

Internet das Coisas

Thiago Raulino Dal Pont

XX de Janeiro de 2017

Resumo

Palavras-chaves: Internet das Coisas, Bluetooth, NFC, Zigbee.

INTRODUÇÃO

1 CONCEITO

A tecnologia, com o passar dos anos, está cada vez mais presente nas indústrias, lares, comércios etc. ao mesmo tempo tornando-se indispensável para todas essas entidades. No entanto, nos últimos anos um novo paradigma está emergindo: a Internet das Coisas. A partir dela, a Internet vai deixar de existir como é vista hoje tornando, assim, onipresente.

O conceito de Internet das Coisas (IoT) está relacionado à interconexão de objetos distintos através de uma rede, sendo esta, muitas vezes, a Internet. Desse modo, elementos do mundo real, que antes funcionavam de maneira independente ao meio aos quais estavam inseridos, são capazes de interagir com outros objetos à sua volta e, assim, trocar informações que possam ser relevantes permitindo a agregação de novas funcionalidades. Além disso, a IoT abre espaço para interação entre o mundo físico e o digital a partir de dispositivos capazes de capturar dados físicos no meio em que estão tais como, temperatura, distância etc., representá-los digitalmente e transmiti-los para outros dispositivos.

O termo “Internet das Coisas” foi citado pela primeira vez por Kevin Ashton, diretor executivo da AutoIDCentre do MIT, em 1999 enquanto realizava uma apresentação para promover a ideia do uso de Identificadores de Radio Frequência (RFID) na etiquetagem de produtos. O uso da tecnologia beneficiaria a logística da cadeia de produção (FINEP, 2015). Apesar de o termo IoT ter sido usado apenas em 1999, aplicações práticas da ideia já existiam anos antes. Um exemplo disso, é a torradeira que podia ser ligada e desligada via internet criada em 1990 (ASWATHY, 2014).

A Internet das Coisas está em grande expansão. Estima-se que em 2020 cerca de 24 bilhões de dispositivos IoT estejam conectados, implicando em cerca de quatro dispositivos por pessoa. Para tanto, em torno de 6 trilhões de dólares serão investidos em desenvolvimento de tecnologias de hardware e software, como aplicações, segurança e dispositivos de hardware. Apesar da grande quantia investida, o setor é visto como promissor. Estima-se será gerado em torno de 13 trilhões de dólares em 2025 (MEOLA, 2016).

Para conectar uma grande quantidade de objetos são necessárias tecnologias, muitas delas sem fio, que permitam que os dispositivos interajam entre si trocando informações de maneira eficiente. A próxima seção tratará dessas tecnologias e a maneira com são organizadas para formar uma arquitetura. A seção seguinte apresenta alguns novos “conceitos(sobre os smart tudo)” que a IoT trouxe e algumas aplicações específicas para algumas das mais variadas áreas já existentes.

2 TECNOLOGIAS

2.1 BLUETOOTH

O Bluetooth é uma especificação de rede WPAN, ou seja, rede sem-fio pessoal, sendo descrito e especificado pela IEEE 802.15.1. O Bluetooth foi criado na década de 90 com o objetivo de unir tecnologias distintas, tais como computadores, celulares entre outros a partir de uma padronização de comunicação sem fio entre os dispositivos (KARDACH, 2008).

Uma das principais características da tecnologia *wireless* é o curto alcance de transmissão variando de centímetros até alguns metros (HUANG; RUDOLPH, 2007).

A tecnologia vem sendo usada ao longo dos últimos anos em diversas aplicações como transferência de arquivos entre dispositivos, transmissão de áudio entre smartphones e fones sem fio, dispositivos capazes de determinar contexto, como os beacons, entre outros.

No IEEE 802.15.1 há suporte para criação de redes *ad-hoc*, aos quais, é desnecessário uma infraestrutura de rede para conexão dos dispositivos. A partir disso é possível criar redes chamadas *picorredes*, nas quais os dispositivos são organizados em até oito associados, sendo um deles um mestre, ao qual coordena as operações, e os demais escravos (SIG, 2017b).

A tecnologia Bluetooth opera na faixa ISM de 2.4 GHz de uso livre em modo TDM com um delta de $625\mu s$, proporcionando uma taxa de transmissão máxima em torno de 2 Mb/s, podendo variar de acordo com o dispositivo e a categoria de tecnologia de Bluetooth utilizada. (SIG, 2017b).

2.1.1 Categorias

Segundo (SIG, 2017a), o Bluetooth pode ser categorizado em:

2.1.1.1 BR/EDR

Esta é a subdivisão mais popularizada do Bluetooth presente nas versões 2.0 e 2.1 do Bluetooth, onde as principais características são alta velocidade de transmissão alta em relação à outra categoria, baixo alcance e necessidade de conexão através de pareamento, onde os dispositivos confirmam a conexão. A partir disso, há uma transmissão contínua de dados. Uma desvantagem é o consumo de energia considerável para o funcionamento do Bluetooth, já que há uma conexão contínua e uma taxa de transmissão que mantém o dispositivo ativo por um longo período ininterrupto. A taxa de transmissão gira em torno de 2Mb/s.

2.1.1.2 BLE (Smart)

O *Bluetooth Low Energy* (BLE) é a mais recente categoria do Bluetooth incorporada na versão 4.0, em 2011, além de ser a menos comum (LABS, 2015). BLE está centrado no baixo consumo de energia para permitir que certos dispositivos não precisem recarregar ou trocar suas fontes de carga, muitas vezes uma bateria, por longos períodos, que podem chegar a anos. Para uma conexão para transmissão de dados, ao contrário do BR/EDR, não é necessário um pareamento para realizá-la, além disso esta tem curta duração, na ordem de milissegundos. Ademais, a taxa de dados é baixa e o alcance alto. A baixa taxa de dados decorre do modo de funcionamento dos dispositivos BLE, aos quais, enviam dados em rajadas, ou seja, de tempos em tempos dados são transmitidos em forma de *broadcast* e os dispositivos que estiverem conectados receberão esses dados. Nos intervalos de tempo em que o dispositivo não transmite, ele “dorme”, isto é, entra em modo de consumo mínimo a fim de poupar energia.

A aplicação prática dessas características está na IoT através de *beacons* e *wearables*, aos quais incorporam o BLE. Os beacons foram introduzidos pela *Apple* em conjunto com o iOS 7, com o nome de *iBeacon*, que permitia aos aplicativos possuírem senso de localização (APPLE, 2014). Com esses dispositivos é possível aprimorar a experiência do usuário em estabelecimentos como museus, supermercados, shoppings, estádios, através da identificação de contexto, na qual, a partir da detecção de um beacon e da aproximação ou afastamento deste, uma aplicação móvel em um smartphone de um usuário pode exibir conteúdos, indicar promoções entre outros relacionados aquele dispositivo BLE.

2.1.1.3 Dual-mode

Esta categoria se refere a dispositivos, como *smartphones* que precisam se conectar tanto com dispositivos BR/EDR, como fones de ouvido, e BLE, como *beacons* (SIG, 2017a).

2.1.2 Bluetooth 5.0

A versão 5.0 do Bluetooth foi lançada em dezembro de 2016 (adopted-specfi) e trás consigo aprimoramentos em desempenho e segurança, garantindo duas vezes mais velocidade, quatro vezes mais alcance, oito vezes mais taxa de dados e, por fim, maior coexistência (SIG, 2016).

Com a nova versão, veio a flexibilidade para construção de soluções baseadas em necessidade. Parâmetros como alcance, velocidade e segurança podem ser regulados para diversos objetivos a depender das aplicações (SIG, 2016).

Algumas atualizações contribuem para a redução de interferência com outras tecnologias sem fio, dessa forma, proporciona melhor coexistência entre dispositivos Bluetooth e de outras tecnologias, dentro do cenário emergente da IoT (SIG, 2016).

2.2 RFID

O RFID (Identificação por Rádio Frequência) é uma tecnologia de identificação automática, entre diversas outras como código de barras, cartão inteligente e procedimentos biométricos, no entanto se distingue pelo modo de funcionamento, ou seja, por ondas eletromagnéticas. Por outro lado, o RFID se destaca em relação às outras tecnologias em relação às influências externas no seu funcionamento, como sujeira, posição de leitura. Desse modo, não é necessário nem limpar ou reposicionar o dispositivo RFID para efetuar a leitura (FINKENZELLER, 2011).

No RFID, os dados são transmitidos através de ondas de rádio entre dois dispositivos: *transponder* ou *tag* e *leitor*. O transponder é localizado no objeto identificado, um produto, equipamento etc., e nele são mantidos os dados de identificação. Já o leitor é responsável pela leitura e escrita dos dados presentes no transponder.

Para a transmissão dos dados entre os dois dispositivos o leitor emite ondas de rádio na tag. Ao receber o estímulo, a tag responde com os dados contidos nela. Além disso, existem tags que utilizam a energia do campo eletromagnético gerado pelo leitor para seu funcionamento, sendo estas chamadas de *passivas*. Existem, também, aquelas que possuem uma fonte própria de energia e por isso são denominadas *ativas*.

Um exemplo de tag ativa é mostrada na Figura ??.

Uma tag passiva é mostrada na Figura ??.

Uma das características mais importantes dos dispositivos RFID é a frequência de operação já que ela influi na distância máxima de operação. Tal fator é determinado pelo leitor. Os dispositivos são classificados, de acordo com a frequência de operação, em três grupos:

- **LF (Baixa Frequência):** Entre 30kHz à 300kHz
- **HF (Alta Frequência):** Entre 3MHz à 30MHz
- **UHF (Ultra Alta Frequência):** Entre 300MHz a 3GHz.

É possível distinguir pelo alcance:

- **Long-range ou longo alcance:** maior que um metro.
- **Remote-coupling ou ligação remota:** até um metro
- **Close-coupling ou ligação próxima:** até um centímetro.

Geralmente, a frequência de operação é diretamente proporcional ao alcance. Por exemplo, dispositivos de longo alcance operam na faixa UHF.

2.3 NFC

O NFC é um sistema de comunicação sem fio derivado do RFID. Ele permite transações simples e seguras entre dois dispositivos a partir da curta distância de operação, em torno de 4cm, e do funcionamento baseado em aproximação dos objetos em questão (FORUM, 2017). Assim, é possível realizar leituras de tags e obter conteúdos de acordo com a aplicação, transferir dados entre smartphones entre outras funcionalidades.

Outra vantagem do NFC é a compatibilidade com a infraestrutura de cartões sem contato existentes permitindo usar um único dispositivo em tecnologias diferentes. Desse modo, é possível interagir com tags RFID, por exemplo.

Como o RFID, o NFC funciona através de ondas eletromagnéticas com uma taxa de transmissão máxima de 424kbps (FORUM, 2017). Além disso, pode operar em dois modos de comunicação (JEPSON DON COLEMAN, 2014): ativo e passivo. Assim como no RFID, é possível que os dispositivos NFC que contenham os dados usem a energia do leitor para transmitir seus dados, no modo passivo, ou usem uma fonte própria para tal procedimento, no modo ativo.

Outra característica importante no NFC são os modos de operação. De acordo com (FORUM, 2017) existem três modos:

- *Leitor/Escritor de tag*: Tem por objetivo ligar o mundo físico ao digital através de aplicações que leem e/ou escrevem em tags para obter dados e, assim, fornecer conteúdo ao usuário relacionado à tag lida. Um exemplo é um smartphone ao ler uma tag NFC de um cartaz na rua.
- *Peer to Peer*: Visa conectar dispositivos por aproximação física e permite troca de arquivos. Um exemplo é o Android Beam que permite troca de arquivos entre smartphones com o sistema operacional da Google.
- *Emulação de cartão*: Conecta o dispositivo do usuário em uma infraestrutura possibilitando a simulação de um cartão, além da realização de transações financeiras e identificação no sistema de transporte a partir da aproximação do dispositivo a um leitor específico.

Há quatros tipos de tags definidas (NFC-FORUM, 2017), sendo que todos operam no modo Leitor/Escritor descrito anteriormente :

- **Tipo 1**: 96 bytes de memória disponível e expansível para 2kiB. Usuário pode configurá-la para somente leitura.
- **Tipo 2**: 48 bytes de memória disponível e expansível para 2kiB. Usuário pode configurá-la para somente leitura.
- **Tipo 3**: Baseado no padrão industrial japonês e conhecido como FeliCa. Pode ser configuradas para leitura/escrita ou somente leitura na fabricação. A memória disponível varia, mas com um limite teórico de 1MiB por serviço.
- **Tipo 4**: A memória disponível varia estando acima de 35 kiB por serviço. É possível ser configurada para leitura/escrita ou somente leitura.

O NFC possui um padrão com o qual dispositivos devem estar formatados, o NDEF (*NFC Data Exchange Format*) um formato comum de comunicação (JEPSON DON COLEMAN, 2014). Desse modo, os dados armazenados em tags devem estar gravados nesse formato. A partir do NDEF é possível armazenar e trocar documentos binários como MIME, que incluem imagens, arquivos PDF entre outros, URL, texto simples entre outros.

2.4 ZIGBEE

O Zigbee é um protocolo padrão de comunicação de baixa-potência para redes sem-fio *mesh*, ao qual permite que diversos dispositivo trabalhem em conjunto (FALUDI, 2010).

O Zigbee é descrito como um conjunto de camadas implementadas sobre o IEEE 802.15.4 (FALUDI, 2010), ao qual especifica a camada física(PHY) e o controle de acesso ao meio (MAC) para redes sem-fio de baixa potência (IEEE, 2011).

As camadas do Zigbee, de acordo com (FALUDI, 2010), fazem:

- Roteamento: Tabelas de roteamento que definem como um nó envia dados até um destino

- Rede Adhoc: Criação automática de rede
- Self healing mesh: Descobre se nós se perderam da rede e a reconfigura para garantir uma rota para os dispositivos conectados ao nó faltantes

O Zigbee opera na faixa não licenciada ISM, de 2,4GHz, o que permite sua expansão global e, assim, ser capaz de operar em qualquer local do mundo.

O Zigbee especifica que os nós das redes criadas possam assumir papéis específicos. Cada nó deve assumir uma das categorias a seguir (FALUDI, 2010):

- *Coordenador*: Responsável por criar a rede, distribuir endereços, manter a rede segura, mantê-la em funcionamento entre outras funções que caracterizam a rede. Cada rede tem um e apenas um coordenador.
- *Roteador*: Tem capacidade de unir redes existentes, enviar e receber informações e rotear informações, atuando como um intermediário entre dispositivos que, por estarem muito distantes entre si, não podem se comunicar diretamente. É permitido às redes terem múltiplos roteadores, podendo também não possuírem nenhum e, caso exista, cada roteador deve estar conectado a um coordenador ou outro roteador.
- *Dispositivo final*: É um tipo de nó capaz de se unir a redes além de enviar e receber informações da rede. Além disso, podem se desligar de tempos em tempos para poupar energia. Caso mensagens para um dispositivo final desligado sejam detectadas, o nó responsável por ele, podendo ser um coordenador ou roteador, armazena as mensagens até que o nó desperte.

Há diversas topologias suportadas, nas quais, englobam os três tipos de nós e suas possíveis maneiras de organização (FALUDI, 2010):

- *Par a par*: Uma rede formada apenas por dois nós, sendo um deles, obrigatoriamente, um coordenador e o restante podendo ser um roteador ou dispositivo final.
- *Estrela*: Nessa topologia, o coordenador se situa no centro da rede e os demais nós, roteadores ou dispositivos finais, conectados apenas a ele, formando uma rede no formato de estrela.
- *Mesh*: Os dispositivos finais circundam os demais nós roteadores e coordenador. O coordenador e roteadores atuam como intermediários, roteando mensagens para dispositivos finais, outros roteadores ou para o coordenador. Apesar da nova função do coordenador, este permanece no controle e gerenciamento da rede.
- *Cluster tree*: Nessa topologia, cada roteador é responsável por um conjunto de dispositivos finais. As mensagens vindas desses dispositivos devem ser encaminhadas primeiramente para seu roteador responsável para então ser encaminhada ao destino na rede.

O Zigbee define três maneiras de identificação de nodos, que podem utilizadas em uma aplicação para diferenciar os nós.

- 64 bits: Único e permanente para cada rádio fabricado.
- 16 bits: Dinamicamente configurado pelo coordenador ao entrar em uma rede. É único apenas dentro do contexto da rede.
- Node Id: Pequena cadeia de texto. Não é possível garantir sua unicidade em nenhum contexto, apesar disso, é mais amigável aos olhos humanos.

2.4.1 Criação de uma rede

Cada rede de sensores deve possuir um identificador chamado endereço PAN (Personal Area Network). Além disso, cada nó deve ter o mesmo PAN configurado e o mesmo canal de comunicação, que é escolhido de acordo com a disponibilidade pelo coordenador.

Para que uma mensagem chegue a um destino, é necessário que o nó emissor tenha conhecimento do endereço do nó destinatário do pacote.

2.4.2 XBee

O XBee é um dispositivo fabricado pela Digi. Existem cerca de 30 combinações de hardware, protocolos de *firmware*, potência de transmissão e antenas.

Apesar das diversas combinações, há duas versões básicas do XBee: Série 1 e Série 2.

Os nós XBee Série 1 proveem comunicações ponto a ponto, bem como uma implementação proprietária de rede *mesh*. Já os nós Série 2 permitem diversas derivações de padrões de redes mesh Zigbee.

3 APLICAÇÕES

3.1 SMART HOME

Uma *Smart home* ou casa inteligente é formada por um conjunto de sensores e atuadores conectados em rede, aos quais, podem se comunicar entre si e que permitem ao morador o controle de maneira remota de diversos dispositivos tais como lâmpadas (MANDULA et al., 2015), condicionamento de ar, segurança entre outros.

A empresa *Amazon*, empresa de tecnologia dos Estados Unidos, oferece o *Amazon Echo*, um dispositivo que oferece diversas funcionalidades multimídia, como reprodução de músicas através de controle por voz, inclusive se algo estiver tocando, além de oferecer informações como previsão do tempo, notícias, tráfego entre outros através do *Alexa Voice Service*. É capaz de controlar a luz, tomadas e termostatos além de ser compatível com produtos de empresas, como Samsung, Philips entre outras, com foco em *smart homes* (AMAZON, 2017).

3.2 SMART GRID

Smart grid é uma rede elétrica inteligente, na qual, através da tecnologia coleta dados de consumo e dos distribuidores toma ações a partir deles, tornando o sistema mais eficiente, seguro e sustentável (CECILIA; SUDARSANAN, 2016). As smart grids têm três componentes importantes: rede de transmissão inteligente, às quais contêm sensores, troca de informações, controle e tecnologias de comunicação que proporcionam uma transmissão eficiente, tecnologia da informação e comunicação de smart grid e tecnologia de medição inteligente, no qual, além de realizar medições como os equipamentos tradicionais, é capaz de trocar informações com a rede inteligente.

Empresas como a *Texas Instruments* (TI) têm investido em soluções para smart grid que proporcionam segurança, eficiência e inteligência. A TI oferece soluções para monitoramento da rede através de medidores de eletricidade, gás e calor, além de tecnologias para comunicação como o *Power Line Communications* entre outras (INSTRUMENTS, 2017).

3.3 WEARABLES

Wearables são dispositivos computacionais vestíveis, ou seja, são itens que uma pessoa pode usar no dia a dia como, roupas, relógios, óculos, sapatos entre outros e, ainda obter novas funcionalidades, graças à presença da tecnologia nesses dispositivos. Isso é possível devido a sensores aos quais medem sinais vitais do corpo humano e dados do ambiente, a depender da aplicação, além de pequenos equipamentos de hardware responsáveis por ler os dados dos sensores e comandos do usuário e assim tomar as ações necessárias de acordo com a situação.

Os *wearables* têm aplicações nas mais diversas áreas, partindo das áreas da saúde e esportes até lazer e trabalho.

Algumas empresas têm investido na área de dispositivos vestíveis. Um exemplo é a Microsoft que vem desenvolvendo o *Holo Lens*, um dispositivo que se assemelha a um óculos, com foco em realidade aumentada. A tecnologia pode ser usada na concepção e design de produtos, educação, astronomia entre outros.

Outra tecnologia em ascensão é o *smart watch*, relógio digital conectado à internet, dotado de aplicativos entre outras funções que vão além de mostrar as horas.

Na área de esportes e saúde, existem as *smart bands*, pulseiras capazes de monitorar sinais, como batimentos além das calorias eliminadas durante um exercício, distância percorrida entre outros.

3.4 INDÚSTRIAS

3.5 TRANSPORTES

A empresa *General Eletric* (GE), a maior empresa digital industrial do mundo, atua em diversos setores como saúde, aviação, transporte, energias renovável, entre outros (ELECTRIC, 2017). A empresa fabrica uma locomotiva, modelo *Evolution*, com cerca de 250 sensores, resultando em 150 mil leituras por minuto. Com a leitura dos sensores, dados como tempo, pressão de óleo, temperatura, velocidade entre outros, podem ser utilizado para determinar a performance da máquina em um dado momento. Além disso, é possível prever quando surgirá algum problema, devido a algum componente que indica falha, a partir do software de análise em escala industrial *Predix* (TERDIMAN, 2014).

3.6 TURISMO

Uma aplicação proposta consiste em um sistema de informação turístico com intuito de expandir a experiência dos visitantes nos diversos pontos turísticos no Japão. Isso é possível graças ao uso de beacons, sensores sem fio descritos na seção anterior, e realidade aumentada, viabilizada por uma aplicação móvel (SHIBATA; SASAKI, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Referências

- AMAZON. *Amazon Echo - Black*. 2017. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Amazon-Echo-Bluetooth-Speaker-with-WiFi-Alexa/dp/B00X4WHP5E>>. Citado na página 6.
- APPLE. *Getting Started with iBeacon*. 2014. Disponível em: <<https://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>>. Citado na página 2.
- ASWATHY, P. S. J. V. D. D. R. A state of the art review on the internet of things (iot). *International Conference on Science, Engineering and Management Research*, 2014. Citado na página 1.
- CECILIA, A. A.; SUDARSANAN, K. A survey on smart grid. In: *2016 International Conference on Emerging Trends in Engineering, Technology and Science (ICETETS)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–7. Citado na página 6.
- ELECTRIC, G. *General Electric | SOBRE A GE – A primeira companhia Digital Industrial*. 2017. Disponível em: <<https://www.ge.com/br/sobre>>. Citado na página 7.
- FALUDI, R. *Building Wireless Sensor Networks: with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing*. O'Reilly Media, 2010. ISBN 9780596807733. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Building-Wireless-Sensor-Networks-Processing-ebook/dp/B004GTLFHI%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3DB004GTLFHI>>. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 5.
- FINEP. *Kevin Ashton – entrevista exclusiva com o criador do termo “Internet das Coisas”*. 2015. Disponível em: <<http://finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4446-kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas>>. Citado na página 1.

FINKENZELLER, K. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*. Wiley, 2011. ISBN 9780470695067. Disponível em: <<https://www.amazon.com/RFID-Handbook-Fundamentals-Identification-Communication-ebook/dp/B005HF2GH8%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3DB005HF2GH8>>. Citado na página 3.

FORUM, N. *About the Technology*. 2017. Disponível em: <<http://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>>. Citado na página 4.

HUANG, A. S.; RUDOLPH, L. *Bluetooth Essentials for Programmers*. Cambridge University Press, 2007. ISBN 9781139465465. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=s_djgV7_sXAC>. Citado na página 2.

IEEE. *IEEE 802.15.4-2011*. IEEE, 2011. ISBN 0738166847. Disponível em: <<https://www.amazon.com/IEEE-802-15-4-2011/dp/0738166847%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3D0738166847>>. Citado na página 4.

INSTRUMENTS, T. *Grid Infrastructure IC solutions*. 2017. Disponível em: <<http://www.ti.com/lstds/ti/applications/industrial/grid-infrastructure/overview.page>>. Citado na página 6.

JEPSON DON COLEMAN, T. I. B. *Beginning NFC: Near Field Communication with Arduino, Android, and PhoneGap*. first. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2014. Citado na página 4.

KARDACH, J. *Tech History: How Bluetooth got its name*. 2008. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works>>. Citado na página 2.

LABS, L. *Bluetooth Vs. Bluetooth Low Energy: What's The Difference?* 2015. Disponível em: <<https://www.link-labs.com/bluetooth-vs-bluetooth-low-energy/>>. Citado na página 2.

MANDULA, K. et al. Mobile based home automation using internet of things(iot). In: *2015 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 340–343. Citado na página 6.

MEOLA, A. *What is the Internet of Things (IoT)?* 2016. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com/what-is-the-internet-of-things-definition-2016-8>>. Citado na página 1.

NFC-FORUM. *Tag Type Technical Specifications*. 2017. Disponível em: <<http://nfc-forum.org/our-work/specifications-and-application-documents/specifications/tag-type-technical-specifications/>>. Citado na página 4.

SHIBATA, Y.; SASAKI, K. Tourist information system based on beacon and augmented reality technologies. In: *2016 19th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 410–413. Citado na página 7.

SIG, B. *BLuetooth 5*. 2016. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/bluetooth5>>. Citado na página 3.

SIG, B. *Bluetooth Core Specification*. 2017. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>>. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 3.

SIG, B. *How It Works*. 2017. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works>>. Citado na página 2.

TERDIMAN, D. *How GE got on track toward the smartest locomotives ever*. 2014. Disponível em: <<https://www.cnet.com/news/at-ge-making-the-most-advanced-locomotives-in-history/>>. Citado na página 7.