UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

Willian Reginato Este

INTERNET DAS COISAS: TECNOLOGIAS HABILITADORAS E *WORKFLOW*

São Paulo
2019

Willian Reginato Este

INTERNET DAS COISAS: TECNOLOGIAS HABILITADORAS E WORKFLOW

Versão Revisada

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em ciências.

Área de Concentração:
Sistemas de Potência

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mario Dias.

São Paulo
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Este, Willian Reginato

Internet das coisas: tecnologias habilitadoras e workflow / W. R. Este --
versão corr. -- São Paulo, 2019.

102 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1.Internet das coisas 2.IoT 3.Arquiteturas 4.Tecnologias 5.Workflow
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de
Engenharia de Energia e Automação Elétricas II.t.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Edmir e Isabel, pelo apoio incondicional em todas as fases de minha vida, à minha irmã Thais e demais familiares e amigos que compartilharam esta jornada comigo.

Ao professor doutor Eduardo Mário Dias, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante o trabalho.

Aos membros da banca examinadora do exame de qualificação e colegas do GAESI pelas contribuições que auxiliaram no desenvolvimento deste estudo.

Ao amigo Eduardo Facchini, companheiro de elucidações, e a todos colegas de trabalho e projetos que colaboraram de maneira direta ou indireta para o desenvolvimento deste trabalho.

Muito obrigado.

RESUMO

A *Internet* das coisas (IoT) é um paradigma consolidado por recentes avanços tecnológicos, que possibilita a identificação e medição de muitas atividades, agregando facilidade, rapidez e eficiência das mesmas, sejam elas realizadas por humanos ou máquinas de, praticamente, qualquer setor que se deseje. Contudo, um dos principais desafios para que soluções de IoT sejam desenvolvidas com sucesso consiste no processo de escolha e integração entre diversas tecnologias que, necessariamente, serão parte de tais soluções. Este estudo tem como objetivo identificar as tecnologias habilitadoras comuns de soluções de IoT por meio da análise qualitativa de diferentes propostas de arquiteturas, que serão as principais fontes para orientar o desenvolvimento de um *workflow* com macropassos. Delineou-se um conjunto de tarefas que visa auxiliar o processo de escolha de tecnologias para soluções de IoT, sendo apresentado, posteriormente, o uso do *workflow* aplicado a uma solução para automação, gestão e controle de estufas, através da monitoração de parâmetros vitais para este ambiente. O método utilizado consistiu na busca de fontes bibliográficas constituída por artigos, dissertações e teses via palavras-chave, definindo, assim, as questões de pesquisa a que este trabalho busca endereçar. Foram encontrados como resultado 95 trabalhos entre artigos, dissertações e teses e, por critérios de inclusão e exclusão, 76 foram suprimidos, selecionando, assim, o total de 19 trabalhos ao final do processo. A conclusão é de que o *workflow* mostrou-se apto a apoiar na escolha inicial de tecnologias e desenvolvimento da solução em alto nível, porém apresentou-se insuficiente para detalhamento técnico minucioso da solução.

Palavras-chave: *Internet* das coisas; IoT; Arquiteturas; Tecnologias; *Workflow*.

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is a paradigm consolidated by recent technological advances, which enables the identification and measurement of many activities, aggregating their ease, speed and efficiency, whether performed by humans or machines from virtually any sector. However, one of the key challenges for successfully developing IoT solutions is the process of choosing and integrating various technologies that will necessarily be part of such solutions.

This study aims to identify the common enabling technologies of IoT solutions through the qualitative analysis of different architecture proposals, which will be the main sources to guide the development of a workflow with macro steps. A set of tasks was designed to assist the process of choosing technologies for IoT solutions, and then the use of workflow applied to a solution for automation, management and control of greenhouses, through the monitoring of vital parameters for this environment. The method used consisted of searching bibliographic sources consisting of articles, dissertations and theses via keywords, thus defining the research questions to which this paper seeks to address. Ninety-five papers were found among articles, dissertations and theses and, by inclusion and exclusion criteria, 76 were deleted, thus selecting a total of 19 papers at the end of the process. The conclusion is that the workflow was able to support the initial choice of technologies and high-level solution development, but was insufficient for thorough technical detailing of the solution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Buscas por IoT	11
Figura 2 - Tecnologias emergentes	12
Figura 3 - Arquitetura para soluções de IoT com base em nuvem	17
Figura 4 - Arquitetura heterogênea para soluções de IoT	19
Figura 5 - Arquitetura IoT composta por redes de sensoriamento, encaminhamento e análises	21
Figura 6 - Arquitetura genérica com <i>Edge Computing</i>	22
Figura 7 - Arquitetura de dispositivos inteligentes	26
Figura 8 - <i>Policing e Shaping</i>	32
Figura 9 - Visão geral do MQTT	35
Figura 10 - Método de transferência de mensagens HTTP e CoAP	37
Figura 11 - Componentes de um centro de dados	39
Figura 12 - Diferença entre <i>cloud</i> privada e <i>cloud</i> pública	43
Figura 13 - Modelos de serviço na <i>cloud</i>	45
Figura 14 - Uso de redes sociais por faixa etária	47
Figura 15 - Fases de um <i>Workflow</i>	54
Figura 16 - Simbologia do <i>Workflow</i>	57
Figura 17 - Macropassos do <i>Workflow</i> : Análise de necessidade	57
Figura 18 - Macropassos do <i>Workflow</i> : Determinar o que sensoriar	58
Figura 19 - Macropassos do <i>Workflow</i> : Definir dispositivo inteligente	59
Figura 20 – Subprocesso: Definir o dispositivo inteligente	59
Figura 21 - Macropassos do <i>Workflow</i> : Definir dispositivo inteligente	61
Figura 22- Macropassos do <i>Workflow</i> : Avaliar modelo de implementação para serviço de <i>cloud</i>	62
Figura 23 - Macropassos do <i>Workflow</i> : Avaliar modelo de implementação para serviço de <i>cloud</i>	63
Figura 24 - Macropassos do <i>Workflow</i> : Definir repositório e análise de dados	65
Figura 25 - Subprocesso: definir repositório e análise de dados	65
Figura 26 - CUBE	72
Figura 27 - Plataforma EUGENIO: condições ambientais	78
Figura 28 - Plataforma EUGENIO: histórico de dados	78
Figura 29 - Arquitetura detalhada da Estufa	80
Figura 30 - Arquitetura da estufa	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sistemas operacionais comuns utilizados em IoT	28
Tabela 2 - Comparação entre tecnologias de comunicação	29
Tabela 3 - Comparação de mensagens HTTP e MQTT	35
Tabela 4 - Relação entre tecnologia e atividades	46
Tabela 5 - Banco de dados relacional.....	50
Tabela 6 - Sensores para medição da estufa	71

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 1 - ANÁLISE DAS ARQUITETURAS DE INTERNET DAS COISAS	16
1.1. Arquiteturas	17
1.2. Camadas comuns	23
CAPÍTULO 2 – TECNOLOGIAS HABILITADORAS POR CAMADA	25
2.1. Sensoriamento	25
2.1.1. Dispositivos Inteligentes	26
2.2. Redes	30
2.2.2. Protocolos de aplicação	32
2.3. Computação em nuvem	37
2.3.1. Características essenciais	40
2.3.2. Modelos de implantação	41
2.3.3. Modelos de serviço	43
2.4. Concentração e análise de dados	45
2.4.2. Armazenamento e análise de dados	50
CAPÍTULO 3– ESTRUTURAÇÃO DO <i>WORKFLOW</i>	53
3.1. Conceituação	53
3.2. Projeto do <i>workflow</i>	55
3.3. Instanciação do <i>workflow</i>	56
3.4. <i>Workflow</i> proposto	57
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DO <i>WORKFLOW</i> COM BASE EM UM CASO DE USO	67
4.1 Análise de Necessidade	67
4.2 Determinação sobre o que sensoriar	68
4.3 Definição de dispositivos	69
4.4 Definição de <i>gateway</i>	72
4.5 Definição de modelo de serviço e implantação na <i>Cloud</i>	74
4.6 Definição de repositório e análise de dados	76
4.7. Arquitetura do caso de uso	79
4.8. Análise Pós-Execução	81
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
5.1. Conclusões	82
5.2. Trabalhos futuros	83
REFERÊNCIAS	84
ANEXOS	89

INTRODUÇÃO

Nesta sessão, são apresentados ao leitor os objetivos da pesquisa realizada, conceitos teóricos que a fundamentaram, contextualização da Internet das Coisas (IoT), a metodologia empregada e a justificativa de sua relevância para a área das soluções de IoT, bem como a organização do corpo da dissertação.

A presente dissertação expressa o interesse do autor pela relevância de se disponibilizar informações sobre as tecnologias comumente utilizadas em soluções de IoT, tendo em vista o atual contexto tecnológico e de mercado que se encontra em franca expansão e que aqui será apresentado em suas linhas gerais. Da mesma forma, as tecnologias elencadas por processos macro de escolha dentro de uma complexa e diversa rede de relações entre as que têm sido empregadas em soluções de IoT serão expostas e analisadas.

De acordo com Fernandes (2009), nas últimas décadas o desenvolvimento tecnológico, oriundo das necessidades humanas e responsável pelas mais diversas invenções, avançou de forma vertiginosa. Aos seus efeitos estão sujeitos tanto os cidadãos comuns quanto os grupos empresariais. No que tange às organizações empresariais, coloca-se o desafio de buscar destaque no mercado e crescer, ampliando seu poder de qualidade e competitividade. Para isso, é necessário investir em inovação ou até mesmo repensar modelos de negócios.

Especificamente em relação à inovação tecnológica, Porter (2014) considera tratar-se de uma combinação entre as necessidades da sociedade e as demandas do mercado, que resulta na transformação de conhecimento em produtos, processos e serviços que possam ser inseridos nesse mesmo mercado. As atividades de inovação envolvem os passos científicos, tecnológicos, organizacionais, financeiros, comerciais, sociais e, inclusive, o investimento em novos conhecimentos que levem à introdução de produtos ou processos tecnologicamente avançados ou substancialmente melhorados.

Fernandes (2009) ainda enfatiza que a inovação tecnológica é um dos fatores que mais representa um diferencial competitivo: empresas que desenvolvem tecnologias são, hoje, as que mais se destacam no mercado.

Saes (2012) afirma que inovar demanda conhecimento, adaptações, tempo, prática e investimentos, juntamente com uma série de competências tecnológicas e mercadológicas. Se, por um lado, isso implica investimento financeiro e de tempo, por outro, é potencialmente gerador de vantagens competitivas para empresas a médio e longo prazos, com reflexos positivos para a sociedade.

É aqui que entram as soluções de IoT para trazer inovação a distintos segmentos, mais informações sobre processos e agregar maior qualidade aos produtos e serviços, captando, intermediando e processando os dados, a fim de transformá-los em informação relevante.

A Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT) é uma infraestrutura global e dinâmica que pode ser utilizada para rastrear ou monitorar pessoas, processos, objetos (carros, televisores, câmeras, aeroportos, cidades, entre outras inúmeras probabilidades) e seus respectivos dados, com chances de ser aplicada a setores como o agrícola, o hospitalar e o industrial, por exemplo, criando condições para a identificação e a mediação entre muitas atividades, quer sejam elas realizadas por humanos ou por máquinas.

Embora seja atualmente considerada parte importante do percurso dos avanços tecnológicos, um dos principais desafios para que soluções de IoT sejam desenvolvidas com sucesso consiste no processo de escolha das diversas tecnologias da informação que, necessariamente, serão parte de tais soluções. Essa dificuldade instigou o interesse pelo tema desta pesquisa e veio a configurar, justamente, o objetivo geral do trabalho aqui apresentado: identificar e detalhar as principais tecnologias que constituem soluções de IoT por meio da análise qualitativa de diferentes propostas de arquitetura. Quanto aos objetivos específicos, consistiram em apresentar arquiteturas e um *workflow* que oriente os macropassos de escolha das tecnologias para implementação destas soluções.

A seguir, são apresentados ao leitor aspectos relacionados à contextualização da IoT, assim como a sua relevância para o cenário sócio-histórico, tecnológico e econômico atual.

O termo IoT surgiu em meados de 1999, a partir da ideia do pesquisador britânico Kevin Ashton, do Massachusetts *Institute of Technology* (MIT). (FINEP, 2015); porém, popularizou-se apenas recentemente, encontrando-se

em processo de franca expansão. Essa expansão pode ser evidenciada pela Figura 1, extraída do *Google Trends* (ferramenta que expressa o interesse em determinadas palavras-chave no decorrer do tempo, utilizando como base o histórico de pesquisas realizadas via seu mecanismo de busca extremamente popular):

Figura 1 - Buscas por IoT

Fonte: Google Trends (2017)

A imagem evidencia que o interesse de busca global pelo termo “IoT” começou a ser mais evidente no início de 2014, o que nos permite considerá-lo como um jovem conceito. Mesmo assim, segundo estudo da Cisco Systems (2013), a IoT é projetada para gerar 14 trilhões de dólares (US\$) por meio da combinação de aumento de receitas e necessidade de redução de custos para o setor privado como um todo, entre 2013 a 2022.

Plataformas de IoT estão posicionadas com alta expectativa e são consideradas como gatilho para inovações devido ao poder que soluções delas decorrentes podem atingir para impulsionar variados setores. Conforme ilustra a Figura 2, o Gartner (2016) estimou que plataformas de IoT levariam entre cinco e dez anos para serem adotadas pelo mercado.

Figura 2 - Tecnologias emergentes

Fonte: Gartner (2016)

Segundo pesquisa realizada pela VANSON BOURNE (2017), IoT é prioridade número 1 para 92% das organizações que almejam a transformação digital. Melhoria da capacidade de entrega de serviços (47%), maior segurança em toda a organização (46%) e maior produtividade da força de trabalho (45%) foram identificadas como as três principais vantagens a serem obtidas com a implantação de soluções baseadas em IoT.

Alguns desafios e preocupações, no entanto, devem ser enfrentados. Quanto a isso, segundo pesquisa realizada pela VANSON BOURNE (2017), cerca de 45% de altos executivos das áreas industrial, comercial e da saúde citam a falta de habilidades como um desafio específico para sua organização na implantação da IoT, enquanto 29% concordam com a afirmação de que as questões de conectividade afetam suas implantações de IoT antes mesmo de começarem.

Em relatório técnico, a HP (2015) registra que 70% dos dispositivos IoT apresentam graves falhas de segurança e estão bastante suscetíveis a ataques. Grande percentagem deve-se ao fato de os dispositivos recolherem

alguns tipos de informações pessoais, como nome, moradia, data de nascimento, informação sobre saúde e números de cartão de crédito.

O mesmo relatório apresentou dados de análise de dez tipos de dispositivos IoT mais comuns, incluindo televisores, *webcams*, alarmes residenciais, termostatos domésticos, entre outros, todos ligados a algum tipo de *cloud computing*, bem como a aplicações *mobile*, que permitem o controle remoto. Foram encontradas, em média, 25 vulnerabilidades em cada elemento tecnológico, totalizando, aproximadamente, 250 vulnerabilidades. No conjunto total, encontram-se falhas de falta de criptografia no transporte da informação, *interface Web* insegura, mecanismos de autorização insuficientes, *firmwares* inseguros e proteção de *software* inadequada.

He e Xu (2014) consideram que as integrações são um desafio e devem ocorrer em todas as camadas da solução, a fim de viabilizar sistemas heterogêneos e funcionais.

Ainda conforme os mesmos autores, a operação de sistemas de IoT geralmente é distribuída por meio de vários dispositivos e requer a cooperação de diferentes partes para funcionar corretamente. Além disso, as aplicações e dispositivos podem ser desenvolvidos e disponibilizados por diversos fornecedores, com diferentes linguagens de programação, formatos e protocolos. Esforços de integração significativos são necessários para aprimorar e aumentar a interoperabilidade desses aplicativos e dispositivos, o que corrobora a ideia de que a escolha correta de tecnologias é um fator fundamental para o desenvolvimento e manutenção de soluções de IoT.

Yaqoob et al. (2017) citam como principais desafios técnicos a interoperabilidade em soluções IoT, relacionados à preocupação de disponibilização de recursos dos dispositivos, e coexistência de inúmeros protocolos e padrões.

Mais recentemente, com a expansão do acesso à Internet e a evolução de diversas tecnologias e meios de transmissão, os conceitos da IoT passaram a ser cada vez mais difundidos, possibilitando a elaboração de soluções que venham a proporcionar maiores informações a seus usuários.

A IoT é vista com bons olhos em variados setores quando focada na busca por soluções que visem a sustentabilidade, como em sensores no sistema elétrico que desativam toda a alimentação, quando não há ninguém no

local, trazendo ganhos econômicos e ambientais; ou em soluções que visem a qualidade de produção, com sensores que identifiquem de forma preditiva a necessidade de manutenção de uma peça em uma cadeia de produção.

Considerando tudo o que pode ser conectado à Internet, onde o “tudo” faz referência a pessoas, processos, coisas (carros, televisores, câmeras, aeroportos, cidades, entre outras inúmeras possibilidades) e seus respectivos dados, podemos entender que, segundo Porter (2014) para qualquer solução de IoT é necessário aplicar os conhecimentos e processos do segmento em foco para obtenção de dados cruciais. Por exemplo: para uma solução de IoT no ramo automotivo ou “automóvel conectado”, é preciso conhecer o trânsito e suas normas e assimilar informações sobre o veículo (seus componentes e tecnologias embarcadas, passageiros e cargas). Para uma solução de IoT no aeroporto, faz-se necessário conhecimento sobre operações de voo, companhias aéreas, tempo de embarque de passageiros, processo logístico para bagagens e aeronaves, procedimentos relacionados à segurança e serviços ofertados, entre outros.

Assim, usuários de vários setores podem estar no lugar certo, na hora certa e com ferramentas ou informações disponíveis para uma determinada ação. Desse modo, IoT não trata apenas de conectividade, mas também de qual forma utilizar dados obtidos por meio de dispositivos dentro de um contexto que venha a auxiliar um processo, a melhor subsidiar uma decisão ou a automatização de um comando. A real importância da solução está diretamente ligada a como os dados obtidos podem agregar valor aos produtos, serviços ou processos.

Neste estudo, em termos de abordagem, foi realizado um trabalho qualitativo, visando orientar a formulação de hipóteses sobre tecnologias comuns para fundamentar a apresentação de um *workflow*, capaz de descrever os macropassos de escolha das tecnologias para soluções de IoT.

Quanto à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois foi voltada à resolução de problemas relacionados ao mapeamento e escolha de tecnologias por meio da aplicação do *workflow* proposto em um caso de uso empregado para automação, gestão e controle de uma estufa.

Não foram considerados neste escopo fatores de escolha relacionados a treinamento e capacitação de equipes, questões culturais e particularidades de

segmentos em específico, dentre outras variáveis que possam ser encontradas.

Isto posto, a seguir é apresentada ao leitor a organização do corpo da dissertação.

O primeiro capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre como se compõem soluções de IoT, sendo feita a análise de diferentes arquiteturas de IoT, visando mapear as tecnologias que geralmente compõem tais soluções.

O capítulo dois detalha as tecnologias comuns com base nas camadas comuns identificadas, a fim de se obter maiores informações para o processo de escolha.

Em seguida, o capítulo três conceitua o mapeamento de processos, propondo um *workflow* que visa organizar de forma macro e com passos mínimos a escolha de tecnologias.

O quarto capítulo apresenta a aplicação do *workflow* em um caso de uso de automação, gestão e controle de estufas.

No quinto capítulo, o leitor encontrará as considerações finais sobre o trabalho e perspectivas para pesquisas futuras.

CAPÍTULO 1 - ANÁLISE DAS ARQUITETURAS DE INTERNET DAS COISAS

Este capítulo visa apresentar distintos modelos de arquitetura para soluções de Internet das coisas. Buscando referências teóricas que pudessem contribuir para a coleta de informações sobre a temática da pesquisa, optou-se por fazer uma análise do referencial teórico sobre arquiteturas de IoT localizadas na base de dados *Web of Science*, por meio do processo de seleção com uso de *strings* de busca de títulos - “*Internet Of Things Architecture*” ou “*IoT Architecture*”, “*Internet of Things Survey*” ou “*IoT Survey*”, ou “*Internet of Things Enabling Technologies*”, entre os anos de 2014 e 2019, com quantidade de citações superior a 50. Essa pesquisa é relevante para o contexto do trabalho pois visa apresentar ao leitor quais funções cada camada exerce, além de ilustrar onde determinadas tecnologias estão posicionadas.

Essa etapa foi dividida em três fases conforme proposta de revisão bibliográfica de Egídio (2018): a primeira fase (F1) foi a leitura dos 21 títulos, resumos e palavras-chave, em que foram excluídos 10 trabalhos por questões de escopo relacionado aos objetivos deste trabalho; os 11 trabalhos restantes passaram para segunda fase (F2), que consistiu na leitura de suas introduções e conclusões, sendo que 1 trabalho foi eliminado por questões de escopo relacionado aos objetivos deste trabalho. Os 10 trabalhos identificados como válidos perante o contexto procurado pelo autor para o desenvolvimento deste estudo passaram por uma leitura completa, sendo esta, a última fase (F3). A lista de artigos avaliados encontra-se disponível no anexo B desta dissertação.

Como referencial adicional a este trabalho, buscando maior abrangência sobre pesquisas relacionadas à Internet das Coisas, também foi realizado o levantamento das dissertações e teses na base de dados da Capes por meio do processo de seleção com uso de *strings* de busca “IoT”, com filtros de publicações entre os anos de 2014 e 2019, na grande área de conhecimento de “Engenharias” e área de conhecimento em “Engenharia elétrica” da área de concentração “Engenharias IV”. Ao todo, foram analisados 74 trabalhos acadêmicos relacionados ao escopo desta dissertação.

Esta etapa foi dividida em três fases conforme proposta de revisão bibliográfica de Egídio (2018): a primeira fase (F1) foi a leitura dos 74 títulos,

resumos e palavras-chave, em que foram excluídos 54 trabalhos por questões de escopo relacionado aos objetivos deste trabalho. Os 20 trabalhos restantes passaram para a segunda fase (F2), que consistiu na leitura de suas introduções e conclusões; nesse momento, 11 trabalhos foram suprimidos por questões de escopo relacionado aos objetivos deste estudo. Os 9 trabalhos identificados como válidos perante o contexto procurado pelo autor para o desenvolvimento deste projeto passaram por uma leitura completa, sendo esta a última fase (F3).

A lista de dissertações e teses avaliadas encontra-se disponível no anexo C deste trabalho.

1.1. Arquiteturas

Para conectar centenas, milhares ou milhões de dispositivos, uma arquitetura flexível, escalável, segura e performática faz-se necessária. É possível encontrar uma diversidade de propostas de arquiteturas. Abaixo serão apresentados alguns modelos por meio dos artigos avaliados.

REN *et al.* (2017) apresentam uma arquitetura para soluções de IoT com base em nuvem, conforme Figura 3 abaixo:

Figura 3 - Arquitetura para soluções de IoT com base em nuvem

Fonte: REN *et al.* (2017)

Cada camada é composta por diferentes dispositivos e desempenham funções diferentes. São elas:

- **Camada de Usuário Final:** é composta por uma grande variedade de dispositivos, como: sensores, itens vestíveis como relógios, camisas, veículos, entre outros, todos fornecendo serviços ou obtendo dados para os usuários finais. (REN *et al.*, 2017)

Em algumas literaturas, como citada por Abdelwahab *et al.* (2014), essa camada também pode ser denominada de *Fog*.

- **Camada de Servidor de Borda:** é responsável por distribuir funções de computação, controle e armazenamento para os dispositivos do usuário final. Os elementos dessa camada são chamados de *gateways* e podem ser roteadores, computadores, entre outros, dependendo da solução aplicada. (REN *et al.*, 2017)

O *gateway* agrega os dados coletados dos dispositivos da camada *fog* e é responsável por funcionalidades avançadas como: aplicação de políticas de Qualidade de Serviço (QoS), atualização de *firmware* e segurança.

- **Camada de Centro da Rede:** é o núcleo da tecnologia de comunicação de longa distância, WAN (*Wide Area Network*), utilizada para soluções de IoT. Podemos encontrar redes públicas como a *Internet* ou redes privadas. (REN *et al.*, 2017)

- **Camada de Nuvem:** é composta por um conjunto de servidores com recursos de computação e armazenamento maciços que são responsáveis pelo processamento complexo de dados e pelo armazenamento de dados e serviços em larga escala. (REN *et al.*, 2017)

- **Camada de Gerenciamento e Interface:** é responsável por controlar toda a solução de IoT, realizar análise de dados e provisionar interfaces

para desenvolvedores customizarem sua visualização, além de publicar novos serviços e aplicativos para os usuários finais. (REN *et al.*, 2017)

Qiu *et al.* (2018) apresentam uma arquitetura que visa atender a distintos tipos de aplicações, conforme Figura 4.

Figura 4 - Arquitetura heterogênea para soluções de IoT

Fonte: Qiu *et al.* (2018)

Esta arquitetura também é dividida em camadas; contudo, ela agrega o elemento de *gateway* dentro da camada de rede:

- **Camada de Sensoriamento:** nesta, os vários sensores têm como objetivo fornecer dados de detecção significativos para o servidor de nuvem registrar e tomar decisões. Grande número de sensores são implantados na área de monitoramento desejada, a fim de construir uma topologia que atenda às necessidades de coleta. Alguns nós são mais propensos a falhas devido ao ambiente, impacto e esgotamento de

energia, que, frequentemente causam alterações de topologia. (QIU *et al.*, 2018)

- **Camada de Rede:** é usada para construir uma topologia eficiente de encaminhamento de dados do nó de origem (sensor) para nó de destino (servidor); portanto, modelos de rede em estrela ou malha são, geralmente, apresentados para fornecer a capacidade de transmissão de dados necessária para a solução de IoT. Nesta camada, o design de um ambiente com redundância de *hardwares* e protocolos de roteamento com características de rápida detecção de falhas melhoram a robustez do modelo de rede, contingenciando, rapidamente, eventuais perdas de conectividade. (QIU *et al.*, 2018)
- **Camada de *Cloud Computing*:** esta camada receberá todos os dados coletados a fim de armazená-los e processá-los. As principais vantagens de ambientes em nuvem consistem na possibilidade de uma rápida manipulação de recursos a fim de atender às demandas de crescimento, armazenamento e processamento dados. Com o aumento de tipos de sensores disponíveis e a possível heterogeneidade dos dados coletados, um ambiente de nuvem eficaz e disponível faz-se necessário para o melhor desempenho das aplicações de IoT. (QIU *et al.*, 2018)
- **Camada de Aplicação:** diversas aplicações podem compor esta camada, tais como redes de veículos e transportes, indústria, plantio etc.. As pessoas podem acionar seus aplicativos por meio de seus dispositivos móveis, *smartphones*, *tablets* entre outros, a fim de controlar os parâmetros de um ambiente, tais como temperatura, umidade, som, luz, fumaça, gás etc. Como as aplicações de IoT são utilizadas por usuários, é importante que suas interfaces sejam amigáveis para facilitar seu uso. (QIU *et al.*, 2018)

Segundo Qiu et al (2018), todas as camadas de IoT podem ser integradas em qualquer lugar e a qualquer momento, o que torna as soluções de IoT adaptáveis a uma variedade de cenários.

Verma *et al.* (2017) apresentam um estudo sobre soluções de IoT com requisitos de processamento de dados massivo para soluções que necessitam de análise de dados em tempo real. A Figura 5 ilustra a arquitetura utilizada para o desenvolvimento de sua análise.

Figura 5 - Arquitetura IoT composta por redes de sensoriamento, encaminhamento e análises

Fonte: Verma *et al.* (2017)

Segundo os mesmos autores acima citados, toda a rede IoT pode ser dividida em três principais partes, nomeadas de redes de detecção, entrega e análise. Algumas aplicações que utilizam o tipo de análise em tempo real podem ser mencionadas, tais como:

Soluções de Smart Grid: para controle dinâmico de transmissão e distribuição de energia elétrica, modelo de precificação dinâmica por consumo e gestão de falhas.

Soluções de cuidados de saúde: para obtenção de relatórios remotos e monitoração em tempo real do estado do paciente.

Esses estudiosos consideram que se faz necessário provisionar uma estrutura com tempos mínimos de convergência, a fim de garantir a disponibilidade que aplicações de consulta em tempo real necessitam.

De acordo com Lin *et al.* (2017), as informações geradas pelas coisas geralmente requerem análise massiva para coletar e processar todas as informações que são reunidas para transformá-las em conhecimento útil.

Ainda colocam que os dados coletados por dispositivos IoT geralmente não são estruturados e precisam análise adicional para permitir extrair informações úteis.

Para eles, a arquitetura genérica de IoT com computação em nuvem consiste em três camadas: *Cloud Servers*, *Intelligent Gateway Edge Computing* e detecção *IoT Devices*, conforme Figura 6.

A camada *IoT devices* é responsável pela identificação e coleta de dados em campo. A camada de *Intelligent Gateway Edge Computing* é responsável pelo processamento de dados, análises em tempo real e armazenamento temporário dos mesmos. Considera-se que exista uma camada de comunicação abstraída nesta arquitetura entre as camadas *IoT Devices* e *Intelligent Gateway Edge Computing*. A camada *Cloud Servers* é responsável por reportar os parâmetros coletados e realizar armazenamento de longo prazo. Tal arquitetura provê alto nível de resiliência e disponibilidade.

Figura 6 - Arquitetura genérica com *Edge Computing*

Fonte: Yu et al. (2017)

1.2. Camadas comuns

Com base nas descrições da sessão anterior, a análise qualitativa abaixo elenca as camadas comuns entre as arquiteturas de IoT. Nesta sessão, o autor visa apresentar as camadas que estão comumente presentes, para que, no próximo capítulo, um aprofundamento técnico sobre as principais tecnologias de cada camada seja realizado. Atualmente existe uma grande quantidade de tecnologias que podem compor tais soluções, não sendo escopo deste trabalho o mapeamento de todas as possibilidades, visto a abrangência de opções; contudo, com as principais camadas elencadas, é possível detalhar, posteriormente, quais tecnologias podem ser agregadas em cada uma delas para determinados casos de uso.

Todas as arquiteturas possuem a camada com tecnologias responsáveis pela atuação e sensoriamento em campo, nomeada por distintas nomenclaturas, como camada de sensoriamento por Yu *et al.* (2018), Qiu *et al.* (2018), Akpakwu *et al.* (2018), Verma *et al.* (2017), Lin *et al.* (2017), Al-Fuqaha (2015) e Li *et al.* (2015), ou como camada de objetos por Botta *et al.* (2016), ou ainda, como camada *end user* por REN *et al.* (2017). Contudo, sensores são fundamentais para a coleta de dados, independentemente de sua nomenclatura em específicas arquiteturas. Assim, este trabalho prosseguirá com a nomenclatura genérica para esta camada como sensoriamento. Existe uma série de objetivos e dispositivos para os sensores, porém, esta camada é parte fixa em todas as arquiteturas analisadas.

Algumas arquiteturas como as descritas por Qiu *et al.* (2018), REN *et al.* (2017), Verma *et al.* (2017) e Li *et al.* (2015) dedicam uma camada específica para tecnologias de redes; essa infraestrutura faz-se necessária para transmitir os dados coletados pelos sensores para os servidores da aplicação de IoT; outras arquiteturas compreendem as tecnologias de redes como uma camada core, tal como Yu *et al.* (2018) e Lin *et al.* (2017). A rede comumente utilizada é a Internet, visto sua abrangência, disponibilidade e custo, se comparada com redes de acesso privado. Nas demais arquiteturas, as tecnologias de redes de longo alcance, como a Internet, são consideradas como base e, por vezes, não possuem uma camada dedicada em sua arquitetura, visto que são entendidas como um pré-requisito básico para solução de Internet das Coisas.

Todas as arquiteturas avaliadas citam tecnologias de computação em nuvem, que visam atender a uma série de características em soluções de IoT, como, por exemplo, a flexibilidade para expansão ou contração de recursos alocados, agilidade para provisionamento, entre outros, sendo necessária uma análise detalhada sobre a escolha dos componentes desta camada, de acordo com seu uso.

Recursos de análise e processamento de dados são fundamentais para disponibilizar ao usuário as informações finais; características como o armazenamento de dados e técnicas de análise e processamento são citadas por Qiu *et al.* (2018), Lin *et al.* (2017), Verma *et al.* (2017), Botta *et al.* (2016), Li *et al.* (2015) e Al-Fuqaha *et al.* (2015); esta camada também é representada como a viabilizadora de serviços como a interface de *front end* (interface pela qual o usuário acessa a aplicação) para controle e gestão das soluções de IoT.

Assim, este trabalho destaca quatro camadas com intenções de uso comum: sensoriamento, redes, computação em nuvem e concentração e análise de dados. Essa identificação e estruturação inicial são importantes para prosseguir com o aprofundamento teórico das tecnologias e seus componentes no próximo capítulo, a fim de embasar e organizar o mapeamento de macropassos do *workflow*.

CAPÍTULO 2 – TECNOLOGIAS HABILITADORAS POR CAMADA

Este capítulo visa apresentar o detalhamento das tecnologias comuns em soluções de IoT, identificadas no capítulo 1.

Cada sessão deste capítulo é destinada à descrição de tecnologias específicas para ambientes de Internet das Coisas. Utilizou-se a lógica de apresentação sequencial, iniciando pelas camadas inferiores até as camadas superiores comumente apresentadas nas arquiteturas avaliadas. Inicia-se pela camada de percepção (sensores e atuadores – 2.1), decorrendo pela infraestrutura de comunicação (redes – 2.2), abordando as características de alta disponibilidade, flexibilidade e performance (computação em nuvem – 2.3), além de descrever os conceitos que estruturam o armazenamento, processamento e apresentação de informações (concentração e análise de dados – 2.4).

2.1. Sensoriamento

O sensoriamento cumpre um papel fundamental para a aquisição de dados em campo, utilizando-se de objetos equipados com sensores para detectar e coletar dados. Após esses dados serem coletados, faz-se necessário absorvê-los e interpretá-los para se encontrar alguma informação vital ao negócio, responder uma pergunta ou direcionar a empresa. É nesse contexto que os serviços de sensoriamento se incorporam ao cenário. As informações podem ser compartilhadas e utilizadas por todos os usuários que tenham interesse ou permissão de acesso à solução. (BEUREN, 2000; ARMBRUST, 2009)

As soluções de sensoriamento para obtenção de dados críticos estão ficando cada vez mais comercialmente viáveis e passam a ser incentivadas e adotadas, em muitos casos, por questões de sobrevivência da empresa ou indústria em um cenário de alta produtividade e grande exigência de qualidade. (MENEGOTTO, 2015)

O sensoriamento pode ser útil em muitas aplicações do mundo real e se enquadrar em diversos setores. Diferente dos meios até então convencionais de coletas manuais, o sensoriamento passa a ofertar a descentralização da

detecção e coleta de dados, onde os sensores podem ser espalhados pela planta e os dados sensoriais serem detectados a partir de qualquer localidade e, então, analisados.

2.1.1. Dispositivos Inteligentes

Aqui, conceitua-se o dispositivo inteligente. O mesmo é responsável por obter dados de um determinado meio e informar servidores e aplicações sobre seu estado. Contudo, a integração de alguns componentes é necessária para a construção desses dispositivos.

Segundo Santos *et al.* (2010), a arquitetura básica de dispositivos para soluções de IoT é composta por quatro unidades: processamento/memória, comunicação, energia e sensores/atuadores. A Figura 7 apresenta uma visão geral da arquitetura de um dispositivo inteligente e a interligação entre seus componentes, que são descritos a seguir:

Figura 7 - Arquitetura de dispositivos inteligentes

Fonte: Santos *et al.* (2010)

(i) Unidade(s) de processamento/memória: é composta de uma memória interna para armazenamento de dados e programas, um micro-controlador e um conversor analógico-digital para receber sinais dos sensores. As unidades de processamento centrais (CPU) utilizadas nesses dispositivos

são, em geral, as mesmas utilizadas em sistemas embarcados e, comumente, não apresentam alto poder computacional. Frequentemente, existe uma memória externa do tipo *flash*, que serve como memória secundária, por exemplo, para manter um armazenamento local de dados. As características desejáveis para estas unidades são: consumo reduzido de energia e ocupação do menor espaço possível. (SANTOS *et al.*, 2010; DOS SANTOS, 2015)

Segundo Al-Fuqaha *et al.* (2015), as unidades de processamento e aplicativos de software representam a área inteligente e a capacidade computacional do dispositivo. Várias plataformas de *hardware* e *software* foram desenvolvidas para executar aplicações de IoT.

Entre essas plataformas, os sistemas operacionais são vitais, já que eles funcionam durante todo o tempo de atividade do dispositivo. Existem vários sistemas operacionais que são candidatos para o desenvolvimento de soluções IoT. (AL-FUQAHA *et al.*, 2015)

Zikria *et al.* (2019) destacam que os sistemas operacionais voltados para soluções de IoT são indicados, visto que foram moldados para atender a cenários de recursos escassos, detalhando alguns deles:

TinyOS: foi projetado preliminarmente para Redes de Sensores Sem Fio (WSN), sendo popular entre a comunidade de pesquisa por muitos anos. No entanto, hoje em dia não é muito utilizado pelos pesquisadores devido à falta de desenvolvimento ativo. O TinyOS usa o dialeto da linguagem de programação C chamado nesC; essa linguagem complexa e personalizada é de difícil aprendizagem.

Contiki: é ativamente desenvolvido pelos profissionais e pela comunidade de pesquisa; portanto, é amplamente utilizado, pois seus requisitos de memória o tornam adequado para dispositivos com *hardwares* restritos. Sua linguagem é o C, mais popular.

RIOT: seu desenvolvimento é ativo e a comunidade de pesquisa se encontra adicionando os padrões específicos da indústria desejados para apoiar seu desenvolvimento. Os objetivos do projeto incluem eficiência energética, baixo consumo de memória, modularidade e acesso uniforme a interfaces de programação que fornece abstração de *hardware*. Suporta linguagens de programação C e C ++.

Al-Fuqaha *et al.* (2015), elaboraram uma tabela comparativa com o parâmetro de memória mínima necessária para tais sistemas operacionais, conforme ilustrado na Tabela 1:

Tabela 1 - Sistemas operacionais comuns utilizados em IoT

Sistema Operacional	Linguagem Suportada	Memória Mínima (kb)
Tiny OS	nesC	1
Contiki	C	2
Riot OS	C/C++	1.5

Fonte: Al-Fuqaha *et al.*, 2015

Podemos encontrar uma série de *hardwares* e sistemas operacionais disponíveis para utilização em soluções de IoT. Enquanto os sistemas operacionais específicos para soluções IoT podem ser considerados uma evolução do sistema operacional convencional, a IoT traz seu próprio conjunto de restrições que precisam ser avaliados para a escolha. Uma vez que soluções de IoT devem atender a um grande número de aplicações, é esperado que o mercado mantenha múltiplos sistemas operacionais em vez de, apenas, alguns deles.

(ii) Unidade(s) de comunicação: consiste de, pelo menos, um canal de comunicação com ou sem fio, sendo mais comum o meio sem fio. Nesse último caso, a maioria das plataformas usa rádio de baixo custo e baixa potência. Como consequência, a comunicação geralmente é de curto alcance e pode apresentar perdas frequentes. (SANTOS *et al.*, 2010; DOS SANTOS, 2015)

A Tabela 2, abaixo, resume algumas tecnologias de comunicação que estão disponíveis para soluções de IoT e que podem ser posicionadas de acordo com a necessidade e característica do ambiente.

Tabela 2 - Comparação entre tecnologias de comunicação

Tecnologia	Frequência	Alcance	Velocidade de transmissão	Consumo de energia
LoRa	868 MHz e 915 MHz	15Km	50 kbps	Baixo
SigFox	915 até 928 MHz	20Km +	100 bps	Baixo
ZigBee	868 MHz, 915 MHz e 2.4 GHz	>1Km	250 kbps	Baixo
Wi-Fi	2.4 GHz e 5 GHz	100m	54 Mbps	Alto
Bluetooth	2.4 GHz	50m	2 mbps	Médio
2G, 3G e 4G-LTE	865 MHz e 2.4 GHz	Área de cobertura celular	0.1 - 1 Gbps	Médio

Fonte: adaptada de Ray, 2016 e Akpakwu et. al. (2018)

(iii) Fonte de energia: responsável por fornecer energia aos componentes do dispositivo. Normalmente, a fonte de energia consiste de uma bateria, recarregável ou não, e um conversor AC-DC. (SANTOS *et al.*, 2010; DOS SANTOS, 2015)

Segundo Linden (2010), o peso e a dimensão física são também fatores importantes na escolha do sistema de armazenamento, para garantir o prolongamento do tempo de vida útil de um dispositivo.

É fundamental observar que, para soluções de IoT, os sistemas de armazenamento de energia mais difundidos são baterias primárias, que não são recarregáveis e baterias secundárias, recarregáveis. Tal seleção depende dos requisitos de consumo e longevidade da aplicação a ser desenvolvida. Dessa forma, caso seja necessário o desenvolvimento de uma aplicação que possua um consumo ultrabaixo, é possível recorrer a baterias primárias com capacidade suficiente para satisfazer os requisitos de longevidade da aplicação; mas, caso a aplicação implique consumos mais elevados, de forma que a energia armazenada suporte somente um período do tempo inferior ao tempo de vida útil do dispositivo ao serviço da aplicação, existe a opção por baterias recarregáveis, que permitem a reposição da energia despendida.

Dessa forma, torna-se necessário viabilizar a compatibilidade física entre a estrutura de armazenamento de energia e os períodos de recarga necessários pelo dispositivo.

(iv) Unidade(s) de sensor(es)/atuador(es): realizam o monitoramento do ambiente no qual o objeto se encontra. Os sensores capturam valores de grandezas físicas como temperatura, umidade, pressão, presença, entre

outros. Atualmente, existem, literalmente, centenas de sensores diferentes que são capazes de capturar essas grandezas. Atuadores, como o nome indica, são dispositivos que produzem alguma ação, atendendo a comandos que podem ser manuais, elétricos ou mecânicos. (SANTOS *et al.*, 2010; DOS SANTOS, 2015)

Segundo Dias (2016), um sensor opera recebendo um estímulo e respondendo ao mesmo tempo. Assim, o principal propósito de um sensor é responder a uma propriedade física de entrada e convertê-la em um sinal elétrico compatível com os circuitos eletrônicos que estão na sua saída.

Existe uma grande quantidade de sensores que podem ser avaliados para participar de uma solução, de acordo com sua aplicação, tais como:

- Sensores de campo magnético para detectar a presença ou não de carros em aplicações de estacionamentos;
- Sensores acústicos para medir a intensidade sonora em aplicações de mapa de ruído;
- Sensores de luz e atuadores para monitorar as condições de luz natural em aplicações de estufas;
- Sensor de umidade para monitorar o solo em aplicações de plantio;
- Sensor de nível para monitorar a variação de nível de rios, represas e reservatórios em aplicações de inundações;
- Sensor de vibração para monitorar movimentos indesejados ou prejudiciais à qualidade dos produtos em aplicações de condição de transporte de mercadorias;

2.2. Redes

Os dados coletados em soluções de IoT através de redes de baixo consumo, por exemplo, serão gerados e posteriormente transmitidos por meio de redes IP para chegarem aos servidores de destino. O sistema de comunicação em uma rede IP consiste em um arranjo topológico, interligando os vários elementos por meio de enlaces físicos e de um conjunto de protocolos.

Com a adição de milhares de dispositivos através de soluções de IoT, um crescente volume de dados será transportado na rede IP.

Segundo Yaqoob *et al.* (2017), parâmetros de qualidade de serviço são fundamentais para a experiência bem-sucedida dos usuários.

De acordo com Akpakwu *et al.* (2018), o congestionamento e sobrecarga de rede é um grande desafio que precisa ser abordado na evolução da IoT.

A Qualidade de Serviço refere-se ao desempenho de entrega de serviços, com base estatística, garantindo que sistemas ou aplicações consigam operar com relação a algumas condições, como: disponibilidade, tolerância a falhas, tempo de resposta, utilização e vazão da rede. (SHENKER, 1997)

Para propor a política de QoS, faz-se necessário entender as demandas de aplicação e serviços, além de ter o conhecimento da infraestrutura de rede. A partir desse momento, os mecanismos podem ser desenvolvidos. Dessa forma, as aplicações que utilizam a rede devem ser classificadas para, depois, serem marcadas em diferentes níveis de prioridade e, conseqüentemente, serem tratadas conforme necessário. (SAUER, SOBRAL, 2012)

Abaixo, serão descritos os passos para qualificação de um determinado tráfego que será transmitido por meio da infraestrutura de rede.

✓ **Classificação:**

A classificação refere-se à inspeção de um ou mais campos de um pacote para identificar o tipo de tráfego que ele transporta. (SILVA, 2010)

✓ **Marcação:**

Uma vez identificado, esse pacote precisará ser marcado para seguir sua rota até o destino com o nível de qualidade garantido. Se a marcação é realizada próxima à origem, ou seja, nos equipamentos de acesso à rede, elementos posteriores, por onde passa o tráfego, não necessitam mais remarcar os pacotes, bastando, apenas, confiar na marcação realizada previamente. (SILVA, 2010)

✓ **Policimento:**

Depois de marcados, os pacotes devem seguir as ferramentas de policiamento, geralmente atendidas através da função do *gateway* da rede, que determinará se os pacotes estão em conformidade com taxas de tráfego

estabelecidas pelos administradores para cada aplicação, executando as ações necessárias da política definida. Essa política visa preservar o encaminhamento de dados críticos, quando existir um excesso de tráfego na rede. (SILVA, 2010)

Em uma política de *traffic policing*, o tráfego excedente ao limite físico disponível será descartado. Já com o uso de uma política de *traffic shaping*, o tráfego excedente em um evento de excesso será tratado em filas, para ser enviado posteriormente, de acordo com a classificação de prioridade. Na análise desse comportamento em gráfico, podemos observar o resultado na Figura 8.

Figura 8 - Policing e Shaping

Fonte: Cisco Systems (2014)

Identificar os requisitos da rede a fim de provisionar a qualidade de serviço necessária torna-se essencial em redes com rápida necessidade de análise, como nos casos de soluções de IoT.

2.2.2. Protocolos de aplicação

Os protocolos de aplicação são responsáveis por transmitir as informações coletadas pelos sensores do dispositivo sensor para os servidores. Evidencia-se grande atenção a tais protocolos, devido ao consumo de recursos que os mesmos podem exigir dos dispositivos para o envio de dados.

Segundo Choi, Kang e Lee (2017), o protocolo de aplicação deve ser escolhido de acordo com o ambiente IoT e o serviço fornecido. Os protocolos

típicos utilizados para este propósito incluem *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) e o *Constrained Application Protocol* (CoAP).

Segundo Bahia (2018), os protocolos para comunicação já estabelecidos e utilizados em redes de computadores como o HTTP, por exemplo, não consideram limitações de hardware como processamento e bateria ou transmissão de rede sobre a qual vão operar. Essas características motivaram a criação de novos protocolos ajustados para o tipo de *hardware* e ambiente que, geralmente, serão encontrados em soluções de IoT. Portanto, os mais recentes protocolos focam no uso de um conjunto reduzido de mensagens de menor tamanho, de modo que a sobrecarga de dados seja pequena e o poder computacional reduzido dos dispositivos inteligentes não seja um impeditivo para a execução dos protocolos.

Protocolos para soluções IoT diferem em respeito ao propósito de uso e o escopo de operação. Quanto ao propósito de uso, pode-se observar que alguns são indicados para aplicações com foco na coleta de dados, enquanto outros têm maior uso em cenários onde há a necessidade do controle de dispositivos. Quanto ao escopo de operação, temos protocolos que são mais indicados para comunicação direta entre dispositivos M2M como o CoAP; outros, para comunicação entre os dispositivos e a *cloud* (*Device-to-Server*) como o MQTT. Há, ainda, os que atendem para interação entre usuários, por meio de smartphones, *tablets* e dispositivos (*Device-to-Human*). (GONÇALVES, 2017)

Segundo a RFC 2616 (IETF 1999), o HTTP é um protocolo de comunicação, utilizado para sistemas de informação de hipermídia, distribuídos e colaborativos. Ele é a base para a comunicação de dados da *World Wide Web* (WWW). O HTTP funciona no modelo cliente-servidor. O navegador *web*, por exemplo, é o cliente e uma aplicação hospedada em um site da *web*. O cliente encaminha uma mensagem de requisição HTTP para o servidor. O servidor, que fornece os recursos, como arquivos HTML entre outros conteúdos, retorna uma mensagem de resposta para o cliente.

Contudo, de acordo com a solução, muitas vezes o protocolo HTTP não é suficiente ou o melhor indicado, mesmo tendo revolucionado a forma como usuários consomem dados por meio de um modelo simples de comunicação

cliente-servidor para computadores, *tablets*, *laptops*, etc. A IoT tem desafios fundamentalmente diferentes.

Em soluções de IoT, precisamos de um protocolo de aplicação orientado para eventos, a fim de emitir informações de um para muitos, ouvir eventos sempre que acontecem e distribuir pacotes mínimos de dados em enormes volumes, além de enviar informações sobre redes não confiáveis. O protocolo MQTT foi projetado para enfrentar esses desafios.

O MQTT.org define o protocolo da seguinte maneira: o MQTT é um protocolo de conectividade M2M e tem o perfil exigido para comunicação em soluções de IoT.

O MQTT foi concebido como um transporte de mensagens extremamente leve. É útil para conexões com locais remotos, em que uma pequena quantidade de código é necessária. Por exemplo, utilizar sensores que se comunicam via satélite ou em conexões *dial-up* ocasionais em vários sistemas de automação ou pequenos dispositivos. Também é ideal para aplicações móveis devido ao seu menor tamanho, baixo consumo de energia e menor troca de pacotes. (LOCKE, 2013)

O padrão de troca de mensagens no MQTT é *publish/subscriber*. Nesse padrão, quando um elemento da rede deseja receber uma determinada informação, ele a subscreve, fazendo uma requisição para um outro elemento da rede capaz de gerir as publicações e subscrições. Na rede MQTT esse elemento é conhecido como *broker*, o intermediário no processo de comunicação. Elementos que desejam publicar informações o fazem também via *broker*, enviando-lhe as informações que possuem. (COHN, 2014)

Figura 9 - Visão geral do MQTT

Fonte: Barros (2015)

Apesar de o *broker* representar um elo de fragilidade na rede, ao centralizar as comunicações, ele permite um desacoplamento entre as partes comunicantes, algo não possível em modelos de comunicação do tipo cliente/servidor. Vale lembrar que existem soluções de *brokers* redundantes ou operando em *clusters*, na tentativa de mitigar essa fragilidade. (COHN, 2014)

A conexão do cliente ao *broker*, seja ele *publish* ou *subscriber*, é estabelecida com opções de *login* (usuário e senha) e uso de criptografia. (COHN, 2014)

A Tabela 3 compara a quantidade de mensagens por hora e uso de bateria entre aplicações HTTP e MQTT em redes 3G e *Wi-fi*.

Tabela 3 - Comparação de mensagens HTTP e MQTT

	3G		WiFi	
	HTTPS	MQTT	HTTPS	MQTT
% Bateria / Hora	18,79%	17,80%	5,44%	3,66%
Mensagens / Hora	1926	21685	5229	23184
% Bateria / Mensagem	0,00975	0,00082	0,0014	0,00016

Fonte: Nicholas (2012)

O protocolo MQTT apresenta um menor consumo de bateria e maior volume de mensagens enviadas dentro de uma hora, em ambas tecnologias de transmissão (3G e Wi-fi), se comparado ao HTTP. Essa análise adquire importância para a escolha do protocolo de aplicação em soluções de IoT, visto que os dispositivos periféricos da solução geralmente terão acesso restrito a fontes de energia e baixa taxa de transmissão de dados disponíveis.

Ao contrário dos protocolos HTTP e MQTT, o CoAP (*Constrained Application Protocol*) opera pelo protocolo UDP (*User Datagram Protocol*). Embora a comunicação usando a UDP não possa garantir a sua confiabilidade, o CoAP suporta mensagens de confirmação e reconhecimento "ACK", permitindo uma transmissão confiável. (CHOI, KANG e LEE, 2017)

Segundo a RFC 7252 (IETF, 2014), o CoAP (em português protocolo de aplicação restrita) é um protocolo de transferência de *web* especializado para uso em nós, com características de processamento e redes restritas. O protocolo foi projetado para aplicações M2M.

A Figura 10 (a) ilustra o método de solicitação e resposta de uma mensagem HTTP. O cliente HTTP solicita o valor da temperatura do servidor HTTP, usando o método GET, e o servidor responde ao cliente com o resultado da solicitação que foi processada com sucesso, usando o código de resposta de 200.

A Figura 10 (b) mostra o método de transmissão de mensagens entre o CoAP Client e o CoAP Server. O CoAP solicita o valor da temperatura do servidor CoAP, usando a mensagem CON e o método GET. O servidor CoAP que recebeu a mensagem CON responde ao armazenar o resultado na mensagem ACK, que é uma mensagem de resposta. Nesse processo, é possível distinguir a transação da mensagem por meio do ID ([0xab12]).

Figura 10 - Método de transferência de mensagens HTTP e CoAP

Fonte: Choi, Kang e Lee (2017)

Segundo Martín, Díaz e Rubio (2017), uma das principais vantagens do CoAP em relação ao HTTP é o tamanho do cabeçalho. O cabeçalho CoAP é de, apenas, 4 bytes, que inclui informações como a versão CoAP, o tipo de mensagem, o tipo de operação, o tamanho do *token* e uma identificação da mensagem.

Desta forma, os protocolos MQTT e CoAP são mais indicados para compor soluções de IoT que possuam menores requisitos de consumo de *hardware*, como: processamento, memória e bateria dos dispositivos.

2.3. Computação em nuvem

Aqui se enquadram os conceitos de computação em nuvem (*cloud computing*), para fornecer mais disponibilidade e escalabilidade às soluções de IoT. Conforme relata Buyya (2014), de modo geral, a computação em nuvem pode ser utilizada na hospedagem de softwares em ambientes computacionais na Internet. Com isso, os consumidores podem se comunicar com inúmeros servidores ao mesmo tempo e compartilhar dados entre si.

Uma vez que as soluções de IoT fazem parte do cotidiano das pessoas e integram a estratégia de empresas e universidades, coletando e processando grande parte de suas transações ou informações em base digital, percebeu-se que o conteúdo armazenado em centro de dados é vital para suas operações. (ANDRIGHETTO, 2008)

Em topologias técnicas, os desenhos em nuvem geralmente são utilizados para ocultar detalhes específicos de infraestrutura, conectividade ou

implementação, com o intuito de abstrair os componentes e direcionar a atenção para a função global do sistema em discussão. (BUYYA, 2014)

Por meio de uma simplificação e objetividade nas informações a serem passadas, o conceito de *Cloud Computing* passa a conectar os usuários diretamente às aplicações que lhes são necessárias, ocultando todas as camadas inferiores.

A computação em nuvem é um dos conceitos-chave para a indústria de Tecnologia da Informação. Esse conceito é uma evolução dos serviços e produtos da informação sob demanda, em que o armazenamento de dados é vital. O serviço de computação em nuvem é reconhecido como o conjunto de redes ativado, permitindo a escalabilidade, qualidade de serviço e baixo custo de computação, gerando um acesso simples e eficiente. (ARMBRUST, 2009)

Segundo entendimento de Santana (2016), a infraestrutura que habilita a *Cloud Computing* está nos centros de dados, que, em resumo, são projetados para operar 24 horas, 7 dias por semana, com sistemas de redundância lógica e física, acompanhados de uma série de normas para hospedar, gerenciar e suportar recursos computacionais críticos para uma ou mais organizações.

A Figura 11 ilustra a estrutura e componentes deste ambiente, que, em sua maioria são constituídos por :

- **Racks:** suportando a instalação física de dispositivos como servidores, sistemas de armazenamento, switches e roteadores.
- **Piso elevado:** proporcionando um piso estruturado elevado para fornecer um espaço oculto para a acomodação de material mecânico, elétrico e de rede.
- **Sistema de backup de energia:** para atuação em caso de falha grave na fonte de energia principal. Estes sistemas são, geralmente, alimentados por diesel e baterias especiais.
- **Sistema de refrigeração:** responsável por controlar a temperatura do data center e seus respectivos elementos, tais como servidores, sistema de armazenamento, dispositivos de rede, entre outros, a fim de melhorar o desempenho e evitar o superaquecimento dos mesmos.

- **Sala de entrada:** permite o acesso físico das equipes operacionais ao Data Center e inclui medidas de segurança para excluir demais pessoas não autorizadas.
- **Sala de telecomunicações:** agrega todos os dispositivos que são responsáveis pela comunicação externa do Data Center. Para fins de alta disponibilidade, esta sala oferece acesso a, pelo menos, dois provedores de serviços de telecomunicações.

Figura 11 - Componentes de um centro de dados

Fonte: Santana (2016)

As vantagens da *cloud computing* para uma solução de IoT incluem a economia de energia de dispositivos periféricos, ganho de escala, além de políticas de backup e segurança física. Com base nessas observações, esse conceito pode ser ideal para soluções de IoT que pretendem enviar os dados coletados para uma infraestrutura que possibilite uma escalabilidade ágil.

Os provedores de serviços de TI são parte fundamental para o desenvolvimento de aplicações em *cloud*, uma vez que são capazes de oferecer uma série de tecnologias ou serviços a uma organização durante o período de tempo necessário.

A opção de contratação de um provedor de serviços geralmente ocorre devido ao modelo de negócios adotado e à viabilidade econômica dos serviços,

sendo os seguintes fatores pontos de avaliação para essa tomada de decisão: necessidade de intensificar os esforços no negócio da organização, insuficiência técnica para maior desenvolvimento e manutenção das soluções tecnológicas e indisponibilidade de recursos tecnológicos. Muitas organizações optam por estratégia mista, dispondo de recursos e ferramentas internas, agregando alguns serviços de provedores.

Existem provedores de serviço para diferentes necessidades. Os mais comuns são os provedores de telecomunicações, responsáveis pela infraestrutura de comunicação Internet. Também é possível adquirir recursos específicos de provedores, como recursos de *hardware*, *software* ou demais serviços gerenciados. Níveis de qualidade são estabelecidos para a contratação dos serviços, sendo que as métricas utilizadas geralmente variam entre disponibilidade, performance e tempo de recuperação sobre falha.

O NIST (*National Institute of Standards and Technology*) descreve os modelos de *cloud* e sua composição por meio de cinco características, três modelos de serviço e quatro modelos de implantação.

2.3.1. Características essenciais

1) **Serviço *On-Demand*:** um consumidor qualquer pode provisionar recursos de computação, como armazenamento, conforme necessário, sem necessidade de interação humana com o provedor de serviços. (NIST, 2011)

2) **Fácil Acesso:** os produtos devem estar disponíveis por meio da rede e devem ser acessados por mecanismos padrão que promovem o uso por plataformas heterogêneas, por exemplo: telefones celulares, *tablets*, *laptops* e estações de trabalho. (NIST, 2011)

3) **Agrupamento de Recursos:** os recursos de computação do provedor são agrupados para atender a múltiplos consumidores, com diferentes recursos físicos e virtuais alocados dinamicamente, de acordo com a demanda. Há uma sensação de independência de localização no sentido de que o cliente, geralmente, não tem controle ou conhecimento sobre a localização exata dos recursos fornecidos; contudo, ele pode especificar a localização em nível mais

alto de abstração, orientando o posicionamento de seus recursos, por exemplo: país, estado ou *Data Center*. (NIST, 2011)

4) **Elasticidade:** capacidades podem ser liberadas elasticamente, em alguns casos, automaticamente, em conformidade com a demanda. Para o consumidor, as capacidades disponíveis para fornecimento muitas vezes parecem ser ilimitadas e podem ser apropriadas em qualquer quantidade, a qualquer momento. (NIST, 2011)

5) **Serviço Mensurado:** os sistemas de *cloud* controlam e otimizam o uso de recursos, alavancando uma capacidade de medição em nível de abstração apropriado para o tipo de serviço; por exemplo: armazenamento, processamento e largura de banda. O uso de recursos pode ser monitorado e controlado, proporcionando transparência tanto para o provedor como para o consumidor do serviço utilizado. (NIST, 2011)

2.3.2. Modelos de implantação

Sua adoção é orientada sobre as necessidades das aplicações a serem utilizadas. Determinadas organizações não desejam disponibilizar acesso a seus dados para terceiros, definindo níveis de entrada e restrições a usuários não privilegiados, garantindo a segurança e a integridade dos dados.

- **Cloud privada:** a infraestrutura da *cloud* é provisionada para uso exclusivo de uma única organização, que compreende vários consumidores como unidades de negócios. (NIST, 2011)

Segundo Medeiros (2015), a *cloud* privada é simplesmente uma infraestrutura para processamento e armazenamento que é gerenciada pela organização cliente.

Esse modelo é direcionado, por exemplo, para uma organização na qual sua infraestrutura é construída sobre uma determinada área de *data center* com acesso privado. A organização que opta por esse modelo tem o total controle sobre si mesma.

- **Cloud comunitária:** é provisionada para uso exclusivo de uma comunidade específica de consumidores e de organizações que têm preocupações e interesses compartilhados. Ela pode ser de propriedade, gerenciada e operada por uma ou mais organizações que fazem parte desta mesma comunidade, por um terceiro autenticado ou por alguma combinação deles, podendo existir dentro ou fora das instalações. (NIST, 2011)

Segundo Medeiros (2015), a *cloud* comunitária é uma infraestrutura compartilhada por várias organizações que possuem interesse comum.

- **Cloud pública:** é provisionada para uso aberto do público em geral. Não há restrições para acesso aos dados armazenados. Esse tipo de implementação traz desafios de segurança para as organizações. (NIST, 2011; SCARLETT, 2015)

Conforme Medeiros (2015), o modelo de *cloud* pública pode ser caracterizado como um serviço oferecido por empresas que têm grande poder de processamento e armazenamento, e que passam a oferecer o serviço de acesso rápido a recursos de computação para outras organizações ou indivíduos. Assim, seus clientes não precisam investir diretamente em *hardware* e *software*.

- **Cloud híbrida:** é uma composição de duas ou mais *cloud's*, sejam privadas, comunitárias ou públicas, permitindo a portabilidade de dados e aplicativos. (NIST, 2011; SCARLETT, 2015)

Ainda de acordo com Medeiros (2015), a *cloud* híbrida é um modelo no qual alguns recursos, seja de *hardware* ou *software*, são oferecidos por meio de uma *cloud* privada e outros são proporcionados por provedores de serviços disponibilizados por terceiros, ou seja, por meio de uma *cloud* pública.

A Figura 12 ilustra as diferenças entre a adoção de uma *cloud* pública e outra privada.

Figura 12 - Diferença entre *cloud* privada e *cloud* pública

Fonte: Adaptado de Castro e Ferraz (2013)

2.3.3. Modelos de serviço

Sua adoção é orientada sobre as necessidades de implementação de modelos de serviços preferencial, de acordo com a estratégia de uso ou fornecimento de clientes e fornecedores.

O modelo de negócios do SaaS (*Software as a Service*) é caracterizado pela aquisição da aplicação final. O contratante adquire o software como um serviço, transferindo para o fornecedor a responsabilidade de operação e manutenção com seus respectivos processos de melhorias. Essa, aliás, é uma das tendências, visto que fabricantes têm a opção de oferecer suas soluções em conjunto com seus serviços, garantindo, assim, uma fonte de renda recorrente.

Já o modelo PaaS (*Platform as a Service*) disponibiliza o ambiente virtual para hospedagem, criação e controle de *softwares* direto à contratante, que possui, então, a possibilidade de customizar suas aplicações, testes e implantação. Contudo, exige mão de obra especializada para tal.

O modelo IaaS (*Infrastructure as a Service*) consiste na disponibilização de recursos de infraestrutura, tais como processamento e memória para que o contratante providencie sua plataforma.

Segue, abaixo, a descrição do NIST (2011) para os principais modelos.

- **Software como um serviço (SaaS):** é fornecida ao consumidor a capacidade de usar os aplicativos do provedor. As aplicações são acessíveis a partir de vários dispositivos clientes por meio de uma interface de *thinclient*, como navegador da *Web* (por exemplo, e-mail baseado na *web*) ou uma interface de programa. O consumidor não gerencia nem controla a infraestrutura de *cloud* subjacente, incluindo rede, servidores, sistemas operacionais, armazenamento ou, até mesmo, recursos de aplicativos individuais, com a possível exceção de configurações específicas de aplicativos para usuários.

- **Plataforma como serviço (PaaS):** a capacidade oferecida ao consumidor é de implementar na infraestrutura da *cloud* aplicativos criados por ele mesmo, que, no entanto, não gerencia ou controla a infraestrutura da *cloud*, mas tem controle sobre aplicativos e configurações para ambiente de hospedagem. Esse modelo disponibiliza uma interface em que o cliente desenvolve seus próprios aplicativos. A ideia é similar ao modelo SaaS, os usuários não administram a infraestrutura.

- **Infraestrutura como um Serviço (IaaS):** é fornecido ao consumidor um processamento, armazenamento, redes e outros recursos fundamentais de computação, sendo ele capaz de implantar e executar software arbitrário, que pode incluir sistemas operacionais e aplicativos. O consumidor não gerencia a infraestrutura de *cloud* subjacente, mas tem controle sobre os sistemas operacionais, armazenamento e aplicativos implantados; e, possivelmente, controle limitado de componentes de rede selecionados, por exemplo: *firewalls* de *host*. Esse modelo difere dos demais citados, por não oferecer uma aplicação aos contratantes. Disponibiliza uma infraestrutura de hardwares de forma remota para que o consumidor tenha total liberdade de desenvolvimento, eliminando os custos com servidores, racks e espaço físico.

Figura 13 - Modelos de serviço na *cloud*

Fonte: Miguel, Santos e Caetano (2016)

Com a massiva aceitação de serviços em *cloud*, demais modelos foram *lançados* ao mercado com o conceito de XaaS (*Anything as a Service*) em que diversas empresas passaram a *ofertar* serviços de tecnologia via *cloud*. A tendência de aquisição de serviços (*as a Service* ou “aaS”) representa um cenário promissor com orientação a serviços, tais como desenvolvimento e implantação segundo a pesquisa publicada pelo Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), na 8ª Conferência Internacional de *Cloud Computing* (2015); atualmente, não há uma visão unificada para apoiar a compreensão acordada de “aaS”.

2.4. Concentração e análise de dados

Temos, atualmente, uma variedade de soluções capazes de facilitar nossas atividades do cotidiano, transformar o modo como nos comunicamos e geramos novas estratégias de negócios. Para auxiliar esse entendimento, a Tabela 4 mostra como a tecnologia tem influência direta na maneira com que realizamos nossas atividades. Seja para lazer, compras ou trabalho, ela nos proporciona facilidades que antes eram inimagináveis. (MARQUESONE, 2017)

Tabela 4 - Relação entre tecnologia e atividades

Categoria	Como ocorre atualmente
Viagem	Comparação de preços de passagens; Compra de passagem pela Internet; Check-in online; Recomendação de serviços de hospedagem; Serviços de reserva de hospedagem; Definição de trajeto por auxílio de GPS.
Trabalho	Reuniões por videoconferência; Agenda de compromissos online; Hospedagem de arquivos online; Serviços de financiamento coletivo (<i>crowdfunding</i>) ; Busca e candidatura de vagas online.
Lazer	Serviços de streaming de filmes, seriados e músicas; Compartilhamento de momentos em redes sociais; Leitura de jogos eletrônicos; Jogos online.
Compras	Compras via comércio eletrônico; Avaliação online de produtos; Comparação de preços; Compras coletivas; Pedidos online de serviços alimentícios; Serviço de atendimento ao consumidor online; Internet <i>Banking</i> .

Fonte: Marquesone (2017)

Todos esses serviços geram grande número de dados a serem processados. Os recentes avanços e modernização essencial em *hardware*, *software* e em infraestrutura de redes foram fundamentais para chegarmos ao atual momento. (MARQUESONE, 2017; WENDLING, 2010)

Dessa forma, o amplo acesso gerou um crescimento exponencial de dados. Qualquer pessoa, portando um dispositivo como o *smartphone*, pode gerar um vídeo, áudio ou texto que será compartilhado por meio dos mais diversos aplicativos. São exemplos de grande adoção: *Twitter*, *Instagram*, *Pinterest*, *Facebook*, *LinkedIn* e *Flicker*. (KATAL, 2016; MARQUESONE, 2017)

Todos esses dados podem ser gerados por inúmeras fontes. Marquesone (2017), classificou-os em duas diferentes categorias: dados gerados por humanos e dados gerados por máquinas.

- **Dados Gerados por humanos**

São aqueles em que o conteúdo foi gerado a partir da prioridade intelectual e individualidade de um humano, suas particularidades estão diretamente ligadas aos dados, ou seja, foram criados com base em ações e ideias humanas. Podemos considerar, também, como sendo dados que

refletem a interação entre pessoas no mundo digital. Atualmente, grande parcela dos dados gerados por humanos é originada em mídias sociais, onde usuários podem compartilhar a sua opinião, gerar debates, publicar suas preferências e sentimentos. (KATAL, 2016; MARQUESONE, 2017)

Segundo Brenner e Smith (2013), o uso de redes sociais é uma atividade importante para usuários de internet de uma ampla gama de grupos demográficos. Os adultos e os mais jovens são especialmente adeptos; contudo, as redes sociais continuam a crescer em popularidade para os mais velhos também. Seis em cada dez usuários da Internet entre 50 e 64 anos são usuários de redes sociais, assim como 43% das pessoas de 65 anos ou mais. Embora os idosos *on-line* sejam menos propensos a usar sites de redes sociais, as taxas de adoção para aqueles de 65 anos ou mais triplicaram em quatro anos.

Figura 14 - Uso de redes sociais por faixa etária

Fonte: Brenner e Smith (2013)

Essa informação corrobora o cenário de interação humana de diferentes perfis, de forma gradual, por uso de meios digitais.

Além das mídias sociais, sempre que estamos conectados na *internet*, podemos gerar diferentes tipos de dados, com emissão de *e-mails*, planilhas, *blogs*, avaliação de produtos e serviços de *e-commerce*, para citar alguns. Os exemplos citados até agora são dados gerados por usuários que possuem o conhecimento, opinião ou emoção. (SWAN, 2013; KATAL, 2016); porém, muitos serviços já são capazes de capturar dados dos humanos de forma oculta, ou seja, sem que o usuário esteja ciente. *Sites* visitados, localizações, trajetos de viagem, descrição dos dispositivos e lista de contatos são algumas formas que sistemas encontram de abstrair dados gerados por humanos. (KATAL, 2016).

- **Dados Gerados por máquinas**

São dados gerados por processamento de sensores, aplicações e demais sistemas; essa comunicação é conhecida como *Machine-to-Machine* (M2M), e permite a comunicação direta entre dispositivos sem necessitar, explicitamente, de intervenção humana. (KATAL, 2016; MARQUESONE, 2017)

Nesse cenário, além dos computadores, demais objetos passam a integrar a infraestrutura de comunicação ligada à *internet*, gerando, consumindo e interagindo com outras pessoas e objetos. Temos como exemplos as etiquetas RFID, os sensores e as indumentárias (vestíveis). A Intel estima que cada pessoa terá 7 dispositivos conectados até 2020.

Segundo Swan (2013), os dispositivos móveis atuais mais comuns, como *smartphones*, *tablets* ou *laptops*, possuem grande poder para fortalecer esse cenário, fornecendo novas maneiras de interação. Por exemplo, o *Near Field Communication* (NFC), integrado aos smartphones, permite a interação com outros equipamentos, simplesmente aproximando o celular, sem a necessidade de fios para troca de informações, podendo enriquecer as informações com dados de localização.

- **Localizando Dados**

Para o desenvolvimento de um projeto com análise de dados, é necessário definir quais respostas se deseja obter por meio dos dados; então, faz-se necessário localizar e coletar os dados, e enviá-los aos servidores para

se iniciar as análises. Por meio dessa abordagem, é possível identificar se os dados já existem via alguma fonte ou precisam de mecanismos, sensores ou ferramentas para serem gerados. (KATAL, 2016)

Segundo Marquesone (2017), assim que sabemos quais dados se desejam, é necessário verificar se os mesmos estão sob o controle da corporação ou não, caracterizando a propriedade de dados e considerando os mesmos como sendo internos ou externos, além de identificar o seu formato.

✓ **Dados internos:**

Podem ser obtidos a partir dos sistemas da empresa, geralmente *Enterprise Resource Planning* (ERP) e *Customer Relationship Management* (CRM) ou de áreas internas, como engenharia, recursos humanos, *marketing*, suporte, etc., somadas à produção de arquivos e documentos gerados por colaboradores. (MARQUESONE, 2017)

Dados obtidos por meio de sensores próprios também são considerados internos e passam a ser vitais em soluções de IoT; eles agregam a capacidade de sensoriamento desejado e habilitam a interação de dispositivos com humanos, fornecendo informações relevantes dentro do cenário desejado. (KATAL, 2016; MARQUESONE, 2017)

✓ **Dados externos:**

Os dados externos são oriundos de fontes externas da corporação; nem todos são relevantes, dependendo das características da solução desejada. Podemos obter dados a partir de fontes públicas que informam, por exemplo, sobre o clima, finanças e tráfego ou *sítes* de terceiros.

Contudo, a maior quantidade de dados externos pode ser encontrada em mídias sociais, em sua vasta quantidade de opções. Aqui podem ser conseguidas informações sobre sua marca, produto ou serviço, diretamente do usuário final. Dados obtidos por sensores de soluções públicas, como de mobilidade urbana, também se enquadram como externos. (KATAL, 2016; MARQUESONE, 2017)

2.4.2. Armazenamento e análise de dados

Após a captura e o envio de dados, inicia-se a fase de armazenamento e processamento dos mesmos; dependendo das informações a serem extraídas, será necessário processar e analisar volumes de *terabytes*. Assim, diferentes aplicações necessitam de diferentes tipos de bancos de dados.

O banco de dados é uma coleção organizada de dados, considerados fatos que podem ser gravados e que possuem um significado implícito. (ELMASRI, 2004).

Segundo Elmasri (2004), o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) é um pacote de *software* para a implementação e manutenção de bancos de dados computadorizados. O SGBD é, portanto, um sistema de software de propósito geral que facilita os processos de definição, construção, manipulação e compartilhamento de bancos de dados.

Os SGBD mais comuns são os relacionais, e a linguagem de programação *Structured Query Language* (SQL) é o padrão internacional utilizado com banco de dados relacionais para realizar consultas e manipular dados. Alguns dos sistemas de gerenciamento de banco de dados relacional mais populares são: MySQL; Microsoft SQL Server; Oracle e IBM DB2. (ELMASRI, 2004)

Segundo Elmasri (2004), o modelo relacional representa o banco de dados como uma coleção de relações. Informalmente, cada relação se parece com uma tabela de valores ou, em alguma extensão, com um arquivo de registros. Quando uma relação é pensada como uma tabela de valores, cada linha na tabela representa uma coleção de valores de dados relacionados, conforme ilustrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Banco de dados relacional

Aluno	Nome	SSN	Fone Residência	Endereço	Fone Escritório	Idade
	Benjamin Bayer	305-61-2435	373-1616	Blubonet 2918	nulo	19
	Katherine Ashly	381-62-1245	375-4409	Kirb Road 125	nulo	18
	Dick Davidson	422-11-2320	nulo	Elgin Road 3452	749-1253	25
	Charles Cooper	489-22-1100	376-9821	Lark Lane 265	749-6492	28
	Barbara Benson	533-69-1238	839-8461	Fontana Lane 7384	nulo	19

Fonte: Elmasri (2004)

A tabela apresenta um banco de dados relacional estruturado para o cadastro de alunos em uma instituição de ensino. Após a definição de quais dados serão necessários para esse objetivo, a inclusão, exclusão ou busca de informações se torna estruturada.

Segundo Marquesone (2017), o banco não relacional (NoSQL) é uma abreviação de *Not only SQL*, ou seja, "não somente SQL". Esse termo foi cunhado para definir os novos modelos de armazenamento de dados, criados para atenderem às necessidades de flexibilidade, disponibilidade, escalabilidade e desempenho de aplicações.

Diferente do banco de dados relacional, em que o foco principal é voltado à integridade dos dados, os modelos existentes em NoSQL tendem a sacrificar uma ou mais propriedades, para, assim, oferecer maior desempenho e escalabilidade às soluções que lidam com grande volume de dados. (MARQUESONE, 2017)

Marz e Warren (2015) mencionam que o sistema de análise de dados massivo "*Big Data*" é utilizado comercialmente para análise de grandes quantidades de dados para se tomar decisões com base no comportamento e preferências do consumidor.

É importante enfatizar que as soluções NoSQL não estão sendo construídas para substituir os SGBD relacionais. Essas são soluções complementares, com características distintas para necessidades de análise diferentes, de acordo com o que a solução exige.

As análises de informações das soluções de IoT podem variar de acordo com os requisitos do negócio e de intenção de uso. Dias (2016) elencou quatro tipos de análise que são atualmente empregadas:

- **Análise em tempo real:** analisa os dados e disponibiliza o resultado em tempo real. Esse tipo de análise pode ser bastante procurado em soluções de IoT, tendo como necessidade de operação a boa qualidade de infraestrutura, poder de processamento dos servidores e softwares capazes de processar todo o volume de dados gerado. Para esse tipo de análise, o armazenamento posterior pode ou não ser realizado. (DIAS, 2016).
- **Análise histórica:** visa depurar um conjunto de dados já obtidos

e disponíveis; só é possível realizar essa análise por meio do armazenamento prévio de dados. Um dos componentes-chave para os resultados é a estatística de recursos de armazenamento. (DIAS, 2016)

- **Análise preditiva:** utiliza os dados obtidos e armazenados para avaliar padrões de comportamento, realizar detecção de anomalias e previsões de resultados futuros por meio da utilização de algoritmos como: árvore de classificação e regressão, árvores aleatórias, análise estatística, entre outras. (DIAS, 2016)
- **Análise cognitiva:** esse tipo de análise pode ser encontrado em soluções de IoT definidas como cognitivas. Seu conceito é criar mecanismos de cognição entre os dispositivos, fazendo com que a rede crie conhecimento próprio e consiga tomar decisões de forma autônoma. Um exemplo de plataforma de análise cognitiva é o IBM Watson. (DIAS, 2016)

Soluções cognitivas visam melhorar a experiência de interação entre homem e máquinas, como, por exemplo, a interação via comandos de voz. Seu objetivo é conseguir interpretar e executar as tarefas solicitadas, além de traçar o perfil dos usuários para melhor atendê-los ao longo do tempo, por meio de análise histórica.

A crescente geração de dados por diversas fontes suscita estruturas de análise, processamento e armazenamento adequadas, já que a informação obtida será relevante para a tomada de decisão.

Este capítulo mapeou as tecnologias que comumente compõem as camadas comuns em soluções de IoT e descreveu algumas, das diversas possibilidades que se encontram presentes para uso. O desfecho deste estudo sugere um fluxo de mapeamento de processos sobre as principais tecnologias elencadas.

CAPÍTULO 3– ESTRUTURAÇÃO DO *WORKFLOW*

Este capítulo visa descrever a conceituação e procedimento metodológico para estruturação de um *workflow*, bem como apresentar uma proposta com macropassos para auxílio na escolha de tecnologias em soluções de Internet das Coisas.

3.1. Conceituação

Segundo Schmidt (2016), o *workflow* identifica quais passos são necessários para atribuir a tarefa à pessoa ou máquina correta, evitando gasto de tempo desnecessário aos participantes e dispêndio de recursos do processo.

Em uma das definições da literatura relativa ao *workflow*, Nicolao e Oliveira (2012) interpretam-na como a coleção de tarefas organizadas para realizar processos de negócio.

Até a década de 1990, o trabalho era transferido de um trabalhador para outro, manualmente. Assim que uma tarefa era entregue a uma pessoa, cada participante poderia assumir que o trabalho estava pronto para processamento. Nos anos mais recentes, a possibilidade de automatizar a coordenação dos processos tem sido explorada, resultando em uma área de pesquisa e tecnologia comumente referenciada como *workflow*. (SCHMIDT, 2016)

Independentemente do número de passos que um *workflow* tenha, há dois que existem sempre: o estado inicial, quando há entrada no fluxo e o estado final, quando o fluxo termina. (BEASLEY *et al.*, 2016)

Entende-se por estado o momento em que o fluxo está parado, entre ações. As ações são constituídas por tarefas que devem ser realizadas para que o fluxo avance.

Segundo Ludascher (2009), um *workflow* tem seu ciclo de vida composto por quatro fases, de acordo com a Figura 15:

Figura 15 - Fases de um Workflow

Fonte: Adaptado de Ludascher et al. (2009)

Projeto: consiste na construção de um modelo para o *workflow* a partir de uma hipótese a ser testada ou de um objetivo experimental específico a ser alcançado.

Instanciação: corresponde à preparação e organização necessárias para uma execução particular do *workflow*.

Execução: corresponde à execução das atividades que compõem o *workflow*. As atividades analisam dados requisitados e produzem novos dados, que, por sua vez, podem ser processados pelas próximas atividades.

Análise Pós-Execução: corresponde à inspeção e interpretação dos resultados obtidos a partir da execução do *workflow*.

As principais vantagens de integrar o *workflow* na gestão do projeto estão ligadas à automatização dos processos, eliminação de repetições, coordenação de recursos e à gestão de tempo, que contribui, significativamente, para maior eficiência do processo. (BEASLEY *et al.*, 2016)

Para Schmidt (2016), os principais benefícios dos *workflows* são:

- Eliminação da documentação em papel, diminuindo os custos de produção e de armazenamento;
- Simplificação dos formulários previstos, devido à possibilidade de automatização de algumas tarefas;
- Acesso remoto, possibilitando a mobilidade dos utilizadores;
- Arquivo e recuperação de informações, devido à repetição predefinida dos processos;
- Habilidade de, rapidamente, trilhar as informações submetidas, devido à estrutura de estados;
- Possibilidade de ter conhecimentos dos responsáveis de cada tarefa do processo, devido à definição de utilizadores para as tarefas e respectivo registro de realização;
- Aumento no tempo de linhas de informação, devido à automatização dos processos.

Assim, o *workflow* é um conjunto coordenado de atividades (sequenciais ou paralelas) que são interligadas com o objetivo de alcançar uma meta comum. Pode-se assumir que *workflow* é a divisão de um grande trabalho em várias tarefas menores, com pré-requisitos, que devem ser respeitados para o avanço da atividade. (COSTA, DA CUNHA, 2009)

Como soluções de IoT integram uma grande quantidade de tecnologias, com distintas e complexas características, a utilização de um processo de escolha deve trazer agilidade e organização para tais implementações.

3.2. Projeto do *workflow*

Esta sessão descreve como o mapeamento de processos macro foi projetado para alcançar o objetivo proposto neste trabalho.

A proposta de *workflow* visa validar a hipótese de utilização de macro-passos com tarefas mínimas para auxílio na escolha de tecnologias em soluções de Internet das Coisas.

O *workflow* buscará abstrair as complexidades relacionadas a especificidades de dispositivos, meios de comunicação e protocolos, fornecendo um fluxo macro para avaliação a ser empregado no processo de avaliação e escolha de tecnologias que podem compor soluções de IoT.

3.3. Instanciação do *workflow*

A estruturação do *workflow* foi orientada por meio das camadas comuns e tecnologias habilitadoras, identificadas pela análise de arquiteturas realizadas no capítulo 1 deste trabalho.

Iniciou-se pela camada de percepção e sensoramento, definida como dispositivo inteligente, que deverá ser direcionado pela necessidade de uso que a solução deverá empregar.

Desenvolveu-se para a camada de comunicação, que compreende tecnologias de transmissão e elementos de comunicação, como os *gateways*.

Foram alcançados serviços em nuvem para fornecimento de recursos de infraestrutura e serviços.

Forneceu-se armazenamento e processamento dos dados, transformando-os em informação por meio de tecnologias voltadas ao método de análise exigida.

Para melhor compreensão do fluxo a ser apresentado, segue abaixo, na Figura 16, a descrição dos símbolos a serem utilizados.

Figura 16 - Simbologia do Workflow

Simbologia	Descrição
Evento de início: Indica onde o processo começará. O evento de início começará o fluxo do processo e, portanto, não terá nenhum fluxo de sequência de entrada.
Evento de fim: Indica onde o processo terminará. O evento de fim termina o fluxo de processo e, portanto, não haverá fluxos de sequência de saída.
Tarefa: É uma atividade que está incluída dentro de um processo. Uma tarefa é utilizada quando um trabalho no processo não é decomposto.
Subprocesso: É uma atividade que contém outras atividades. O processo dentro do processo é dependente do processo-mãe.
Gateway: São locais dentro de um processo onde o fluxo de sequência funciona como um "e" lógico.
Gateway Paralelo: São locais dentro de um processo onde o fluxo de sequência funciona como um "ou" lógico.

Fonte: Usirono (2003)

3.4. Workflow proposto

Com as tecnologias comuns identificadas e descritas e os benefícios do *workflow* detalhados, serão propostos na Figura 17 os macropassos e suas etapas mínimas, que podem ser considerados para avaliação e escolha de tecnologias em soluções de IoT.

Figura 17 - Macropassos do Workflow: Análise de necessidade

Fonte: Elaboração do autor (2017)

Para o desenvolvimento e implementação de uma solução de IoT, é necessário levar em consideração que, independentemente do objetivo, o valor agregado da informação proporcionada deve determinar a qualidade da solução. A tecnologia deve se unir à visão estratégica e objetivos pretendidos.

Desta forma, a primeira tarefa de “analisar necessidade” exige grande parceria e interação entre diversas áreas, envolvendo os colaboradores, parceiros, fornecedores e clientes, sobre conhecimentos e especificidades do negócio, processos e ferramentas internas somados à integração tecnológica.

Aqui o escopo deve ser entendido e estar em comum acordo perante todos os responsáveis e participantes do processo.

Entendendo quais são as principais requisições de negócio e como elas ajudarão o solicitante a prosperar, o macropasso de detalhar o que será sensoriado, ilustrado através da Figura 18 deve ser criteriosamente debatido entre as áreas de tecnologia e operações entre solicitante e fornecedor, a fim de definir quais parâmetros técnicos serão necessários.

Figura 18 - Macropassos do *Workflow*: Determinar o que sensoriar

Fonte: Elaboração do autor (2017)

Esta atividade tem como requisito o escopo previamente acordado por meio da análise de necessidades, pois, com tais informações se faz possível planejar o que deve ser sensoriado. O sensoriamento consiste na percepção de estado de objetos, ambiente ou pessoas em um determinado cenário, sendo fundamental o conhecimento sobre as particularidades e processos do ambiente em que a solução de IoT será provisionada, a fim de melhor definir

quais serão as características - onde, quando, como e porquê posicionar os dispositivos para, posteriormente, defini-lo.

Figura 19 - Macropassos do *Workflow*: Definir dispositivo inteligente

Fonte: Elaboração do autor (2017)

Essa definição será elaborada através da escolha dos componentes tecnológicos com base nas características, condições e requisitos do cenário. A Figura 20 ilustra os componentes que são comuns para dispositivos sensores em soluções de IoT.

Figura 20 – Subprocesso: Definir o dispositivo inteligente

Fonte: Elaboração do autor (2017)

A unidade processadora determinará as características de *hardware* necessárias para suportar o sistema operacional, a fim de controlar as demais funções como sensoriamento e comunicação. Algumas avaliações mínimas são necessárias para iniciar o processo de tomada de decisão. São elas:

- Qual é o sistema operacional que será instalado no dispositivo;

O tipo de sensor ou atuador deve ser direcionado a informações que se pretende obter. Para uma solução de rastreabilidade de medicamentos, por exemplo, pode-se posicionar um GPS para controle da rota. Existe uma série de sensores no mercado que podem ser escolhidos, de acordo com sua intenção de uso. Algumas avaliações mínimas serão necessárias para iniciar o processo de tomada de decisão. São elas:

- Em qual ambiente físico serão posicionados;
- Quais características eles deverão monitorar.

A tecnologia de comunicação diz respeito a como os dados coletados em campo serão encaminhados para outros dispositivos inteligentes (M2M) ou para os servidores através do *gateway*. Algumas avaliações mínimas serão necessárias para iniciar o processo de tomada de decisão. São elas:

- Qual é o alcance necessário para a transmissão de dados do dispositivo até seu *gateway*;
- Qual taxa de transmissão atende ao volume de dados coletados;
- O local de instalação é suscetível a interferências sobre as frequências de transmissão pretendidas;
- O local de instalação possui barreiras físicas entre seus nós.

A fonte de energia também é, geralmente, orientada pelo ambiente, uma vez que sua aplicação pode variar, dependendo das características de posicionamento e infraestrutura do cenário a ser monitorado. O dispositivo pode ser alimentado pelo uso de baterias ou sistemas externos de captação de energia, como a solar. Algumas avaliações mínimas serão necessárias para iniciar o processo de tomada de decisão. São elas:

- Onde esse dispositivo será instalado:
 - Será instalado em um local fixo ou móvel;
- Qual é a fonte de energia disponível no local:
 - Painel Solar;

- Alimentação AC;
- Alimentação DC;
- Baterias;
- Outros.

Esses quatro componentes somados fornecerão as características mínimas a serem avaliadas no processo de escolha de tecnologias que virão a compor o dispositivo Inteligente.

Em sequência, todos os dados coletados serão encaminhados ao *gateway*, que cumpre função intermediária entre os dispositivos inteligentes e os servidores na *cloud*. Suas funções compreendem desde a interconexão das redes, até a aplicação de mecanismos, como os de QoS e segurança, por exemplo, por meio de regras de acesso e políticas de filtros às aplicações.

A Figura 21 ilustra a tarefa de definição do *gateway*.

Figura 21 - Macropassos do *Workflow*: Definir dispositivo inteligente

Fonte: Elaboração do autor (2017)

A tarefa de definir o *gateway* passa pela avaliação de qual é o requisito da infraestrutura de comunicação local e com a *Internet*. Os meios de acesso podem variar, sendo desde as já citadas tecnologias WPAN, Wi-Fi, tecnologia celular e até *links* de conexão cabeada. Os *gateways* podem ser equipamentos físicos como roteadores, *firewall's*, *smartphones* ou até virtualizados em computadores, entre outros, de acordo com a aplicação da solução.

Para assegurar que os dados possam ser encaminhados entre os sensores e servidores de uma aplicação, dois protocolos são, geralmente,

utilizados: o *Secure Sockets Layer* (SSL) e o *Transport Layer Security* (TLS), operando entre as camadas de transporte a aplicação da pilha de comunicação TCP/IP. Existem, também, outras formas de comunicação segura, como por exemplo, o tunelamento via *IP Security Protocol* (IPSEC), definido na RFC 6071 (IETF, 2011), consistindo em um conjunto de protocolos que provê segurança de rede na pilha de comunicação TCP/IP.

Algumas avaliações mínimas serão necessárias para iniciar o processo de tomada de decisão. São elas:

- Qual é a tecnologia de comunicação com a camada de sensoriamento/dispositivos inteligentes;
- Qual é a tecnologia de comunicação com a Internet;
- Qual é a taxa de transmissão total necessária para a localidade;
- Quais serão os mecanismos de segurança empregados.

Os dados coletados pelos dispositivos sensores e encaminhados ao *gateway* serão agora direcionados aos servidores da solução de IoT. A fim de determinar o modelo de *cloud* que melhor se adequa à solução proposta, a Figura 22 ilustra esta tarefa.

Figura 22- Macropassos do *Workflow*: Avaliar modelo de implementação para serviço de *cloud*

Fonte: Elaboração do autor (2017)

Análises sobre o interesse de tráfego, participação de parceiros ou terceiros e políticas de segurança são relevantes para o tema. Fatores de escalabilidade da solução também devem ser considerados, a fim de evitar aquisição de recursos que fiquem ociosos ou prevenir sua falta em

determinado momento, gerando impacto para o usuário. Modelos de pagamento sobre demanda de uso são ofertados por provedores de serviços de *cloud*, conforme ilustrado na Figura 23.

Figura 23 - Macropassos do *Workflow*: Avaliar modelo de implementação para serviço de *cloud*

Fonte: Elaboração do autor (2017)

Uma vez que a opção de implantação da *cloud* possibilita o uso de diferentes modelos de implantação e serviços, detalhados na sessão 2.3 do trabalho, o entendimento entre necessidades da solução, recursos disponíveis e recursos necessários deve ser realizado para a escolha da melhor opção.

Algumas avaliações mínimas serão necessárias para iniciar o processo de tomada de decisão para a escolha do modelo de implementação de serviços na *cloud*, são elas:

- O solicitante já possui alguma infraestrutura de servidores e armazenamento de dados local ou remoto?
 - Caso positivo, é necessário questionar se o cliente deseja utilizá-la e avaliar a infraestrutura atual para analisar se a mesma comporta os recursos necessários para a plataforma de monitoração da solução de IoT.

- Caso negativo, é necessário seguir com os questionamentos abaixo para melhor direcionar o modelo.
- A infraestrutura do solicitante possui recursos suficientes para suportar o plano de expansão nos próximos anos?
 - Caso a resposta anterior tenha sido “sim”, faz-se necessário avaliar os recursos disponíveis e garantir a expansão e continuidade de sua operação pelos próximos anos, de acordo com o plano de negócios do solicitante.
- A infraestrutura do solicitante possui recursos que garantam a alta disponibilidade de comunicação e dos servidores, a fim de assegurar que as informações estejam sempre disponíveis para as equipes que farão uso das ferramentas de gestão da estufa?
 - Caso o solicitante possua uma infraestrutura, avaliar se a mesma comportaria cenários de falha e períodos de manutenção.
- O solicitante possui requisitos de segurança da informação que descrevam onde esses dados precisam ser armazenados?
 - Alguns solicitantes possuem requisitos de que determinadas informações só podem ser armazenadas dentro de uma infraestrutura própria, sendo, assim, necessário o desenvolvimento de uma *cloud* privada.
- O solicitante possui equipe capacitada para realizar a implementação e gestão da infraestrutura de comunicação e dos servidores que farão parte da solução?
 - Caso o solicitante possua uma infraestrutura: ele tem equipe responsável pela sua manutenção?
 - Essa questão deve influenciar no modelo de serviço contratado (IaaS, PaaS e SaaS), devido aos recursos que são entregues pelos provedores de serviço em cada um deles.

Posterior às análises de modelos de implantação e serviços para definição de estrutura da *cloud*, faz-se necessário estipular quais serão as tecnologias responsáveis pelo armazenamento e processamento de todos os dados coletados, o que é ilustrado pelo macropasso destacado na Figura 24.

Figura 24 - Macropassos do *Workflow*: Definir repositório e análise de dados

Fonte: Elaboração do autor (2017)

O subprocesso deste macropasso está representado pela Figura 25.

Figura 25 - Subprocesso: definir repositório e análise de dados

Fonte: Elaboração do autor (2017)

Algumas avaliações mínimas serão necessárias para iniciar o processo de tomada de decisão para a escolha.

- Quais tipos de dados serão armazenados:
- Qual o tipo de análise necessária:

Neste, enquadram-se escolhas sobre banco de dados para armazenamento de dados, tipo de análise exigido, alinhado com as necessidades de valor agregado da solução e onde serão disponibilizadas as informações já processadas desejadas pelo cliente. Detalhes destas tecnologias foram abordadas na sessão 2.4 deste trabalho.

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DO *WORKFLOW* COM BASE EM UM CASO DE USO

Esta sessão detalha um caso de uso de mapeamento macro de processos, utilizado em uma empresa multinacional de agricultura e biotecnologia que reportou uma necessidade: incrementar a eficácia operacional de suas equipes, realizar uma gestão consciente e mensurada de recursos, além de garantir a qualidade das plantas produzidas em suas estufas, utilizadas para realização de pesquisas no Brasil.

4.1 Análise de Necessidade

Neste caso de uso, o contato inicial foi com a área de negócios da empresa gestora das estufas.

Inicialmente, foram discriminadas as funções que a estufa deve atender, consistindo na proteção das plantas contra possíveis ameaças e evitando que as mesmas sofram estresses climáticos, como excesso de chuva e granizo, além de minimizar o ataque de insetos-praga e doenças, corroborando, assim, com a construção e manutenção de condições ideais para o perfeito desenvolvimento do cultivo.

Uma estufa pode agregar inúmeros vasos de plantas experimentais, com distintas sementes, em um ambiente que deve seguir rígidas orientações climáticas para sucesso inequívoco dos experimentos. Cada estufa tem uma característica física diferente, pé direito mais alto ou mais baixo, ventilação, cor das lonas, temperatura, umidade, entre outras características, com o propósito de simular situações climáticas de diferentes regiões.

Somente com a coleta e interpretação conjunta de dados da estufa em tempo real, obtém-se informações relevantes que trarão os benefícios solicitados, tais como:

- **Acionamento da equipe de campo:** para a gestão de uma estufa, diversos profissionais são envolvidos na cadeia de processos para monitoração e atuação. Com um ambiente controlado, suas atividades podem ser direcionadas para diferentes estudos e testes

em larga escala. O tempo de atuação para o processo de controle da estufa torna-se pontual e planejado, otimizando o tempo da equipe.

- **Uso eficaz de recursos:** o uso assertivo de produtos de adubação e irrigação deve-se às menores perdas propiciadas pelas estufas, em função do ambiente controlado. Demais acessórios, como por exemplo o ar condicionado, também podem ser mensurados para o uso necessário, auxiliando no controle de gasto energético.
- **Qualidade:** com os parâmetros ambientais necessários controlados e monitorados constantemente, os produtos finais dos estudos serão mais assertivos, influenciando diretamente na qualidade e entrega final do plantio e pesquisas.

Esse cenário comedido corrobora para o impedimento de uma série de problemas que poderiam acabar com as pesquisas, como por exemplo, a polinização indesejada entre diferentes tipos de planta, que pode ocorrer se as condições climáticas exatas não forem satisfeitas.

A polinização consiste na transferência do pólen da parte masculina da flor para a parte feminina, representando o processo reprodutivo. Na estufa, para atender aos requisitos de estudo, as polinizações indesejadas não devem ocorrer, tornando, assim, o processo de monitoração do ambiente fundamental.

Desta forma, para atender aos requisitos de qualidade, uso eficaz de recursos e desempenho operacional, a principal necessidade desse caso consiste na monitoração das informações climáticas da estufa.

4.2 Determinação sobre o que sensoriar

Neste momento, o principal desafio é transpor a lacuna de conhecimento técnico entre as áreas de tecnologia e agronomia para realizar o desenvolvimento de uma solução IoT para a estufa, a fim de informar rapidamente os parâmetros solicitados ao ambiente corporativo e operacional, de forma simples e objetiva.

Durante reunião com a equipe técnica, foram descritos em detalhes os principais parâmetros a serem mensurados e que influenciam no ambiente da estufa. São eles:

- **Temperatura:** fundamental para controlar o estado térmico da estufa a fim de proporcionar o cenário desejado para a vegetação;
- **Umidade Relativa:** o controle de umidade relativa na estufa é requerido para prevenir doenças associadas com alto nível de umidade;
- **Intensidade Luminosa:** fator fundamental para vários processos, inclusive a fotossíntese, tendo impacto direto no desenvolvimento da vegetação;
- **Radiação:** é um requisito mensurar a radiação infravermelha da estufa pois a mesma também pode influenciar no desenvolvimento da espécie vegetal.

A partir desse momento, com os detalhes acima mencionados, o escopo de quais sensores precisarão ser provisionados para atender a essa demanda foi estabelecido.

A solução de monitoração deverá apresentar as condições climáticas da estufa em um painel visual via Internet. Neste painel, a equipe gestora terá condições de monitorar as informações climáticas das estufas, onde cada uma poderá, eventualmente, ser destinada a diferentes tipos de plantios e pesquisas, devendo assim, proporcionar a qualidade desejada por meio da garantia das condições ideais da estufa.

De posse dessas informações, o pesquisador responsável poderá tomar decisões mais assertivas sobre o controle de uso de recursos na estufa, reduzir erros operacionais, empregar os engenheiros em demais atividades de pesquisa, além de apresentar relatórios de qualidade e histórico para a área de negócios.

4.3 Definição de dispositivos

Com o escopo estabelecido de quais parâmetros serão necessários monitorar, o próximo passo consiste em agregar os componentes e tecnologias que participarão da camada de sensoriamento da estufa e decidir como eles serão conectados. Será preciso, então, compor o dispositivo inteligente para permitir a coleta e envio de dados da estufa.

Esse dispositivo deve ser provisionado de acordo com a necessidade de uso, utilizando componentes que atendam à demanda e se enquadrem no ambiente físico que irão compor. Para este caso de uso, os seguintes itens foram escolhidos:

Unidade Processadora:

- Qual é o sistema operacional que será instalado no dispositivo
 - Caso de uso: Linux LEDE OpenWRT

O processador AR9331 com 64MB de DDR RAM e memória Flash de 16MB foi escolhido para realizar o processamento para envio de dados dos sensores.

Tecnologia de Comunicação: a tecnologia de comunicação escolhida foi o Wi-Fi, por se tratar de um ambiente onde os sensores não necessitam de uma longa distância para comunicação com seu gateway dentro da estufa, não existem sinais em operação que causem interferência na frequência da tecnologia escolhida e a coleta de dados será suprida com as taxas de transmissão de 450Mbps do padrão 802.11n; além desses fatores, a estufa não possuía infraestrutura prévia para cabeamento de dados.

- Qual é o alcance necessário para a transmissão de dados do dispositivo até seu *gateway*
 - Caso de uso: Entre 5 e 25 metros
- Qual taxa de transmissão atende ao volume de dados coletados
 - Caso de uso: Entre 50 kbps e 150 kps por sensor
- O local de instalação é suscetível a interferências sobre as frequências de transmissão pretendidas
 - Caso de uso: Não
 - Caso de uso: Realizada avaliação e varredura de espectro
- O local de instalação possui barreiras físicas entre seus nós
 - Caso de uso: Não

Sensor: A escolha dos sensores está diretamente ligada às intenções de coleta. Interpretar fielmente os requisitos inicialmente estabelecidos torna-se um fator importante.

- Em qual ambiente físico serão posicionados
 - Caso de uso: Dentro da estufa, posicionamento fixo.
- Quais características eles deverão monitorar
 - Caso de uso: As características foram mapeadas no passo anterior “determinação sobre o que sensoriar” e os sensores para tais características estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Sensores para medição da estufa

Item	Modelo	Descrição
1	HMP60-L33-PT	Sensor de temperatura -40°C a 60°C e umidade relativa 0 a 100% com cabo de 10 metros
2	41303-5a	Abrigo termométrico de 6 pratos
3	CS301-U-L 12-PT	Sensor de radiação global de silício FX de 0 a 1750W M2 - Acurácia 5 da Radiação Total com cabo de 3,5 metros
4	CS310-10-PT	Sensor de radiação Quantum 389 a 692 NM com cabo de 3 metros
5	CSB18356	Base de nivelamento para o sensor de radiação
6	CSBCM225	Suporte para sensor de radiação solar

Fonte: Elaboração do Autor (2018)

Módulo de Fonte de Energia:

- Onde esse dispositivo será instalado
 - Caso de uso: Instalado em local fixo
- Qual é a fonte de energia disponível no local
 - Caso de uso: Alimentação AC

A fonte de energia escolhida foi a alimentação através de rede elétrica AC. O ambiente já possuía infraestrutura para tal e custos adicionais relacionados à alimentação não foram considerados.

Todos estes componentes foram agregados no CUBE, que é o dispositivo inteligente responsável por receber os dados dos sensores instalados na planta da estufa e encaminhá-los para o *gateway*.

O CUBE, ilustrado na Figura 26, é uma solução de mercado que disponibiliza em seu *hardware* a possibilidade de agregação de sensores, fontes de energia, tecnologia de comunicação e unidade processadora.

Figura 26 - CUBE

Fonte: Elaboração do Autor (2018)

O CUBE é composto por uma série de módulos, que podem ser adicionados conforme a necessidade e escalabilidade exigida pelo ambiente.

4.4 Definição de *gateway*

Depois de definidos os componentes do dispositivo da camada de sensoriamento, faz-se necessário decidir os parâmetros para a escolha do *Gateway*, sendo esse o responsável pela comunicação do perímetro interno e externo da solução.

O *gateway* realiza a função de integração entre a camada de sensores e os servidores que deverão armazenar e processar os dados, fazendo com que as informações estejam sempre disponíveis aos responsáveis pelo controle da estufa.

- Qual é a tecnologia de comunicação com a camada de sensoriamento/dispositivos inteligentes

- Caso de uso: Wi-Fi
- Qual é a tecnologia de comunicação com a Internet
 - Caso de uso: Ethernet cabeado
- Qual é a taxa de transmissão total necessária para a localidade
 - Caso de uso: Entre 450 kbps e 1,5 Mbps
- Quais serão os mecanismos de segurança empregados
 - Caso de uso: TLS

Nesse caso de uso, a comunicação com os servidores que armazenaram os dados históricos e estatísticas da estufa é realizada por meio de uma conexão estabelecida pelo protocolo TLS, garantindo as seguintes características para o envio de dados:

Autenticidade: suporta mecanismos de autenticação em nível da rede, entre o *gateway* da estufa e o *gateway* da *cloud*, garantindo que apenas dispositivos reconhecidos da solução troquem dados;

Integridade: dispõe de mecanismos que verificam a integridade dos pacotes de dados trocados entre os *gateways* autenticados, garantindo que os mesmos não foram modificados durante o trânsito;

Confidencialidade: a transmissão dos pacotes é realizada com criptografia e chaves de 128 *bits*, proporcionando confidencialidade dos dados enviados. Com isso, implementa-se um alto grau de segurança na passagem dos dados.

Assim, o *gateway* agrega os dados sensorizados recebidos por meio do dispositivo inteligente, nesse caso o CUBE, e encaminha os mesmos de forma segura, por uma conexão TLS para os servidores da plataforma de monitoração da solução.

Na estufa, por se tratar de um ambiente fisicamente fechado e sem infraestrutura de cabeamento prévio para conexão entre o *gateway* e todos os dispositivos inteligentes posicionados na estufa, foi adotada a comunicação Wi-Fi para viabilizar a troca de dados. Para a comunicação entre o *gateway* e os

servidores, uma conexão física com cabo de rede *Unshielded Twisted Pair* (UTP) para um *link* de comunicação com a Internet foi conectado ao *gateway*.

4.5 Definição de modelo de serviço e implantação na *Cloud*

Após as definições dos componentes das camadas de sensoriamento e redes, o próximo macropasso do *workflow* consiste em como adotar o modelo de *cloud* que melhor atenderá a solução de IoT. Para a escolha do modelo de implementação de serviços na *cloud* fez-se necessário avaliar alguns itens em conjunto com o solicitante da solução:

- Atualmente, o solicitante já possui alguma infraestrutura de servidores e armazenamento de dados local ou remoto?
 - Caso positivo, é necessário questionar se o cliente deseja utilizá-la e avaliar a infraestrutura atual para analisar se a mesma comporta os recursos necessários para a plataforma de monitoração da solução de IoT.
 - Caso negativo, é necessário seguir com os questionamentos abaixo para melhor direcionar o modelo.
 - Caso de uso: o solicitante possuía infraestrutura de comunicação e servidores, porém ambos não chegaram a ser avaliados, pois o solicitante fez a opção de segregar a solução de controle ambiental de estufas do seu ambiente corporativo para validação da solução, assim seguindo com os questionamentos.
- A infraestrutura do solicitante possui recursos suficientes para suportar o plano de expansão nos próximos anos?
 - Caso a resposta anterior tenha sido “sim”, faz-se necessário avaliar os recursos disponíveis e garantir a expansão e continuidade de sua operação pelos próximos anos, de acordo com o plano de negócios do solicitante.

- Caso de uso: foi feita a opção de utilizar uma *cloud* pública para provisionar os recursos computacionais da solução de controle ambiental da estufa.
- A infraestrutura do solicitante possui recursos que garantam a alta disponibilidade de comunicação e dos servidores, a fim de assegurar que as informações estejam sempre disponíveis para as equipes que farão uso das ferramentas de gestão da estufa?
 - Caso o solicitante possua uma infraestrutura, avaliar se a mesma comportaria cenários de falha e períodos de manutenção.
 - Caso de uso: foi feita a opção de utilizar uma *cloud* pública para provisionar os recursos computacionais da solução de controle ambiental da estufa.
- O solicitante possui requisitos de segurança da informação que descrevam onde esses dados precisam ser armazenados?
 - Alguns solicitantes possuem requisitos de que determinadas informações só podem ser armazenadas dentro de uma infraestrutura própria, sendo assim necessário o desenvolvimento de uma *cloud* privada.
 - Caso de uso: as políticas de segurança da informação não têm restrições quanto à localidade, porém, cobram quesitos de segurança de comunicação, entregues por protocolo de comunicação TLS.
- O solicitante possui equipe capacitada para realizar a implementação e gestão da infraestrutura de comunicação e dos servidores que farão parte da solução?
 - Caso o solicitante possua uma infraestrutura: ele tem equipe responsável pela sua manutenção?
 - Caso de uso: o cliente possui equipe dedicada para a infraestrutura corporativa, apenas.

- Essa questão deve influenciar no modelo de serviço contratado (IaaS, PaaS e SaaS), devido aos recursos que são entregues pelos provedores de serviço em cada um deles.
 - Caso de uso: os modelos IaaS e PaaS necessitam de determinadas configurações para disponibilizar a plataforma de monitoração; com o modelo SaaS a plataforma de monitoração é entregue operacionalmente.

Após a obtenção de respostas às perguntas formuladas e segundo os modelos de *cloud* disponíveis, a opção escolhida para esse caso de uso foi em *cloud* pública, por meio do modelo SaaS. Isso significa que o cliente terá a sua disposição uma plataforma para gestão das informações já desenvolvida e com toda a infraestrutura de comunicação e segurança provisionadas.

Com o modelo de implantação de *cloud* definido, o próximo passo consiste na avaliação do repositório e análise de dados, que varia de acordo com as necessidades de cada caso de uso.

4.6 Definição de repositório e análise de dados

Para iniciar o processo de definição de repositório e análise de dados, os seguintes parâmetros mínimos foram coletados:

- Qual tipo de dados serão armazenados
 - Caso de uso: Estruturados
- Qual o tipo de análise necessária
 - Caso de uso: Tempo real e análise histórica

Sistema Gerenciador de Banco de Dados: de acordo com a necessidade do solicitante, as informações coletadas podem ser armazenadas em um banco de dados relacional ou NoSQL, visto que são dados

estruturados, valores como de temperatura, umidade, velocidade e direção do vento.

Tipo de análise: nesse caso de uso, o tipo de análise imprescindível para os administradores é em tempo real, entregando, assim, a visibilidade necessária para a gestão da estufa, obtendo as informações essenciais para controlar as suas condições climáticas, e, conseqüentemente, realizar a gestão de recursos, equipe e qualidade.

Foi solicitado, também, o armazenamento histórico de dados climáticos da estufa para análise estatística e uso futuro. Para comportar o armazenamento de dados históricos, é importante validar se a infraestrutura atual suporta o armazenamento de dados pelo período de tempo de operação da solução, estipulado junto à área de negócio.

Plataforma de análise: a plataforma de análise é responsável por acoplar e processar todos os dados coletados e apresentar as informações consolidadas da solução.

A plataforma de análise EUGENIO, desenvolvida pela Logicalis, foi a responsável por tratar, armazenar e apresentar os dados históricos da estufa, oferecendo aos administradores as informações dos sensores instalados nas áreas externas e internas da estufa, conforme escopo alinhado com o solicitante. Foram disponibilizados todos os dados coletados para os administradores por um portal *web* com acesso *Hyper Text Transfer Protocol Secure* (HTTPS), que implementa a criptografia e autenticidade da interface do usuário no modelo cliente-servidor.

Abaixo, a Figura 27 e a Figura 28 ilustram o acesso por meio de um navegador *web* de um computador, onde, após a autenticação do usuário pelo uso de senha, o administrador da estufa tem acesso à plataforma da solução de IoT que faz a gestão da mesma.

Figura 27 - Plataforma EUGENIO: condições ambientais

Fonte: Elaboração do Autor (2018)

Figura 28 - Plataforma EUGENIO: histórico de dados

Fonte: Elaboração do Autor (2018)

Essas telas são acessadas remotamente com uma conexão autenticada e criptografada via Internet. Todos os administradores têm acesso aos dados e conseguem monitorar as condições da estufa.

A plataforma também proporciona a configuração de limites para cada dado coletado. Por exemplo: os dados de temperatura devem estar entre 25,5°C e 26,5°C; caso esses valores sejam violados, notificações na tela da plataforma e e-mails serão encaminhados para verificação da estufa e possível acionamento da equipe de campo.

4.7. Arquitetura do caso de uso

A arquitetura consiste na conexão entre os sensores posicionados na estufa e seu dispositivo inteligente. Essa estrutura distribuída por toda a planta da localidade deve cobrir todos os locais da estufa e atender a toda sua área.

O dispositivo inteligente encaminha via Wi-Fi os dados coletados pelos sensores para o *gateway* da estufa. O *gateway*, por sua vez, é o responsável por enviar os dados de forma segura para os servidores provisionados em *cloud* pública, usando uma conexão TLS.

Os dados são, então, agregados nos servidores que estão rodando a plataforma EUGENIO; são processados e disponibilizados como informação para a equipe responsável, que dispõe do acesso em tempo real, possui armazenamento do histórico para consultas e proporciona a configuração de parâmetros para monitoração das estufas, sendo possível o encaminhamento de notificações para os administradores, caso alguma variável seja identificada como fora dos padrões desejados.

Encontramos toda a cadeia mapeada da solução de IoT, que é composta por: sensores e controladores na camada *fog*, *gateway* para aplicação de políticas de QoS, comunicação e segurança com a *cloud*, repositório de dados disponibilizado por meio de uma infraestrutura de *cloud* pública com crescimento escalável *pay-as-you-grow* para suprir a expansão e armazenamento de dados e uma plataforma que disponibiliza todas as informações por uma página *WWW* para usuários e administradores.

O mapeamento e conexão entre todos os dispositivos da solução de IoT para controle de estufas pode ser visualizado na Figura 29.

Figura 29 - Arquitetura detalhada da Estufa

Fonte: Elaboração do Autor (2018)

Na sequência, a Figura 30 apresenta a distribuição de três dispositivos inteligentes posicionados para cobrir toda a área da estufa e a comunicação lógica entre o *gateway* e os servidores na *cloud*, via sessões TLS.

Aqui foram posicionados três dispositivos inteligentes com seus respectivos sensores de temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa e radiação.

É importante cobrir toda a área desejada e trabalhar com os sensores em redundância de três, para evitar cenários de falso positivo. Exemplificando: quando um sensor apresentar um resultado diferente dos demais, você terá mais dois como parâmetro para iniciar a análise da existência de alguma alteração ambiental ou falhas de um sensor.

Figura 30 - Arquitetura da estufa

Fonte: Elaboração do Autor (2018)

4.8. Análise Pós-Execução

O *workflow* proposto por meio de macropassos orientados perante as tecnologias comuns para soluções de IoT e aplicado ao ambiente de estufas apresentou-se como importante ferramenta para orientação e estruturação inicial da solução, apoiando os primeiros passos de escolha, proporcionando uma visão de negócios e sistêmica inicial, auxiliando a excluir tecnologias não aderentes e mantendo tecnologias compatíveis com intenção de uso e requisitos do ambiente.

O *workflow* não foi capaz de desempenhar e avaliar requisitos de baixo nível sobre todas as tecnologias envolvidas, porém se mostrou útil para a fase de prospecção e desenho em alto nível.

CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo tem por objetivo resumir as conclusões, os resultados da pesquisa e apresentar sugestões para pesquisas futuras.

5.1. Conclusões

O objetivo da presente dissertação de mestrado foi o de identificar as tecnologias que compõem, de forma comum, grande parte das soluções de IoT.

O capítulo 1 apresentou e descreveu camadas de arquiteturas para soluções de Internet das Coisas aplicadas para distintos fins, e descreveu as características e funções de cada uma delas. Observou-se que as seguintes tecnologias são comumente encontradas no desenvolvimento de tais soluções: tecnologias de sensoriamento, para coleta de dados; infraestrutura de redes, para transmissão de dados em larga escala, atendendo a demandas de curtas ou longas distâncias, ambientes de *cloud computing* para entregar flexibilidade e disponibilidade de acesso às plataformas de IoT, além de tecnologias para concentração e análise de dados, a fim de processar os dados e apresentar o resultado final aos usuários, por meio de interfaces amigáveis.

O capítulo 2 desenvolveu o aprofundamento técnico e teórico sobre as tecnologias comuns identificadas. Apresentou uma série de tecnologias que podem compor soluções de Internet das Coisas, corroborando com a relevância de organizar um fluxo para auxiliar no processo inicial de escolha de tais tecnologias. Importante citar que, de acordo com a evolução de padrões e o contínuo avanço das ciências, teremos cada vez mais opções disponíveis para agregar e compor soluções de IoT.

Com ênfase no objetivo específico relacionado à problemática da escolha entre diferentes tecnologias, o capítulo 3 conceitua as fases para a elaboração dos procedimentos necessários para a criação e validação de um *workflow*. Na sequência, utilizando tais conceitos teóricos, é apresentada uma proposta de *workflow*, fundamentada nas tecnologias habilitadoras identificadas neste trabalho, com macropassos e tarefas mínimas necessárias para auxílio no processo de escolha e posicionamento de tecnologias em soluções de IoT.

Após experimentação em caso de uso voltado para um ambiente de controle e gestão de estufas, foi provado que o *workflow* agregou para o desenvolvimento inicial e de alto nível do projeto, trazendo parâmetros iniciais para as equipes desenvolvedoras detalharem quais seriam os próximos desafios e quais ações seriam necessárias para providenciar a solução final. Assim, o *workflow* mostrou-se apto ao desenvolvimento de um projeto em alto nível, porém, apresentou-se como ineficiente para mapear todas as minúcias de integração detalhada entre todas as camadas de soluções de Internet das Coisas.

Ademais, o procedimento de identificação de tecnologias que geralmente habilitam soluções de IoT apresentou-se como importante parâmetro no processo de elaboração do *workflow* deste trabalho, visando atender à demanda .

5.2. Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros sugere-se:

- Aprofundamento acerca das tecnologias habilitadoras:
 - Detalhamento e apresentação de tecnologias, a fim de embasar, minuciosamente, os passos que compõem o *workflow*
- Aprofundamento do *workflow*:
 - Incremento de requisitos aos passos existentes
 - Desenvolvimento de passos e requisitos para tomadas de decisão em baixo nível
- Experimentação do *workflow*:
 - Experimento em diferentes segmentos

REFERÊNCIAS

ABDELWAHAB, Sherif et al. Enabling Smart Cloud Services Through Remote Sensing: An Internet of Everything Enabler. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 1, n. 3, 2014.

AL-FUQAHA, Ala.; et al. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. **IEEE Communications surveys&tutorials**, v. 17, n. 4, fourth quarter 2015.

ANDRIGHETTO, Eduardo. **Sistema de Processamento de Sinais Biomédicos: Rede Wireless ZigBee com Aplicação do Padrão IEEE 802.15.4**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica). Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ARMBRUST, Michael et al. **Above the clouds: a Berkeley view of cloud computing** – Technical Reliable Adaptive Distributed Systems Laboratory. California: University of California at Berkeley, 2009.

BAHIA, Josiel das Graças. **Um mecanismo de provisionamento de serviços com controle de demanda para internet das coisas**. Dissertação de mestrado apresentada à COPPE/UFRJ. Fev. 2018.

BARROS, Marcelo. MQTT - Protocolos para IoT. **Embarcados**, 15 jun. 2015. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/mqtt-protocolos-para-iot/>> Acesso em: out. 2017.

BEASLEY, William J., et al. An automated workflow for patient-specific quality control of contour propagation. **Physics in medicine and biology**. Manchester, 2016.

BEUREN, I. M. **Gerenciamento da informação: um recurso estratégico no processo de gestão empresarial**. São Paulo: Atlas, 2000.

BRENNER, J.; SMITH, A. **72% of Online Adults are Social Networking Site Users**, Pew Report. Disponível em: <<http://www.pewinternet.org/2013/08/05/72-of-online-adults-are-social-networking-site-users/>>. Acesso em mai. 2013.

BUYYA, Rajkumar. et al. Interconnected cloud computing environments: Challenges, taxonomy, and survey. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, v.47, n.1, artigo 7, 2014.

CASTRO, Simone Metello de Mattos., FERRAZ, Fernando Toledo. A computação em nuvem e a indústria de telecomunicações. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v.8, n.4, p. 358-368. Rio de Janeiro, 2013.

BRADLEY, Joseph, BARBIER, Joel, HANDLER, Doug. **Embracing the Internet of Things to capture your share of \$14.4 trillion**. Cisco IBSG Global Research & Economics, Communications and Planning Practises, San Jose, 2013.

CISCO SYSTEMS. **Comparing Traffic Policing and Traffic Shaping for Bandwidth Limiting**.2014. Disponível em:<<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/19645-policevsshape.html>> Acesso em: jun. 2017.

CHOI, Joo Ho.; KANG, Un Gu.; LEE, Byung Mun.**Sleep Information Gathering Protocol Using CoAP for Sleep Care**. Entropy Journal. 2017.

COHN, Raphael J., COPPEN Richard J., **MQQT Version 3.1.1**. OASIS Standard. out. 2014.

COSTA, Cristina Margarida Chuva.; DA CUNHA, Paulo Rupin.**Especificação de workflows num contexto de aplicações heterogêneas**:reflexão sobre as técnicas existentes. In: Atas da Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação. Coimbra, 2009.

DIAS, Renata Rampim Freitas. **Internet das coisas sem mistérios**: uma nova inteligência para os negócios. São Paulo: Netpress Books, 2016.

EGÍDIO, Dannylo Johnathan Bernardino. **Uma proposta de framework para facilitar o desenvolvimento de aplicações baseadas em IoT**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Mestrado Acadêmico em Sistemas e Computação, 2018

ELMASRI, Ramez, NAVATHE, Shamkant B. **Sistemas de banco de dados**. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004.

FERNANDES, Claiton. Dissertação. **Um estudo exploratório das funções da controladoria em pequenas e médias empresas**. Unimep: São Paulo, 2009.

FINEP. Kevin Ashton – **entrevista exclusiva com o criador do termo “Internet das Coisas”**. 13 Janeiro 2015. Disponível em: <<http://finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4446-kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas>>. Acesso em: 12 set. 2017.

GARTNER, Inc. Gartner's 2016 **Hype Cycle for Emerging Technologies Identifies Three Key Trends That Organizations Must Track to Gain Competitive Advantage**.2016. Disponível em: <<https://www.gartner.com/newsroom/id/3412017>>Acesso em: 5ago. 2017.

GONÇALVES, Glauco. **Protocolos para Internet das Coisas**. Laboratório de pesquisa em infraestrutura computacional Juá Labs. Abril 2016. Disponível em:<<https://jualabs.wordpress.com/2016/04/13/protocolos-para-internet-das-coisas/>> Acesso em: Out. 2017.

HE, Wu., XU,Li Da. **Integration of Distributed Enterprise Applications: A Survey**. IEEE Transactions on Industrial Informatics, v.10 n.1, 2014

HP, Hewlett Packard. **Internet of things research study**. Palo Alto, 2015.

IEEE, **IEEE 8th International Conference on Cloud Computing**, Everything as a Service (XaaS) on the Cloud: Origins. DUAN, Yucong. Et al. Current and Future Trends. 2015.

IETF, Network Working Group, **RFC 2616**: Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1. FIELDING, R. et al. Jun 1999.

IETF, Internet Engineering Task Force, **RFC 6071**: IP Security (IPsec) and Internet Key Exchange (IKE) Document Roadmap, FRANQUEL, S.; KRISHNAN, S., fev. 2011.

IETF, Internet Engineering Task Force, **RFC 7252**: The Constrained Application Protocol (CoAP). SHELBY, Z.; HARTKE, K. June 2014.

KATAL, Avita. **Big data**: issues, challenges, tools and good practices. In: Contemporary Computing (IC3), 2013 Sixth International Conference on IEEE, 2016. p. 404-409.

LIN, Jie.; YU, Wei.; ZHANG, Nan.; YANG, Xinyu.; ZHANG, Hanlin.; ZHAO, Wei. **A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications**. IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, v. 4, n.5, 2017

LINDEN, D.; REDDY, T. B. **Handbook of Batteries**. McGraw-Hill books, New York: 2010.

LOCKE, Dave. **MQTT: Enabling the Internet of Things**. IBM DeveloperWorks, Abril 2013. Disponível em: <https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/c565c720-fe84-4f63-873f-607d87787327/entry/tc_overview?lang=en>. Acesso em: out. 2017.

MARTÍN, Cristian.; DÍAZ, Manuel.; RUBIO, Bartolomé. Run-time deployment and management of CoAP resources for the Internet of Things. **Internacional Journal of Distributed Sensor Networks**. v. 13. Málaga, 2017.

MARQUESONE, Rosangela. **BIG DATA**: Técnicas e tecnologias para extração de dados. São Paulo: Casa do Código, 2017.

MARZ, Nathan; WARREN, James. Big Data: Principles and best practices of scalable realtime data systems. **Manning Publications Co.**, 2015.

MEDEIROS, Monnalisa Christina Pereira de. **Análise da Implantação de Computação em Nuvem: estudo de caso na Alfa Informática. NET-Currais Novos**. (Bacharelado em Sistemas de informação). Caicó, Rio Grande do Norte (UFRN). 2015

NIST, National Institute of Standards: **The NIST Definition of Cloud Computing**: Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. MELL, Peter. GRANCE, Timothy. Special Publication 800-145, Gaithersburg, 2011.

MENEGOTTO, Brun. **Análise de Duas Tecnologias Comercialmente Disponíveis para o Controle do Sistema de Condicionamento de Ar da UFMT**. Um Estudo De Caso. E&S Engineering and Science, v.1, n.5, Mato Grosso, 2015.

MIGUEL, Constantino Jacob.; SANTOS, Jorge Alves.; CAETANO, Paulo. **COMPARAÇÃO DE SERVIÇOS PARA CLOUD COMPUTING**. Revista de Sistemas e Computação, v. 6, n. 2, p. 111-119. Salvador, 2016.

NICOLAO, Mariano; OLIVEIRA, Jose Palazzo Moreira de. Caracterizando sistemas de workflow. **Read: revista eletronica de administracao**. Edição 3, v. 2, n. 2. Porto Alegre, 2012.

NICHOLAS, Stephen. **Power Profiling**: HTTPS Long Polling vs. MQTT with SSL, on Android. Disponível em: <<http://stephendnicholas.com/posts/power-profiling-mqtt-vs-https>> Acesso em Setembro 2017.

PORTER, M.; HEPPELMANN, J. **How smart, connected products are transforming competition**. Harvard Business Review, November 2014, p. 65-88

QIU, Tie.; CHEN, Nig.; LI, Keqiu.; ATIQUEZZAMAN, Mohammed.; ZHAO, Wenbing.; How Can Heterogeneous Internet of Things Build Our Future: A Survey. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, v. 20, n. 3, 2018

RAY, P. P.; **A survey on Internet of Things architectures**. JJournal of King Saud University – Computer and Information Sciences 30, 291–319, 2016

REN, Ju.; GUO, Hui.; XU, Chugui.; ZHANG, Yaoxue.; **Serving at the Edge: A Scalable IoT Architecture Based on Transparent Computing**. IEEE NETWORK, V.31, Ed. 5, 96-105, 2017

SAES, Danilo Xavier. **Gestão da inovação e tecnologia**. Curso Graduação em Administração. EaD. Maringá, Paraná, 2012.

SANTANA, Gustavo A. A. **CCNA Cloud CLDFND 210-451 Official Cert Guide**. Abril, 2016.

DOS SANTOS, Ana Patrícia Gonçalves. **Street lighting mesh network protocol**. (Dissertação de Mestrado), Universidade de Aveiro. Aveiro, 2015.

SANTOS, Bruno *et al.* **Internet das Coisas**: da Teoria à Prática. UFMG, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>> Acesso em: 21 set 2017.

SAUER, Frederico.; SOBRAL, André. **QUALIDADE DE SERVIÇO EM REDES IP**. Revista: Publicação técnico-científica do IST-Rio. N.5, Dezembro 2012. Disponível em:<http://www.revista.faeterj-rio.edu.br/artigos/05/qualidade_de_servico_em_redes_ip.pdf> Acesso em: Ago. 2017.

SCARLETT, Kane. **Optimize data storage for cloud**. IBM developerWorks, 2015. IBM Corporation

SCHMIDT, Marcos K., et al. Estudo sobre técnicas de workflow. **Disciplinarum Scientia Série: Ciências Exatas**,v.2, n.1,p.1-9, 2016.

SHENKER, S.; WROCLAWSKI, J. **Network Element Service Specification Template**. [S.l.], September 1997. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc2216>>.

SILVA, Célio Bitencourt da **Estudo QoS em redes IP baseadas em roteadores Cisco**. Especialização (Redes e Segurança de Sistemas). Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Paraná, 2010

SWAN, Melanie. **The quantified self: Fundamental disruption in big data science and biological discovery**. Big Data, v.1, n.2, p.85-99. Palo Alto, California, 2013.

USIRONO, Carlos Hiroshi. **Tecnologia workflow - O impacto de sua utilização nos processos de negócio: um estudo de casos múltiplos**. 2003. Dissertação. (Mestrado em Administração). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo.

Vanson Bourne. **Internet das Coisas impulsiona a transformação digital**. Associação Brasileira de Telecomunicações. Jul. 2017. Disponível em:<http://www.telebrasil.org.br/newsletter/003_iottd.html> Acesso em ago. 2017.

WENDLING, Ademir. **Sensoriamento remoto para identificação**. 2010. PhD Thesis. Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2010.

YADAV, Shrikrishan., et al. **How to Improve Food Security and Farming Systems by Using Wireless Sensor Networks (WSN)**.Journal of Information Engineering and Applications. v.2, n.6 (2012).

YAQOOB, Ibrar.; AHMED, Ejaz.; HASHEM, Ibrahim Abaker Targio.; AHMED, Abdelmutilib Ibrahim Abdalla.; GANI, Abdullah.; IMRAN, Muhammad.; GUIZANI, Mohsen. **Internet of Things Architecture: Recent Advances, Taxonomy, Requirements, and Open Challenges**. IEEE Wireless Communications, 2017

ANEXOS

Anexo A: Cronograma previsto para plano de pesquisa

Atividades	2015			2016			2017			2018		
	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º
Ingresso no programa de pós-graduação												
Cursar disciplinas de pós-graduação												
Pesquisas e levantamentos												
Pesquisa documental, bibliográfica e estatística												
Acompanhamento de projetos de IoT												
Revisão bibliográfica e seleção de novas referências e artigos												
Análises estatísticas dos dados obtidos na pesquisa												
Envio da dissertação para o exame de qualificação												
Submissão de artigo para período Qualis												
Exame de qualificação da Dissertação												
Depósito da Dissertação												
Defesa da Dissertação												

Anexo B: Lista de artigos relacionados à arquitetura de Internet das Coisas

Lista	Trabalho	Citações	Fase
1	A Survey on the Edge Computing for the Internet of Things. Por: Yu, Wei; Liang, Fan; He, Xiaofei et al. IEEE ACCESS Volume: 6 Páginas: 6900-6919 Publicado: 2018	74	F3
2	A Survey on 5G Networks for the Internet of Things: Communication Technologies and Challenges. Por: Akpakwu, Godfrey Anuga; Silva, Bruno J.; Hancke, Gerhard P. et al. IEEE ACCESS Volume: 6 Páginas: 3619-3647 Publicado: 2018	81	F3
3	A Survey on Internet of Things: Architecture, Enabling Technologies, Security and Privacy, and Applications. Por: Lin, Jie; Yu, Wei; Zhang, Nan et al. IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL Volume: 4 Edição: 5 Edição especial: SI Páginas: 1125-1142 Publicado: OCT 2017	219	F3
4	A Survey on Security and Privacy Issues in Internet-of-Things. Por: Yang, Yuchen; Wu, Longfei; Yin, Guisheng et al. IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL Volume: 4 Edição: 5 Edição especial: SI Páginas: 1250-1258 Publicado: OCT 2017	78	F1
5	Serving at the Edge: A Scalable IoT Architecture Based on Transparent Computing. Por: Ren, Ju; Guo, Hui; Xu, Chugui et al. IEEE NETWORK Volume: 31 Edição: 5 Páginas: 96-105 Publicado: SEP-OCT 2017	89	F3
6	Internet of Things security: A survey. Por: Alaba, Fadele Ayotunde; Othman, Mazliza; Hashem, Ibrahim Abaker Targio et al. JOURNAL OF NETWORK AND COMPUTER APPLICATIONS Volume: 88 Páginas: 10-28 Publicado: JUN 15 2017	83	F1
7	A survey of intrusion detection in Internet of Things. Por: Zarpelao, Bruno Bogaz; Miani, Rodrigo Sanches; Kawakani, Claudio Toshio et al. JOURNAL OF NETWORK AND COMPUTER APPLICATIONS Volume: 84 Páginas: 25-37 Publicado: APR 15 2017	62	F1
8	Latency Critical IoT Applications in 5G: Perspective on the Design of Radio Interface and Network Architecture. Por: Schulz, Philipp; Matthe, Maximilian; Klessig, Henrik et al. IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE Volume: 55 Edição: 2 Páginas: 70-78 Publicado: FEB 2017	122	F1*
9	IoT Middleware: A Survey on Issues and Enabling Technologies. Por: Ngu, Anne H.; Gutierrez, Mario; Metsis, Vangelis et al. IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL Volume: 4 Edição: 1 Páginas: 1-20 Publicado: FEB 2017	99	F1
10	A Survey on Network Methodologies for Real-Time Analytics of Massive IoT Data and Open Research Issues. Por: Verma, Shikhar; Kawamoto, Yuichi; Fadlullah, Zubair Md. et al. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS AND TUTORIALS Volume: 19 Edição: 3 Páginas: 1457-1477 Publicado: 2017	57	F3

11	A Survey of Standards for Machine-to-Machine and the Internet of Things. Por: Gazis, Vangelis. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS AND TUTORIALS Volume: 19 Edição: 1 Páginas: 482-511 Publicado: 2017	61	F1
12	When things matter: A survey on data-centric internet of things. Por: Qin, Yongrui; Sheng, Quan Z.; Falkner, Nickolas J. G. et al. JOURNAL OF NETWORK AND COMPUTER APPLICATIONS Volume: 64 Páginas: 137-153 Publicado: APR 2016	87	F2
13	Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey. Por: Botta, Alessio; de Donato, Walter; Persico, Valerio et al. FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS-THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ESCIENCE Volume: 56 Páginas: 684-700 Publicado: MAR 2016	457	F3
14	Middleware for Internet of Things: A Survey. Por: Razzaque, Mohammad Abdur; Milojevic-Jevric, Marija; Palade, Andrei et al. IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL Volume: 3 Edição: 1 Edição especial: SI Páginas: 70-95 Publicado: FEB 2016	216	F1
15	An IoT-Aware Architecture for Smart Healthcare Systems. Por: Catarinucci, Luca; de Donno, Danilo; Mainetti, Luca et al. IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL Volume: 2 Edição: 6 Páginas: 515-526 Publicado: DEC 2015	172	F1
16	The internet of things: a survey. Por: Li, Shancang; Xu, Li Da; Zhao, Shanshan. INFORMATION SYSTEMS FRONTIERS Volume: 17 Edição: 2 Edição especial: SI Páginas: 243-259 Publicado: APR 2015	326	F3
17	The Internet of Things-A survey of topics and trends. Por: Whitmore, Andrew; Agarwal, Anurag; Xu, Li Da. INFORMATION SYSTEMS FRONTIERS Volume: 17 Edição: 2 Edição especial: SI Páginas: 261-274 Publicado: APR 2015	352	F3
18	The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. Por: Islam, S. M. Riazul; Kwak, Daehan; Kabir, Md. Humaun et al. IEEE ACCESS Volume: 3 Páginas: 678-708 Publicado: 2015	430	F1
19	Security for the Internet of Things: A Survey of Existing Protocols and Open Research Issues. Por: Granjal, Jorge; Monteiro, Edmundo; Silva, Jorge Sa. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS AND TUTORIALS Volume: 17 Edição: 3 Páginas: 1294-1312 Publicado: 2015	230	F1
20	Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. Por: Al-Fuqaha, Ala; Guizani, Mohsen; Mohammadi, Mehdi et al. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS AND TUTORIALS Volume: 17 Edição: 4 Páginas: 2347-2376 Publicado: 2015	1312	F3

21	How Can Heterogeneous Internet of Things Build Our Future: A Survey. Por: Qiu , Tie; Chen, Ning; Li, Keqiu et al. IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS AND TUTORIALS Volume: 20 Edição: 3 Páginas: 2011-2027 Publicado: 2018	57	F3
----	---	----	----

** Trabalho não disponível para leitura*

Anexo C: Lista de teses e dissertações relacionadas a IoT

Lista	Trabalho	Fase
1	CRUZ, MAURO ALEXANDRE AMARO DA. Performance Evaluation of IoT Middleware. 14/12/2017 91 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Instituto Nacional de Telecomunicações., Santa Rita do Sapucaí Biblioteca Depositária: Biblioteca Ministro Olavo Bilac Pinto	F2
2	BARACAT, GUSTAVO HENRIQUE. Análise do Procedimento de Acesso Aleatório para NB-IoT. 06/09/2018 75 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Instituto Nacional de Telecomunicações. Santa Rita do Sapucaí Biblioteca Depositária: Biblioteca Ministro Olavo Bilac Pinto	F2
3	SILVA, JONATHAN DE CARVALHO. Performance Assessment of Management Protocols and Platforms for Internet of Things. 19/12/2018 121 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Instituto Nacional de Telecomunicações. Santa Rita do Sapucaí Biblioteca Depositária: Biblioteca Ministro Olavo Bilac Pinto	F3
4	CHAIB, RAMON PEREIRA DOS SANTOS. Experimentando Arquiteturas de Internet do Futuro com Internet das Coisas. 31/07/2018 98 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Instituto Nacional de Telecomunicações. Santa Rita do Sapucaí Biblioteca Depositária: Biblioteca Ministro Olavo Bilac Pinto	F3
5	OLIVEIRA, LUIZ. Performance Assessment of LoRa and Sigfox Protocols in Mobility Scenarios. 20/12/2018 132 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Instituto Nacional de Telecomunicações. Santa Rita do Sapucaí Biblioteca Depositária: Biblioteca Ministro Olavo Bilac Pinto	F2
6	SOUZA, DANIEL SILVA DE. Estudo da aplicação de um sistema IoT baseado no protocolo de comunicação MQTT a área da robótica industrial 20/12/2018 63 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia Biblioteca Depositária: UFU	F2
7	SOUSA, FERNANDO SIMPLICIO DE. Análise das Tecnologias Bluetooth Low Energy e Zigbee em ambientes indoor para aplicações em Internet das Coisas. 31/03/2016 152 f. Mestrado em Engenharia Elétrica Instituição de Ensino: Universidade Federal do ABC. Santo André Biblioteca Depositária: ufabc	F2

8	BRITTES, MARISANGELA PACHECO. Proposta de Modelo de Gestão de Confiança para Internet das Coisas Médicas . 07/12/2016 86 f. Doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Instituição de Ensino: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.. Curitiba Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da UTFPR, Campus Curitiba	F2
9	SANTOS, ADELSON DUARTE DOS. Sistema Inteligente Para Medição do Consumo de Energia Elétrica via Power Line Communication . 31/08/2018 125 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade Estadual de Campinas. Campinas Biblioteca Depositária: BCCL - Biblioteca Central Cesar Lattes - UNICAMP	F1
10	SILVANO, GILLES VELLENEUVE TRINDADE. Avaliação de desempenho em redes sem-fio virtuais para aplicações em Internet das Coisas . 04/09/2017 undefined f. Mestrado em Engenharia Elétrica .Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio Grande do Norte.Natal Biblioteca Depositária: undefined	F2
11	AZEVEDO, MARCELO TEIXEIRA DE. Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil . 10/03/2017 150 f. Doutorado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo.São Paulo Biblioteca Depositária: EPUSP	F1
12	PEREIRA, RENATA IMACULADA SOARES. Rede de monitoramento IOT aplicada em plantas de microgeração fotovoltaica . 03/09/2018 undefined f. Doutorado em Engenharia Elétrica .Instituição de Ensino: Universidade Federal do Ceará. Fortaleza Biblioteca Depositária: undefined	F2
13	FERREIRA, DIOGENES VIEGAS MENDES. Smart Cities: Embarcando Plataformas Generalistas . 09/10/2017 119 f. Mestrado em Engenharia Elétrica .Instituição de Ensino: Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte Biblioteca Depositária: Biblioteca da Escola de Engenharia da UFMG	F2
14	GASPAR, DANILO SIMOES . Análise de Desempenho de Sistemas GFDM considerando Erros de Sincronização . 01/12/2017 50 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade Federal de Itajubá. Itajubá Biblioteca Depositária: BIM - Bliiblioteca Mauá	F1
15	CARDOZO, ANDERSON AFONSO. Uma Abordagem de Fog Computing para o Subsistema de Reconhecimento de Contexto e Adaptação do Middleware EXEHDA . 24/02/2017 107 f. Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação Instituição de Ensino: Universidade Católica de Pelotas. Pelotas Biblioteca Depositária: UCPel	F2

16	BEZERRA, BEMIELISON GLETON DA SILVA. IoT baseada em PHM aplicada a Centrais Condicionadoras de ar. 20/12/2018 90 f. Mestrado em Engenharia Elétrica Instituição de Ensino: Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró Biblioteca Depositária: http://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/1090/1/BemielisonGSB DISSERT.pdf	F1
17	PEREIRA, MARIO HENRIQUE BARROS OLIVEIRA DE SOUZA. Sistema de Redes de sensores sem fio para prevenção de incêndios florestais e monitoramento através de plataforma IOT. 11/10/2018 69 f. Mestrado em Engenharia de Telecomunicações. Instituição de Ensino: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Fortaleza Biblioteca Depositária: BIBLIOTECA WALDYR DIOGO DE SEIQUEIRA	F2
18	HUACARPUMA, RUBEN CRUZ. Proposição de um modelo e sistema de gerenciamento de dados distribuídos para internet das coisas - GDDIoT 27/07/2017 113 f. Doutorado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade de Brasília. Brasília Biblioteca Depositária: http://repositorio.unb.br/	F3
19	GOMES, ADJEFERSON CUSTODIO. Micro redes CC: distribuição de potência e modelo estático com base no controle por DROOP E MPPT. 14/11/2018 126 f. Doutorado em Engenharia Elétrica .Instituição de Ensino: Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia Biblioteca Depositária: UFU	F1
20	OLIVEIRA, MARCELA TULER DE. Desenvolvimento de um mecanismo de consenso baseado em confiança para cadeias de blocos privadas permissionadas. 30/11/2018 96 f. Mestrado em Engenharia Elétrica e Telecomunicações Instituição de Ensino: Universidade Federal Fluminense . Niterói Biblioteca Depositária: Biblioteca da Escola de Engenharia	F1
21	OLIVEIRA, ALEXANDRE HENRIQUE SOARES DE. Desenvolvimento de antena CPW em substrato têxtil em estrutura de malha para utilização em sistemas de identificação por rádio frequência. 07/04/2017 129 f. Mestrado em Engenharia Elétrica Instituição de Ensino: Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró Biblioteca Depositária: http://bdtd.ufersa.edu.br/handle/tede/759	F1
22	FARIA, MARIA LUISA LOPES DE. Uma proposta de um framework capaz de agregar dados de IoT com diversos tipos de dados. 30/03/2017 117 f. Doutorado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo. São Paulo Biblioteca Depositária: EPUSP	F3

23	GUEDES, CARLOS EDUARDO SILVA. Pesquisa de um sensor tátil incorporado a um tecido aplicável à Internet das Coisas – IOT. 22/09/2016 103 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Centro Universitário da FEI. São Bernardo do Campo Biblioteca Depositária: Pe. Aldemar Moreira S. J.	F1
24	ZAMPARETTE, ROGER LUIS BRITO. High Efficiency MPPT Switched Capacitor DC - DC Converter for Photovoltaic Energy Harvesting Aiming for IoT Applications. 29/09/2017 123 f. Mestrado em Microeletrônica. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre Biblioteca Depositária: Instituto de Informática	F1
25	SCHEUNEMANN, DOUGLAS ADALBERTO. Ciência de Situação na IoT: Uma Arquitetura Explorando Processamento Híbrido de Contexto. 01/12/2016 81 f. Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação Instituição de Ensino: Universidade Católica de Pelotas . Pelotas Biblioteca Depositária: UCPEL - Universidade Católica de Pelotas	F2
26	FERREIRA, HIRO GABRIEL CERQUEIRA. Arquitetura de Middleware para Internet das Coisas. 28/08/2014 111 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade de Brasília. Brasília Biblioteca Depositária: Biblioteca Central do Estudante - BCE/UnB	F2
27	SOUZA, ALBERTO MESSIAS DA COSTA. Uma nova arquitetura para Internet das Coisas com análise e reconhecimento de padrões e processamento com Big Data. 16/10/2015 115 f. Doutorado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo. São Paulo Biblioteca Depositária: EPUSP	F3
28	JUNIOR, CLAUDIO MORI. Sistema de Multilateração com Antenas Monopolo Impressas. 30/06/2017 76 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Estadual de Campinas. Campinas Biblioteca Depositária: BCCL - Biblioteca Central Cesar Lattes - UNICAMP	F1
29	CAMINHA, JEAN. Um método para o gerenciamento da confiança na identificação de recursos e detecção de ataques para a Internet das Coisas. 25/05/2018 104 f. Doutorado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande Biblioteca Depositária: Biblioteca Central e Miniblibro da Copele.	F3
30	MAGALHAES, VANER JOSE. Contribuições no Desenvolvimento do Serviço Nova Genesis Embarcado para Internet das Coisas. 27/11/2017 74 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Instituto Nacional de Telecomunicações. Santa Rita do Sapucaí Biblioteca Depositária: Biblioteca Ministro Olavo Bilac Pinto	F1

31	SOUSA, BRENO FABRICIO LIRA MELO. Um Sistema de Detecção de Intrusão para Detecção de Ataques de Negação de Serviço na Internet das Coisas. 21/12/2016 93 f. Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Maranhão. São Luís Biblioteca Depositária: Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - CCET / UFMA	F1
32	SILVA, ANDRE LUIS MENESES. Framework formal para composição automática de serviços em sistemas de internet das coisas. 01/03/2018 163 f. Doutorado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo. São Paulo Biblioteca Depositária: EPUSP	F3
33	RIANO, DIANA PATRICIA. Integração de dados estatísticos sociais no desenvolvimento de uma possível arquitetura para a internet das coisas 13/09/2016 156 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo. São Paulo Biblioteca Depositária: EPUSP	F1
34	GOMES, BERTO DE TACIO PEREIRA. Uma Abordagem de Middleware com Suporte à Qualidade de Contexto voltada para Aplicações de Internet das Coisas. 08/11/2017 218 f. Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica Instituição de Ensino: Universidade Federal do Maranhão. São Luís Biblioteca Depositária: Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - CCET/UFMA	F1
35	CAETANO, DIOGO GARA. Proposta de sistema colaborativo cognitivo de baixo custo para análise e predição de sinais DTV. 31/03/2015 221 f. Doutorado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Estadual de Campinas. Campinas Biblioteca Depositária: BCCL - Biblioteca Central Cesar Lattes - UNICAMP	F1
36	BORGES, MARCO AURELIO. Uma arquitetura para Internet das Coisas para análise da concentração de monóxido de carbono na Grande São Paulo por meio de técnicas de Big Data. 18/08/2017 88 f. Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação Instituição de Ensino: Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo Biblioteca Depositária: Biblioteca Central George Alexander	F2
37	FILHO, DIOGO FERREIRA LIMA. Projeto e implementação de um novo algoritmo e protocolo de encaminhamento de pacotes baseado em códigos convolucionais usando TCNet: Trellis coded network. 24/02/2015 114 f. Doutorado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo. São Paulo Biblioteca Depositária: EPUSP	F1

38	RUIZ, JULIO HUMBERTO LEON. A Proposal for a Bluetooth Low Energy (BLE) Autoconfigurable Mesh Network Routing Protocol Based on Proactive Source Routing. 19/10/2016 155 f. Doutorado em Engenharia Elétrica .Instituição de Ensino: Universidade Estadual de Campinas. Campinas Biblioteca Depositária: BCCL - Biblioteca Central Cesar Lattes - UNICAMP	F1
39	OLIVEIRA, EDVAR DA LUZ. Smartcom: uma arquitetura inteligente de gerenciamento de consumo de energia para Smart Home. 25/08/2017 136 f. Doutorado em Engenharia Elétrica .Instituição de Ensino: Universidade Federal do Pará. Belém Biblioteca Depositária: Biblioteca Digital da Universidade Federal do Pará	F1
40	DIB, LEONARDO DE MELLO BRANDÃO. Multi-Chirp Code Division Multiple Access for Smart Grids and Internet of Things. 28/02/2018 85 f. Mestrado em Engenharia Elétrica Instituição de Ensino: Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora Biblioteca Depositária: Biblioteca da UFJF	F1
41	RUY, RODRIGO NAHMIR. Sistemas proativos de recomendação sensíveis ao contexto: autonomia de Sistemas de Recomendação baseado nas informações provenientes da Internet das Coisas e Aprendizagem Indutiva. 20/06/2017 104 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Centro Universitário da FEI. São Bernardo do Campo Biblioteca Depositária: Pe. Aldemar Moreira S. J.	F1
42	BAHIA, JASIEL DAS GRACAS. Um mecanismo de provisionamento de serviços com controle de demanda para a Internet das Coisas. 28/02/2018 70 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro Biblioteca Depositária: ct ufrj	F3
43	DANTAS, PIERRE VILAR. Identificação por decomposição de sinais de consumo de energia elétrica. 29/06/2016 78 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Amazonas, Manaus Biblioteca Depositária: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UFAM- BDTD	F1
44	CHASE, OTAVIO ANDRE. Arquitetura de uma plataforma de sensoriamento Autônoma no contexto de tecnologia ambiental para monitoramento in situ de parâmetros ambientais e da super irradiância solar. 07/12/2018 123 f. Doutorado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Pará. Belém Biblioteca Depositária: Biblioteca Digital da Universidade Federal do Pará	F1

45	SANCHES, HEVERTON BACCA. Monitoramento da produção e da eficiência de processos de manufatura usando RFID e Internet das Coisas . 31/08/2018 90 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Bauru). Bauru Biblioteca Depositária: http://hdl.handle.net/11449/157236	F1
46	MOTTA, ISABELA VASCONCELOS DE CARVALHO. Especificação de Arquitetura de gerenciamento e controle para Internet do Futuro : Uma abordagem no Escopo da Nova Genesis. 21/10/2016 92 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Instituto Nacional de Telecomunicações. Santa Rita do Sapucaí Biblioteca Depositária: Biblioteca Ministro Olavo Bilac Pinto	F3
47	SOARES, STEPHANIE MIRANDA. Modelagem analítica da vazão de redes sem fio Baseadas na norma IEEE 802.11ah . 20/07/2018 78 f. Mestrado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos e de Automação. Instituição de Ensino: Universidade de Brasília. Brasília, Brasília Biblioteca Depositária: biblioteca central	F2
48	PEREIRA, GEOVANDRO CARLOS CREPALDI FIRMINO. Assinaturas digitais pós-quânticas multivariadas e baseadas em hash . 10/08/2015 122 f. Doutorado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo. São Paulo Biblioteca Depositária: EPUSP	F1
49	MORAES, LUAN CARLOS DE OLIVEIRA. Framework de Comunicação seguro e confiável para Internet das Coisas usando o protocolo XMPP . 26/08/2016 97 f. Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, São Luís Biblioteca Depositária: Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - CCET / UFMA	F1
50	HONORIO, FELIPE GONSALEZ. Efeito do Desvanecimento Nakagami-m na Escalabilidade das Redes LoRa/LoRaWAN . 26/03/2018 48 f. Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Instituição de Ensino: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da UTFPR Curitiba	F1
51	DORNELAS, HELGA UCHOA. Low Power SAR Analog-to-Digital Converter for Internet-of-Things RF Receivers . 14/09/2018 111 f. Mestrado em Microeletrônica . Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre Biblioteca Depositária: Instituto de Informática	F1

52	TORRES, ANDREI BOSCO BEZERRA. Fusão de dados multinível para sistemas de Internet das Coisas em agricultura inteligente. 11/07/2017 undefined f. Mestrado em Engenharia de Teleinformática. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Ceará. Fortaleza Biblioteca Depositária: undefined	F2
53	CERON, JOAO MARCELO. MARS: uma arquitetura para análise de malwares utilizando SDN. 08/12/2017 121 f. Doutorado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo. São Paulo Biblioteca Depositária: EPUSP	F1
54	AZEVEDO, MAURICIO MADRUGA DE. Descoberta de Recursos para o Middleware EXEHDA na Perspectiva da Internet das Coisas. 25/02/2017 79 f. Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação Instituição de Ensino: Universidade Católica de Pelotas. Pelotas Biblioteca Depositária: uc	F1
55	BRANDÃO, ADRIANO SILVA MARTINS. Controle Preditivo com Geração de Código: um estudo comparativo. 04/07/2018 undefined f. Mestrado em Engenharia de Automação e Sistemas. Instituição de Ensino: Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis Biblioteca Depositária: undefined	F1
56	CHUMA, EUCLIDES LOURENCO. Desenvolvimento de uma Rectenna Compacta com Circuito de Conversão de Energia Integrado. 30/11/2017 102 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Estadual de Campinas., Campinas Biblioteca Depositária: BCCL - Biblioteca Central Cesar Lattes - UNICAMP	F1
57	COSTA, VINICIUS LAGROTA RODRIGUES DA. A Prototype of a Narrowband Hybrid PLC/Wireless Transceiver. 15/12/2017 74 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora Biblioteca Depositária: Biblioteca da UFJF	F1
58	MIRANDA, RICARDO KEHRLE. Beamforming Techniques for Next Generation Communication Systems. 28/03/2017 128 f. Doutorado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade de Brasília. Brasília Biblioteca Depositária: http://repositorio.unb.br/	F1
59	SILVA, PAULO MARCIO MOREIRA E. Contributions on the automatic tuning of LC networks using onchip circuits. 24/11/2017 170 f. Doutorado em Engenharia Elétrica Instituição de Ensino: Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis Biblioteca Depositária: UFSC	F1

60	GARCIA, CLEITON DA GAMA. Uma Arquitetura para Contribuir com a Acessibilidade de PCDVs Explorando a Internet das Coisas. 07/12/2016 89 f. Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação Instituição de Ensino: Universidade Católica de Pelotas. Pelotas Biblioteca Depositária: UCPel - Universidade Católica de Pelotas	F2
61	DURANTE, GABRIEL. Desenvolvimento de uma rede de sensores sem fio para processamento de sinais acústicos marinhos. 21/09/2018 90 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade de São Paulo. São Paulo Biblioteca Depositária: EPUSP	F1
62	MELO, JOÃO GUILHERME REISER DE. Análise da Aplicação de Redes Neurais Convolucionais em Sistemas de Visão Computacional Embarcados. 06/12/2018 129 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis Biblioteca Depositária: UFSC	F1
63	ALFAIA, RODRIGO DIAS. MGI: Módulo de Gerenciamento Inteligente para otimização do conforto térmico do usuário em Smart Home. 31/08/2018 73 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Pará. Belém Biblioteca Depositária: Biblioteca Digital da Universidade Federal do Pará	F1
64	LIMA, CAROLINE MAUL DE ARAUJO. Avaliação de desempenho do IEEE 802.11 para coleta de dados em florestas com auxílio de drones. 15/06/2018 60 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro Biblioteca Depositária: ct ufrj	F2
65	COSTA, FELIPE SADAMI OIWA DA. Filtragem Adaptativa Híbrida Analógico-Digital para melhoria na detecção de barras quebradas em Motores de Indução. 31/08/2017 97 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal do ABC. Santo André Biblioteca Depositária: Ufabc	F1
66	BARBIN, MANOEL VITORIO. Etiqueta de REFID em UHF para objetos metálicos. 30/01/2015 145 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade Estadual de Campinas. Campinas Biblioteca Depositária: BCCL - Biblioteca Central Cesar Lattes - UNICAMP	F1
67	SANZ, IGOR JOCHEM. GRAPH-Based Feature Enrichment for Online Intrusion Detection in Virtual Networks. 18/12/2018 74 f. Mestrado em Engenharia Elétrica. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro Biblioteca Depositária: ct ufrj	F1

68	JUNIOR, JOEL EUGENIO CORDEIRO. Avaliação de Métodos para Alocação de Recursos em Acesso Múltiplo Não Ortogonal no Domínio da Potência. 21/09/2018 90 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande Biblioteca Depositária: Biblioteca Central e Miniblio da Copele.	F1
69	FILHO, LUIS ALVES CORREIA. Estimativa de Direção de Chegada de Sinais Utilizando Análise de Componentes Independentes. 10/12/2018 67 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande Biblioteca Depositária: Biblioteca Central e Miniblio da Copele.	F1
70	RUIZ, JOHN EDISSON CARDONA. Controle descentralizado do carregamento dos veículos elétricos usando apenas medições locais de magnitude de tensão. 28/07/2017 76 f. Mestrado em Engenharia Elétrica .Instituição de Ensino: Universidade Estadual de Campinas . Campinas Biblioteca Depositária: BCCL - Biblioteca Central Cesar Lattes - UNICAMP	F1
71	SILVA, MICHELLE GUERREIRO CACAIS. ASAPE: Uma Arquitetura para Sensoriamento Preditivo em Computação Vestível. 30/07/2018 undefined f. Mestrado em Engenharia de Teleinformática. Instituição de Ensino: Universidade Federal do Ceará. Fortaleza Biblioteca Depositária: undefined	F2
72	DUPONT, IVONNE MONTERO. Sistema Embarcado Linux para monitoramento em Nuvem aplicado a bombeamento fotovoltaico. 20/02/2017 undefined f. Mestrado em Engenharia Elétrica .Instituição de Ensino: Universidade Federal do Ceará. Fortaleza Biblioteca Depositária: undefined	F1
73	SILVA, GABRIEL SANTOS DA. Uso de Técnicas de Combinação de Diversidade e Fatores de Espalhamento Estendidos para Melhorar a Performance e Reduzir a Complexidade do Receptor OFDM em IEEE 802.15.4g. 09/08/2018 80 f. Mestrado em Engenharia Elétrica . Instituição de Ensino: Universidade Estadual de Campinas. Campinas Biblioteca Depositária: BCCL - Biblioteca Central Cesar Lattes - UNICAMP	F1
74	VANZELLA, ALANNA. Sistema de detecção de queda e monitoramento da frequência cardíaca utilizando ESP8266 e protocolo MQTT. 17/09/2018 119 f. Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação. Instituição de Ensino: Universidade Estadual do Oeste do Paraná.Foz do Iguaçu Biblioteca Depositária: UNIOESTE, Campus de Foz do Iguaçu	F2