

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

Escola de Engenharia Mauá

Engenharia Elétrica e Eletrônica

Bruno Veiga Lucas

Thiago Baldim dos Santos

Luz de emergência *Smart*

São Caetano do Sul

2018

Bruno Veiga Lucas
Thiago Baldim dos Santos

Luz de emergência *Smart*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista e Engenheiro Eletrônico.

Orientador: Eng. Me. Fernando de Almeida Martins

São Caetano do Sul

2018

Lucas, Bruno Veiga

Luz de emergência *Smart* / Bruno Veiga Lucas, Thiago Baldim dos Santos. — São Caetano do Sul: CEUN-IMT, 2018.

107 p.

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Elétrica e Eletrônica — Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2018. Orientador: Fernando de Almeida Martins.

1. LoRa 2. Luz de emergência 3. *Internet of Things* I. Santos, Thiago Baldim dos IV. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro Universitário. Escola de Engenharia Mauá. V. Luz de emergência *Smart*.

Bruno Veiga Lucas
Thiago Baldim dos Santos

Luz de emergência *Smart*

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista e Engenheiro Eletrônico.

Banca avaliador:

Eng. Fernando de Almeida Martins, Me.
Orientador

Prof. José Carlos de Souza Junior, Dr.
Coorientador

Prof. Edval Delbone, Dr.
Instituto Mauá de Tecnologia

São Caetano do Sul, 21 de dezembro de 2018.

DEDICATÓRIA

*Dedicamos este trabalho para Elizabeth de Fatima da Silva Veiga, Maria de Fátima
Baldim dos Santos e Luiz Antônio dos Santos.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que nos permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo das nossas vidas.

Ao Instituto Mauá de Tecnologia que nos deu a oportunidade de cursar engenharia nesta renomada Instituição. Obrigado por disponibilizar todos os materiais necessários para a realização desse trabalho, por proporcionar um ambiente saudável para todos os alunos, além de estimular a criatividade, a interação e a participação nas atividades acadêmicas.

Agradecemos a todos os mestres e doutores do curso de engenharia que compartilharam seus conhecimentos em sala de aula. Somos gratos especialmente ao nosso orientador Eng. Me. Fernando de Almeida Martins e ao nosso coorientador Prof. Dr. José Carlos Souza Junior, pelo auxílio nas pesquisas, nas revisões do trabalho de conclusão de curso, pela paciência e pelos incentivos.

Agradecemos ao colega Mauricio Pirez Wanseele Junior pela contribuição dos materiais e pelo incentivo.

A nossa família e amigos por acreditarem em nós desde o primeiro instante.

Por fim, mas não menos importante, deixamos uma palavra de gratidão a todas as pessoas que de alguma forma tocaram nossos corações e transmitiram força e confiança.

EPÍGRAFE

"O Senhor é meu Pastor e nada me faltará, ele me faz repousar em pastos verdejantes, restaura minha alma, guia-me nas veredas da justiça. Ainda que eu ande pelo vale da sombra, não temerei nenhum mal, porque Tu estás comigo ...", Salmo 23.1 - Bíblia Sagrada.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo, apresentar as novas formas de interações entre a sociedade e os dispositivos de *IoT*. Com a implementação da tecnologia *LoRaWan* em uma luz de emergência de uso comercial, conseguiu-se dados e soluções interessantes para o ramo de gestão de ambiente e pessoas. Por ser um equipamento obrigatório, a Luz de emergência com sensores de presença, umidade, temperatura, luz e carga de bateria possibilita algumas condições interessantes e que são mostradas nesse trabalho.

Palavras-chave: Internet das coisas (*IoT*), *LoRa*, Luz de Emergência, *LoRaWAN*.

ABSTRACT

The present work aims to present the new forms of interactions between society and IoT devices. With the implementation of LoRaWan technology in a commercial use emergency light, we have obtained interesting data and solutions for the field of environment and people management. For being a mandatory equipment, the emergency light with presence, humidity, temperature, light and battery charge sensors provides some interesting conditions that are shown in this work.

Keywords: Internet of Things (IoT), LoRa, Emergency Light, LoRaWAN.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Avanços das fontes de iluminação	21
Figura 2 - Durabilidade da lâmpada de <i>LED</i> em relação as outras tecnologias.....	22
Figura 3 - Consumo de energia total no Brasil	23
Figura 4 - Formas de como os seres humanos processam os dados	24
Figura 5 - Sensibilidade do olho humano.....	29
Figura 6 - Luz de emergência de aclaramento	31
Figura 7 - Luz de emergência de balizamento.....	32
Figura 8 - Características das principais tecnologias <i>LPWA</i>	36
Figura 9 - Comparativo entre a <i>LPWAN</i> e outras tecnologias.....	37
Figura 10 - Comparado a <i>LPWAN</i> com 3G/4G/5G e ZigBee	38
Figura 11 - Conectividade direta do dispositivo com a estação base	40
Figura 12 - Conectividade indireta do dispositivo através do <i>gateway</i>	40
Figura 13 - Alcance por taxa de transmissão	43
Figura 14 - Faixa de frequência da rede LoRa	45
Figura 15 - Cálculo da potência recebida no receptor	46
Figura 16 - Arquitetura LoRaWAN.....	47
Figura 17 - Classes de dispositivos finais – <i>End-nodes</i>	48
Figura 18 - Rede de comunicação	50
Figura 19 - Localização do Instituto Mauá de Tecnologia	51
Figura 20 - Sala A04.....	52
Figura 21 - LED CREE XM-L T6	54
Figura 22 - Sensor de presença	55
Figura 23 - Pinagem do PIR HC-SR501.....	56

Figura 24 - Esquema elétrico do PIR HC-SR501	57
Figura 25 - Sensor de umidade e temperatura.....	57
Figura 26 - Pinagem do DHT11	58
Figura 27 - Sensor de luminosidade	59
Figura 28 - Pinagem do LDR.....	60
Figura 29 - End-node	60
Figura 30 - Ligação dos sensores no end-node.....	64
Figura 31 - Parte interna da Luz de Emergência <i>Smart</i>	65
Figura 32 - Parte externa da Luz de Emergência <i>Smart</i>	65
Figura 33 - Luz de Emergência <i>Smart</i> na Eureka	66
Figura 34 - Janela do editor do Node-RED.....	67
Figura 35 - Primeira parte da programação em blocos	69
Figura 36 - Propriedade de conexão.....	70
Figura 37 - Janela de edição <i>MQTT broker</i>	70
Figura 38 - Janela de edição <i>json</i>	71
Figura 39 - Janela da edição <i>function</i>	72
Figura 40 - Janela de edição do decode	72
Figura 41 - Janela de edição do encode	73
Figura 42 - <i>Flow</i> de presença.....	74
Figura 43- <i>Flow</i> da luminosidade.....	75
Figura 44 - <i>Flow</i> da bateria principal	76
Figura 45 - <i>Flow</i> da temperatura	77
Figura 46 - <i>Flow</i> da umidade	78
Figura 47 - <i>Flow</i> da bateria <i>LoRa</i>	79
Figura 48 - Última parte da programação em bloco	80

Figura 49 - Janela de edição do <i>Press- Luz de Emergência</i>	81
Figura 50 - Janela de edição <i>Broker_pub</i>	81
Figura 51 - Janela de edição do <i>json</i>	82
Figura 52 - Janela de edição da <i>Luz de Emergência Smart - Class A04</i>	83
Figura 53 - <i>Dashboard</i> da <i>Luz de Emergência Smart</i>	84
Figura 54 - Comportamento do contador de eventos pelo tempo	85
Figura 55 - Comportamento da luminosidade pelo tempo.....	86
Figura 56 - Comportamento da umidade pelo tempo	87
Figura 57 - Comportamento da temperatura pelo tempo.....	87
Figura 58 - Variação da temperatura	88
Figura 59 - Comportamento da bateria <i>LoRa</i> pelo tempo	89
Figura 60 - Comportamento da bateria principal pelo tempo	89
Figura 61 - <i>Dashboard</i> da <i>Luz de Emergência Smart</i> para os padrões definidos	90
Figura 62 - <i>Dashboard</i> do fluxo de pessoas combinadas com a luminosidade e com a temperatura.....	91
Figura 63 - Fluxograma da luz acesa sem ninguém no local	92
Figura 64 - Fluxograma do ar condicionado ligado sem ninguém no local.....	93
Figura 65 - Alarmes disparados.....	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

6LoWPAN – IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AES – Advanced Encryption Standard

ADR – Adaptive Data Rate

API – Application Programming Interface

BEM – Balanço Energético Nacional

BLE – Bluetooth Low Energy

CSS – Chirp Spread Spectrum

dB – Decibels

eGPRS – Enhanced General Packet Radio Service

FEC – Forward Error Correction

GPS – Global Positioning System

GMS – Gerência de Manutenção e Serviços

GSM – Global System for Mobile Communications

HTTP – HyperText Transfer Protocol

IBM – International Business Machines

IoT – Internet of Things

IP – Internet Protocol

LED – Light Emitting Diode

LTE – Long Term Evolution

LoRa – Long Range

LoRaWAN – Long Range Low Power Wide Area Network

MAC –Medium Access Control

MQTT – Message Queueing Telemetry Transport

M2M – Machine-to-Machine

NTC – Negative Temperature Coefficient

OASIS – Organization for the Advancement of Structured Information Standards

REST API – Representational State Transfer Application Programming

RFID – Radio Frequency Identification

UMTS – Universal Mobile Telecommunications Service.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	OBJETIVO	25
1.1.1	OBJETIVO GERAL	25
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
1.2	MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	25
1.3	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	27
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	28
2.1	ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA	28
2.1.1	REQUISITOS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	28
2.1.2	TIPOS DE SISTEMAS	30
2.1.3	TIPOS DE ILUMINAÇÃO	30
2.1.3.1	Evacuação do público.....	30
2.1.3.1.1	Iluminação de ambiente ou aclaramento	30
2.1.3.1.2	Iluminação de sinalização ou balizamento	31
2.1.3.2	Iluminação de aclaramento para continuidade do trabalho	32
2.1.4	SIMBOLOGIA	33
2.1.5	INSTALAÇÃO.....	33
2.1.6	MANUTENÇÃO	33
2.2	INTERNET DAS COISAS.....	34
2.3	LOW POWER WIDE AREA NETWORK.....	36
2.3.1	TECNOLOGIAS EXISTENTES NO MERCADO.....	40
2.3.1.1	NarrowBand IoT - NB-IoT	41
2.3.1.2	Extended Coverage – GSM – EC-GSM	41
2.3.1.3	Rede Ingenu.....	41
2.3.1.4	Rede SigFox	41
2.3.1.5	Rede LoRa.....	42
2.4	LONG-RANGE - LORA	42
2.4.1	MODULAÇÃO	43
2.4.2	LONG RANGE FOR WIDE AREA NETWORKS.....	46
2.4.2.1	Topologia da rede	46

2.4.2.2	Vida útil da bateria.....	47
2.4.2.3	Capacidade da rede.....	48
2.4.2.4	Classes de dispositivos LoRaWAN.....	48
2.4.2.5	Segurança	49
3	METODOLOGIA.....	50
3.1	VISÃO GERAL	50
3.2	LOCAL DE ESTUDO	50
3.3	DESCRIÇÃO	52
3.3.1	FLUXO DE PESSOAS	52
3.3.2	LUMINOSIDADE	53
3.3.3	TEMPERATURA E UMIDADE	53
3.3.4	BATERIA PRINCIPAL.....	53
3.3.5	BATERIA LORA - <i>END-NODE</i>	53
3.4	MATERIAIS	54
3.4.1	LED CREE XM-L T6	54
3.4.1.1	Especificação do LED CREE XM-L T6.....	54
3.4.2	SENSORES.....	55
3.4.2.1	Sensor de presença - PIR HC-SR501	55
3.4.2.1.1	Especificação do PIR HC-SR501.....	56
3.4.2.1.2	Ajuste do Potenciômetro.....	56
3.4.2.1.3	Pinagem e esquema elétrico do PIR HC-SR501	56
3.4.2.2	Sensor de umidade e temperatura - DHT11.....	57
3.4.2.2.1	Especificação do DHT11.....	58
3.4.2.2.2	Pinagem do DHT11	58
3.4.2.3	Sensor de luminosidade - LDR	59
3.4.2.3.1	Especificação do LDR	59
3.4.2.3.2	Pinagem do LDR.....	60
3.4.3	END NODES.....	60
3.4.3.1.1	Especificação do <i>end-node</i>	61
3.4.3.1.2	Pinagem, esquema elétrico e componentes	61
3.4.4	GATEWAY.....	61
3.4.5	NETWORK SERVER	61

3.4.5.1	MQTT broker	62
3.4.5.1.1	Acesso ao MQTT broker.....	62
3.4.5.1.2	Acesso à REST API	63
4	RESULTADOS EXPERIMENTAIS.....	64
4.1	MONTAGEM DO PROJETO	64
4.1.1	ESQUEMÁTICO DE HARDWARE DOS SENSORES	64
4.1.2	IMAGEM DA LUZ DE EMERGÊNCIA <i>SMART</i>	64
4.2	SOFTWARE PARA APLICAÇÃO	66
4.2.1	PRIMEIRA PARTE.....	68
4.2.2	SEGUNDA PARTE.....	73
4.2.3	TERCEIRA PARTE	74
4.2.4	QUARTA PARTE	75
4.2.5	QUINTA PARTE	76
4.2.6	SEXTA PARTE	77
4.2.7	SÉTIMA PARTE.....	78
4.2.8	OITAVA PARTE	79
4.3	DASHBOARD E THINGSPEAK	83
4.3.1	DESCRITIVO DASHBOARD E THINGSPEAK.....	83
4.3.2	DASHBOARD PRINCIPAL	84
4.3.3	THINGSPEAK	85
4.3.4	DASHBOARD.....	90
4.3.5	E-MAIL	93
5	CONCLUSÃO.....	95
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
5.2	TRABALHOS FUTUROS	96
	REFERÊNCIAS.....	97
	ANEXO A - ESQUEMA ELÉTRICO DA CPU	102
	ANEXO B - ESQUEMA ELÉTRICO DA FONTE	103
	ANEXO C - ESQUEMA ELÉTRICO DO MÓDULO LORA.....	104
	ANEXO D – LAYOUT	105
	ANEXO E – LISTA DE COMPONENTES	106

1 INTRODUÇÃO

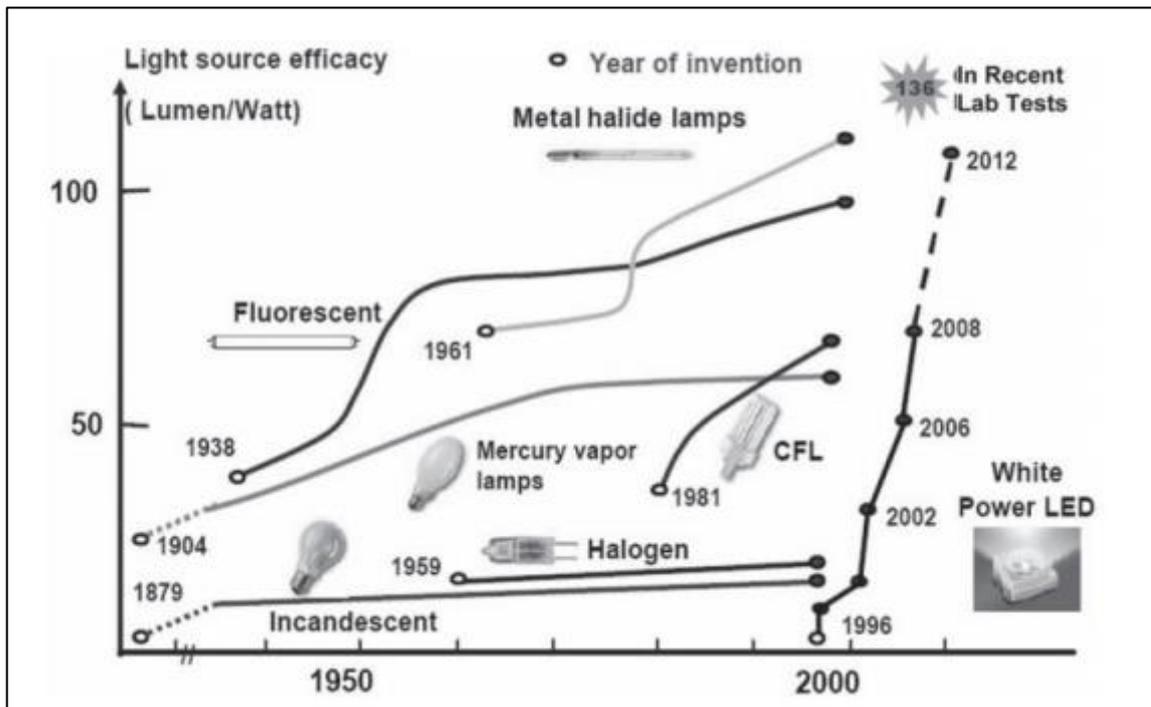
A luz é um elemento importante e indispensável em nossas vidas. Séculos atrás nossos ancestrais faziam o uso do fogo como um instrumento de energia térmica e luminosa (Folha de S.Paulo, 2003). Partir do desenvolvimento da primeira lâmpada incandescente criado por Thomas Edson, esse invento possibilitou ao homem evoluir ao longo do tempo, e de forma contínua.

A lâmpada incandescente passou por vários processos de mudanças ao longo do tempo, em termos de eficiência energética, ou seja, apenas 8% da energia elétrica utilizada são transformadas em luz e os outros 92% são transformados em calor (INEE, 2018), criando a necessidade de novas fontes de luz com maior eficiência energética.

“A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia”, (LAMBERTS, 1997, p. 14). Obter um sistema eficiente no ponto qualitativo e quantitativo, incluindo bons projetos e equipamentos de qualidade de maneira efetiva, também é uma forma de apresentar eficiência energética, não apenas reduzindo o consumo de energia.

Na Figura 1 pode-se avaliar o desenvolvimento das fontes de iluminação.

Figura 1 - Avanços das fontes de iluminação



Fonte: (COLE, 2015)

Conforme a Figura 1, o LED (*Light Emitting Diode*) é considerado a iluminação do século XXI, com baixo consumo de energia, alta durabilidade, qualidade luminosa, design moderno, baixa emissão de calor, baixa tensão de operação e não apresenta risco para o instalador.

A lâmpada incandescente para a sua produção de luz acaba gerando muito calor, havendo um desperdício de energia se comparada com a lâmpada de LED. Por exemplo, uma lâmpada incandescente de 60W, pode ser substituída por uma lâmpada LED de apenas 9W (Inmetro, 2018). As lâmpadas de LEDs também possuem maior tempo de vida útil, diminuindo suas trocas e manutenções, sem a necessidade de utilização de reator que agiliza na manutenção e na instalação (G-light., 2016), a durabilidade da lâmpada de LED é ilustra na Figura 2.

Figura 2 - Durabilidade da lâmpada de LED em relação as outras tecnologias

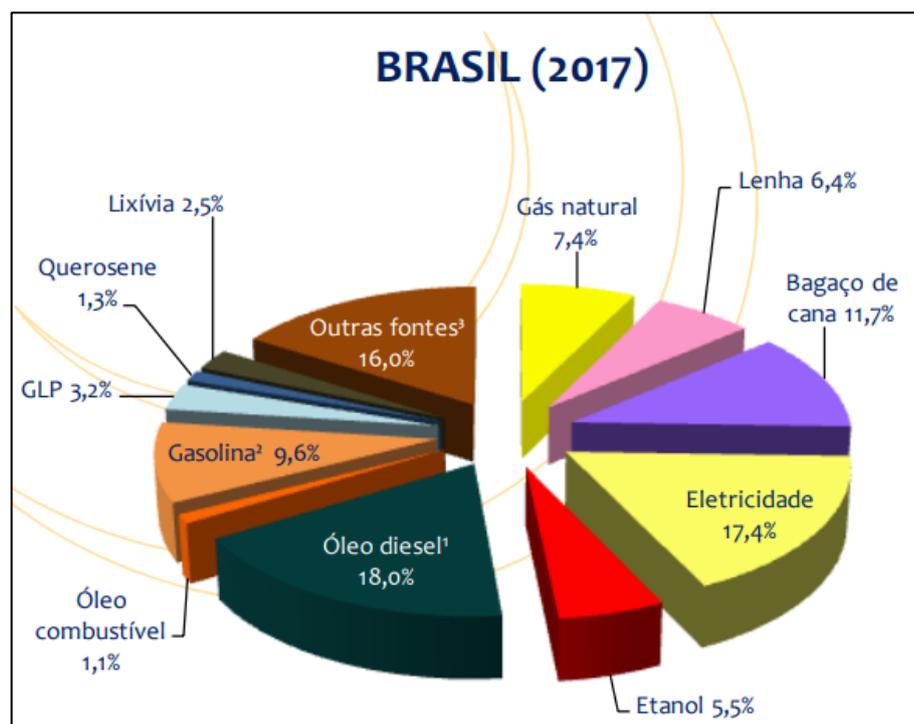
Lâmpadas	Durabilidade
Incandescentes comuns	750 a 1.000 horas
Halógenas	2.000 a 5.000 horas
Descargas fluorescentes	7.500 a 18.000 horas
Fluorescentes de indução magnética	60.000 horas
Descarga de alta pressão	10.000 a 32.000 horas
LEDs	Até mais de 50.000 horas

Fonte:<<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/39222480.pdf>>

Resistente a vibrações e contra impactos devido a utilização da tecnologia de estado sólido, sua estrutura não apresenta filamento e vidro, assim aumentado sua robustez e apresentando controle dinâmico de cor. Pode-se obter variadas cores e saturação sem filtros, e sem a presença de ultravioleta que é muito prejudicial aos seres vivos (G-light., 2016).

A eletricidade tornou-se um dos pilares da atualidade, sendo a principal fonte de calor, luz e força. O crescimento do consumo de energia elétrica, proporcionou uma demanda maior de geração de energia, apresentando crescimento exponencial e, com isso, impactos ambientais e econômicos se manifestam devido a esse crescimento. Mesmo o Brasil, possuindo ótimas oportunidades de construção de hidrelétricas pelo grande número de rios, esses problemas de geração de energia acabam não atendendo o consumo (LECCHI, 2015). Caso haja uma interrupção de energia elétrica de forma instantânea, isso pode provocar danos materiais e até acidentes dentro de um local de trabalho. Por isso, os sistemas de iluminação de emergência tornam-se um elemento de segurança de extrema importância. No Brasil a iluminação é responsável por um total de 17,5 % da energia total consumida segundo o BEM – Balanço Energético Nacional (Energética, E. d., 2016) conforme a Figura 3, sendo indispensável a necessidade de investimentos para garantir um melhor aproveitamento da energia utilizada.

Figura 3 - Consumo de energia total no Brasil



Fonte: (epe., 2018).

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema de iluminação de emergência *Smart*, sendo um dispositivo automático que tem a finalidade de iluminar os ambientes privados e públicos, aquisitando e transmitindo automaticamente as informações referente à temperatura, umidade, presença e nível de bateria, por meio de uma integração à Plataforma de *IoT LoRaWAN* existente no Instituto Mauá de Tecnologia, e sempre que houver a interrupção do fornecimento de energia elétrica da edificação, o sistema é habilitado para contribuir com a iluminação do local.

A Internet das Coisas (*IoT*) consiste em uma rede de dispositivos físicos conectados à Internet. Estes dispositivos podem ser sensores, atuadores, máquinas ou partes, entre outros objetos com interfaces de comunicação, capacidade de armazenamento e processamento, permitindo as trocas de informações (CENTENARO, M. et al., 2015). A conectividade desses dispositivos com a rede, proporciona diversas criações para diversas aplicações e serviços, tornando o ambiente mais inteligente e automatizado, melhorando a vida das pessoas e gerenciando tempo e dinheiro.

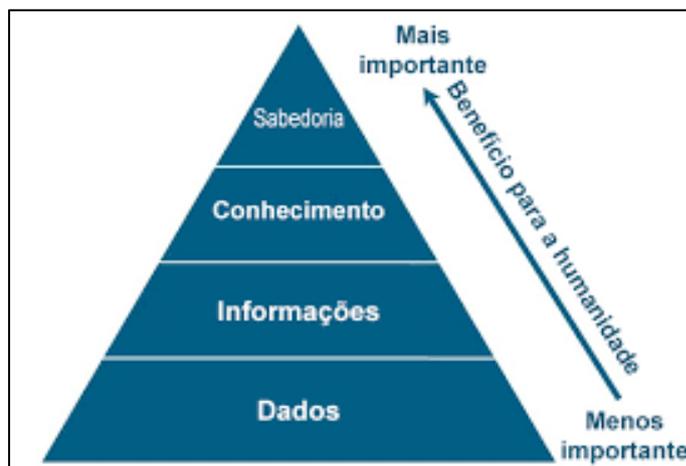
“A sigla *IoT* ou *Internet of Things* em inglês, primeiramente foi apresentado por Kevin Ashton da MIT Auto Centre, na qual fazia uma apresentação sobre *RFID*¹ e a cadeia de suprimentos de uma grande companhia, em 1999” (Ashton, 2009).

No ano de 2016, sendo apontada com uma dentre as dez tecnologias que poderiam mudar o mundo (Review, 2016) e, desde então, tem se tornado cada vez mais real e suas aplicações, devido à evolução dos meios de transmissão e acesso à internet, com uma reestruturação de armazenamento, análise de dados e processamento, com a diminuição de custo e tamanho.

Ideias inteligentes com soluções tecnológicas e inovadoras, podem romper paradigmas e transformar cidades em cidades inteligentes, havendo uma tendência de centralização de pesquisas, ligados aos conceitos de *Smart City* e *Intelligent City*, que são muitas vezes utilizados como sinônimos (WOLFRAM, 2012).

Os dados coletados servirão como auxiliares nas tomadas de decisões e, conseqüentemente, ajudarão a alimentar o banco de dados. Tais dados poderão ser incorporados à um sistema de alerta, por exemplo. As formas de como os seres humanos processam os dados, pode-se observada pela Figura 4.

Figura 4 - Formas de como os seres humanos processam os dados



Fonte: (CISCO, 2011).

¹ É um método de identificação automática através de sinais de rádio.

Os dados sozinhos são inúteis, mas em números volumosos eles podem identificar tendências e padrões. O conhecimento é formado pela união dessas fontes de informações, ou seja, sendo composto por informações das quais alguém tem conhecimento. A partir do conhecimento somada à experiência surge a sabedoria. Embora o conhecimento mude com o tempo, a sabedoria é temporal (CISCO, 2011).

1.1 OBJETIVO

Abaixo seguem o objetivo geral e os objetivos específicos, propostos para o presente trabalho, com intuito de obter os resultados esperados.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral conectar a Luz de emergência *Smart à rede*, permitindo a integração do objeto à internet, proporcionando novas formas de interações entre a sociedade e o dispositivo.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Otimizar o funcionamento e reestruturar a infraestrutura de luzes de emergência existentes;
- b) Criar soluções para atender a demanda de sensoriamento de presença e monitoramento de temperatura, umidade e bateria;
- c) Gerar vetores indicativos na nuvem do uso dos ambientes, por meio de uma integração à Plataforma de *IoT LoRaWan* existente no Instituto Mauá de Tecnologia.

1.2 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O sistema de luz de emergência é indispensável para garantir um nível mínimo de iluminação em determinado local, caso ocorram falhas, interrupções, incêndios entre outros problemas. É um item obrigatório de segurança (ABNT NBR 10898, 2013), ou seja, a evacuação de pessoas é considerada um tema de grande importância para diversas áreas da sociedade, tendo uma necessidade de assegurar às pessoas envolvidas em um acidente, que evadam o local de forma rápida e segura.

Todas as luzes de emergência precisam de manutenções adequadas. Caso passe mais de quatro meses sem vistoria, a luz de emergência pode apresentar falha, assim não tendo seu funcionamento com o esperado. “Os defeitos constatados no sistema devem ser anotados no caderno de controle de segurança da edificação e reparados o mais rapidamente possível, dentro de um período de 24 h de sua anotação” (ABNT NBR 10898, 2013).

“As luzes de emergência podem deixar os condôminos na mão na hora em que mais precisam, durante um apagão ou mediante um desligamento da energia. Segundo especialistas, é preciso certificar-se periodicamente o seu funcionamento e lembrar-se que também os elevadores devem contar com esse tipo de recurso” (Condomínios, 2015).

A prefeitura só emite um habite-se de uma edificação, documento que atesta a conclusão da obra no âmbito do Distrito Federal, quando ocorre uma fiscalização prévia da existência de luminárias de emergência, entre outros equipamentos de segurança no edifício. De acordo com a arquiteta Sônia Maria Luz de Alencar, chefe do Departamento de Obras Particulares da Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos (Seosp) previsto pela lei nº 1.172, de 24 de julho de 1996. Segundo a arquiteta, “depois que o habite-se é emitido, a responsabilidade da fiscalização e da manutenção dos equipamentos fica por conta dos síndicos dos edifícios, que até terceirizam esses serviços”.

Com intuito de melhorar a prevenção de acidentes decorrentes, este trabalho relata o desenvolvimento de uma Luz de emergência *Smart*. Os sensores de presença, luminosidade, umidade e temperatura fazem parte da estrutura de instrumentos de medição da Luz de emergência *Smart*, os sensores transmitem os dados para um servidor, utilizando a tecnologia *LoRaWAN*. Em termos gerais, buscando eliminar a necessidade de intervenção humana, facilitando ao mesmo tempo a vida de quem a utiliza.

A comunicação entre dispositivos inteligente e as pessoas, é uma nova tendência do mercado tecnológico, também conhecida com *IoT (Internet of Things)*, representando a fusão entre os mundos físicos e digital (BUCKLEY, 2012), sendo considerada uma revolução tecnológica que integra dispositivos, aparelhos, máquinas, seres vivos e os meios de transportes à Internet.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho em questão será estruturado da seguinte maneira:

- No Capítulo 1 é introduzindo o trabalho, apresentando a sua importância, motivação, justificativa e seus objetivos referente ao tema em estudo.
- O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre a luz de emergência, internet das coisas (*IoT*) e rede *LoRa*. Foram analisados diversos artigos e dissertações nesta área, mencionados neste capítulo.
- O capítulo 3 descreve os detalhes dos materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.
- No Capítulo 4 são apresentados os resultados dos experimentos de simulação através de análise.
- No Capítulo 5 segue a conclusão, apresentando as considerações finais sobre o estudo e os trabalhos futuros.
- Na sequência contam as referências bibliográficas e os anexos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Através dos objetivos destacados nesse trabalho, o Capítulo 2 ressaltam os temas relevantes para sua realização. A seção 2.1 complementa o conceito de iluminação de emergência. A seção 2.2 trata do desenvolvimento do sistema para *IoT*, e em seguida é mostrado na seção 2.3 uma visão geral sobre *LPWAN*. Na seção 2.4 tem-se o foco na tecnologia *LoRa*, escolhida para realização do presente trabalho.

2.1 ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A iluminação de emergência é a “iluminação que deve clarear as áreas com pessoas presentes, passagens horizontais e verticais para saídas de emergência, áreas técnicas de controle de restabelecimento de serviços essenciais na edificação, na falta ou falha no fornecimento de energia elétrica.” (ABNT NBR 10898, 2013)

2.1.1 REQUISITOS DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

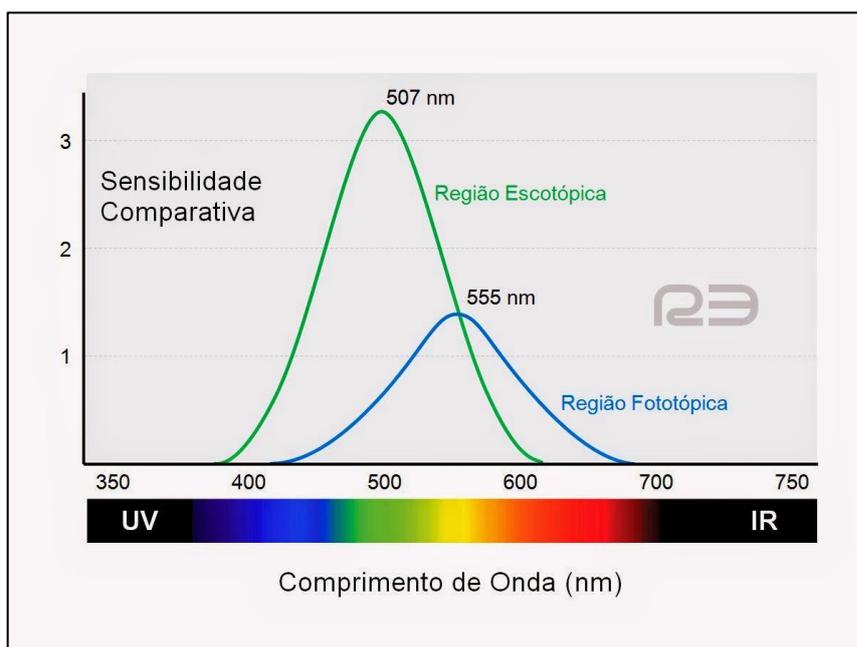
A intensidade luminosa deve ser adequada para garantir a evacuação das pessoas em perigo e evitar acidentes, a variação da intensidade luminosa não pode exceder o valor de 20:1, respeitando as limitações da visão humana, tanto em condições diurna e noturna, com referência ao tempo de adaptação dos olhos (ABNT NBR 10898, 2013).

Existem variedades de radiação eletromagnética, na quais diferem seus efeitos, e quanto ao seu comprimento de onda, a sensibilidade do olho humano varia em função do comprimento de onda, que também determina a sensação de cor, portanto a luz visível está compreendida entre 400nm e 700nm (Nery, 2012). Na Figura 5, ilustra o comportamento de sensibilidade dos olhos na região escotópica² e na região fototópica³.

² Visão produzida pelo olho em condições de baixa luminosidade.

³ Designação dada à sensibilidade do olho em condições de intensidade luminosa, permitindo a distinção das cores.

Figura 5 - Sensibilidade do olho humano



Fonte: (R3 técnica, 2014).

O sistema de iluminação de emergência deve:

- Permitir o controle visual das áreas abandonadas para que seja possível localizar pessoas impedidas de locomoverem-se;
- Proteger a segurança patrimonial e facilitar a localização de pessoas indesejadas pelo pessoal de intervenção;
- Sinalizar, de forma inequívoca, as rotas de fuga utilizáveis, no momento do abandono de cada local;
- Sinalizar o topo do prédio para a aviação civil e militar (ABNT NBR 10898, 2013).

“Em casos especiais, a iluminação de emergência deve garantir, sem interrupção, os serviços de primeiros-socorros, de controle aéreo, marítimo, ferroviário e serviços essenciais instalados no edifício com falta de iluminação. No caso do abandono total do edifício, o tempo da iluminação deve incluir o tempo previsto para a evacuação e o tempo necessário para que o pessoal da intervenção localize pessoas perdidas ou sem possibilidade de abandonar o local por meios próprios. Esses valores devem estar contidos na documentação de segurança do edifício, aprovada pelo usuário e pelo poder público” (ABNT NBR 10898, 2013).

2.1.2 TIPOS DE SISTEMAS

Existem 4 tipos de sistemas (ABNT NBR 10898, 2013):

- a) Bloco autônomos;
- b) Centralizados com baterias recarregáveis;
- c) Centralizados com grupo motogerador com arranque automático;
- d) Equipamento de iluminação portáteis.

2.1.3 TIPOS DE ILUMINAÇÃO

A iluminação de emergência pode ser classificada em:

- Evacuação do público;
- Iluminação de aclaramento para continuidade do trabalho.

2.1.3.1 Evacuação do público

2.1.3.1.1 Iluminação de ambiente ou aclaramento

Este tipo de iluminação tem a função de iluminar o caminho para que as pessoas encontrem a saída mais próxima, utilizando em locais de circulação vertical ou horizontal e com saídas para o exterior do ambiente. Todas as mudanças de direção, obstáculos, saídas e escadas, devem ser sinalizadas, com intensidade suficiente para garantir a saída segura de todas as pessoas do local (ABNT NBR 10898, 2013). Na Figura 6 ilustra uma luz de emergência de aclaramento.

Figura 6 - Luz de emergência de aclaramento



Fonte: <http://www.vilux.com.br/upload/g_l_emergencia_75leds_p1.jpg>

Os valores das letras a e b são referentes de uma decoração clara e de piso com boa reflexão de luz, entretanto em caso de decoração desfavorável e piso escuro, aumentar os valores de acordo com os ensaios realizados (ABNT NBR 10898, 2013).

- a) 3 lux em locais planos: corredores, halls e locais de refúgio;
- b) 5 lux em locais com desnível: escadas ou passagens com obstáculos.

2.1.3.1.2 Iluminação de sinalização ou balizamento

Tem função de garantir rotas de fuga, especialmente em momentos de emergência. O foco desse sistema não é clarear todos os locais no qual está instalado mais sinalizar com símbolos e/ou letras, ajudando as pessoas a deixarem o local em segurança, essa iluminação deve ser distribuída de forma estratégica pelo local (ABNT NBR 10898, 2013), ilustrada na Figura 7.

Os textos devem ser escritos em português com letra tipo Universal 65, conforme a (ABNT NBR 14100, 1998). “No caso símbolos e textos apostos à luminária, o fundo deve ser na cor branca com cristais, refletindo a luz da fonte ou transparente e os símbolos gráficos ou textos

devem ser na cor de verde ou vermelha, com letras reflexivas. Como opção, pode ser utilizado o fundo vermelho ou verde e as letras brancas” (ABNT NBR 10898, 2013).

Figura 7 - Luz de emergência de balizamento



Fonte:< https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTR7rP_ElftjzHjvP457ooyXZgFbWOrMKmDmAfwxmq73NO_OLNg>

2.1.3.2 Iluminação de aclaramento para continuidade do trabalho

Nos locais de trabalho, no qual não possa haver interrupção da iluminação por exemplo, salas de primeiros-socorros, salas de cirurgia, controle de tráfego aéreo e ferroviários, e etc. A iluminação do sistema não pode ser inferior a 70% do nível da iluminação normal, também recomenda-se que sejam utilizados sistema de *no-break*⁴ (ABNT NBR 10898, 2013).

⁴ São sistemas responsáveis em manter o fornecimento de energia condicionada para cargas críticas, sem haver interrupções, mesmo durante uma falta no fornecimento de energia das concessionárias.

2.1.4 SIMBOLOGIA

Para a representação do sistema de iluminação em projetos, recomenda-se a utilização dos símbolos da (ABNT NBR 14100, 1998).

2.1.5 INSTALAÇÃO

A instalação⁵ do sistema de iluminação de emergência deve respeitar o projeto e sendo de responsabilidade do instalador a execução do mesmo. Concluída a instalação do sistema, o profissional responsável pelo projeto e o proprietário do estabelecimento devem verificar os resultados. A fixação deve ser rígida, de forma a impedir queda acidental, remoção desautorizada, colocada fora de serviço ou que não possa ser facilmente danificada (ABNT NBR 10898, 2013).

2.1.6 MANUTENÇÃO

O funcionamento e a instalação do sistema devem atender às especificações do fabricante, caso necessite realizar qualquer alteração, um profissional habilitado deve ser chamado e com materiais que atendam às especificações de todo o sistema. O sistema de iluminação de emergência deve estar acompanhado de memorial descritivo (ABNT NBR 10898, 2013).

O aparelho instalado em lugar visível, deve existir um resumo dos itens de manutenção, assim podendo ser executados pelo usuário, exemplo: verificação de baterias, fusíveis, disjuntores, garantia das baterias entre outros, já os defeitos constatados no sistema devem ser anotados e resolvidos com um prazo de 48 horas de sua anotação.

⁵ Detalhes na NBR10898:2013 link:< <http://www.abnt.org.br/pesquisas/?searchword=nbr+10898&x=7&y=14>>

2.2 INTERNET DAS COISAS

O conceito de *IoT* se refere à existência de sensores e atuadores com uma capacidade de processamento, de armazenamento e de comunicação com o resto da rede, permitindo uma integração do objeto com a internet, introduzindo novas formas de interação humano computacional e também *machine-to-machine (M2M)* (ANTON-HARO & DOHLER, 2015). Criando condições de se fomentar serviços e aplicações para solução de vários problemas existem na atualidade, através da coleta e do processamento de informações, com isso a vida em sociedade pode torna-se mais segura, mais produtiva e mais confortável (KAFLE, FUKUSHIMA, & HARAI, 2016).

A internet das coisas é um tópico bastante desafiador para ser posto em prática (PIELLI et al., 2015), mesmo não existindo nenhum tipo de restrição, fica evidente que a utilização das comunicações sem fio é a única solução viável para as múltiplas aplicações e serviços de *IoT* (CENTENARO, M. et al., 2015), nesse cenário existem aplicações que podem necessitar de taxas de transmissão de poucos bits por segundo (bps) até megabit por segundo (Mbps), em diversas distâncias (BARDYN et al., 2016), portanto uma única tecnologia não será capaz de prover soluções para toda a demanda e requisitos existentes de aplicações *IoT* (LoRa, LORA ALLIANCE TECHNICAL MARKETING WORKGROUP, 2015).

Alguns requisitos são necessários em uma visão global de *IoT* (NOKIA, 2015).

- *Long battery life*: Visando um baixo consumo de bateria;
- *Low device cost*: Visando possibilitar baixo custo de hardware;
- *Low deployment cost*: Visando grande alcance de comunicação das aplicações;
- *Full coverage*: Visando cobertura total dos dispositivos.
- *Support for a massive number of devices*: Visando suporte a grande número de dispositivos.

Ao longo desse tempo diversas tecnologias de comunicação surgiram, incorporadas à *IoT* para atender suas demandas. Diversos padrões e tecnologias são utilizados como soluções *IoT* (PALATTELLA, M. R. et al. , 2016) (CENTENARO, M. et al., 2015), como os apresentados abaixo:

- Rede *LPWAN* alguns exemplos: *LoRa* e o *Sigfox*.
- Padrão IEEE 802.11, principalmente o *Wi-Fi*;
- Padrão IEEE 802.15.4, alguns exemplos: *ZigBee*, *6LoWPAN* e *Z-Wave*;
- Padrão IEEE 802.15.1, alguns exemplos: *Bluetooth Low Energy (BLE)* e *CSRMesh*;
- *Near Field communication (NFC)*, sistemas de alcance extremamente curto;
- *Radio Frequency Identification (RFID)*, sistemas passivos e ativos de curto alcance;
- Redes telefonia móvel, alguns exemplos: *2G/GSM*, *3G*, *4G* e *3GPP LTE*.

As tecnologias de comunicação de curto alcance como *ZigBee* e *BLE* foram consideradas por muito anos, implementações viáveis de conectividade para *IoT* (MIORANDI, D. et al. , 2012) (GUBBI, J. et al., 2013). Um fator de fundamental importância para os dispositivos embarcados é o baixo consumo de bateria, condições que tais tecnologias apresentam, porém com um alcance muito limitado. Para aplicações de uma *Smart City* por exemplo, que têm um requisito a cobertura de uma cidade inteira (ZANELLA, A. et al. , 2014). Portanto fica evidente que essas tecnologias não consigam atender as necessidades de uma grande área de cobertura (BIRAL, A. et al. , 2015).

As tecnologias das redes celulares como *2G/GSM*, *3G*, *4G*, entre outras, operando em faixas de frequências licenciadas (CENTENARO, M. et al., 2015), necessitam de altas taxas de transmissão e de uma grande área de cobertura, entretanto apresentam um alto custo de implantação (*LoRa*, LORA ALLIANCE TECHNICAL MARKETING WORKGROUP, 2015). Existem ainda alguns padrões de redes de celulares, que foram projetados para conectar um determinado número de dispositivos, como a *Long Term Evolution (LTE)* e *Universal Mobile Telecommunications Service (UMTS)*, delimitado para *IoT* (CENTENARO, M. et al., 2015).

A Figura 8 ilustra as principais tecnologias da *LPWA*, mostrando o alcance de comunicação, a largura de banda, a taxa de comunicação, a vida útil da bateria e a disponibilidade.

Figura 8 - Características das principais tecnologias LPWA.

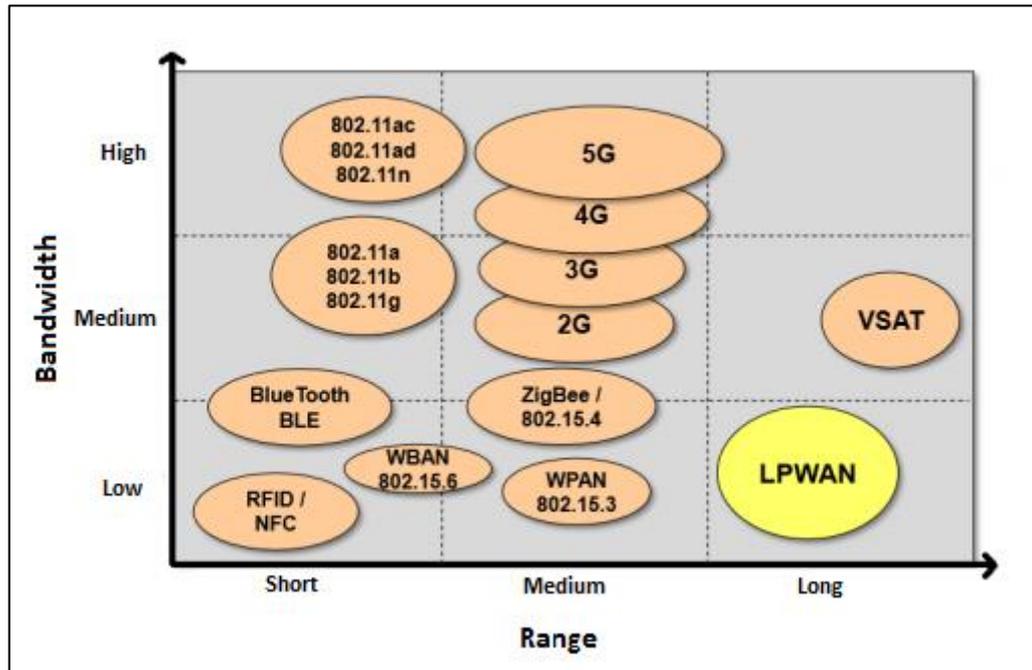
	 SIGFOX	 LoRa	clean slate cloT	NB LTE-M Rel. 13 	LTE-M Rel. 12/13 	EC-GSM Rel. 13 	5G (targets) 
Range (outdoor) MCL	<13km 160 dB	<11km 157 dB	<15km 164 dB	<15km 164 dB	<11km 156 dB	<15km 164 dB	<15km 164 dB
Spectrum Bandwidth	Unlicensed 900MHz 100Hz	Unlicensed 900MHz <500kHz	Licensed 7-900MHz 200kHz or dedicated	Licensed 7-900MHz 200kHz or shared	Licensed 7-900MHz 1.4 MHz or shared	Licensed 8-900MHz 2.4 MHz or shared	Licensed 7-900MHz shared
Data rate	<100bps	<10 kbps	<50kbps	<150kbps	<1 Mbps	10kbps	<1 Mbps
Battery life	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years
Availability	Today	Today	2016	2016	2016	2016	beyond 2020

Fonte: (NOKIA, 2015)

2.3 LOW POWER WIDE AREA NETWORK

A rede LPWAN ou *Low Power Wide Area Network* em inglês, surgiu para atender as demandas geradas pela *IoT*, especificamente focadas para aplicações de baixo custo de implementação, comunicação de longo alcance, longa vida útil de baterias, pequenas taxas de transmissão, geralmente em redes *M2M*, operando em bandas de frequências não licenciadas, sendo seguras e robustas (PALATTELLA, M. R. et al. , 2016).

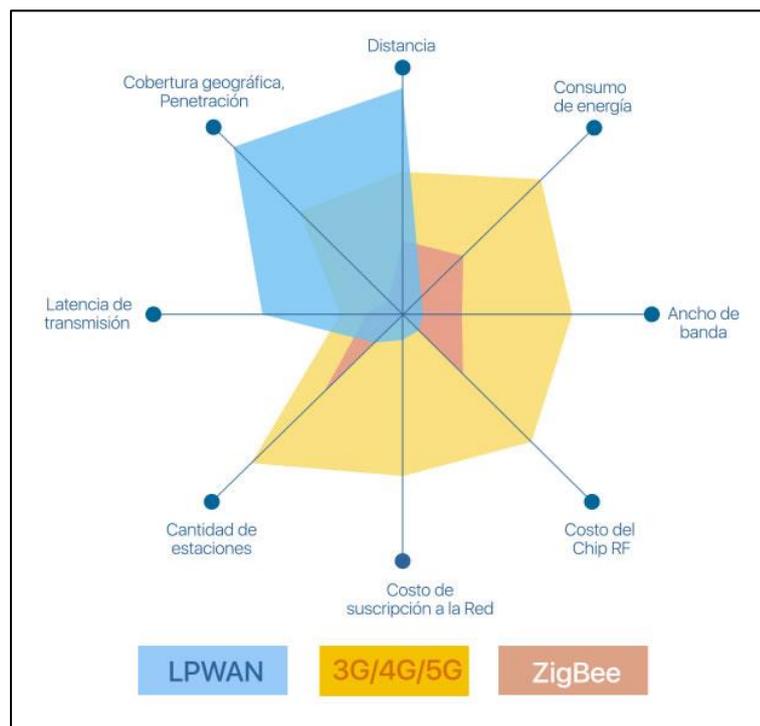
Diferentes tecnologias sem fio cobrem diversos dispositivos com relação a faixa e largura de banda. Aplicações de longo alcance e com estreita largura de banda são típicos em aplicações em *IoT* e *M2M*. Algumas tecnologias existentes que não suportaria variações desse cenário, portanto a tecnologia LPWAN são voltadas para essas aplicações e mercados emergentes. A Figura 9, retrata um comparativo do alcance de comunicação e da largura de banda de uma LPWAN e outras tecnologias, existem no mercado.

Figura 9 - Comparativo entre a *LPWAN* e outras tecnologias

(EGLI, 2015)

A *LPWAN* possui uma excelente cobertura geográfica, tanto em áreas remotas e rurais, com um alcance de 5 a 40 km em lugares abertos e as aplicações em *IoT* são normalmente insensíveis à latência. Apresenta um baixo consumo de energia, se comparada com as outras tecnologias e sua estação base pode servir milhares de dispositivo (EGLI, 2015). Na Figura 10 ilustra um comparativo mais detalhado entre a *LPWAN* com as tecnologias *3G/4G/5G* e *ZigBee*.

Figura 10 - Comparado a LPWAN com 3G/4G/5G e ZigBee



Fonte: (EGLI, 2015).

Todas as tecnologias seguem algumas características fundamentais descritas a seguir, apesar das suas peculiaridades.

Baixo custo de implementação: A complexidade do *hardware* e *software* deve ser baixa, com uso de protocolos e arquiteturas simples. A rede deve ter esforço de implantação reduzido e com manutenção mínima (BARDYN et al., 2016). As próprias tecnologias devem possibilitar a localização dos dispositivos nativamente, mesmo quando o sistema de *GPS* seja amplamente mais aceito e utilizado na atualidade (PAHLAVAN, K.; LI, X.; MÄKELÄ, J.-P., 2002), caso necessite de uma infraestrutura e *hardware* adicionais, isso implica em um aumento no custo de implementação e consumo de energia (HATAMI, A.; PAHLAVAN, K., 2005).

Comunicação de longo alcance: O alcance da comunicação pode chegar até dezenas de quilômetros, sua potência de transmissão não pode ser aumentada, pois à restrição no consumo de bateria, além da baixa taxa de modulação, também é viabilizada pela forma como a camada física das tecnologias é projetada, aumentando a sensibilidade de recepção

(CENTENARO, M. et al., 2015), as *LPWAN* operam com sensibilidade na faixa de 140-160 *decibels* (dB) (LINK LABS INC., 2016).

Longa vida útil de bateria: Os dispositivos permanecem inativos por longos períodos, devido a forma que os dados são transmitidos periodicamente, reduzindo o consumo. Manter uma longa vida útil de bateria de um dispositivo embarcado é de extrema importância, sendo ecologicamente correto e economicamente viável, evitando trocas de baterias de bilhões de dispositivos constantemente (BARDYN et al., 2016).

Baixas taxas de transmissão: As taxas de transmissão na *LPWAN* são baixas, curtas mensagens enviadas pelos dispositivos finais na faixa de 20-256 *bytes*, permitindo a redução na taxa de modulação, melhorando a sensibilidade do receptor (LINK LABS INC., 2016).

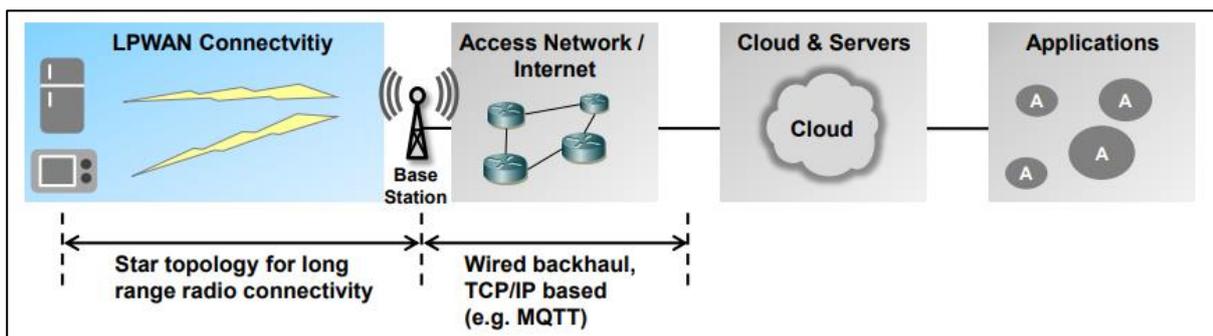
Segurança da rede e robustez: Operador da rede não pode ser capaz de ter acesso aos dados, ou seja, os dados transmitidos pelo dispositivo até o usuários devem ser seguros e robustos a interferências (BARDYN et al., 2016).

Capacidade da rede: Na rede *LPWAN* é comum utilizar topologia em estrela, pela sua simplicidade de implantação e eficiência energética (CENTENARO, M. et al., 2015), para que a topologia estrela seja viável é necessário que o *gateway*, por onde passa todo tráfego de dado, seja capaz de suportar a conexão, por causa do número elevado de dispositivos, já os *gateways* redundantes são utilizados para não existir um ponto único de falha, podendo ser usado para localizar um dispositivo.

A Figura 11, ilustra a conectividade direta do dispositivo com a estação base. A parte sem fio da rede *LPWAN* usa uma topologia em estrela, para eliminar a necessidade de protocolos de roteamento.

Muitos dispositivos são conectados a estação base, sendo que o tráfego é retornado para os servidores, ou seja, para a nuvem. Por meio de redes baseadas em *TCP/IP*, a estação base fica responsável pela tradução de protocolos de *IoT*, como *MQTT* ou *CoAP* para protocolos de aplicativo de dispositivo.

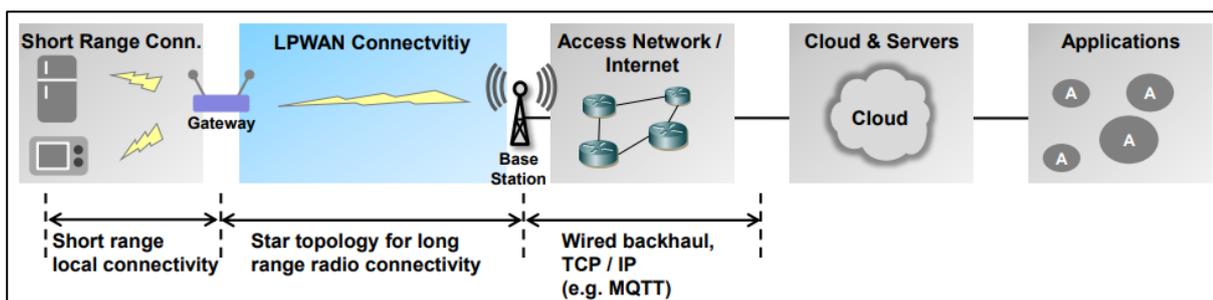
Figura 11 - Conectividade direta do dispositivo com a estação base



Fonte: (EGLI, 2015).

A Figura 12, mostra uma conectividade indireta do dispositivo através do *gateway*. Nessa estrutura os *gateways* podem ajudar a melhorar a segurança, pois algoritmos podem ser introduzindo no dispositivo.

Figura 12 - Conectividade indireta do dispositivo através do *gateway*



Fonte: (EGLI, 2015).

2.3.1 TECNOLOGIAS EXISTENTES NO MERCADO

A LPWAN pode ser dividida em duas categorias, ou seja, as que operam em faixas de frequência não licenciadas, tais como *Ingenu*, *SigFox*, *LoRaWAN* e as futuras tecnologias *Extended Coverage – GSM (EC-GSM)* promovidas pelo *3rd Generation Partnership Project (3GPP)*, *NarrowBand IoT (NB-IoT)*, que operam em faixas de frequência licenciadas (NOKIA, 2015) (BARDYN et al., 2016).

2.3.1.1 NarrowBand IoT - NB-IoT

O *NarrowBand-Internet of Things (NB-IoT)* é um padrão de tecnologia de rádio LPWA de “nível industrial” desenvolvido pela 3GPP. Suporta comunicações bidirecionais e permite a conexão de variados dispositivos e serviços de celulares. Se concentra especificamente para atender os requisitos de cobertura estendida, em ambientes internos, rurais e profundos. Possui baixo consumo de bateria com uma duração de até 10 anos, baixo custo do dispositivo e compatibilidade com a infraestrutura de rede celular existente (GSMA, 1995).

2.3.1.2 Extended Coverage – GSM – EC-GSM

É uma tecnologia LPWAN baseada em *eGPRS* e projetada com um sistema de celular de baixa energia de alta capacidade. Suportando os principais fabricantes de equipamento móveis, por exemplo, *chipsets*, módulos e redes *2G/3G/4G*. Cobertura de longo alcance para aplicativos IoT. Apresenta todos os recursos de rede móvel, como suporte de confiabilidade, integridade de dados, identificação de equipamento móvel, segurança e privacidade (GSMA, 1995).

2.3.1.3 Rede Ingenu

A *Ingenu* da *On-Ramp Wireless* é outra tecnologia emergente da LPWAN. O *Random Phase Multiple Access (RPMA)* é uma tecnologia patenteada de cenário mais marcante, sendo uma tecnologia sem fio construída para conectar as dezenas de bilhões de dispositivos na internet das coisas, criada exclusivamente para máquinas e com objetivo de criar soluções para a sociedade. Usando uma banda livre de 2,4 GHz disponível globalmente (INGENU INC., 2008).

2.3.1.4 Rede SigFox

A *SigFox* é uma tecnologia LPWAN proposta para o mercado de IoT no ano de 2009, havendo compatibilidade com *Bluetooth*, *GPS* *2G/3G/4G* e *Wifi*, com abordagem simples à conectividade, alta sensibilidade de recepção com um preço extremamente competitivo (SIGFOX., 2017), seu protocolos de camada de rede são fechados, não existindo documentação acessível (CENTENARO, M. et al., 2015).

A *SigFox* oferece um gama de serviço para tornar ainda mais simples o uso da tecnologia. A tecnologia consegue transformar qualquer dispositivo sem fio de curto alcance de comunicação em um dispositivo de longo alcance. Possui serviço de reconhecimento de rádio, de localização fornecendo as coordenadas de longitude e latitude. E de baixo custo de implementação e de consumo de energia (SIGFOX., 2017).

2.3.1.5 Rede LoRa

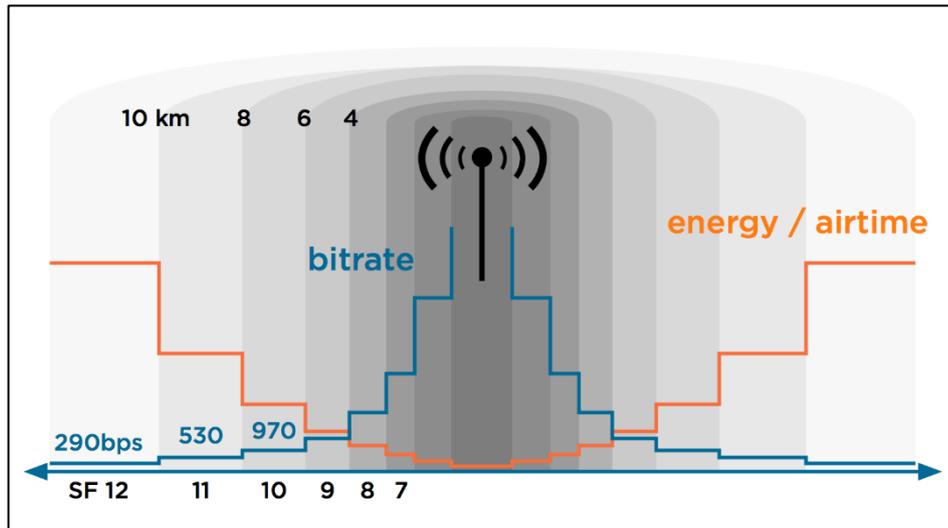
A seção 2.4 apresentará mais detalhadamente a tecnologia *LoRa*, que também opera em faixas de frequência não licenciadas.

2.4 LONG-RANGE - LORA

A *startup* francesa *Cycleo* à inventou no ano 2010, dois anos depois foi vendida para uma empresa de semicondutores *Semtech*. Definida com uma tecnologia de radiofrequência que permite comunicação a longa distância com um baixo consumo de energia e sua camada física utiliza técnicas de modulação *Chirp Spread Spectrum (CSS)* com códigos corretores de erros (SEMTECH., 2015). Robusta à interferência e a ruído, devido ao uso do CSS, que é uma técnica que melhora o cálculo de enlace sem alterar a largura de banda do sinal de frequência (CENTENARO, M. et al., 2015).

O *LoRaWAN* permite controlar o tempo de antena, a distância de transmissão, a taxa de dados e a energia pelo fator de espalhamento (SF), conforme ilustra na Figura 13. Dispositivos com um fator de espalhamento baixo se comunicam mais rapidamente e usam menos tempo de antena, mas têm um alcance de comunicação menor. Apesar de diminuir as velocidades de transmissão, um fator de espalhamento maior garantirá que sua mensagem seja recebida claramente em uma distância maior. As especificações *LoRaWAN* também incorporam *ADR (Adaptive Data Rate)*, ou seja, taxa de dados adaptável, que aconselha o dispositivo a usar um fator de espalhamento mais baixo se o sinal for forte o suficiente, com isso economizando tempo de transmissão e permitindo enviar mais dados em menos tempo para economizar energia. Com menos tempo de transmissão por nó, a rede pode acomodar um número maior de nós ativos.

Figura 13 - Alcance por taxa de transmissão



Fonte: (DEKKERS., 2016).

2.4.1 MODULAÇÃO

O sistema *LoRaWAN* especifica uma sensibilidade do receptor de até -150 dBm, com possibilidade de comunicação que pode variar de 5 quilômetros em áreas urbanas a até 15 quilômetros em áreas rurais (CENTENARO, M. et al., 2015).

O *LoRa* utiliza toda a largura de banda do canal de transmissão, tornando resistente ao desvanecimento⁶ (*fading*) e à interferência (*jamming*). É robusta a ruído e ao desvio de frequência devido à causa de efeito Doppler⁷ ou pelo uso de cristais de baixo custo (SEMTECH., 2015).

$$R_s = \frac{1}{T_s} = \frac{BW}{2^{SF}} \quad (2.1)$$

⁶ Ao se propagar as ondas de rádio estão sujeitas a reflexões no solo e na atmosfera que provocam alterações na sua amplitude e caminho percorrido ocasionando variações na potência do sinal recebido.

⁷ Doppler é um desvio de frequência em função da posição relativa entre o emissor e receptor.

$$R_c = 2^{SF} \times R_s \quad (2.2)$$

O fator de espalhamento (SF) é definido como se cada bit de informação está codificado em múltiplos chips⁸ do sinal modulado. O período de símbolo (T_s) em segundos, a largura de banda de modulação (BW) em *Hertz*, a taxa de símbolo (R_s), símbolo por segundo, representada na Equação 2.1. A taxa de chip (R_c), chips por segundo, representada na Equação 2.2 (SEMTECH., 2015).

A modulação *LoRa* inclui um esquema de recuperação de bits corrompidos na recepção, implementada pela forma *Forward Error Correction* (FEC), através de redundância nos bits de informação enviados, melhorando a robustez do sinal transmitido.

$$R_b = SF \times \frac{\frac{4}{4+CR}}{\frac{2^{SF}}{BW}} \quad (2.3)$$

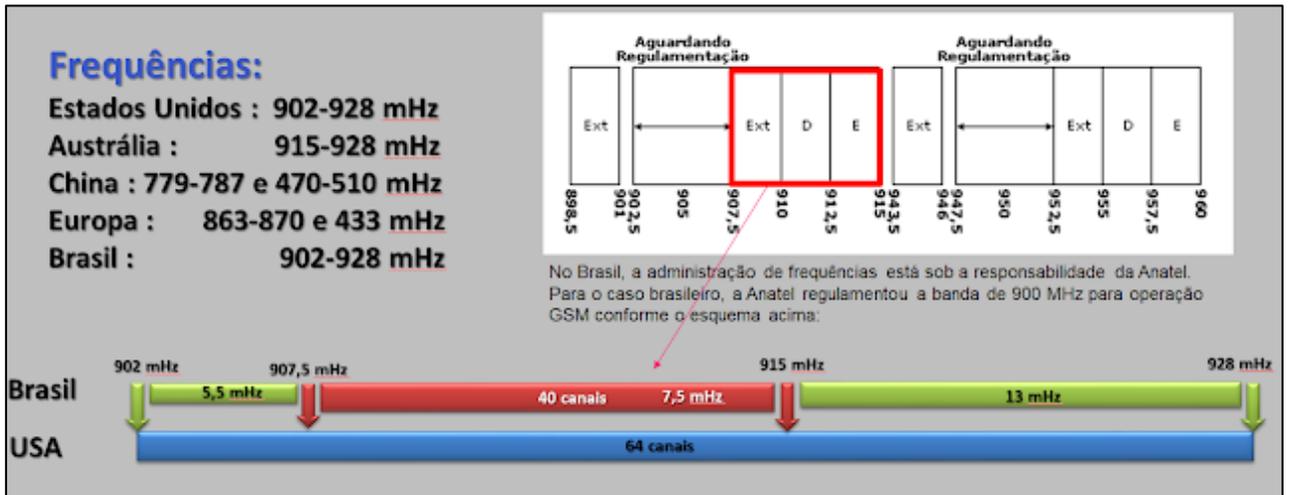
A taxa de bits nominal (R_b), bits por segundo é representada pela Equação 2.3. O fator de espalhamento, pode assumir valores entre 7 e 12 e o taxa de código (CR), variando entre 1 e 4 (SEMTECH., 2015).

Na Figura 14, ilustra a relação de frequência do rede *LoRa* em outros países. No Estados Unidos a frequência de operação do *LoRa* está contida na faixa de frequência de 902 a 928 MHz, uma faixa relativamente larga, possibilitando penduar 64 canais. Na Austrália sua faixa de operação é um pouco estreita, enquanto na China e na Europa operam em duas faixas cada.

No caso do Brasil deveria ser igual ao dos Estado Unidos na faixa 902 até 928 MHz, porém Antel regulamentou a banda de 900 MHz para operação *GSM*. O intervalo entre 907,5 a 915 MHz totaliza 40 canais, estando indisponível para utilização, pois pertence a uma empresa de telefonia. Sobrando apenas 24 canais para utilização, portanto pode haver alteração conforme a resolução nº 680, de 27 de junho de 2017.

⁸ Os chips são, portanto, apenas a sequência de bits do gerador de código. São chamados de chips para evitar confundi-los com bits de mensagem.

Figura 14 - Faixa de frequência da rede LoRa



Fonte: < <https://www.fernandok.com/2018/02/esp32-lora-mudando-as-frequencias.html> >

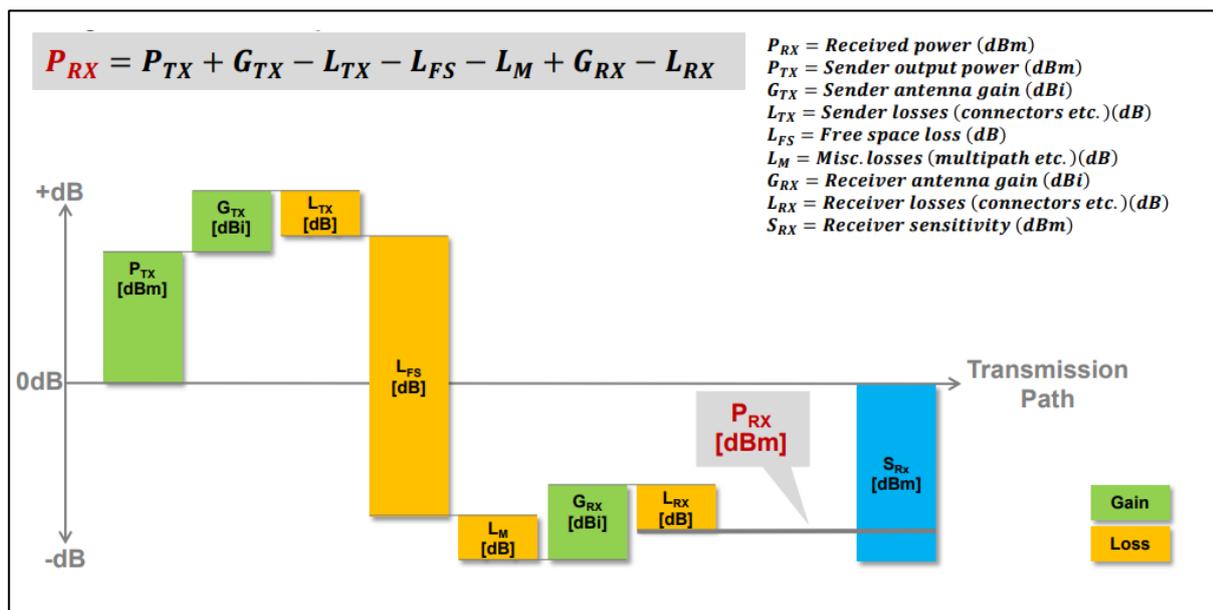
O cálculo de potência recebida no *LoRa*, ou qualquer outra *LPWAN*, mostrada na Equação 2.4.

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} - L_{TX} - L_{FS} - L_M + G_{RX} - L_{RX} \quad (2.4)$$

- P_{RX} = Potência recebida (dBm)
- P_{TX} = Potência de saída do emissor (dBm)
- G_{TX} = Ganho da antena do remetente (dBi)
- L_{TX} = Conectores de perdas por remetente (dB)
- L_{FS} = Perda de propagação da onda (dB)
- L_M = Perda por outros fatores diversos (dB)
- G_{RX} = Ganho da antena no receptor (dBi)
- L_{RX} = Conectores de perdas do receptor (dB)
- S_{RX} = Sensibilidade do receptor (dBm)

Variações das perdas, influenciará na potência recebida P_{RX} e para haver comunicação, $P_{RX} \geq S_{RX}$, conforme a Figura 15. Contribuindo para que potência recebida fique dentro da sensibilidade do receptor (EGLI, 2015).

Figura 15 - Cálculo da potência recebida no receptor



Fonte: (EGLI, 2015).

Um atrativo para o desenvolvimento de aplicações e serviços da *IoT* utilizando a tecnologia *LoRa* é a sua capacidade de utilizar muitas arquiteturas de protocolos de camadas superiores diferentes. Dentre os diversos protocolos, o que mais se destaca é o *LoRaWAN* (DUCROT, N. et al., 2016) que será explicado na Seção 2.4.2.

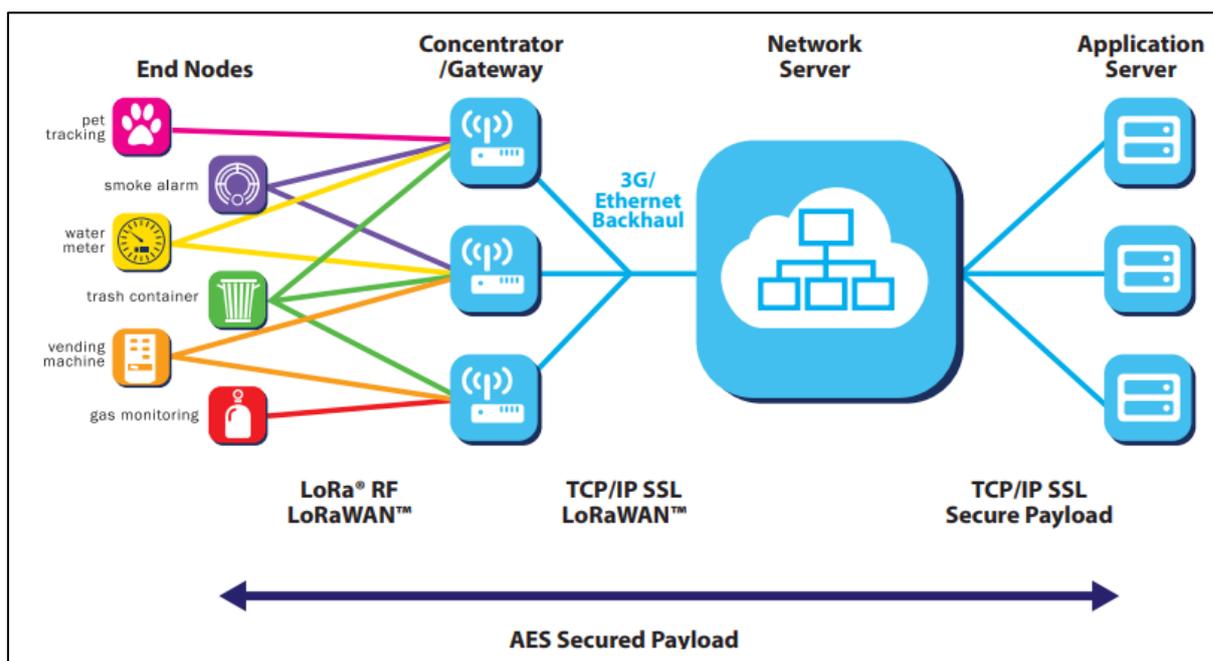
2.4.2 LONG RANGE FOR WIDE AREA NETWORKS

Patrocinada pela *LoRa Alliance* com objetivo de implementa os detalhes de funcionamento da rede *LoRa*, a *LoRaWAN* é um protocolo *Medium Access Control (MAC)* com especificação aberta padronizado para *LPWAN* (DUCROT, N. et al., 2016).

2.4.2.1 Topologia da rede

A topologia em estrela é ideal no protocolo *LoRaWAN*, proporcionando um longo alcance e preservando a vida útil da bateria, associados a mais de um *gateways*, conectados a um servidor de rede, realizando a interface de rede *LoRaWAN*, conforme a Figura 16 (LoRa, LORA ALLIANCE TECHNICAL MARKETING WORKGROUP, 2015).

Figura 16 - Arquitetura LoRaWAN



Fonte: (LoRa, LORA ALLIANCE TECHNICAL MARKETING WORKGROUP, 2015).

O *LoRaWAN* consiste em três componentes principais, conforme a Figura 16.

- **End-Nodes:** Sensores e/ou atuadores normalmente operados por baterias conectados através da interface de rádio *LoRa* a um ou mais *gateways LoRa*;
- **Gateway:** Concentradores que fazem a ponte entre *End-Nodes* e o *Network Server*.
- **Network Server:** O servidor de rede que controla toda a rede.

2.4.2.2 Vida útil da bateria

Os nós da rede *LoRaWAN* são assíncronos e comunicam quando têm dados prontos para serem enviados, sejam eles orientados por eventos ou agendados, já na rede síncrona pela necessidade de sincronizar as redes e verificar se há mensagem, faz que o consumo de bateria aumente, pelo fato de ativar os nós frequentemente. (LoRa, LORA ALLIANCE TECHNICAL MARKETING WORKGROUP, 2015). O protocolo *LoRaWAN* é derivado do protocolo *ALOHA*⁹. E apresenta algumas normas por exemplo, *end-to-end* com criptografia *Advanced Encryption*

⁹ É uma palavra havaiana que significa "Hello".

Standard (AES), adaptação de taxa de dados, qualidade de serviço, e ajustes de potência para aumentar a vida útil da bateria (DUCROT, N. et al., 2016)(SEMTECH., 2015).

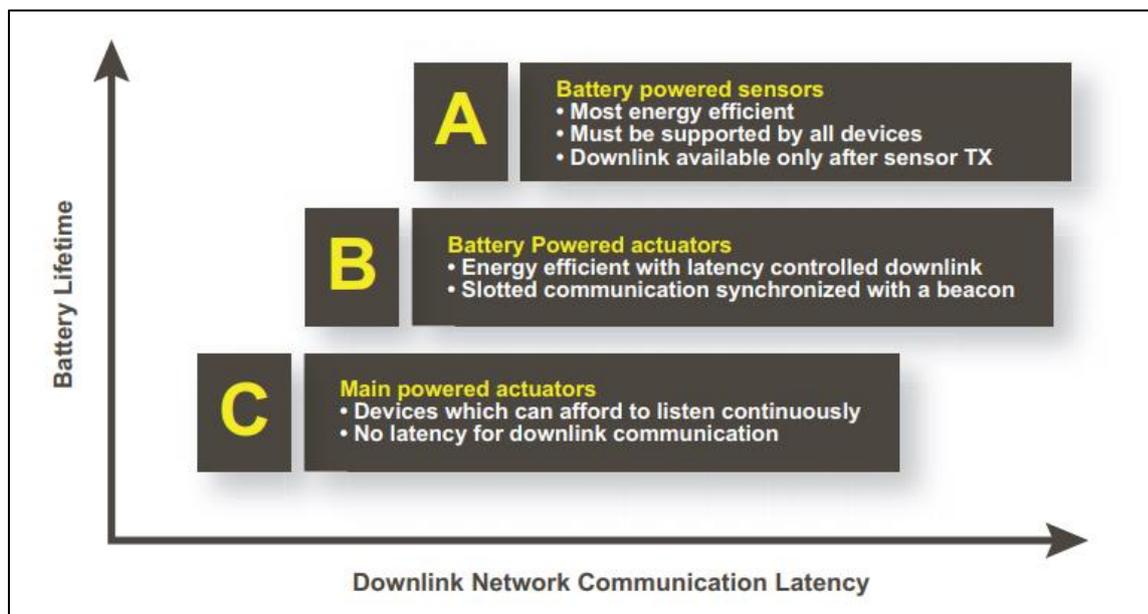
2.4.2.3 Capacidade da rede

Os *gateways* são capazes de conectar diversos dispositivos e gerenciar grandes volumes. Toda informação recebida pelos múltiplos *gateways* é transmitida para o servidor, sendo este o responsável pelas verificações de segurança, identificação do dispositivo, descarte de dados redundantes e administração das taxas de transmissão via *ADR*. A capacidade de um *gateway* depende do número de canais, da taxa de transmissão, do comprimento da mensagem e da periodicidade da transmissão (LoRa, LORA ALLIANCE TECHNICAL MARKETING WORKGROUP, 2015).

2.4.2.4 Classes de dispositivos LoRaWAN

End-nodes ou dispositivos finais, possuem diferentes aplicações com requisitos distintos. Na *LoRaWAN* prevê três classes de dispositivos, ilustra na Figura 17.

Figura 17 - Classes de dispositivos finais – *End-nodes*



Fonte: (LoRa, LORA ALLIANCE TECHNICAL MARKETING WORKGROUP, 2015).

- **Classe A:** Sua comunicação é bidirecional, os dispositivos só podem receber dados dos gateways em janelas de tempos determinadas e imediatamente após realizarem uma transmissão e geralmente são operados por baterias;
- **Classe B:** Sua comunicação é bidirecional com janelas de recepção agendadas, os dispositivos são sincronizados com o servidor de rede por meio de pacotes transmitidos por *gateways* e geralmente são operados por baterias;
- **Classe C:** Sua comunicação é bidirecional com recepção máxima, os dispositivos estão sempre aptos a receber dados do *gateway* e não é recomendado utilizar baterias pelos altos consumos de energia.

2.4.2.5 Segurança

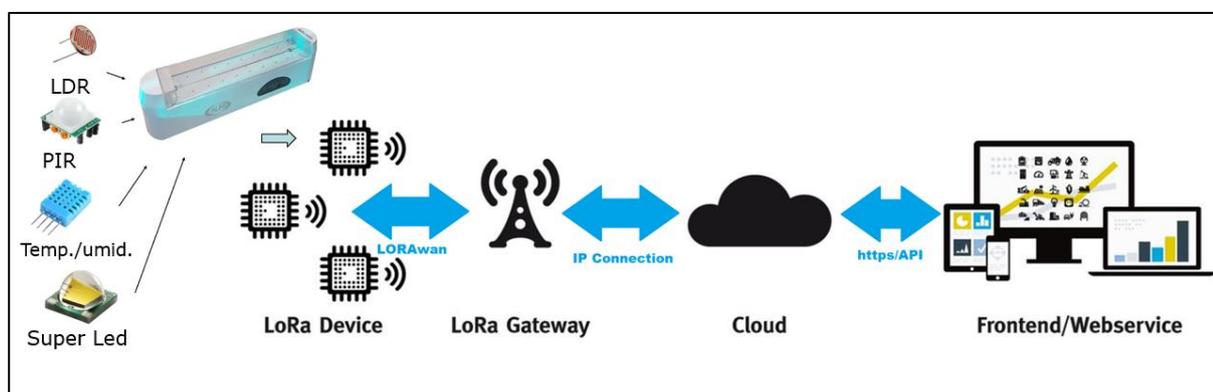
A *LoRaWAN* utiliza duas camadas de segurança, sendo uma para a rede e outra para o aplicativo. A segurança da rede garante a autenticidade dos dados, enquanto a camada de aplicação de segurança garante que o operador de rede não tenha acesso aos dados do aplicativo do usuário final.

3 METODOLOGIA

3.1 VISÃO GERAL

Um módulo *end-node*¹⁰, foi inserido no interior da luz de emergência, para que os dados coletados pelos sensores (DHT11 - temperatura e umidade, LDR - luminosidade e PIR HC-SC501 - presença), fossem transmitidos para um banco de dados, assim apresentando aplicações e gerando soluções. Na Figura 18, ilustra a rede de comunicação.

Figura 18 - Rede de comunicação



Fonte: Adaptado de <<https://blog.microtronics.com/wp-content/uploads/2016/05/lora.jpg?x52180>>

3.2 LOCAL DE ESTUDO

O Instituto Mauá de Tecnologia, está localizada na Praça Mauá, 1 - Mauá, São Caetano do Sul – São Paulo, 09580-900.

O gateway não está instalado no topo do prédio apontado na Figura 19, e sim em sua parede sudoeste, ou seja, não está apontado diretamente para a Luz de emergência, além de haver outros prédios no meio do caminho.

¹⁰ Explicação na seção 3.4.3

Figura 19 - Localização do Instituto Mauá de Tecnologia



Fonte: Adaptado de <<https://www.google.com.br/maps/place/Instituto+Mau%C3%A1+de+Tecnologia/@-23.6480592,-46.5745624,325m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x75aa65b7b5099c2!8m2!3d-23.6479102!4d-46.5734556>>

A luz de emergência está instalada no Bloco A na Sala A04, conforme a Figura 20.

Figura 20 - Sala A04



Fonte: Os autores

3.3 DESCRIÇÃO

Através da detecção e o armazenamento dos sinais dos sensores, pôde-se gerar vetores para a Gerência de Manutenção e Serviços (GMS) do Instituto Mauá de Tecnologia, assim gerando indicadores, alertas através de e-mails e fornecendo prevenções e soluções de problemas.

3.3.1 FLUXO DE PESSOAS

O sensor de presença contabiliza o fluxo de pessoas que passam pelo local. É importante ressaltar que o sensor de presença não será capaz de informar a quantidade exata de pessoas que passou pelo local, mais fornecerá indicadores, que pessoas transitaram pelo local ou não.

A contagem de pessoas é de grande importância para aplicação de planejamento de serviços, funcionando como uma ferramenta gerencial capaz de auxiliar nas decisões estratégicas dos empreendimentos, como por exemplo, nos serviços de limpeza do estabelecimento, economizando assim dinheiro e tempo.

3.3.2 LUMINOSIDADE

O sensor de luminosidade indicará a quantidade de lux do local, portanto esse indicador informará, por exemplo, se a lâmpada da sala está acesa ou apagada.

O sensor de presença combinado com o sensor de luminosidade possibilitará otimizar o desperdício, sem que haja necessidade de gastar dinheiro com luzes acesas quanto não houver movimentação de pessoas pelo local.

3.3.3 TEMPERATURA E UMIDADE

O sensor de temperatura e umidade fará um acompanhamento contínuo da variação de temperatura e umidade, caso haja a necessidade de monitorar um ambiente por quaisquer motivos, como por exemplo, para manter as normas e os padrões de controle exigido pelas regulamentações federais ou internacionais, entre outros.

O sensor de temperatura combinado com o sensor de presença possibilitará otimizar o desperdício de energia elétrica, sem que haja a necessidade do ar condicionado ficar ligado o tempo todo, quando o local não está sendo utilizado e possibilitando que seja feita a climatização do ambiente pela demanda, por exemplo.

3.3.4 BATERIA PRINCIPAL

Deve-se garantir a durabilidade da luz de emergência mantendo a bateria em bom estado, e para que haja um procedimento de manutenção adequado (ABNT NBR 10898, 2013), o dispositivo monitora a tensão da bateria. Informar a tensão da bateria da luz de emergência permite que se tenha a visão global das condições de operação das luzes de emergência e com isso possibilita o acompanhamento e gestão do sistema.

3.3.5 BATERIA LORA - END-NODE

Informar a tensão do *end-node* e com isso possibilita a visualização da sua descarga e que seja feita sua gestão de manutenção.

3.4 MATERIAIS

3.4.1 LED CREE XM-L T6

Os LEDs CREE XM- L T6 podem ser utilizando em aplicações que exigem dezenas de milhares de lumens, com alta iluminação, alto rendimento. Optou-se por esse *LED* para que tenhamos um menor custo de construção da luminária, visto que utilizou-se apenas 2 *LEDs* ao invés de 20 *LEDs* originais, além da eficiência energética otimizada com *LEDs* de última tecnologia.

Figura 21 - LED CREE XM-L T6



Fonte:< <http://www.cree.com/led-components/media/documents/XLampXML-11E.pdf>>

3.4.1.1 Especificação do LED CREE XM-L T6

- Corrente máxima da movimentação: 3000 mA
- Baixa resistência térmica: 2.5 ° C / W
- Temperatura máxima de junção: 150 ° C
- Ângulo de visão: 125 °
- Disponível em branco frio
- Caixas de cromaticidade compatíveis com ANSI
- Vida útil ilimitada no piso a $\leq 30^{\circ}\text{C}$ / 85% RH
- Reflow soldável - JEDEC J-STD-020C
- Caminho térmico eletricamente neutro

3.4.2 SENSORES

Geralmente é definido como um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou um sinal. Muitas vezes um sensor é composto de um transdutor¹¹. Sendo utilizado com um instrumento de medida com indicação direta, por exemplo: medidor elétrico ou termômetro de mercúrio, ou simplesmente um indicador de modo que o valor detectado se torne legível pelo homem, por exemplo: display, computador, conversor analógico/ digital. Os sensores são utilizados tanto na indústria, na medicina e na robótica, além de outras aplicações.

3.4.2.1 Sensor de presença - PIR HC-SR501

O HC-SR501 é baseado na tecnologia de infravermelho, utilizando módulo de controle automático, usando sonda LHI778. Possui algumas características como alta sensibilidade, alta confiabilidade, operação de ultrabaixa tensão, e é amplamente utilizado em vários equipamentos elétricos de detecção automática, especialmente em produtos controlados com bateria.

Figura 22 - Sensor de presença



Fonte:<<https://www.lelong.com.my/pir-motion-sensor-module-hc-sr501-w-adjustable-delay-time-output-si-fun4u-191168626-2018-04-Sale-P.htm>>

¹¹ Dispositivo que converte um tipo de energia em outra não necessariamente em um sinal elétrico.

3.4.2.1.1 Especificação do PIR HC-SR501

- Tensão: 5 V a 20 V
- Consumo de energia: 65mA
- Saída TTL: 3.3V a 0V
- Tempo de atraso: Ajustável (0,3 a 5min)
- Tempo de bloqueio: 0,2 segundos
- Métodos de gatilho: L - desabilita o gatilho de repetição, H - habilita o gatilho de repetição
- Faixa de detecção: menos de 120 graus, dentro de 7 metros
- Temperatura: - 15 ~ +70°C
- Dimensão: 32 * 24 mm, distância entre o parafuso 28mm, M2, dimensão da lente no diâmetro: 23mm.

3.4.2.1.2 Ajuste do Potenciômetro

Para aumentar a distância de detecção o potenciômetro deve se ajustado no sentido horário e direcionando para o sentido anti-horário consegue diminui a distância de detecção. Caso necessite aumentar tempo de atraso o potenciômetro deve ser ajustado no sentido horário, e direcionando para o sentido anti-horário consegue encurta o tempo de atraso.

3.4.2.1.3 Pinagem e esquema elétrico do PIR HC-SR501

Figura 23 - Pinagem do PIR HC-SR501

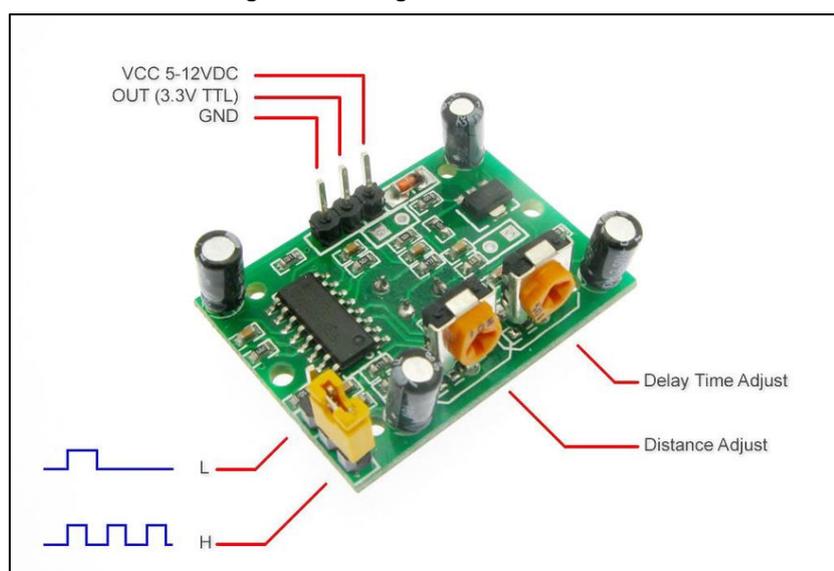
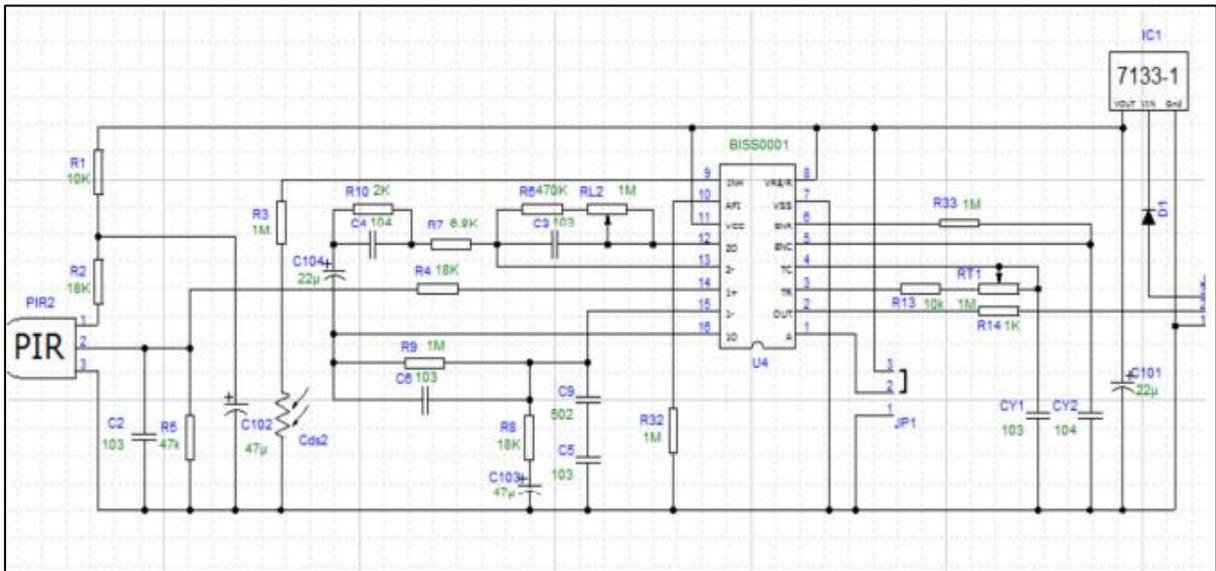


Figura 24 - Esquema elétrico do PIR HC-SR501

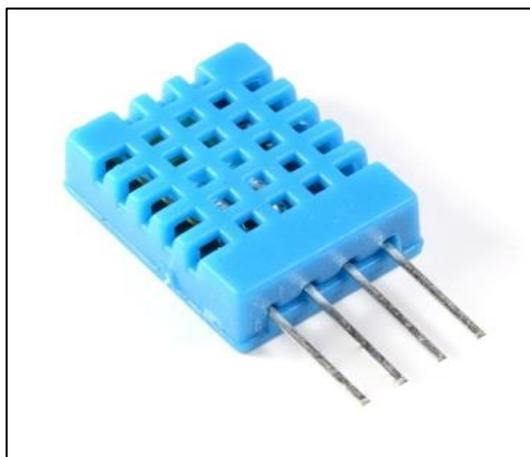


Fonte: < <https://www.mpja.com/download/31227sc.pdf> >

3.4.2.2 Sensor de umidade e temperatura - DHT11

O DHT11 possui um sensor de temperatura e umidade com uma saída de sinal digital. Utilizando a aquisição exclusiva de sinal digital, garante alta confiabilidade e excelente estabilidade a longo prazo. Este sensor inclui uma medição de umidade do tipo resistiva e um componente de medição de temperatura NTC. Deve ser conectado a um microcontrolador para sua operação, oferecendo excelente qualidade e resposta rápida.

Figura 25 - Sensor de umidade e temperatura



Fonte: < <https://www.filipeflop.com/blog/monitorando-temperatura-e-umidade-com-o-sensor-dht11/> >

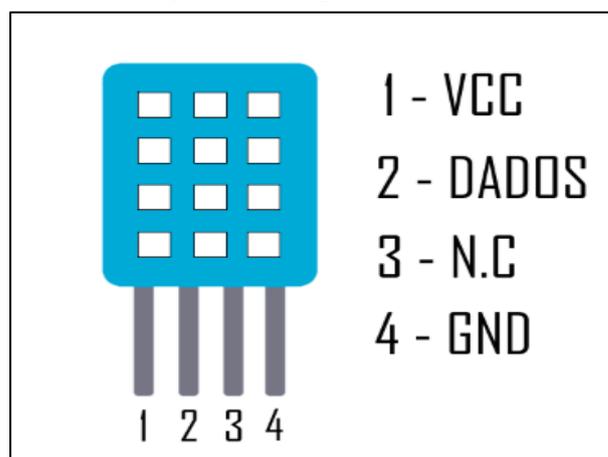
3.4.2.2.1 Especificação do DHT11

- Alimentação: 3,0 a 5,0 Vdc (5,5 Vdc máximo)
- Corrente: 200uA a 500mA, em stand-by de 100uA a 150 uA
- Faixa de medição de umidade: 20 a 90% UR
- Faixa de medição de temperatura: 0º a 50ºC
- Precisão de umidade de medição: $\pm 5,0\%$ UR
- Precisão de medição de temperatura: ± 2.0 ºC
- Tempo de resposta: < 5s
- Dimensões: 23mm x 12mm x 5mm (incluindo terminais).

3.4.2.2.2 Pinagem do DHT11

O DHT11 possui 4 terminais, somente 3 são usados: GND, VCC e Dados, caso deseje pode-se adicionar um resistor *pull up*¹² entre o VCC e o pino de dados. Quando o cabo de conexão for menor que 20 metros, recomenda-se um resistor de 5K, ou quando o cabo de conexão tiver mais de 20 metros, escolha um resistor de *pull-up* apropriado.

Figura 26 - Pinagem do DHT11



Fonte: <<https://www.filipeflop.com/blog/monitorando-temperatura-e-umidade-com-o-sensor-dht11/>>

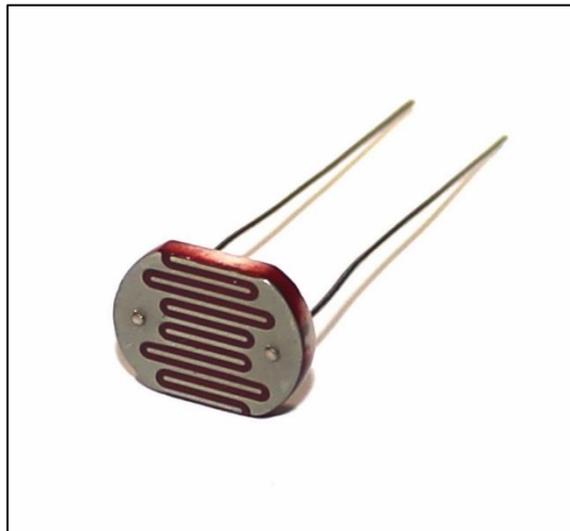
¹² São resistores usados em circuitos lógicos eletrônicos para garantir que entradas de sistema lógicos se ajustem em níveis lógicos esperados no caso de dispositivos externos serem desconectados.

3.4.2.3 Sensor de luminosidade - LDR

Um componente eletrônico passivo, constituído por duas células fotocondutoras de sulfeto de cádmio com respostas espectrais semelhante ao do olho humano, sendo um semiconductor com elevada resistência elétrica.

A resistência da célula varia conforme a intensidade da luz, ou seja, quando a intensidade da luz incidente aumenta, sua resistência diminui. Esse componente é bastante utilizado em aplicações na detecção de fumaça, controle automático de iluminação, contagem de lotes e sistemas de alarme contra roubo.

Figura 27 - Sensor de luminosidade



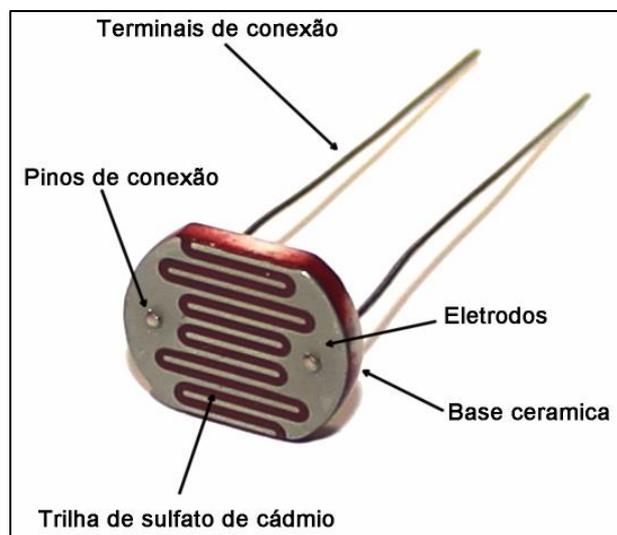
Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-896896860-10-pecas-de-ldr-fotoreistor-pic-arduino-sensor-de-luz-_JM?quantity=1>

3.4.2.3.1 Especificação do LDR

- Diâmetro: 5mm
- Tensão máxima: 150Vdc
- Potência máxima: 100mW
- Tensão de operação: -30°C a 70°C
- Espectro: 540nm
- Comprimento com terminais: 32mm
- Resistência no escuro: 1 MΩ
- Resistência na luz: 10-20 kΩ.

3.4.2.3.2 Pinagem do LDR

Figura 28 - Pinagem do LDR

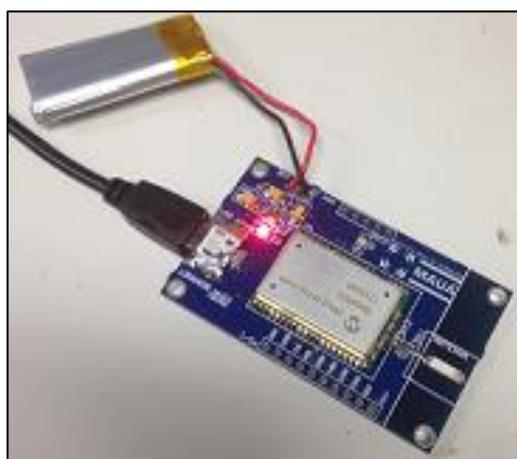


Fonte: < <http://tot.eng.br/sensor-luz-ldr-arduino/> >

3.4.3 END NODES

End-nodes são elementos básicos que tem a função de coletar os dados e transmiti-los para uma base de dados em um servidor.

Figura 29 - End-node



Fonte: < https://smartcampus.maua.br/?page_id=211 >

3.4.3.1.1 Especificação do *end-node*

- Microcontrolador para comunicação com sensores e outros dispositivos;
- LED de uso geral;
- LED indicativos de carga da bateria;
- Carregador de bateria Li-íon via cabo micro USB
- Módulo *LoRa* RN2903;
- Saídas *I2C*, *SPI*, *UART*, *I/O* digital e analógico
- Chip antena incluso.

3.4.3.1.2 Pinagem, esquema elétrico e componentes

No anexo A, B, C, D e E.

3.4.4 GATEWAY

São retransmissores que encaminham as mensagens enviadas dos *end-nodes* ao servidor de rede, depois de adicionar algumas informações sobre a qualidade da recepção (SEMTECH., 2015).

3.4.5 NETWORK SERVER

Sendo um computador com alto poder de processamento usado para armazenar arquivos e executar programas centralmente. Um servidor pode melhorar o gerenciamento e a segurança de arquivos e facilitar a colaboração dos funcionários, portanto o servidor controla toda a rede (gestão de recursos de rádio, controle de admissão, segurança, integração com aplicações, etc.) (ZANELLA, A. et al. , 2014). Este serviço encontra-se em uma plataforma de nuvem que está hospedada¹³ em um datacenter dentro da localidade do Instituto Mauá de Tecnologia, Campus São Caetano do Sul.

¹³ Link: <https://smartcampus.maua.br/?page_id=97> e <<https://smartcampus.maua.br/wp-content/uploads/2018/03/IMT-Acesso-Network-Server.pdf>>

3.4.5.1 MQTT broker

O *MQTT* inicialmente foi criado e desenvolvido pela *IBM*, sendo este um protocolo de mensagens com suporte para a comunicação assíncrona entre as partes. Um sistema de mensagens assíncrona, desacopla o emissor do receptor da mensagem.

No final de 2014, tornou-se um padrão aberto *OASIS*, com suporte nas linguagens de programação usuais e sendo usando em diversas implementações de software livre (*IBM*, 2018).

3.4.5.1.1 Acesso ao MQTT broker

“O Network Server executa um *publish* (publicação) do dado recebido pelo node (dispositivo embarcado com transmissor de rádio frequência referente ao protocolo *LoRaWAN*) na aplicação, em um sub-servidor denominado *MQTT* (*Message Queue Telemetry Transport*) broker. O recebimento do dado pelo usuário na aplicação é realizado através de um *subscribe* (inscrição) neste *MQTT broker*, de acordo com as características de endereçamento de IP (*Internet Protocol*), com as definições de porta, nome de usuário e senha, e devem ser corretamente inscritos em um tipo de endereçamento denominado tópico.

O tópico trata-se do local em que uma mensagem transmitida é disponibilizada. Logo, referente a cada aplicação, é possível permitido a somente quem possui os direitos sobre cada aplicação, receber o dado do node no momento enviado. Diferentemente da utilização de *REST API* (*Representational State Transfer Application Programming Interface*), não há possibilidade de recuperação de dados armazenados no banco de dados. O dado estará disponível apenas no momento em que o node enviá-lo ao servidor e para quem realizou um *subscribe* (inscrição) no tópico mencionado, se os parâmetros de nome de usuário e senha estiverem corretos, caracterizando-se assim como um dado volátil, portanto, é necessário que se esteja conectado para recebê-lo.

-Também é importante lembrar que a conexão seja de caráter permanente e auto reconectável. Neste protocolo *MQTT*, não se faz uma requisição de conexão intermitente, isto

é, temporária. E, sim deve-se permanecer conectado até quando se desejar” (Centro de Pesquisa do Instituto Mauá de Tecnologia - DET, 2017).

3.4.5.1.2 Acesso à REST API

“A recuperação de dados enviados através dos nodes por cada aplicação é importante em relação ao histórico de dados disponível. Além de ser um backup dos dados caso uma conexão MQTT broker não seja estabelecida pela aplicação, permite que o usuário realize um backup de tempos em tempos para o próprio banco de dados. A saber que o banco de dados do Network Server apenas garante o armazenamento dos dados referentes aos últimos 7 dias. Para que isso ocorra com segurança entre as camadas servidor e aplicação, foi desenvolvida uma *REST API* (Representational State Transfer Application Programming Interface) em que através de uma requisição *HTTP* (HyperText Transfer Protocol) do tipo GET, são retornados os últimos valores inseridos no banco de dados de maneira decrescente. Isto é, do mais atual ao mais antigo de acordo com o parâmetro de quantidade de logs inserido no momento da Requisição.” (Centro de Pesquisa do Instituto Mauá de Tecnologia - DET, 2018).

4 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Nesta seção são apresentadas as análises dos resultados referentes às aplicações realizadas.

Os resultados e discussões das aplicações foram organizados do seguinte modo:

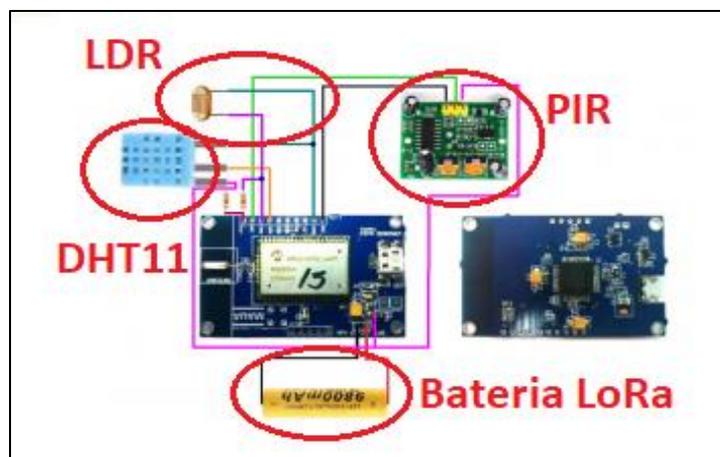
- Montagem do projeto
- *Software* para aplicação
- *Dashboard e ThingSpeak*

4.1 MONTAGEM DO PROJETO

4.1.1 ESQUEMÁTICO DE HARDWARE DOS SENSORES

A representação das ligações dos sensores no *end-node*, está ilustrada na Figura 30.

Figura 30 - Ligação dos sensores no end-node



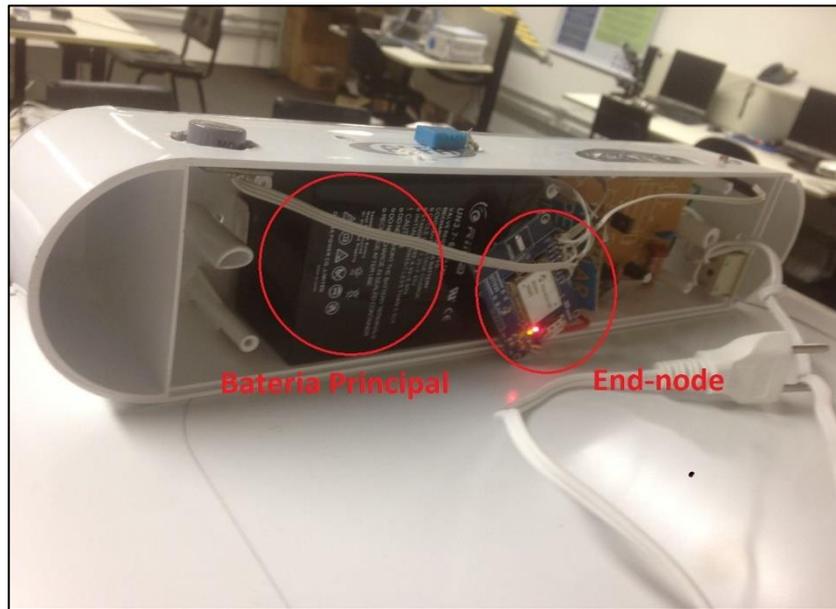
Fonte: Adaptada de (Smart Campus Mauá, 2018).

4.1.2 IMAGEM DA LUZ DE EMERGÊNCIA SMART

Nessa seção será ilustrada a parte interna e externa da Luz de Emergência *Smart*.

Na Figura 31, pode-se observar o circuito da Luz de Emergência *Smart*: O módulo *end-node*, a bateria principal, no interior da luz de emergência.

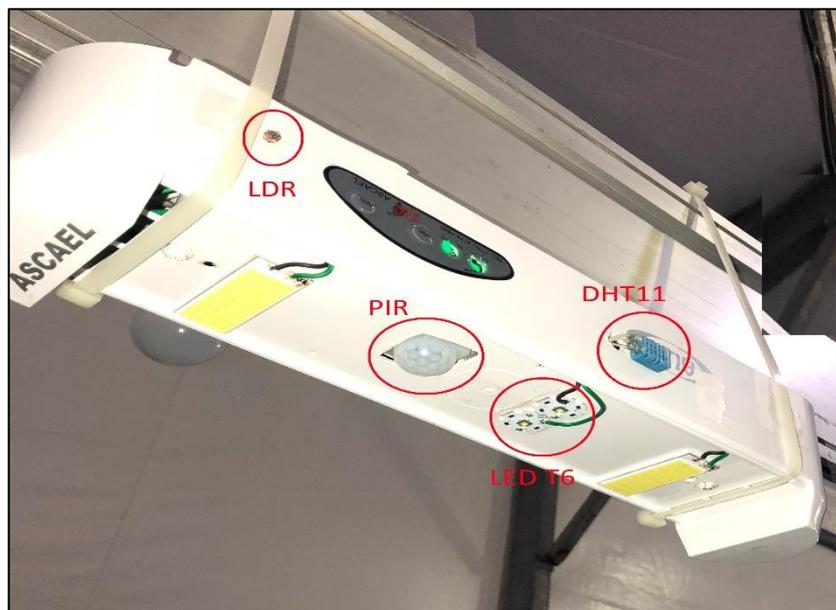
Figura 31 - Parte interna da Luz de Emergência Smart



Fonte: Os autores

Na Figura 32 ilustra os componentes inseridos na parte externa da Luz de Emergência Smart.

Figura 32 - Parte externa da Luz de Emergência Smart



Fonte: Os autores

Figura 33 - Luz de Emergência *Smart* na Eureka

Fonte: Os autores

4.2 SOFTWARE PARA APLICAÇÃO

O monitoramento dos ambientes possibilita desenvolver diversas aplicações. Tornando-se um instrumento para implantação de políticas públicas que se traduzam em significativos benefícios para a população, nas criações de soluções e otimizações de recursos, que está cada vez mais escasso no planeta. Os países que entenderem e passarem a usar melhor o *IoT* terá uma vantagem competitiva muito grande. O Brasil pode desenvolver soluções adaptadas para a realidade de um país, que poderão ser exportadas, juntamente com produtos desenvolvidos no país, conquistando mercados e marcando posição como país desenvolvedor de tecnologia. Direcionando os gestores à tomem as melhores decisões e aproveitando melhor os recursos disponíveis.

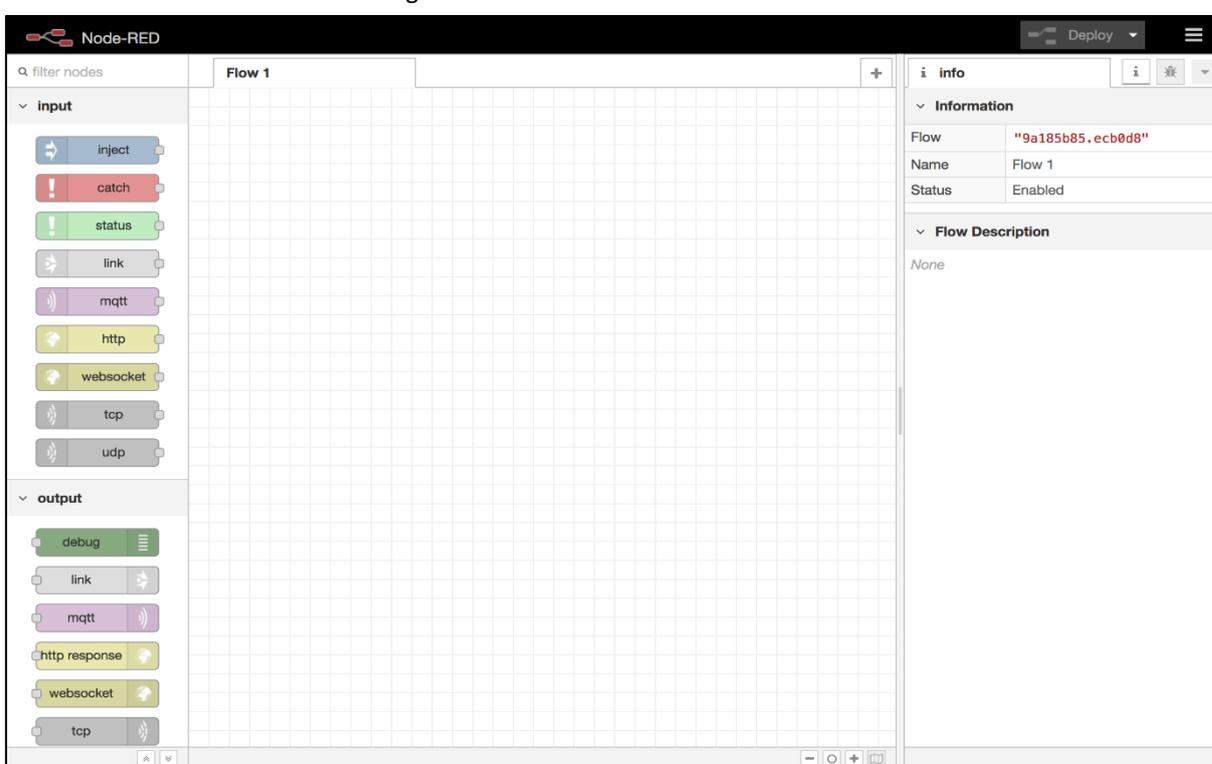
As aplicações desses presente trabalho foram desenvolvida no *software node-RED*¹⁴ que é uma ferramenta desenvolvida pela *IBM*, baseada em fluxo para programação visual com o intuito de conectar dispositivos de *hardware*, *APIs* e serviços *online* para Internet das Coisas.

¹⁴ No site pode-se encontrar diversas aplicações, bibliotecas e documentações para um melhor entendimento do software. Fonte:< <https://nodered.org/>>

A janela do editor consiste em quatro componentes, ilustrada na Figura 34:

- O cabeçalho na parte superior, contendo o botão de implementação, o menu principal, autenticação do usuário e o menu do usuário.
- A paleta à esquerda, contendo os nós disponíveis para uso.
- O principal espaço de trabalho no meio, onde os fluxos são criados.
- A barra lateral à direita.

Figura 34 - Janela do editor do Node-RED



Fonte:< <https://nodered.org/docs/user-guide/editor/> >

O *flow*¹⁵ que caracteriza as aplicações, será dividida em 8 partes.

- Primeira parte: Acessando os dados do servidor do Instituto Mauá de Tecnologia e fazendo toda a parte de estruturação dos dados;

¹⁵ Os nós são códigos pré compilados em caixinha. Existem 3 tipos principais de nós (Entrada, Processamento e Saída), quando conectados, formam um *flow*.

- Segunda parte: *Node-RED* presença;
- Terceira parte: *Node-RED* luminosidade;
- Quarta parte: *Node-RED* Bateria principal;
- Quinta parte: *Node-RED* Temperatura;
- Sexta parte: *Node-RED* Umidade;
- Sétima parte: *Node-RED* Bateria LoRa.
- Oitava parte: Estabelecendo um fluxo de código para publicar uma mensagem desejada.

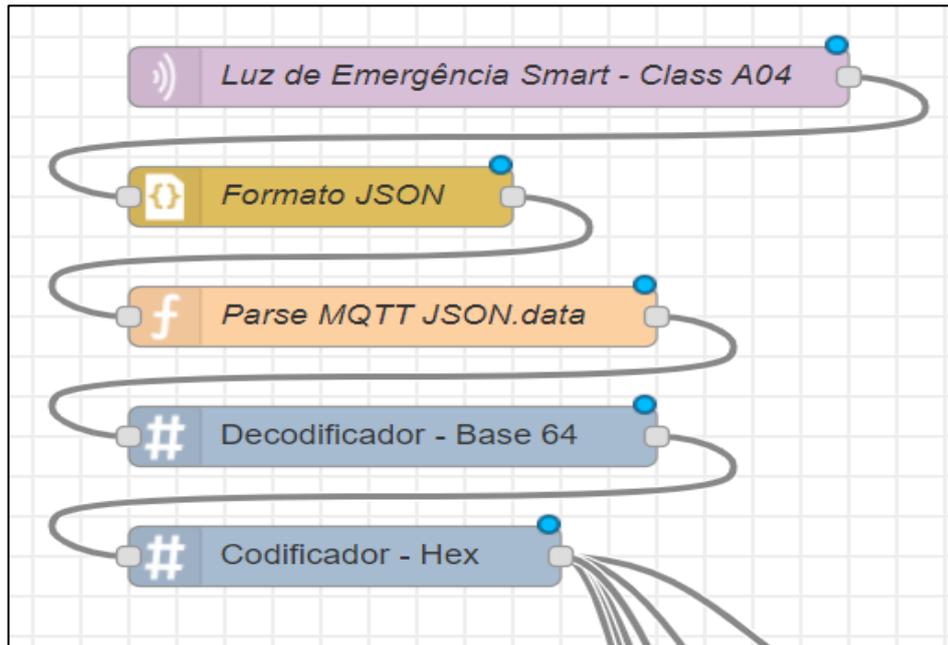
4.2.1 PRIMEIRA PARTE

A primeira parte demonstra o detalhamento da configuração da conexão para o envio e recebimento de dados através da comunicação do *MQTT*, acessando os dados do servidor do Instituto Mauá de Tecnologia e fazendo toda a parte de estruturação dos dados, para que possam ser divididos e analisados separadamente.

Cada bloco, ilustrada pela Figura 35:

- Luz de Emergência Smart – Class A04: Node input – mqtt;
- Formato JSON: Node function – json;
- Parse MQTT JSON.data: Node function – function;
- Decodificador – Base 64: Node function – decode;
- Codificador – Hex: Node function – encode.

Figura 35 - Primeira parte da programação em blocos



Fonte: Os autores

Através da conexão com o servidor *MQTT broker* pode-se obter a informação pelo bloco descrito a seguir.

- **Node input – mqtt:** Luz de Emergência Smart – Class A04

Para que o *MQTT broker* do *Network Server* envie os dados é necessário possuir um cliente *MQTT*. Para haver conexão com o cliente *MQTT*, os campos da propriedade de conexão devem ser preenchidos, conforme a Figura 36 e Figura 37.

- *Server:* Corresponde ao endereço do *Network Server*.
- *Topic:* Endereçamento de disponibilidade do acesso à aplicação por meio do *MQTT broker*.
- *QoS:* *Quality of Service*.
- *Username:* Nome correspondente ao cadastro do usuário no *Network Server*.
- *Password:* Senha correspondente ao cadastro do usuário no *Network server*.
- *Client-ID:* Identificação de um usuário do sistema.

Figura 36 - Propriedade de conexão

Edit mqtt in node

Delete Cancel Done

node properties

Server TCC - Luz de Emergencia

Topic application/+/node/0004a30b00233e8e/rx

QoS 0

Name Luz de Emergência Smart - Class A04

Fonte: Os autores

Figura 37 - Janela de edição MQTT broker

Edit mqtt in node > **Edit mqtt-broker node**

Delete Cancel Update

Name TCC - Luz de Emergencia

Connection Security Messages

Server networkserver.maua.br Port 1883

Enable secure (SSL/TLS) connection

Client ID Leave blank for auto generated

Keep alive time (s) 60 Use clean session

Use legacy MQTT 3.1 support

Fonte: Os autores

- **Node function – json:** Formato *JSON*

O *node function* permite que o código *JavaScript* seja executado nas mensagens que são passadas por ele. Através do cliente *MQTT broker*, a mensagem chega no formato *json*, porém no tipo de *string*. O bloco de função *json* é inserido para formatar os campos em objeto *json*.

Não apresenta necessidade de configurar a janela de edição *json*, somente desmarcando a opção *Format JSON String* na janela de edição *json*. A configuração do nome é opcional.

Figura 38 - Janela de edição *json*

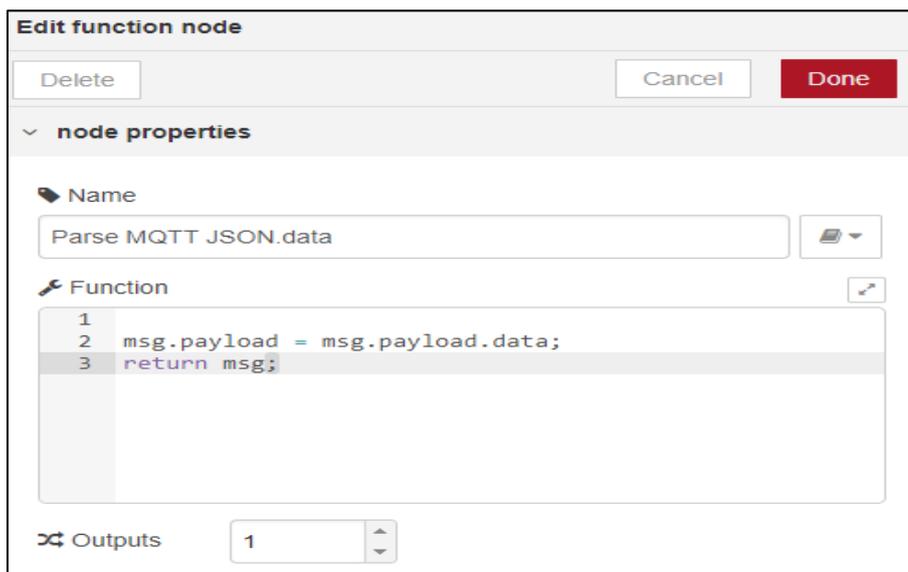


The image shows a dialog box titled "Edit json node". At the top, there are three buttons: "Delete", "Cancel", and "Done". Below the buttons is a section titled "node properties" with a dropdown arrow. Under "node properties", there are three fields: "Action" with a dropdown menu showing "Convert between JSON String & Object", "Property" with a text input containing "msg. payload", and "Name" with a text input containing "Formato JSON". Below these fields is a section titled "Object to JSON options" with a checkbox labeled "Format JSON string" which is currently unchecked.

Fonte: Os autores

- **Node function – function: Parse MQTT JSON.data**

No bloco *Parse MQTT JSON.data*, tem a função de separar a *string* que contém o pacote *data*, sendo o protocolo de informação enviado pelo *end-node* ao *network server*. Esse objeto *json* é passado adiante pelo nome de *msg.payload*. E a função descrita para obtenção do campo referente ao pacote, está ilustrada na Figura 39.

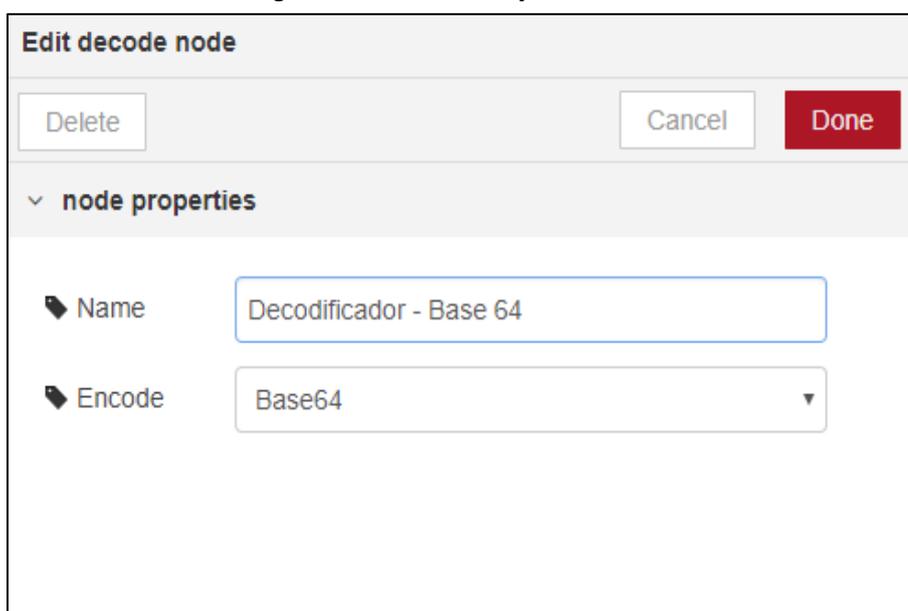
Figura 39 - Janela da edição *function*

Fonte: Os autores

- **Node function – decode:** Decodificador – Base 64

Esse bloco é o decodificador da mensagem, que encontrar-se em base 64. A configuração do bloco decode, deve-se colocar na opção de Base 64, conforme a Figura 40. O nome escrito no campo *Name*, será mostrado na interface *web*.

Figura 40 - Janela de edição do decode

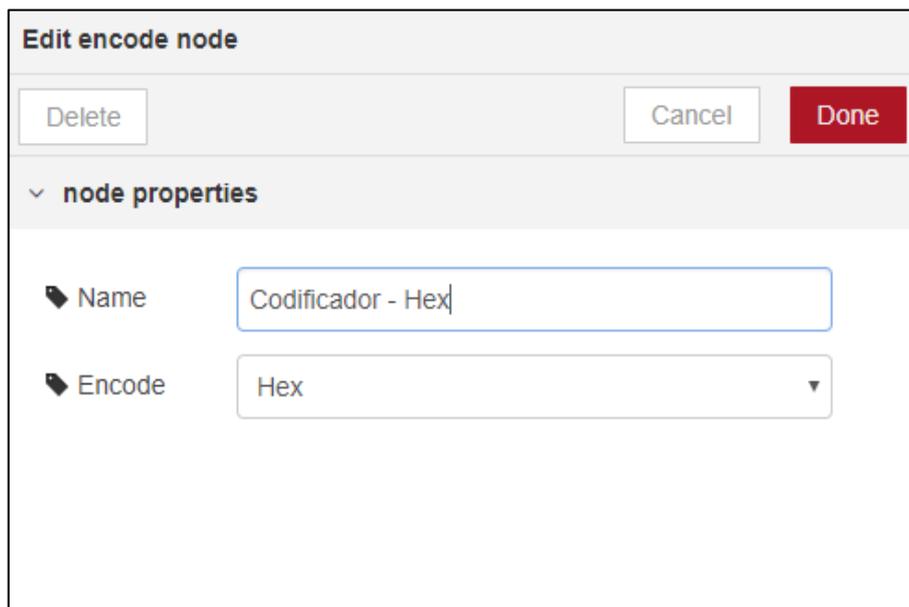


Fonte: Os autores

- **Node function – encode:** Codificador – Hex

Esse bloco é o codificador da mensagem, que passará a mensagem para hexadecimal. A configuração do bloco encode, deve-se colocar na opção de HEX, conforme a Figura 41. O nome escrito no campo *Name*, será mostrado na interface *web*.

Figura 41 - Janela de edição do encode



The image shows a dialog box titled "Edit encode node". At the top, there are three buttons: "Delete", "Cancel", and "Done". Below the buttons is a section titled "node properties" with a dropdown arrow. Under "node properties", there are two fields: "Name" with a text input containing "Codificador - Hex" and "Encode" with a dropdown menu showing "Hex".

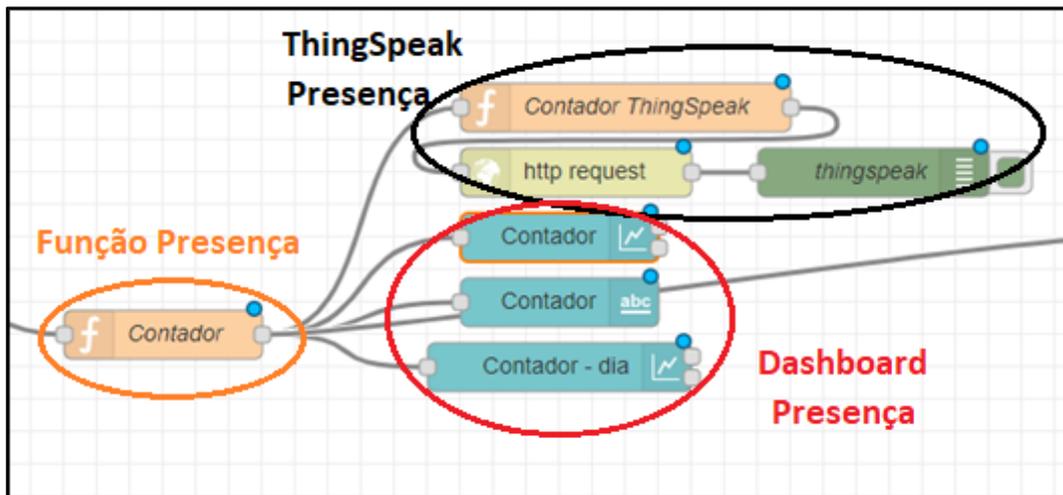
Fonte: Os autores

4.2.2 SEGUNDA PARTE

Os valores coletados pelo sensor de presença serão exibidos no dashboard através de gráficos e valores numéricos. Os blocos relacionados ao *ThingSpeak* Presença têm a função de direcionar os dados coletados para o site *ThingSpeak* para a geração de gráfico, disponível para visualização *web*¹⁶.

¹⁶ <https://thingspeak.com/channels/641344>

Figura 42 - Flow de presença



Fonte: Os autores

O código de programação referente a Função Presença:

```
//1.1. msg.payload="0bCCCCC0cBBBB";

//1.2. msg.payload=msg.payload.substr(2,6) -> from the position
2 (starting from zero), receive 6 bytes from on;

//1.3. msg.payload="CCCCC";

//1.4. parseInt(msg.payload,16) -> parse string to int as
hexadecimal to decimal value;

msg.payload = parseInt(msg.payload.substr(2,6),16);

//2. return msg with modified msg.payload object value

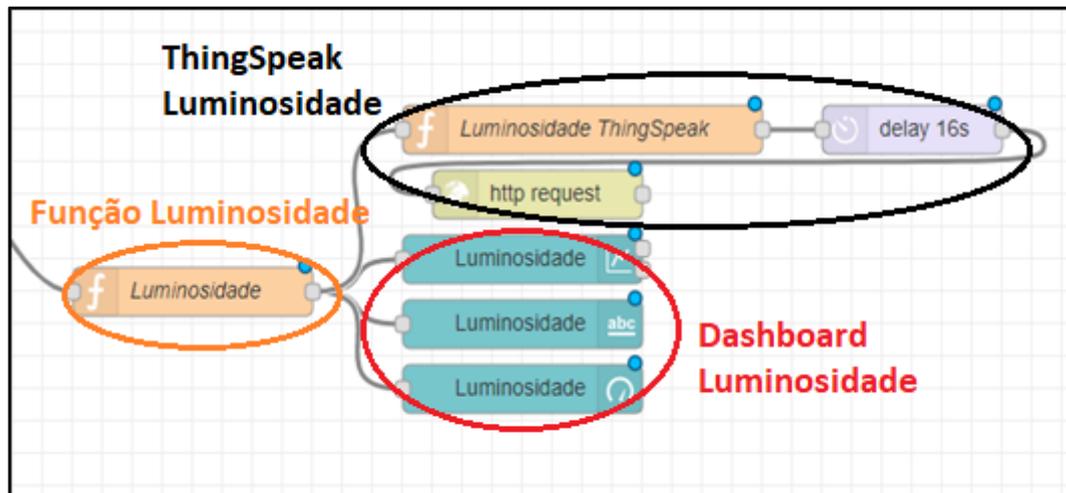
return msg;
```

4.2.3 TERCEIRA PARTE

Os valores coletados pelo sensor de luminosidade serão exibidos no dashboard através de gráficos e valores numéricos. Os blocos relacionados ao *ThingSpeak* Luminosidade têm a

função de direcionar os dados coletados para o site *ThingSpeak* para a geração de gráfico, disponível para visualização *web*.

Figura 43- Flow da luminosidade



Fonte: Os autores

O código de programação referente a Função Luminosidade:

```
x = parseInt(msg.payload.substr(10,4),16);

y = Math.pow(x, -3.746);

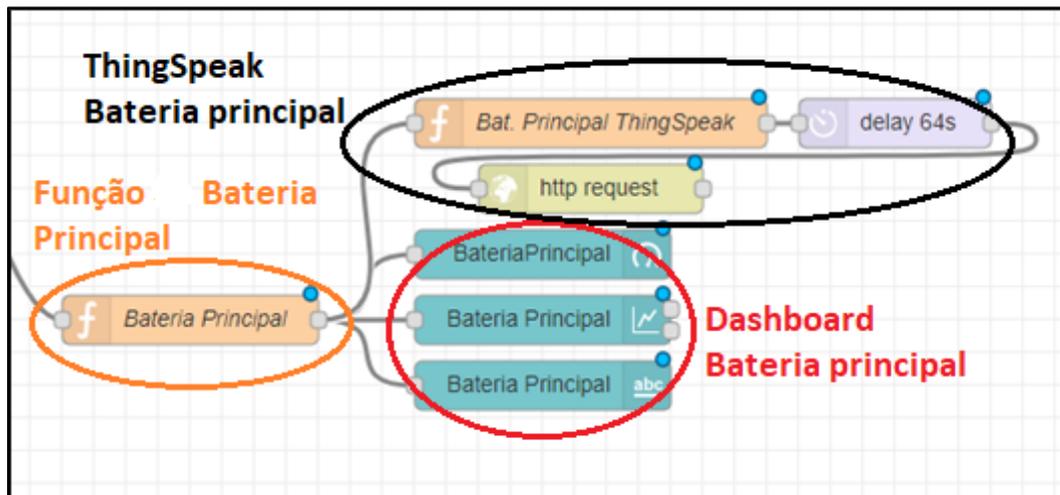
msg.payload = (140000000000000*y).toFixed(1);

return msg;
```

4.2.4 QUARTA PARTE

Os valores coletados da bateria principal serão exibidos no dashboard através de gráficos e valores numéricos. Os blocos relacionados ao *ThingSpeak* Bateria principal têm a função de direcionar os dados coletados para o site *ThingSpeak* para a geração de gráfico, disponível para visualização *web*.

Figura 44 - Flow da bateria principal



Fonte: Os autores

O código de programação referente a Função da Bateria Principal:

```
msg.payload = parseInt(msg.payload.substr(16,4),16)/1000;
```

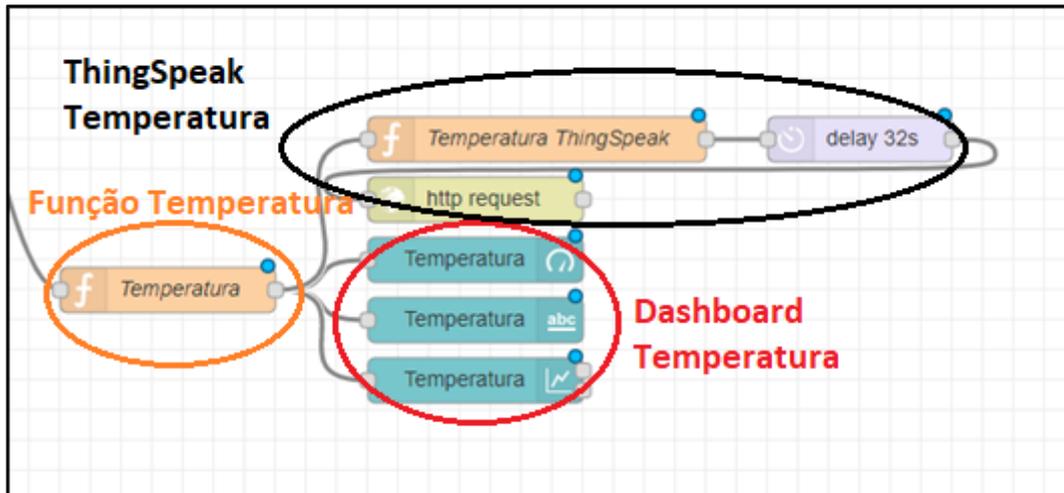
```
msg.payload = (msg.payload*6/1.5).toFixed(2);
```

```
return msg;
```

4.2.5 QUINTA PARTE

Os valores coletados pelo sensor de temperatura serão exibidos no dashboard através de gráficos e valores numéricos. Os blocos relacionados ao *ThingSpeak* Temperatura têm a função de direcionar os dados coletados para o site *ThingSpeak* para a geração de gráfico, disponível para visualização *web*.

Figura 45 - Flow da temperatura



Fonte: Os autores

O código de programação referente a Função Temperatura:

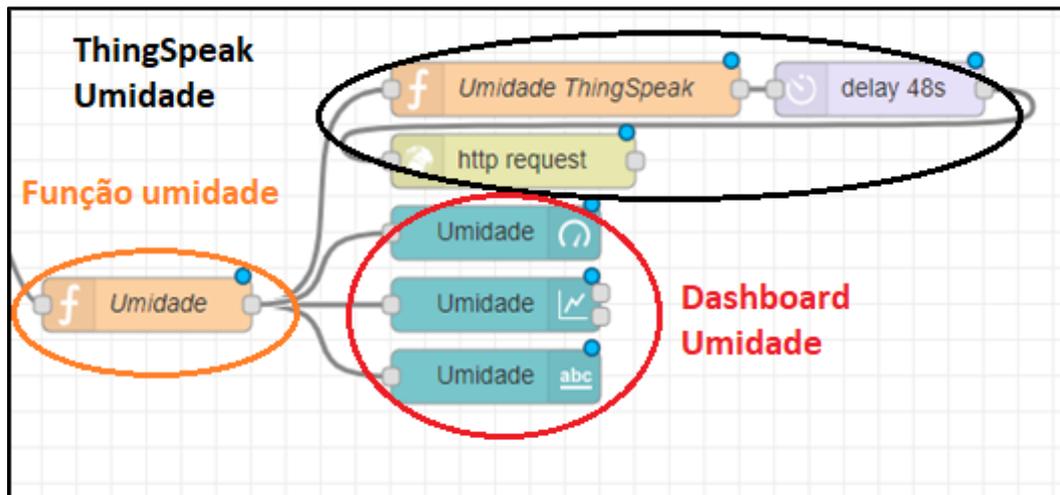
```
msg.payload=
(parseInt(msg.payload.substr(22,4),16)/10).toFixed(1);

return msg;
```

4.2.6 SEXTA PARTE

Os valores coletados pelo sensor de umidade serão exibidos no dashboard através de gráficos e valores numéricos. Os blocos relacionados ao *ThingSpeak* Umidade têm a função de direcionar os dados coletados para o site *ThingSpeak* para a geração de gráfico, disponível para visualização *web*.

Figura 46 - Flow da umidade



Fonte: Os autores

O código de programação referente a Função Umidade:

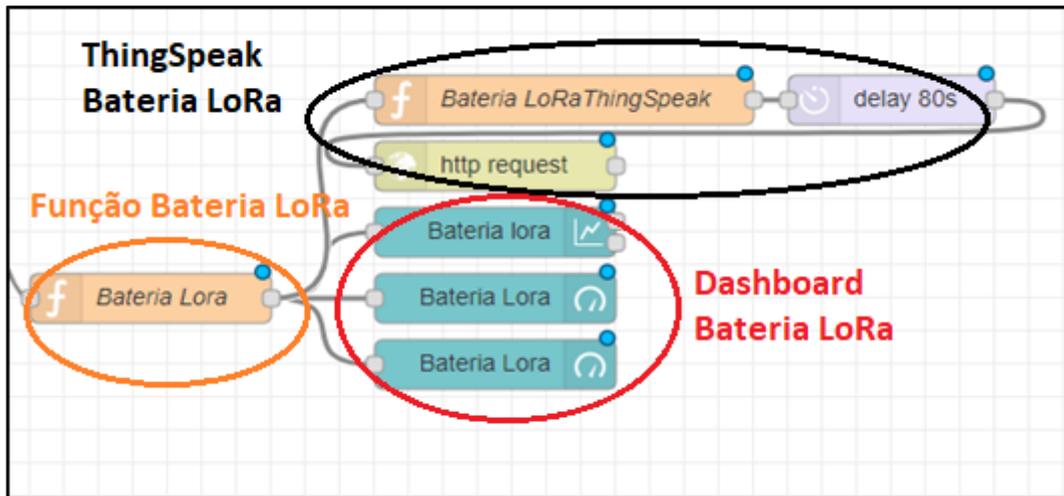
```
msg.payload
=
(parseInt(msg.payload.substr(28,4),16)/10).toFixed(1);

return msg;
```

4.2.7 SÉTIMA PARTE

Os valores coletados da bateria LoRa será exibido no dashboard através de gráficos e valores numéricos. Os blocos relacionados ao *ThingSpeak* Bateria LoRa têm a função de direcionar os dados coletados para o site *ThingSpeak* para a geração de gráfico, disponível para visualização *web*.

Figura 47 - Flow da bateria LoRa



Fonte: Os autores

O código de programação referente a Função Bateria LoRa:

```
msg.payload=
(parseInt(msg.payload.substr(34,4),16)/1000).toFixed(2);

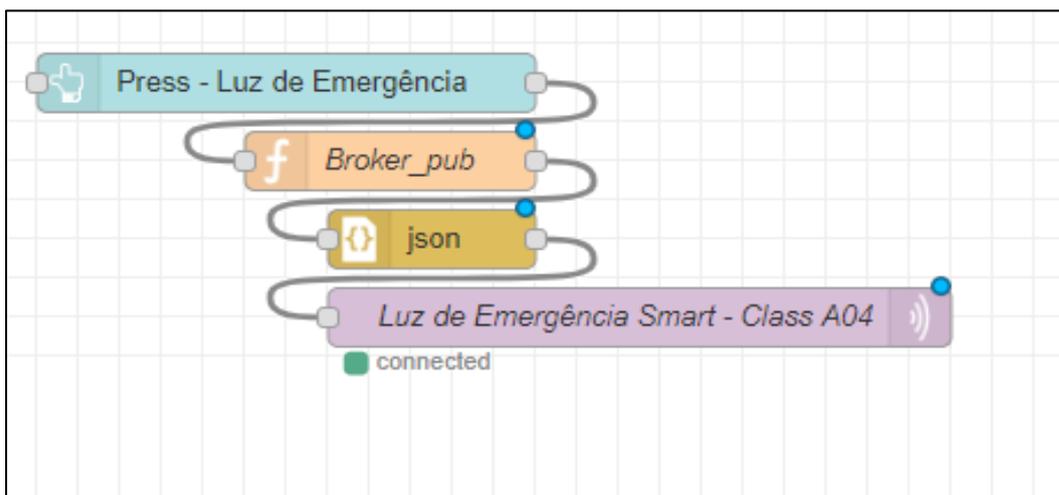
return msg;
```

4.2.8 OITAVA PARTE

Uma vez estabelecida a conexão com o servidor *MQTT broker* instanciado na *network server*, é possível estabelecer um fluxo de código para publicar uma mensagem desejada através dos blocos a seguir, ilustrada pela Figura 48:

- Press-Luz de Emergência: *Node dashboard – button*;
- Broker_pub: *Node function – function*;
- json: *Node function – json*;
- Luz de Emergência Smart – Class A04: *Node output – mqtt*.

Figura 48 - Última parte da programação em bloco

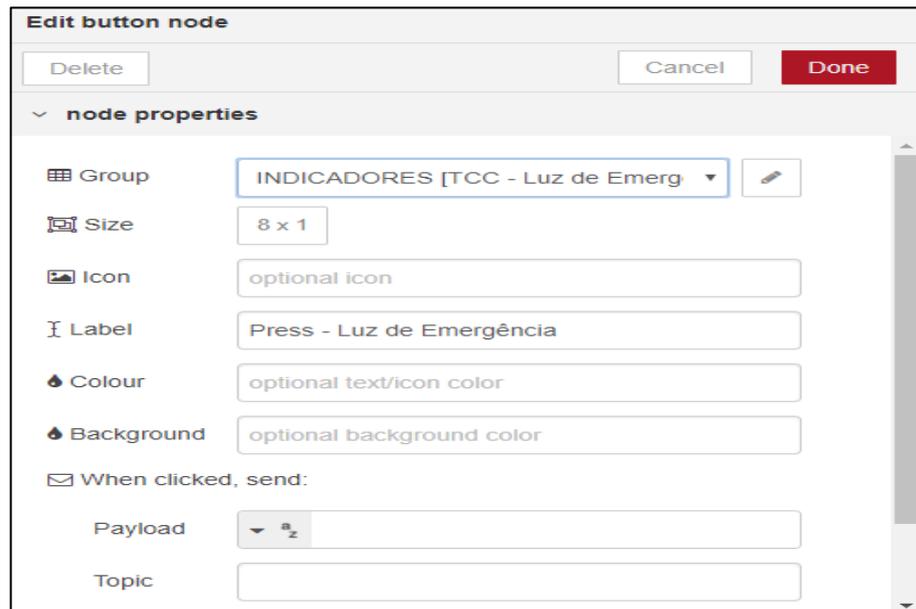


Fonte: Os autores

- **Node dashboard – button:** Press – Luz de Emergência.

O envio de dados de uma aplicação para o *end-node* em uma rede *LoRaWAN*, denomina-se *downlink*. Para isso é necessário um método de entrada em uma interface com o usuário. O bloco representado pela Figura 48, representa um botão de interface com o usuário.

A partir de um comando de acionamento da variável *msg.payload* tendo o botão acima descrito como um *trigger*, é necessário incluir na variável uma *string* no formato *json* para que a informação seja corretamente aceita pelo *network server* e este, por sua vez, gerencie a fila de *downlink* a ser enviado ao *end-node* quando este enviar um pacote ao servidor. Na Figura 49, ilustra a janela de edição do botão.

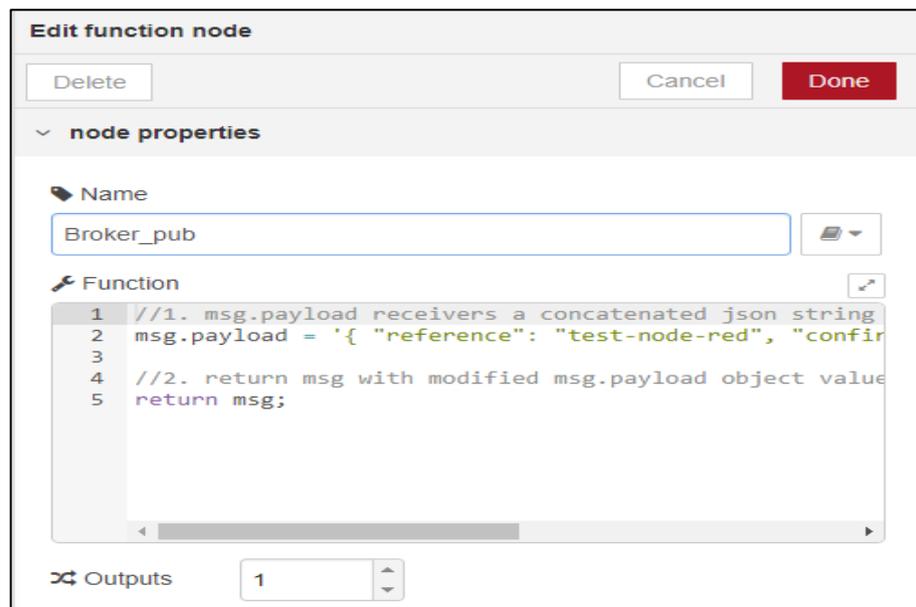
Figura 49 - Janela de edição do *Press- Luz de Emergência*

Fonte: Os autores

- **Node function – function: Broker_pub.**

Somente modo Classe A está habilitado, em que janelas de recebimento do *end-node*, estará disponível apenas quando for enviado um pacote de *uplink*.

Figura 50 - Janela de edição Broker_pub



Fonte: Os autores

O código de programação referente a Broker_pub:

```
//1. msg.payload receivers a concatenated json string to format
and publishover MQTT client publisher.
```

```
msg.payload = '{ "reference": "test-node-red", "confirmed":
false, "fPort": 100, "data": "AAE=" }';
```

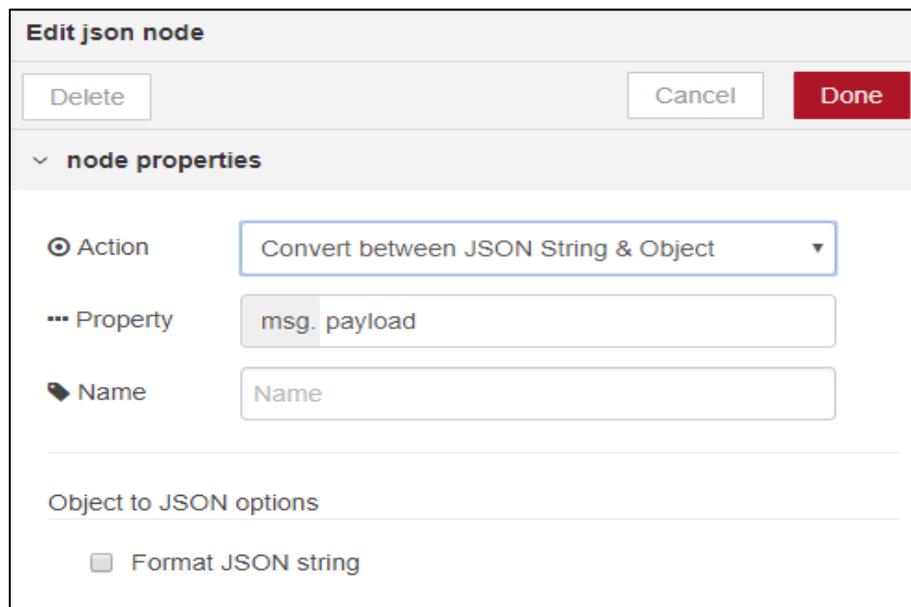
```
//2. return msg with modified msg.payload object value.
```

```
return msg;
```

- **Node function – json: json.**

Não apresenta necessidade de configurar a janela de edição *json*, somente desmarcando a opção *Format JSON String* na janela de edição *json*. A configuração do nome é opcional.

Figura 51 - Janela de edição do *json*

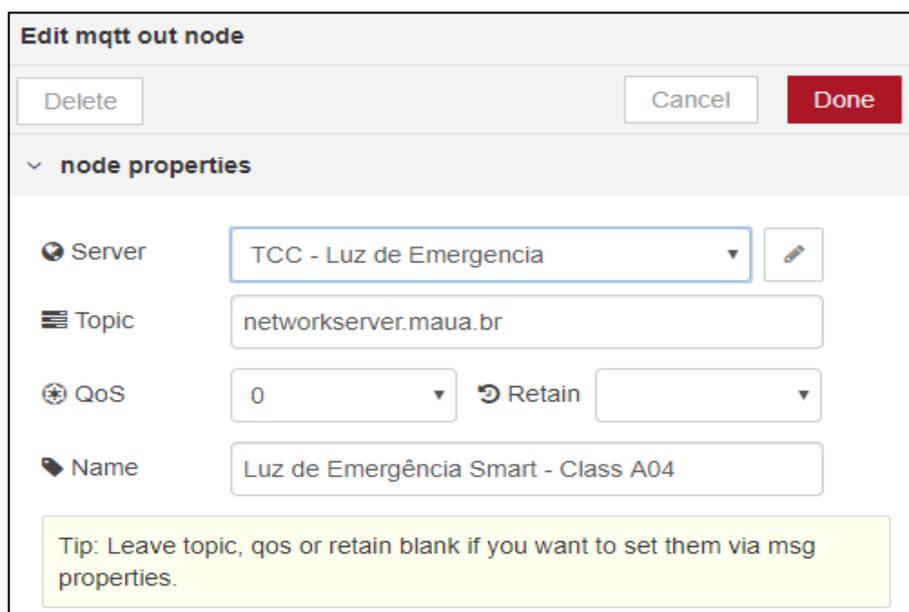


Fonte: Os autores

- **Node output – mqtt:** Luz de Emergência Smart – Class A04.

Semelhantemente a seção 4.2.1. Entretanto, deve-se notar que o tópico será outro. Ao invés de rx, terminará com a variável tx.

Figura 52 - Janela de edição da Luz de Emergência Smart - Class A04



Fonte: Os autores

4.3 DASHBOARD E THINGSPEAK

4.3.1 DESCRITIVO DASHBOARD E THINGSPEAK

O *dashboard*¹⁷ permite que a GMS do Instituto Mauá de Tecnologia consiga monitorar a evolução dos resultados de acordo com as metas e objetivos traçados, apresentando os resultados por períodos do dia, semana, meses ou anos, portanto o objetivo do *dashboard*, é possibilitar o monitoramento dos indicadores da Luz de Emergência *Smart*.

O ThingSpeak¹⁸ é uma *API* e um aplicativo de internet das coisas, *open source*¹⁹ que tem a capacidade de armazenar e recuperar dados, utilizando protocolo HTTP pela internet ou rede local, permite criar aplicativos de rastreamento de localização, registro de sensores e uma rede social de coisas com atualização de status.

¹⁷ São painéis que mostram métricas e indicadores importantes.

¹⁸ Link:< <https://thingspeak.com/>>

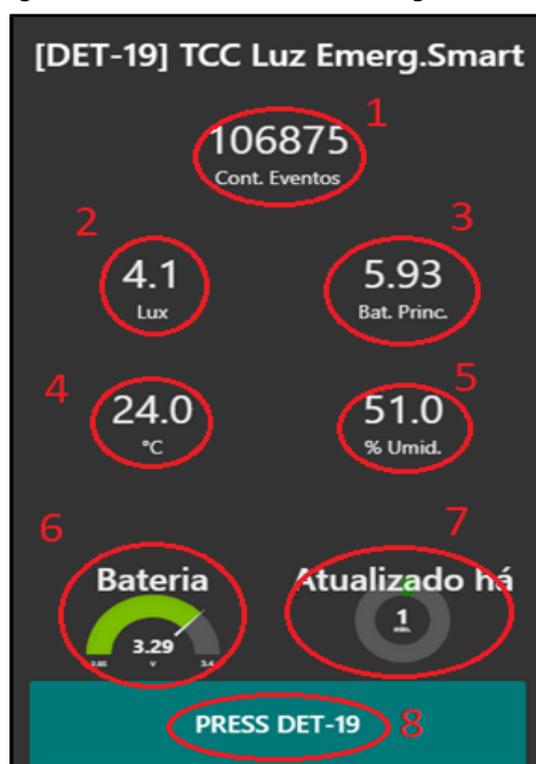
¹⁹ *Software* de código aberto.

4.3.2 DASHBOARD PRINCIPAL

Pela Figura 53, pode-se identificar cada campos em questão:

1. Fluxo de pessoas no local;
2. Luminosidade em lux;
3. Tensão da bateria principal em Volts;
4. Temperatura em grau Celsius;
5. Umidade em porcentagem;
6. Tensão da bateria *LoRa* em Volts
7. Campo de atualização dos dados em minutos;
8. Botão para publicar uma mensagem desejada.

Figura 53 - *Dashboard* da Luz de Emergência *Smart*



Fonte: (Smart Campus Mauá, 2018)

4.3.3 THINGSPEAK

Todas as soluções apresentadas serão visualizadas através do *dashboard*, assim havendo um controle das condições, sendo destacadas abaixo:

Fluxo de pessoas no local: Através da diferença entre o fluxo atual e fluxo anterior, pode-se definir o fluxo de pessoas no local, portanto descrevo o local, com fluxo ou sem fluxo de pessoas.

A partir do gráfico da Figura 54, algumas conclusões podem ser observadas e discutida referente a inclinação da reta. Se a derivada da inclinação reta for igual a zero, indica que não há movimentação pessoas no local naquele determinado período analisando. Caso a derivada for diferente de zero, conclui-se que têm pessoas no local.

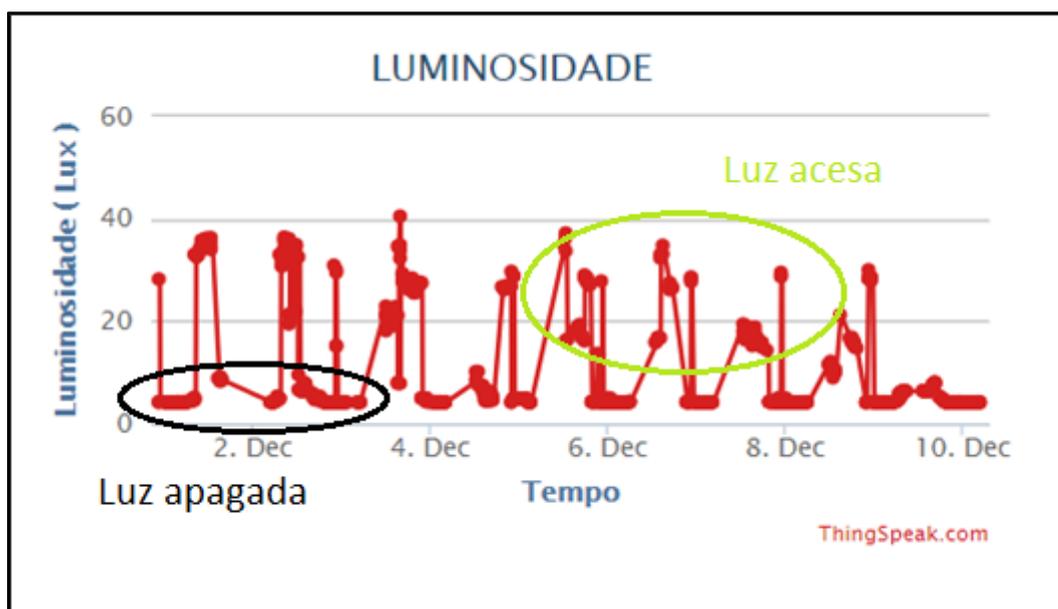
Figura 54 - Comportamento do contador de eventos pelo tempo



Fonte: Os autores

Estado da luz: Através da quantidade de lux medida, conclui-se que a lâmpada está acesa ou apagada. Pelo gráfico da Figura 55, mostra o comportamento da intensidade luminosa da sala A04. Conclui-se que para intensidade luminosa inferior a 10 lux a lâmpada está apagada, e para condições que a intensidade luminosa é maior que 10 lux, está acesa.

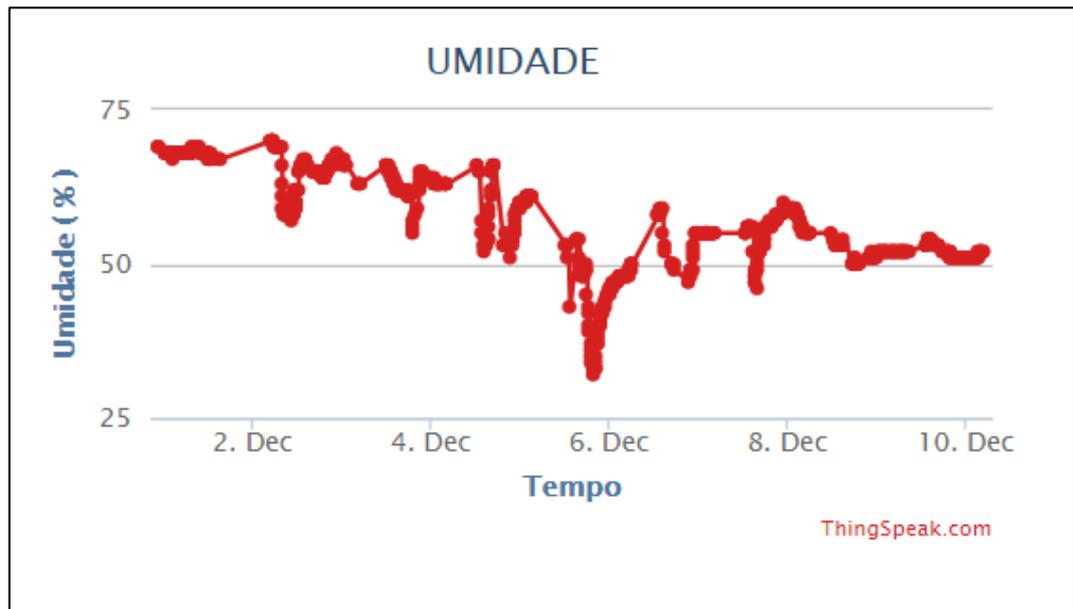
Figura 55 - Comportamento da luminosidade pelo tempo



Fonte: Os autores

Umidade: Alta: Valores maiores que 70%, Alerta: Valores menores e iguais a 20% e Ideal: Valores entre 40% e 70%. Os valores da umidade medida na sala A04, apresentou uma variação pelo fator do clima está em constante mudança, entre clima ensolarado e chuvosos, havendo uma variação bastante perceptível entre um período e outro. Não houve anormalidade nesse período analisando, sempre ficando na faixa de umidade recomendada pela Organização Mundial de Saúde, entre 40 e 70%. Ilustrada na Figura 56.

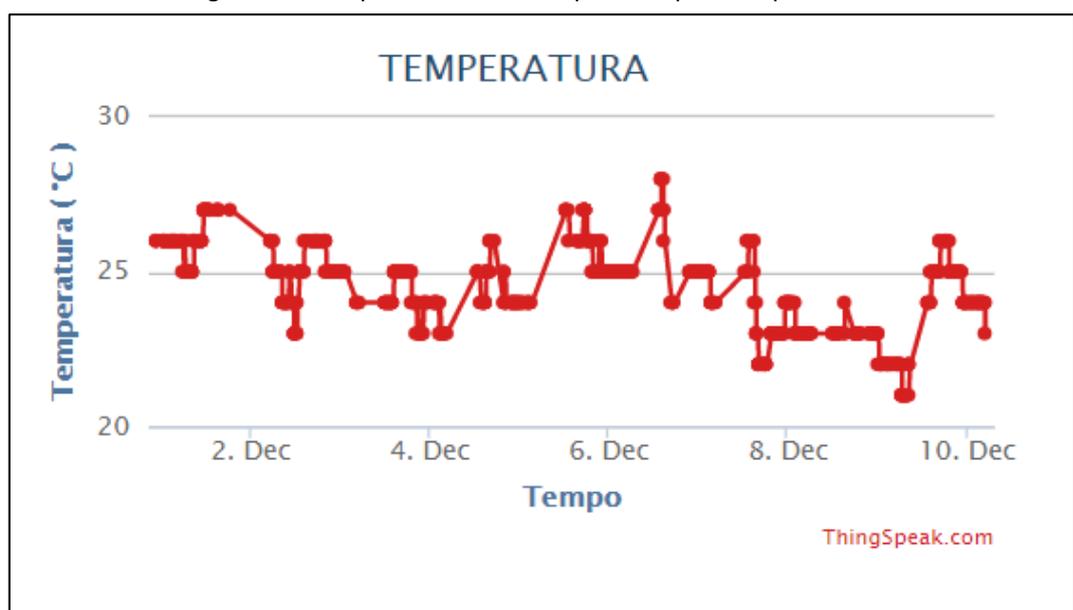
Figura 56 - Comportamento da umidade pelo tempo



Fonte: Os autores

Temperatura: Alta: Valores maiores que 27°C, Ideal: Valores entre 23°C e 26°C, Baixa: Valores menores e iguais a 22°C. Pela Figura 57, os valores de temperatura no período do dia 2 a 10 de dezembro, não apresentou anormalidade, sempre com temperaturas recomendada pela Organização Mundial de Saúde, na faixa de 23 a 26 °C.

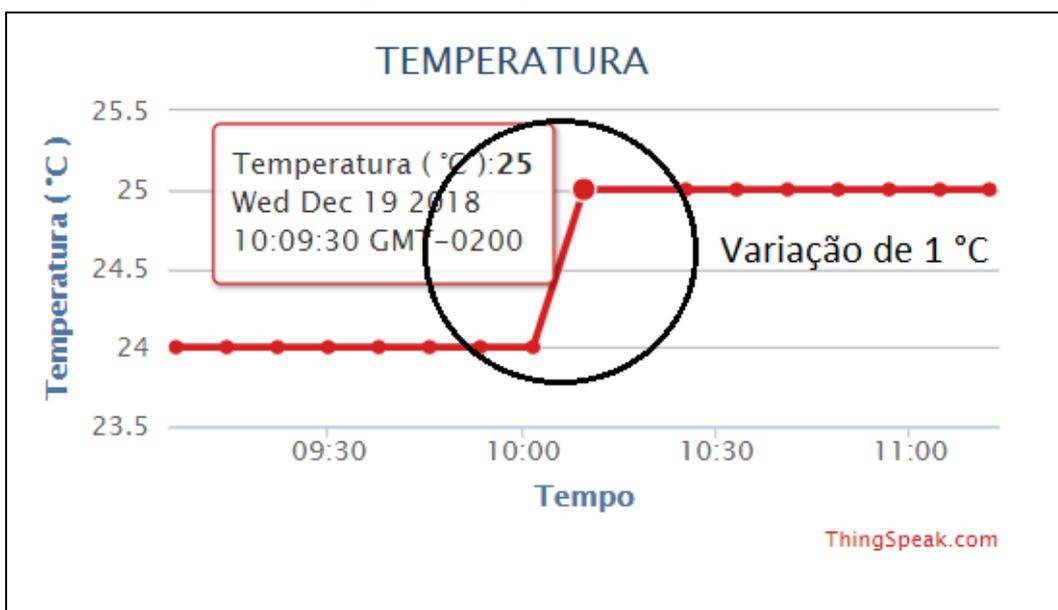
Figura 57 - Comportamento da temperatura pelo tempo



Fonte: Os autores

Ar condicionado: Caso houver uma variação muito brusca da temperatura no período de 8 minutos, entenderá que o ar condicionado está ligado, caso contrário, desligado. Nesse caso, entre um instante e outro, percebe não haver uma variação muito grande da temperatura acima de 1 °C, portanto tudo indicar que o ar-condicionado esteja, desligado.

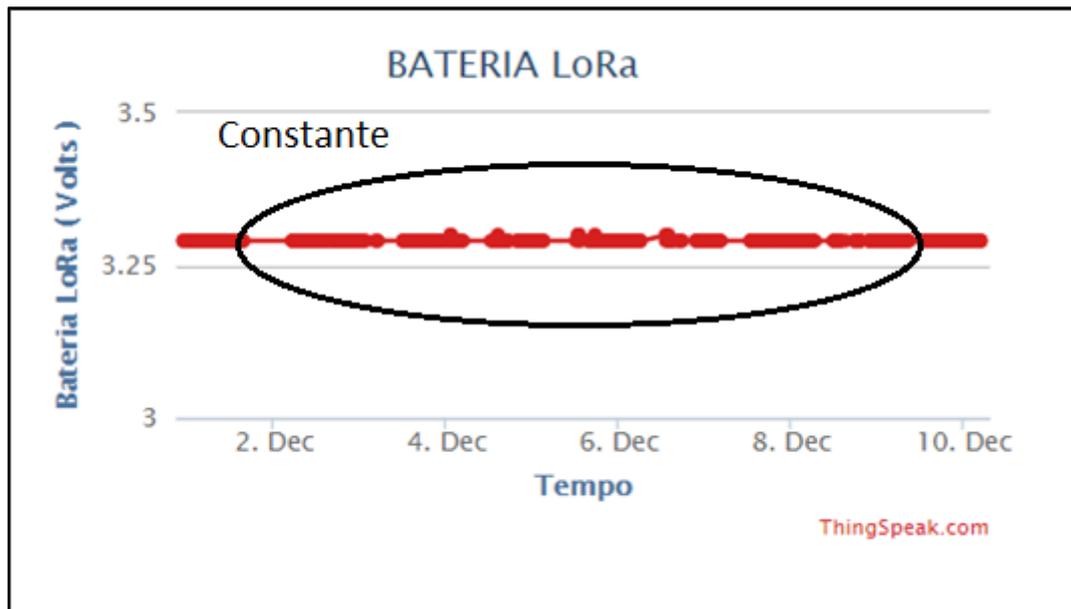
Figura 58 - Variação da temperatura



Fonte: Os autores

Bateria LoRa: Normal: Valores maiores que 2,5 V, Baixa: Valores menores que 2,5V e Vazia: Valor igual à 0 V. Pelo gráfico da Figura 59, percebe que a variação da tensão da bateria do *LoRa* é praticamente constante. Isso acontece, porque o consumo de bateria da tecnologia *LoRa* é muito baixa, não havendo variação perceptível.

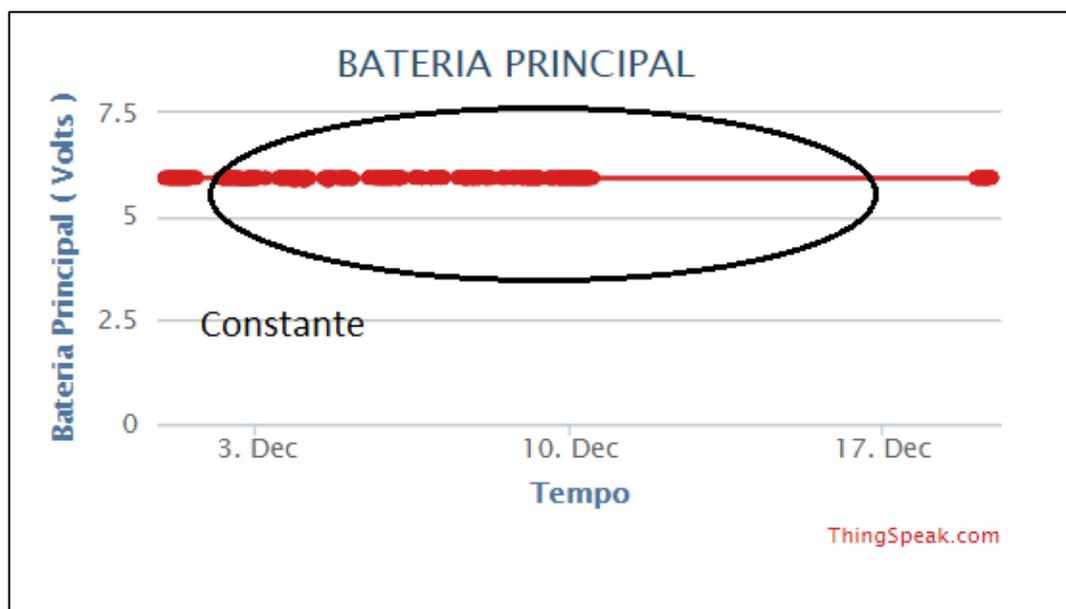
Figura 59 - Comportamento da bateria LoRa pelo tempo



Fonte: Os autores

Bateria principal: Normal: Valores maiores que 4,5 V, Baixa: Valores menores que 4,5 V e Vazia: Valor igual à 0 V. Pelo gráfico da Figura 60, indica que a tensão da bateria principal, não teve variação permanecendo quase constante. Indicando que nesse período, não houver queda de energia. Portanto a iluminação do local permaneceu na sua normalidade.

Figura 60 - Comportamento da bateria principal pelo tempo



Fonte: Os autores

4.3.4 DASHBOARD

Nesse dashboard de monitoramento, pode-se esperar umas das condições destacadas abaixo:

- Contador: Com fluxo de pessoas ou sem fluxo de pessoas;
- Luz: Acesa ou Apagada;
- Umidade: Alta, Alerta ou Ideal;
- Temperatura: Alta, Baixa ou Ideal;
- Ar Condicionando: Ligado ou Desligado;
- Bateria LoRa: Baixa, Normal ou Vazia;
- Bateria principal: Baixa, Normal ou vazia:

Figura 61 - *Dashboard* da Luz de Emergência *Smart* para os padrões definidos



Fonte: Os autores

No dashboard ilustrada Figura 62, ilustra o conjunto das ações que o fluxo de pessoas combinadas com a luminosidade e com a temperatura podem mostrar. Nas condições habituais de uso, uma lâmpada deveria está acesa, quando houvesse pessoas no local, a

mesma analogia poderia ser dita para o ar condicionado, portanto é de extrema importância ter o controle dessas variáveis, para que não haja desperdício de energia.

Figura 62 - Dashboard do fluxo de pessoas combinadas com a luminosidade e com a temperatura



Fonte: Os autores

Código de programação referente ao Fluxo e Luz:

```
if ((msg.payload[1] === " ACESA ") && (msg.payload[0] ===" SEM
FLUXO ")){

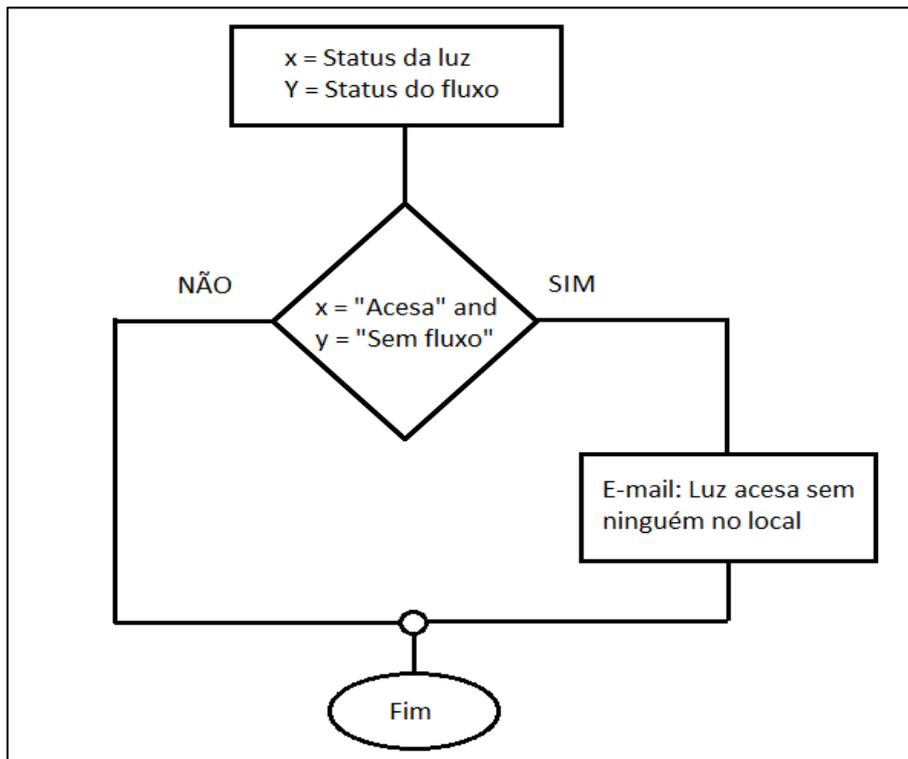
msg = {payload: " LUZ ACESA SEM NINGUÉM NO LOCAL ", topic: "LUZ
ACESA SEM NINGUÉM NO LOCAL"}}

else if ((msg.payload[0] === " ACESA ") && (msg.payload[1] ==="
SEM FLUXO ")){

msg = {payload: " LUZ ACESA SEM NINGUÉM NO LOCAL ", topic: "LUZ
ACESA SEM NINGUÉM NO LOCAL"}}

return msg;
```

Figura 63 - Fluxograma da luz acesa sem ninguém no local



Fonte: Os autores

Código de programação referente ao Fluxo e Ar condicionado:

```
if ((msg.payload[1] === " LIGADO ") && (msg.payload[0] ===" SEM
FLUXO ")){
```

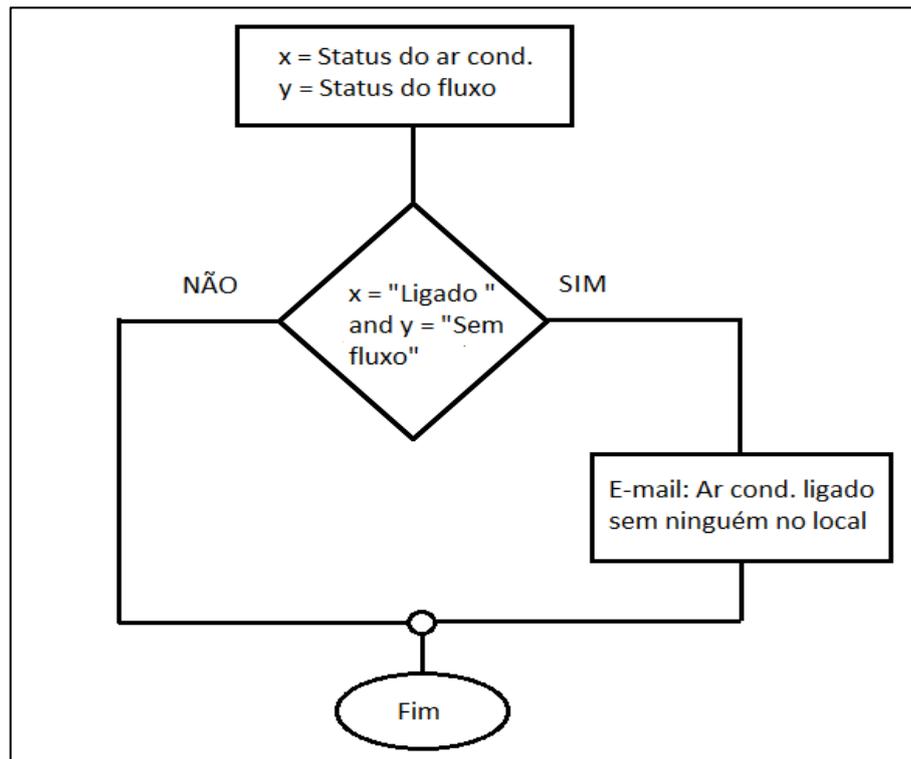
```
msg = {payload: " AR CONDICIONADO LIGADO SEM NINGUÉM NO LOCAL ",
topic: " AR CONDICIONADO LIGADO SEM NINGUÉM NO LOCAL}}
```

```
else if ((msg.payload[0] === " LIGADO ") && (msg.payload[1] ==="
SEM FLUXO ")){
```

```
msg = { payload: " AR CONDICIONADO LIGADO SEM NINGUÉM NO LOCAL
",topic: " AR CONDICIONADO LIGADO SEM NINGUÉM NO LOCAL "}}
```

```
return msg;
```

Figura 64 - Fluxograma do ar condicionado ligado sem ninguém no local



Fonte: Os autores

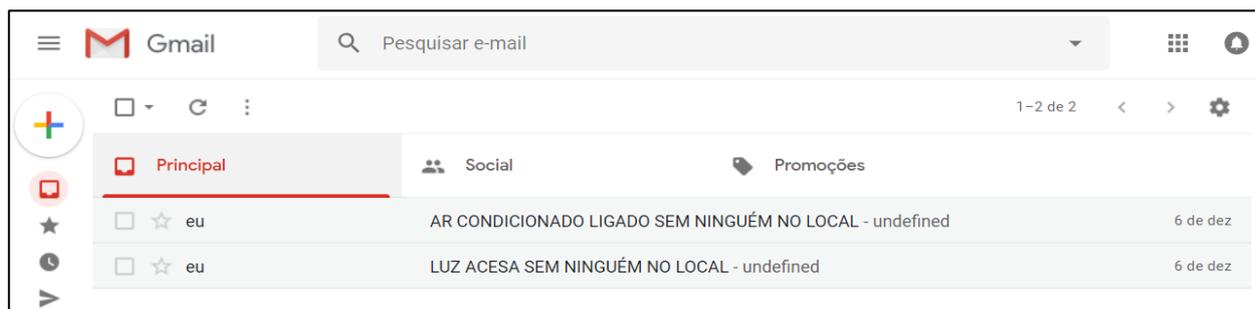
4.3.5 E-MAIL

Caso ocorra essas condições, por exemplo:

1. A lâmpada está acesa e não há fluxo de pessoas no local;
2. Ouve uma variação busca da temperatura e não há fluxo de pessoas no local;
3. Umidade: Alta ou Alerta;
4. Temperatura: Alta ou Baixa;
5. Bateria LoRa: Baixa ou Vazia;
6. Bateria principal: Baixa ou vazia.

Todos os testes citados acima geram uma ativação de alarmes, que chegará ao usuário final via e-mail, conforme a Figura 63.

Figura 65 - Alarmes disparados



Fonte: Os autores

5 CONCLUSÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os estudos teóricos e práticos apresentados pelo Trabalho de Conclusão de Curso, o uso da tecnologia *LoRa* se mostrou plenamente viável. Os resultados obtidos e analisados por meio de gráficos realizados pela plataforma *Node-RED*, demonstra que o monitoramento do ambiente é vantajoso, devido a otimização no número de intervenções humanas, melhorando o aproveitamento dos recursos e consequentemente economizando tempo e dinheiro.

A *LPWAN* possui uma excelente cobertura geográfica, tanto para áreas urbanas e rurais, com um alcance. Contribuindo para que as aplicações em *IoT* sejam atraentes, possui um baixo consumo de energia, se comparada com as outras tecnologias e com a possibilidade de servir milhares de dispositivo.

A luz de emergência por ser um equipamento obrigatório pela Norma ABNT 10898, torna-se sua instalação propicia em diversos lugares. A instalação dos sensores separadamente tornaria necessário novos investimentos em infraestrutura. Portanto a Luz de Emergência *Smart* elimina os cabeamentos, contribuindo para que o projeto seja mais viável e sem a necessidade de fazer uma modificação do ambiente.

Com o armazenamento dos dados, pode-se criar diversas possibilidades de soluções. Contabilizando o fluxo de pessoas que passam pelo local. Na indicação do estado da lâmpada, acessa ou apagada, com isso otimizando o desperdício. No acompanhamento da temperatura e umidade, com isso o desperdício é otimizado, sem que haja a necessidade do ar condicionado ficar ligado o tempo todo quando o local não está sendo utilizado e com a climatização do ambiente por demanda. Obtendo uma visão global da condição da luz de emergência, possibilitando o acompanhamento e gestão do sistema. No monitorando da descarga do *end-node* para que seja feita uma gestão de manutenção. O dispositivo pode ser monitorado e analisado de qualquer lugar, necessitando apenas da internet para acessar o *dashboard* ou uma aplicação em um *smartphone*, por exemplo.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se como trabalhos futuros:

- Criar mais soluções, utilizando outros sensores, como por exemplo: Sensor de gás, sensor de ultrassônico, sensor de áudio, entre outros.
- Criar um novo design para luz de emergência, deixando os componentes mais bem posicionados e protegidos.
- Aplicativo em Smartphones para gerenciamento de recursos e ambientes.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10898. (2013). NBR 10898: Sistema de iluminação de emergência. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT NBR 14100. (1998). NBR 14100: Proteção contra incêndio – Símbolos gráficos para projeto. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANTON-HARO, C.; DOHLER, M. Machine-to-Machine (M2M) Communications: Architecture, Performance and Applications. Woodhead Publishing Ltd, Primeira Edição, jan. 2015.

Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' thing. Publicano no RFID Journal. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/article/view/4986>>. Acesso em: 22 de junho de 2018.

BARDYN, J.-P. et al. IoT: The era of LPWAN is starting now. European Solid-State Circuits Conference, v. 42, 2016.

BIRAL, A. et al. The Challenges of M2M Massive Access in Wireless Cellular Networks. Digital Communications and Networks, v. 1, n. 1, p. 1–19, fev. 2015.

BUCKLEY, j. (2012). FROM RFID TO THE INTERNET OF THINGS: Pervasive networked systems. Disponível em: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/ka4/au_conf670306_buckley_en.pdf>. Acesso em: 22 de junho de 2018.

CENTENARO, M. et al. Long-range Communications in Unlicensed Bands: the Rising Stars in the IoT and Smart City Scenarios. CoRR, abs/1510.00620, 2015. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1510.00620.pdf>>. Acesso em: 11 de julho de 2018.

Centro de pesquisa do Instituto Mauá de Tecnologia – DET. Acesso à REST API. 2018. Disponível em: <<https://smartcampus.maua.br/wp-content/uploads/2018/03/IMT-Acesso-%C3%A0-REST-API.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.

Centro de pesquisa do Instituto Mauá de Tecnologia – DET. Acesso ao MQTTbroker. 2017. Disponível em: <<https://smartcampus.maua.br/wp-content/uploads/2018/03/IMT-Acesso-MQTT-broker.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.

Cisco (2011). Internet Business Solutions Group (IBSG). Disponível em: <https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/assets/executives/pdf/internet_of_things_iiot_ibsg_0411final.pdf>. Acesso em: 25 de junho de 2018.

Condomínios, R. D. (2015). Disponível em: <<http://www.direcionalcondominios.com.br/sindicatos/materias/item/1813-luz-de-emergencia-manutencao-previne-falhas-na-hora-h.html>>. Acesso em: 26 de junho de 2018.

COLE, Marty. "Solid-State Lighting: The New Normal in Lighting". IEEE Trans. Power Electron, pp.109-119 2015.

DEKKERS, P. LoRa, the Internet of Things. 2016. Disponível em:< <https://blog.surf.nl/en/lora-the-internet-of-things/>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.

DUCROT, N. et al. LoRa Device Developer Guide. 2016. Disponível em:< <https://partner.orange.com/wp-content/uploads/2016/04/LoRa-Device-Developer-Guide-Orange.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.

EGLI, P. R. Overview of Emerging Technologies for Low Power Wide Area Networks in Internet of Things and M2m Scenarios. Link Labs, 2015. Disponível em:< http://www.indigoo.com/dox/itdp/12_MobileWireless/LPWAN.pdf> . Acesso em: 18 jul. 2018.

ElectronicDesign. 12 Wireless options for iot/M2M: Diversity or Dilema?. 2016. Disponível em:< <https://www.electronicdesign.com/iot/12-wireless-options-iotm2m-diversity-or-dilemma>>. Acesso em: 21 de julho de 2018.

Energética, E. d. (2016). Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em: 27 de junho de 2018.

epe. Balanço Energético nacional, relatório Síntese. 2018. Disponível em:< <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>>. Acesso em: 12 de junho de 2018.

Folha de S.Paulo. Veja o cronograma do uso de fontes de energia pelo homem. 2003. Disponível em:< <https://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u9266.shtml> >. Acesso em: 18 de maio de 2018.

G-Light. LED, a melhor solução em qualidade e economia. 2016. Disponível em:< <http://www.glight.com.br/blog/led-melhor-solucao-em-qualidade-e-economia/>>. Acesso em: 6 de julho de 2018.

GSMA. gsm-technology. Europeia. 1995. Disponível em:< <https://www.gsma.com/aboutus/gsm-technology>>. Acesso em: 19 de julho de 2018.

GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. Future Generation Computer Systems, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, set. 2013.

HATAMI, A.; PAHLAVAN, K. A Comparative Performance Evaluation of RSS-Based Positioning Algorithms Used in WLAN Networks. Proc. IEEE Wireless Comm. and Networking Conf., v. 4, mar. 2005.

IBM, 2018. Disponível em:< <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/iot-mqtt-why-good-for-iot/index.htm>>. Acesso em: 20 agosto de 2018.

INEE. INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. O que é eficiência energética? Por que se desperdiça energia? Disponível em:< http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em: 19 de junho de 2018.

INGENU INC. Technology RPMA. Estados Unidos, 2008. Disponível em:< <https://www.ingenu.com/technology/rpma/>>. Acesso em: 19 jul. 2018.

Inmetro. O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Disponível em: < <http://ftp.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acesso em: 18 de julho de 2018.

KAFLE, V. P.; FUKUSHIMA, Y.; HARAI, H. Internet of things standardization in itu and prospective networking technologies. IEEE Communications Magazine, v. 54, n. 9, p. 43–49, September 2016. ISSN 0163-6804.

LAMBERTS, Roberto, et.al. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997. 192p. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2004_enegep1003_1077.pdf>. Acesso em: 27 de junho de 2018.

LECCHI, Thiago. Trabalho final de Iniciação Científica. 2015. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. Disponível em:< <https://pt.slideshare.net/thiagolecchi/sistema-smart-grid-de-telemetria-no-invasiva-para-monitoramento-de-consumo-deteco-e-comunicacao-de-anomalias-e-fraudes-de-energia-utilizando-tecnologia-arduino>>. Acesso em: 18 de junho de 2018.

LINK LABS INC. A Comprehensive Look At Low Power, Wide Area Networks. Annapolis, MD, 2016. Disponível em:< <http://info.link-labs.com/hubfs/LPWAN-Brochure-Interactive.pdf>>. Acesso em: 18 de julho de 2017

LORA ALLIANCE TECHNICAL MARKETING WORKGROUP. LoRaWAN. What is it? A technical overview of LoRa R and LoRaWANTM. San Ramon, CA, 2015. Disponível em: < <https://www.lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/what-is-lorawan.pdf> >. Acesso em: 11 de julho de 2018.

MATCHX. LoraWAN in Europe, US, Korea, Australia, India and New Zealand. 2017. Disponível em:< <http://matchx.io/developers/blog> >. Acesso em: 20 de julho de 2018.

MIORANDI, D. et al. Internet of things: Vision, applications and research challenges. Ad Hoc Networks, v. 10, n. 7, p. 1497–1516, set. 2012.

Nery, Noberto. Instalações elétricas: Princípios e aplicações. 2.ed. São Paulo: Érica, 2012.

NOKIA. LTE-M – Optimizing LTE for the Internet of Things White Paper. 2015. Disponível em: <<https://novotech.com/docs/default-source/default-document-library/lte-m-optimizing-lte-for-the-internet-of-things.pdf?sfvrsn=0>>. Acesso em: 12 de julho de 2018.

Normas de Segurança Contra Incêndio – NSCI, editadas pelo Decreto 4909, de 18 de outubro de 1994.

PAHLAVAN, K.; LI, X.; MÄKELÄ, J.-P. On the CRLB of TDOA/FDOA estimation from MIMO signals. IEEE Communications Magazine, v. 40, n. 2, p. 112–118, fev. 2002.

PALATTELLA, M. R. et al. Internet of things in the 5g era: Enablers, architecture, and business models. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, IEEE, v. 34, n. 3, p. 510–527, 2016.

PETÄJÄJÄRVI, J. et al. Evaluation of lora lpwan technology for remote health and wellbeing monitoring. 2016 10th International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT), IEEE, Worcester, MA, USA, v. 1, n. 1, p. 1–5, mar. 2016.

PIELLI, C. et al. Platforms and Protocols for the Internet of Things. Endorsed Transactions on Internet of Things, v. 15, n. 1, out. 2015.

Review, T. (2016). 10 Emerging Technologies That Will Change the World. Disponível em: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/06/top-10-emerging-technologies-2016/>>. Acesso em: 26 de junho de 2018.

R3 técnica. Luminária de LED Alto brilho Vs. Vapor de sódio. 2014. Disponível em: <<http://www.r3brasil.com.br/2014/06/luminaria-em-led-alto-brilho-vs-vapor.html>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.

Santos, V. n. (2005) Luz de emergência precisa de manutenção periódica. Disponível em: <<http://www.sicon.org.br/leis-e-jurisprudencia/5587-luz-de-emergencia-precisa-de-manutencao-periodica>>. Acesso em: 24 de junho de 2018.

SEMTECH. AN120.22 LoRa Modulation Basics. [S.l.], 2015. Disponível em: <<https://www.semtech.com/uploads/documents/an1200.22.pdf>>. Acesso em: 19 julho de 2018.

SIGFOX. Sigfox Geolocation Flyer. Labège, França, 2009. Disponível em: <<https://www.sigfox.com/sites/default/files/Sigfox%20Geolocation%20Flyer%20Digital%20A4.pdf>>. Acesso em: 19 de julho de 2018.

Smart Campus Mauá. 2018. Disponível em: <<https://smartcampus.maua.br/>>. Acesso em: 20 de julho de 2018.

TRIVIÑOS, A. N. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa*. São Paulo : Atlas

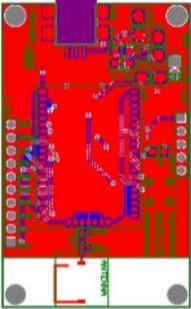
VANGELISTA, L.; ZANELLA, A.; ZORZI, M. Long-range iot technologies: The dawn of loraTM. jan. 2015.

WOLFRAM, M. Deconstructing smart cities: an intertextual reading of concepts and practices for integrated urban and ict development, Leibniz Institute of Ecological Urban and Regional Development, 2012.

ZANELLA, A. et al. . . 2014. *Internet of Things for Smart Cities*. *IEEE Internet of Things Journal*.

ANEXO D – LAYOUT

INSTITUTO MAUA DE TECNOLOGIA	
Layer Stack Up Detail for: LORANODE v2	
Rev.: 1.0	
Top Layer	MASCARA ANTI-SOLDA : AZUL
	SERIGRAFIA : BRANCO
	MATERIAL : FR-4 (1.6mm)
	COBRE BASE : 35 um (1oz)
Bottom Layer	ACABAMENTO : HOT AIR LEVELING
	METALIZACAO DO FURO : Cu (35um) + SnPb



ANEXO E – LISTA DE COMPONENTES

Description	Designator	Encapsulamento	Footprint	Obs	Quantity	Valor	Value
Capacitor de tântalo	C1		CASE-A		1	10uF ; 6V3	
Capacitor de tântalo	C2		CASE-A		1	10uF ; 6V3	
Capacitor Cerâmico SMD	C3	0402	0402		1	100nF	
Capacitor Cerâmico SMD	C4	0402	0402		1	100nF	
Capacitor Cerâmico SMD	C5	0402	0402		1	100nF	
Capacitor de tântalo	C6		CASE-A		1	10uF ; 6V3	
Capacitor Cerâmico SMD	C7	0402	0402		1	100nF	
Capacitor de tântalo	C8		CASE-A		1	10uF ; 6V3	
Capacitor de tântalo	C9		CASE-A		1	10uF ; 6V3	
Capacitor de tântalo	C10		CASE-A		1	10uF ; 6V3	
Capacitor de tântalo	C11		CASE-A		1	10uF ; 6V3	
Capacitor Cerâmico SMD	C12	0402	0402		1	100nF	
Capacitor Cerâmico SMD	C13		0402		1		100nF
Capacitor Cerâmico SMD	CB1		0402		1		0R
Header, 5-Pin	CN1		HDR1X5		1		
Header, 10-Pin	CN2		HDR1X10		1		
Led	D1	0805	LED 0805 AM		1	VD	
Led	D2	0603	LED 0603 AM		1	STATUS - VM	
Led	D3	0603	LED 0603 AM		1	STATUS - VD	
Antenna PCI LoRa	E1		HADA31 TAOGLAS		1		
USB On-The-Go (OTG) Mini-B Receptacle, Right Angle, SMT, 0.80mm (.031") Pitch, Solder Tabs with Back Cover, Recessed Type	J1		481900001		1		
Header, 2-Pin	P1		HDR1X2		1		
Transistor NPN	Q1		SOT23-3N FAIRCHILD		1		
Resistor	R1	0402	0402		1	100K ; 5%	
Resistor	R2	0402	0402		1	100K ; 5%	
Resistor	R3	0402	0402		1	100K ; 5%	
Resistor	R4	0603	0402 - RESISTOR		1	1K ; 5%	

Resistor	R4	0603	0402 - RESISTOR		1	1K ; 5%	
Resistor	R5	0402	0402		1	470R ; 5%	
Resistor	R6	0402	0402		1	2K2 ; 5%	
Resistor	R7	0402	0402		1	470R ; 5%	
Resistor	R8	0402	0402		1	100K ; 5%	
Resistor	R9	0603	0402 - RESISTOR		1	1K ; 5%	
Resistor	R10	0603	0402 - RESISTOR		1	10K ; 5%	
Resistor	R11	0402	0402		1	NC	
Resistor	R12	0402	0402		1	NC	
Resistor	R13	0402	0402		1	100K ; 5%	
Microcontrolador PIC	U1	TQFP-64	TQFP-64_MICROCHIP		1	PIC24FJ128GA306-I/PT	
Miniature Single-Cell, Fully Integrated Li-Ion, Li-Polymer Charge Management Controller, 4.2V, 5-Pin SOT-23, Industrial Temperature, Tape and Reel	U2		SOT-23-OT5_N		1		
Regulador de tensão	U3	SOT-89	SOT23-3N - MCP1700X		1		
LORA Transceiver	U4		RN2903		1	RN2903	