso pode afetar a leitura da massa. O HX711 trabalha de 3.3V até 5V, contudo, pode ser implementado um alarme que quando a tensão estiver próxima do valor de 3.3V, o usuário recarregue a bateria.

Na parte superior do vidro foram coladas tiras de borracha, utilizando uma fita dupla face. A Figura 24 mostra a balança com a borracha colada. Essa adaptação foi necessária para evitar concentração de carga sobre o vidro que potencializa a sua quebra.

Figura 24 - Balança modificada



Fonte: elaborada pelo autor.

Como pode-se ver na figura acima, a borracha ocupa toda a balança e apresenta ranhuras que garantem um bom posicionamento dos cilindros.

Desse modo, com ambos os módulos integrados e softwares implementados, pôde-se partir para execução dos testes para avaliar o equipamento.

3.4.4 TESTES DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA

Após a integração dos dispositivos e finalização da programação, foram feitos alguns testes para avaliação do sistema. O primeiro teste envolveu a calibração da balança, para analisar se os valores que estavam sendo indicados correspondiam aos valores medidos ou se havia a necessidade de uma modificação do fator de correção da balança.

Para isso, foram utilizadas três massas diferentes entre si de valor conhecidos e colocados na balança três vezes para avaliar o valor informado. Os dados coletados podem ser vistos no Quadro 3.

Quadro 3 - Medidas de massa avaliadas

Valor verdadeiro convencional	Indicação 1	Indicação 2	Indicação 3	Tendência	Repetibilidade
54,50	54,30	54,60	54,60	0,10	$\pm 0,45$
71,60	71,55	71,40	71,40	-0,15	$\pm 0,23$
105,80	105,90	105,90	105,80	0,07	$\pm 0,15$

Fonte: elaborada pelo autor.

A partir desse primeiro teste algumas características puderam ser observadas. Durante uma medição e outra o valor vazio da balança era modificado, ou seja, não retornava a zero sempre e sim para algum valor baixo, entre 0,01 kg e 0,20 kg. Isso não afeta o valor final medido e nem interfere no funcionamento do sistema, considerando que o usuário do sistema sempre zere a balança (botão de tara) quando for colocá-la em funcionamento.

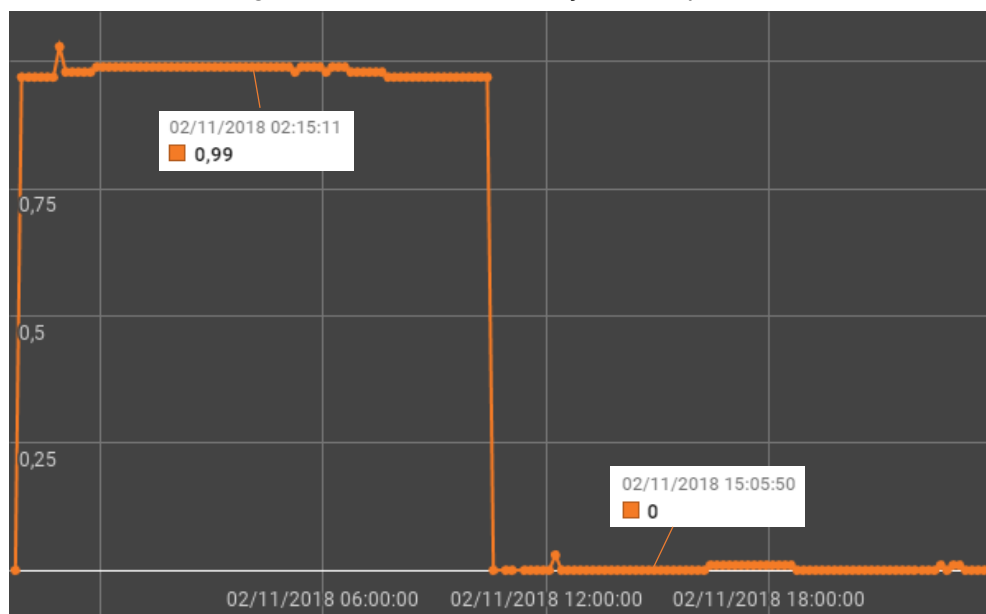
Outro fator avaliado é o erro apresentado entre os valores medidos. Para as três massas avaliadas o erro ficou na média de 0,10 kg, que é o mesmo valor de gradação fornecido pela empresa da balança. Porém esse erro pode estar ligado ao erro mencionado anteriormente, na qual a balança não retorna a zero após a pesagem e ela não ser tarada entre uma medida e outra. Este valor de erro é aceitável para o sistema pois o mais importante é a repetibilidade do mesmo, considerando que um botijão de gás será colocado ao iniciar e só será movido quando esvaziar.

Nesse aspecto a repetibilidade ficou alta na menor massa avaliada, efeito provavelmente causado pelo fato da balança estar medindo uma massa de baixa magnitude, sendo necessário maior amplificação do sinal analógico das células de carga. Ainda assim o erro máximo (tendência + repetibilidade), ficou em 0,5 kg, aceitável para a função de monitoramento. A melhoria dessa repetibilidade pode ser realizada com a implementação de filtros digitais, como o de média móvel, por exemplo. Isso iria comprometer a velocidade de resposta da balança, mas dada a aplicação ser de medição a baixa velocidade, não iria comprometer a operação do sistema.

O segundo teste realizado buscava analisar o comportamento do sistema durante uma quantidade de tempo grande, avaliando a estabilidade da conexão e armazenamento dos dados, bem como a repetibilidade do mesmo.

Para isso o dispositivo foi ligado e colocado um peso conhecido de 1 kg a cada dez minutos. A primeira tentativa falhou após alguns envios devido a um erro no código do microcontrolador que não permitia o envio da informação para a tabela. Corrigindo-se o erro, na segunda tentativa não houve problemas no início e as informações foram armazenadas na tabela que gerava um gráfico com cada entrada nova, que pode ser observado na Figura 25.

Figura 25 - Gráfico de avaliação do dispositivo



Fonte: elaborada pelo autor.

Os valores do gráfico foram armazenados durante o período de 26 horas, no início com a massa de 1kg e após 12 horas o sistema foi zerado, mas ainda com a massa sob a balança.

Na primeira parte os valores variaram de 0,97 kg a 0,99 kg, com um ponto único de 1,03kg. Na segunda parte os valores variaram de 0 kg a 0,01kg, com um ponto único de 0,03 kg. Os valores obtidos e repetições dos mesmo podem ser vistas no Quadro 4.

Quadro 4 - Repetições de valores de teste

Valores com massa de 1 kg		Valores com tara	
Valor (kg)	Repetições	Valor (kg)	Repetições
0,97	23	0	60
0,98	17	0,01	17
0,99	39	0,03	1
1,03	1		

Fonte: elaborada pelo autor.

Com esse teste foi possível verificar que o sistema tem uma ótima repetibilidade, ou seja, mantém a leitura de um mesmo dado várias vezes, repetindo valores menores que o erro do equipamento. Os valores que não se repetiram (1,03 e 0,03) estão fora da curva e podem ter sido ocasionados por algum ruído ou distúrbio do ambiente.

O quadro a seguir ilustra a repetibilidade observada na variação com esses dados, para um intervalo de confiança de 95,45%.

Quadro 5 - Repetibilidade nos ensaios de estabilidade

	Valores com massa de 1 kg	Valores com tara
Repetibilidade (95,45%)	$\pm 0,02$	$\pm 0,10$

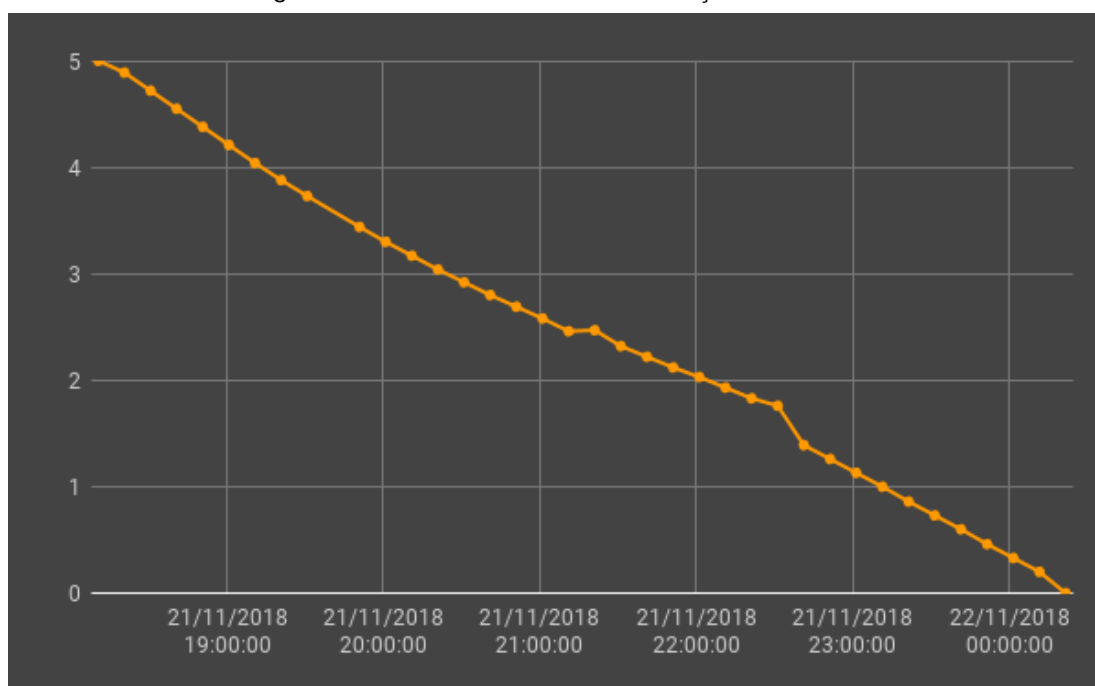
Fonte: elaborada pelo autor.

Outra avaliação observada nesse teste é a respeito da conexão, na qual todos os dados foram enviados de maneira correta para Drive e para o aplicativo de celular. O sistema se comportou bem durante todo o processo e mesmo com uma queda de internet o microcontrolador se reconecta após o retorno da rede.

O último teste feito foi para simular o sistema em uso, com uma variação da quantidade de fluido em um reservatório. Foi colocado uma garrafa de 5 litros contendo água em cima da balança e para simular o uso desse fluido, foi feito um pequeno furo perto da base da garrafa, permitindo um fluxo de saída

O sistema manteve a coleta de dados a cada 10 minutos e a duração do teste foi definida até esvaziar a garrafa. Para avaliar a função de nível no aplicativo, foi mudado o valor padrão para 5 kg cheio. O gráfico com os dados do teste pode ser visto na Figura 26.

Figura 26 - Gráfico do teste com variação de massa



Fonte: elaborada pelo autor.

Pode-se observar que o sistema apresentou um resultado bom, capturando a variação da massa sobre a balança durante um período de seis horas até o recipiente esvaziar, desse modo validando o produto.

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aumento da popularidade e do número de dispositivos que vem utilizando a tecnologia ~~IoT~~IoT, encontrou-se a necessidade de utilizá-la para monitoramento do consumo de gases envasados para apoio ~~ae~~ processos logísticos, ~~como os gases envasados~~.

O projeto final do desenvolvimento de um sistema de monitoramento remoto de gases envasados utilizando tecnologia IOT foi concluído e validado metrologicamente com êxito. Durante a elaboração do projeto, não houve ~~ram~~ grandes desafios mecânicos e eletrônicos para executá-lo. Muitos conhecimentos fornecidos pelo curso foram aplicados e novos foram aprendidos e implementados. A etapa de desenvolver um aplicativo de celular, no entanto, se mostrou desafiadora ~~um pouco mais difícil~~, devido ~~a à~~ necessidade de trabalhar com uma linguagem nova, e a superação deste desafio e porém o conhecimento adquirido ~~foi~~ foram de grande importância e crescimento profissional, abrindo muitas novas possibilidades técnicas e profissionais visto que a área de IoT está em grande crescimento.

A revisão bibliográfica na esfera da Internet das Coisas foi ~~trivial~~ realizada com proficiência, tendo em vista a quantidade de artigos e matérias envolvendo esse conceito e muitos dispositivos que já o possuem integrados. Contudo, o campo de gases envasados não possui muito desenvolvimento acadêmico envolvido, muito menos unido ao ~~IoT~~IoT. Para isso, teve-se que partir para buscas em sites de empresas que trabalhavam com gases envasados ou artigos que faziam uso de gás em outras áreas.

Os resultados obtidos foram bons, porém para trabalhos futuros algumas modificações podem ser feitas para refinar o sistema. Atualmente o programa implementado no microcontrolador zera a balança em todo início de rotina e se houver uma queda de energia durante o monitoramento, vai zerar a balança, afetando no resultado final. Para isso, algum *log* com banco de dados pode ser utilizado para armazenar esses valores localmente e, em caso de problemas, retome o monitoramento de onde parou. Além disso, para o produto se tornar comercializável, existe a necessidade de criar uma estrutura mecânica própria e mais robusta, que permita se adaptar a uma variedade maior de cilindros e até que permita o uso de mais de um cilindro simultaneamente.

A qualificação metrológica do sistema indicou uma incerteza de medição compatível com a aplicação deste trabalho. Para outras necessidades de monitoramento essa análise terá que ser refeita para verificar a adequação do sistema.

O produto se mostrou muito econômico em termos de energia. Levando em consideração o uso do produto, não a necessidade do envio da massa a cada 2 segundos, permitindo que o aparelho trabalhe em *deep sleep* durante os 10 minutos que fica parado até fazer uma nova amostra, diminuindo ainda mais o uso de energia. Com isso, o consumo de energia do sistema chega a casa dos nano amperes permitindo um longo tempo de uso até substituir a bateria.

Alguns pontos analisados no quesito IoT merecem alguma atenção. Por ser um produto conectado na internet, há necessidade de implementar segurança das informações. Medidas que podem resolver esse problema e alguns outros relacionados ao MQTT é o uso de WebSockets que facilitam a transmissão de mensagens de diferentes dispositivos e facilita a implementação de protocolos de segurança. Pontos como esse envolvendo Internet das Coisas devem ser debatidos mais dentro do curso para que haja uma padronização para auxiliar o desenvolvimento dessa tecnologia na sala de aula e nos grupos de pesquisa.

O trabalho viabilizou a instrumentação de um cilindro de gás e monitoramento do seu consumo ao longo do tempo. Este dispositivo abre a possibilidade de que sejam desenvolvidos aplicativos para dispositivos *mobile* que resolvam grandes problemas na área de logística, não somente de consumo de gases, mas de qualquer outro produto ou processo cujo consumo possa ser associado a variação de peso. Um campo de possibilidades se abre essa é a maior contribuição deste trabalho para a área de internet das Coisas.

REFERÊNCIAS

- BDXPERT.COM. **Ding Brasil inventa medidor do nível do botijão**. Disponível em: <http://bdxpert.hospedagemdesites.ws/2011/07/25/ding-brasil-inventa-medidor-do-nivel-de-gas-no-botijao/> acesso em: 02/11/2018.
- CARPES JR., W. P. **Introdução ao projeto de produtos**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- CURVELLO, A. **ESP32 um grande aliado para o maker iot**. Disponível em <https://www.filipeflop.com/blog/esp32-um-grande-aliado-para-o-maker-iot/> acesso em: 10/10/2018.
- COMERCIAL FRIGEL. **Balança plataforma em aço carbono**. Disponível em: <https://www.comercialfrigel.com.br/balancas-digitais/balanca-plataforma-em-aco-carbono-150-kg-dp-150-ramuza> acesso em: 28/10/2018.
- GIFEL® CILINDROS E SISTEMAS. **NBR 12176 e as cores dos cilindros**. Disponível em: <https://www.gifel.com.br/nbr-12176-e-cores-dos-cilindros/> acesso em 02/11/2018.
- L. Atzori et al., The Internet of Things: A survey, **Comput. Netw.** (2010), doi:10.1016/j.comnet. 2010.05.010
- LIQUIGÁS. **O que é GLP?**. Disponível em: <https://goo.gl/oWiD4L> acesso em 02/11/2018
- L. J. Silva, **Internet das Coisas**, Unisul (2017), disponível em <https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/3940/TCC%20FINAL%20LEANDRO%20JAMIR%20SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y> acesso em: 08/08/2018
- MCKINSEY & COMPANY. **The Internet of Things: Mapping the value beyond the hype**. 2015.
- OLIVEIRA, I. **Entenda Osi e TCP/IP**. 2016. Disponível em: <http://www.isaacoliveira.blog.br/entenda-osi-e-tcpip/> acesso em 02/11/2018.
- REVISTA DO AÇO. **Gases de proteção para soldagem ao arco elétrico**. Disponível em: <http://www.revistadoaco.com.br/gases-de-protecao-para-soldagem-ao-arco-eletrico/> acesso em: 15/10/2018.
- THE COMPRESSED GAS ASSOCIATION, INC. **Celebration 100 Years as The Stand for Safety: The compressed Gas Association, Inc.** 2013. Disponível em: <http://www.cganet.com/docs/100th.pdf> acesso em 02/11/2018.
- WHITE MARTINS PRAXAIR INC. **Gases medicinais para a o setor de saúde**. Disponível em: <http://www.praxair.com.br/industries/healthcare-and-medical/?tab=gases-relacionados> acesso em: 10/10/2018.
- YUAN, M. **IBM DeveloperWorks: Conhecendo o MQTT**. 2017. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/> acesso em 10/11/2017.

APÊNDICE A – SOFTWARE MICROCONTROLADOR

```
#include "soc/rtc.h"
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <PubSubClient.h>
#include "HX711.h"

#define DOUT 19
#define CLK 18
#define BUILTIN_LED 2
HX711 scale;

const char* ssid = "GVT-8172";
const char* password = "SlF4654861";
const char* mqtt_server = "broker.hivemq.com";

long lastMsg = 0, lastMsg2 = 0;
char msg[50];
int value = 0 ;
float peso = 0, fator = 23640;

WiFiClient espClient;
WiFiClientSecure cliente;
PubSubClient client(espClient);

const char* host = "script.google.com";
const int httpsPort = 443;
String GAS_ID = "AKfycbyTF2pxh9FDv5jMlONON9HGLpP_9CJxDd2jawbDUmL-w4D0MXy8";

void setup_wifi() {
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
  }
  randomSeed(micros());
}

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  if (!strcmp(topic, "balancaiot/tara")) {
    if (!strcmp((char *)payload, "tara", length)) {
      scale.tare();
      client.publish("iot/zerado", "1");
    }
  }
}

void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    String clientId = "ESP32Client-";
    clientId += String(random(0xffff), HEX);

    if (client.connect(clientId.c_str())) {
      client.subscribe("balancaiot/tara");
    }
    else {
      delay(5000);
    }
  }
}
```

```

id setup() {
  scale.begin(DOUT,CLK);
  pinMode(BUILTIN_LED, OUTPUT);
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);
  client.setCallback(callback);
  scale.set_scale(fator);
  scale.tare(); //Reset the scale to 0

  id loop() {
    if (!client.connected()) {
      reconnect();
    }
    client.loop();

    if(!espClient.connected()){
      setup_wifi();
    }

    long now = millis();
    if (now - lastMsg > 1000) {
      lastMsg = now;
      ++value;
      peso = scale.get_units(20);
      String m = String(peso);
      m.replace(".", ",");
      sprintf(msg, "%03.02f", peso);
      client.publish("iot/peso",msg);
    }

    long now2 = millis();
    if (now2 - lastMsg2 > 600000) {
      lastMsg2 = now2;
      ++value;
      peso = scale.get_units(20);
      String m = String(peso);
      m.replace(".", ",");
      sprintf(msg, "%03.02f", peso);
      client.publish("iot/peso",msg);

      if(cliente.connect("script.google.com", 443)) {
        String url= "/macros/s/"+GAS_ID+"/exec?peso="+ m +"&ok=ok";
        cliente.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
          "Host: " + host + "\r\n" +
          "User-Agent: BuildFailureDetectorESP8266\r\n" +
          "Connection: keep-alive\r\n\r\n");
        cliente.stop();
      }
    }
  }
}

```

APÊNDICE B – MAIN SOFTWARE APLICATIVO

```
1 package com.example.gabri.iot;
2
3 import android.annotation.SuppressLint;
4 import android.app.NotificationManager;
5 import android.graphics.Color;
6 import android.os.Build;
7 import android.os.Handler;
8 import android.support.annotation.RequiresApi;
9 import android.support.v4.app.NotificationCompat;
10 import android.support.v4.widget.SwipeRefreshLayout;
11 import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
12 import android.os.Bundle;
13 import android.view.View;
14 import android.webkit.WebView;
15 import android.webkit.WebViewClient;
16 import android.widget.Button;
17 import android.widget.RadioGroup;
18 import android.widget.TextView;
19 import android.widget.Toast;
20 import org.eclipse.paho.android.service.MqttAndroidClient;
21 import org.eclipse.paho.client.mqttv3.IMqttActionListener;
22 import org.eclipse.paho.client.mqttv3.IMqttDeliveryToken;
23 import org.eclipse.paho.client.mqttv3.IMqttToken;
24 import org.eclipse.paho.client.mqttv3.MqttCallback;
25 import org.eclipse.paho.client.mqttv3.MqttClient;
26 import org.eclipse.paho.client.mqttv3.MqttException;
27 import org.eclipse.paho.client.mqttv3.MqttMessage;
28 import java.io.UnsupportedEncodingException;
29 import java.net.*;
30 import java.io.*;
31
32 public class MainActivity extends AppCompatActivity {
33
34     private TextView pesoText;
35     private TextView porcentagemtText;
36     private SwipeRefreshLayout swipe;
37
38     String html = "<iframe src=\"https://docs.google.com/
    spreadsheets/d/e/2PACX-
    1vSJ9MIdPmOGbsnECPvH0jFQTDdbWz8FG6Dmm61ULlcH9k90CU377G2O08
    atdbYAXyGB4uoZB9Thafho/pubchart?oid=236431040&format=
    interactive\" style=\"height: 100%;width: 100%;padding:-
    3px; margin:-3px;\" ></iframe>";
39     @RequiresApi(api = Build.VERSION_CODES.M)
40     @Override
```

```

41     protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
42         super.onCreate(savedInstanceState);
43         setContentView(R.layout.activity_main);
44         final String[] pesoCheio = {"13.0"};
45         String clientId = MqttClient.generateClientId();
46         final MqttAndroidClient client = new
MqttAndroidClient(this.getApplicationContext(), "tcp://
broker.hivemq.com:1883",clientId);
47         try {
48             IMqttToken token = client.connect();
49             token.setActionCallback(new
IMqttActionListener() {
50                 @Override
51                 public void onSuccess(IMqttToken
asyncActionToken) {
52                     Toast.makeText(MainActivity.this, "
Connected", Toast.LENGTH_SHORT).show();
53                     try {
54                         client.subscribe("iot/peso", 0 );
55                         client.subscribe("iot/zerado", 0 )
;
56                     }
57
58                     catch (MqttException e) {
59                         e.printStackTrace();
60                     }
61                 }
62
63                 @Override
64                 public void onFailure(IMqttToken
asyncActionToken, Throwable exception) {
65                     Toast.makeText(MainActivity.this, "Not
Connected", Toast.LENGTH_SHORT).show();
66
67                     }
68             });
69         }
70         catch (MqttException e) {
71             e.printStackTrace();
72         }
73
74         final NotificationCompat.Builder mBuilder = new
NotificationCompat.Builder(this)
75             .setSmallIcon(R.drawable.botija)
76             .setVibrate(new long[] { 1000, 1000, 1000,

```

```

76     1000, 1000 })
77         .setOnlyAlertOnce(true)
78         .setContentTitle("Balança IOT")
79         .setContentText("Seu botijão esta no fim"
80     );
81     final int mNotificationId = 001;
82     final NotificationManager mNotifyMgr = (
83         NotificationManager) getSystemService(
84         NOTIFICATION_SERVICE);
85     final WebView web = (WebView) findViewById(R.id.
86         web11);
87     web.getSettings().setBuiltInZoomControls(true);
88     web.getSettings().setLoadWithOverviewMode(true);
89     web.getSettings().setJavaScriptEnabled(true);
90     web.setBackgroundColor(Color.parseColor("#505050"
91     ));
92     web.loadData(html,"text/html",null);
93     swipe = (SwipeRefreshLayout) findViewById(R.id.
94         swiperefresh);
95     swipe.setOnRefreshListener(new SwipeRefreshLayout
96         .OnRefreshListener() {
97         @Override
98         public void onRefresh() {
99             web.loadData(html,"text/html",null);
100             new Handler().postDelayed(new Runnable()
101             {
102                 @Override public void run() {
103                     // Stop animation (This will be
104                     after 3 seconds)
105                     swipe.setRefreshing(false);
106                 }
107             }, 3000);
108         }
109     });
110     swipe.setColorSchemeResources(android.R.color.
111         holo_orange_dark);
112     Button btn1 = (Button) findViewById(R.id.btn1);
113     btn1.setOnClickListener(new View.OnClickListener(
114     ) {
115         @Override

```

```

110         public void onClick(View v) {
111             String topic = "balancaiot/tara";
112             String payload = "tara";
113             byte[] encodedPayload = new byte[0];
114             try {
115                 encodedPayload = payload.getBytes("
UTF-8");
116                 MqttMessage message = new MqttMessage
(encodedPayload);
117                 message.setRetained(true);
118                 client.publish(topic, message);
119             } catch (UnsupportedEncodingException |
MqttException e) {
120                 e.printStackTrace();
121             }
122         }
123     });
124
125
126     client.setCallback(new MqttCallback() {
127         @Override
128         public void connectionLost(Throwable cause) {
129             }
130         @SuppressWarnings({"SetTextI18n", "DefaultLocale"
})
131         @Override
132         public void messageArrived(String topic,
MqttMessage message) throws Exception {
133             if(topic.equals("iot/peso")) {
134                 pesoText = (TextView) findViewById(R
.id.Peso);
135                 pesoText.setText(new String(message.
getPayload()) + " kg");
136                 porcentagemtText = (TextView)
findViewById(R.id.Porcentagem);
137                 String nivel = String.format("%.2f",
(100.00 * Double.valueOf(new String(message.getPayload()
)) / Double.valueOf(pesoCheio[0])));
138                 porcentagemtText.setText(nivel +
" %");
139                 if((100.00 * Double.valueOf(new
String(message.getPayload())) / Double.valueOf(pesoCheio[
0])) < 5.0 ) {
140                     mNotifyMgr.notify(
mNotificationId, mBuilder.build());

```

```

141         }
142         else{
143             mNotifyMgr.cancel(
mNotificationId);
144         }
145     }
146     if(topic.equals("iot/zerado")) {
147         Toast.makeText(MainActivity.this, "
Zerado", Toast.LENGTH_SHORT).show();
148     }
149 }
150 @Override
151 public void deliveryComplete(
IMqttDeliveryToken token) {
152     }
153 });
154
155
156     RadioGroup radG = (RadioGroup) findViewById(R.id.
radioGroup3);
157     radG.setOnCheckedChangeListener(new RadioGroup.
OnCheckedChangeListener() {
158         @Override
159         public void onCheckedChanged(RadioGroup group
, int checkedId) {
160             if(checkedId == R.id.p13) {
161                 pesoCheio[0] = "13.0";
162             } else if(checkedId == R.id.p45) {
163                 pesoCheio[0] = "45.0";
164             }
165         }
166     });
167
168 }
169
170
171 }
172
173
174

```