



TECNOLOGIA DE *LOW POWER WIDE AREA NETWORK* (LPWAN) PARA MONITORAMENTO DE FROTAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

¹ Paulo Renato Câmera da Silva (UFBA) – paulocamera1@gmail.com; ² Herman Augusto Lepikson (Senai Cimatec) – herman.lepikson@fieb.org.br; ³ Marcus Vinícius Ivo da Silva (UFRB / Senai Cimatec) – mvisilva@ufrb.edu.br; ⁴ Rafael B. Mendes (Senai Cimatec) – rafaelqsb@gmail.com;

Resumo: O monitoramento de frotas veiculares é uma aplicação que demanda conexão com grande cobertura e poucas falhas de comunicação durante o percurso do veículo. Este estudo visou identificar o estado-da-arte das tecnologias LPWAN para o monitoramento de frotas a partir da revisão da literatura em cinco bases de dados. A seleção resultou um conjunto de 48 bibliografias, na qual se avaliou sua relevância a partir de critérios preestabelecidos. Isso possibilitou avaliar como o tema está sendo pesquisado, bem como quais recursos a tecnologia já consegue satisfazer para o monitoramento de veículos. Contudo, concluiu-se que existem poucas publicações sobre o uso dessa tecnologia para o monitoramento de frotas de veículos, com a primeira publicação recente e ainda pouca literatura produzida.

Palavras-Chaves: monitoramento de frota; LPWAN; conectividade; IoT.

LOW POWER WIDE AREA NETWORK (LPWAN) TECHNOLOGY FOR FLEET MONITORING: A LITERATURE REVIEW

Abstract: The vehicle fleet monitoring is an application that requires connection with great coverage and few communication failures during the vehicle's course. This study aimed to identify the state-of-the-art LPWAN technologies for fleet monitoring from the literature review in five databases. The selection resulted in a set of 48 bibliographies, in which its relevance was evaluated based on pre-established criteria. This made it possible to evaluate how the topic is being researched, as well as what resources the technology can already satisfy for vehicle monitoring. However, it has been concluded that there are few publications on the use of this technology for vehicle fleet monitoring, with the first publication very recent and still very little literature produced.

Keywords: fleet monitoring; LPWAN; connectivity; IoT.



1. INTRODUÇÃO

Conectar dispositivos e obter dados a partir deles, buscando o melhor gerenciamento de grandes números de aparelhos é a proposta de “conexão das coisas” que vem sendo chamada de *Internet of Things* ou IoT (em português, Internet das Coisas). Novas redes vêm preencher uma lacuna deixada pelas redes convencionais – WiFi, Bluetooth, 3G, GSM – e buscam atender nichos que essas redes falham ou não conseguem alcançar [1]. Com isso, pode-se gerar uma comunicação adequada para situações que o uso de dados e hardware seja mínimo, como interfaces *Machine-to-Machine* ou M2M (em português, máquina para máquina) para coleta de dados de sensores remotos.

As maiores diferenças entre as novas redes e as convencionais são as demandas de energia e de largura de banda de transmissão [2]. Isso determina a forma como os dispositivos são projetados, pois esses devem ter menos processamento, memória e, principalmente, maior duração de bateria [2]. Com essa economia em *hardware*, pode-se atender à crescente demanda de dispositivos, já que o número de “coisas” conectadas deve superar a capacidade de produção de recursos de alto controle tecnológico [1].

Outro aspecto relevante do contexto de aplicação é que o dispositivo pode ter de operar em local de difícil acesso, sem rede elétrica próxima e/ou com grande número de aparelhos conectados que impossibilitaria a substituição das baterias de curta autonomia. Isso exige dos dispositivos demandar menos bateria, ou seja, utilizar o mínimo de hardware [1]. Esses fatores acabam por, nessas situações, inviabilizar o uso de tecnologias convencionais em aplicações de IoT.

A tecnologia de *Low Power Wide Area Network* ou LPWAN (numa tradução livre, Redes de Grande Área e Baixo Consumo) surgiu, recentemente, para tal contexto. Suas características permitem conectar dispositivos por longas distâncias (e.g., de três a cinquenta quilômetros) com baixo custo (e.g., um *end node* pode chegar a cinco dólares), com pequena largura de banda e, conseqüentemente, baixo consumo relativo de bateria (e.g., as baterias de lítio de 3V chegam a durar 10 anos) [1]. Por isso, mais eficiente, com a vantagem de ser uma tecnologia de conectividade barata.

O monitoramento de frota demanda grande cobertura, pois, quanto menor o número de falhas de comunicação durante o percurso do veículo, melhor o controle do mesmo. As informações a serem enviadas são de tamanho reduzido (e.g., posição com cerca de seis bytes e velocidade um byte) e não requerem altas taxas de transferência [1]. Juntando o atendimento a esses dois requisitos ao baixo custo, observa-se que uma tecnologia LPWAN é aplicável a casos de controle de frotas em locais onde a rede convencional não está disponível ou tem custo inviável.

Três tecnologias de rede sem fio, baseadas em LPWAN, tem se destacado no mercado: *Narrow Band - Internet of Things* (NB-IOT), *Long Range Wide Area Network* (LoRaWAN) e Sigfox. Suas limitações e aplicabilidades tem sido testada para diversos setores do mercado [1,3,4]. Por suas características, neste trabalho,



buscou-se identificar o estado-da-arte das tecnologias LPWAN para o monitoramento de frotas veiculares.

2. METODOLOGIA

Para identificar a literatura disponível sobre o uso da tecnologia LPWAN, para o monitoramento de frota, foi realizada uma pesquisa nas bases de dados Google Acadêmico, Portal de Periódicos da Capes, SciELO - Scientific Electronic Library Online, IEEE Xplorer Digital Library e ScienceDirect da Elsevier, utilizando, de forma combinada, os descritores “*fleet management*” e LPWAN e IoT.

Tabela 1. – Lista de documentos resultantes da pesquisa nas bases de dados (22/07/2018).

	Resultado total da pesquisa	Bibliografias candidatas	Bibliografias selecionadas
2018	10	4	4
2017	20	4	3
2016	13	4	3
2015	3	2	2
2014	0	0	0
2013	0	0	0
2012	0	0	0
2011	0	0	0
2010	1	0	0
Ano não identificado	1	1	1
Total	48	15	13

Crítérios de inclusão e de exclusão foram pré-estabelecidos com todos os autores deste trabalho para a seleção da bibliografia relevante, de forma a escolher, com imparcialidade os arquivos mais relevantes. Considerou-se a presença dos descritores no título, entre as palavras-chaves e/ou no resumo como indicativo desta relevância. Publicações divergentes ou que não conseguiram ser visualizadas foram



excluídas. Por fim, bibliografias repetidas foram eliminadas. Isso gerou uma seleção de bibliografias candidatas (Tabela 1) que, após leitura total ou parcial destas gerou as bibliografias seccionadas para este artigo.

3. DISCUSSÃO

O Google Acadêmico retornou o maior número de resultados, entre as cinco plataformas utilizadas, incluindo a bibliografia resultante das pesquisas nas outras plataformas. A pesquisa para os três descritores (“*fleet management*”; LPWAN; IoT), com a palavra booleana “and”, gerou um conjunto intersecção de 48 documentos.

A apresentação dos dados, na Tabela 1, permitiu a distribuição das publicações por ano. Dessa forma, pôde-se observar o primeiro artigo no ano de 2010 e um aumento do total de publicações ao longo dos oito anos, com uma queda em 2018, pelo fato deste ainda estar em curso. A tabulação dos dados permitiu visualizar cada autor com uma única publicação. Visualizou-se, também, um maior número de artigos em periódicos e eventos entre as publicações, no entanto, seria arriscado apontar tendências nas pesquisas pela quantidade ainda pequena de publicações.

3.1. Descrição dos Trabalhos Selecionados

Rojas [5] trouxe uma visão geral da utilização da IoT para várias finalidades. Dentre elas, citou um estudo de caso de *ferry boats* e iates, em que a demanda por rede *wireless*, principalmente de 4G, vinha crescendo cada vez mais. Apesar de não citar o uso específico de LPWAN para monitoramento de frotas, ele, juntamente com Kalyani e Sharma [6], foram um dos primeiros a citar o possível uso de redes diversas para monitorar veículos via GPS e outros sensores. Além disso, Rojas [5] citou outros casos, porém mais voltados à disponibilização de WiFi para os passageiros dos veículos. Já Kalyani e Sharma [6] listaram aplicações, como: casas conectadas, humanos conectados e gerenciamento de frota.

Observou-se, em Karan Verma [7], a citação mais focada no gerenciamento de frota. O autor apresentou a importância da *Mobile Communications Network* (MCN) – em português, rede de comunicação móvel – e propôs seu uso para gerenciamento de frotas. Foi citado o uso de tecnologia de comunicação IoT (nesse caso, GSM, 3G e 4G) para aplicações em controle de frotas, tais como diagnóstico veicular, otimização de rotas e do uso de combustível. Apesar de não comentar explicitamente a tecnologia LPWAN, o autor comentou sobre a necessidade de boa cobertura para esse tipo de aplicação e deixam claras deficiências no 3G e 4G, como o custo (mais barato apenas que a comunicação por satélite) e o consumo energético.

Boulogeorgos *et al.* [1] fez uma descrição completa sobre a tecnologia LPWAN, apontando seu uso no gerenciamento de frota como possível solução. O



autor descreveu os pontos fortes dessa tecnologia, como a diminuição da interferência por outras frequências, a autonomia dos dispositivos conectados e a grande cobertura, bem como, os pontos fracos, a exemplo da baixa velocidade de transferência de dados.

Já Qipeng Song *et al.* [8] apresentaram uma revisão ampla e abrangente do papel do IoT na indústria e na sociedade. Os autores fizeram um estudo das classificações existentes de aplicação M2M de diferentes critérios da literatura, como: classificação de acordo com a confiabilidade e quantidade de máquinas conectadas, classificação de acordo com o nível de mobilidade e classificação de acordo com a dispersão e recurso de *Quality of Service* (QoS) para aplicativos M2M típicos. Nesse último, foram fornecidos valores indicativos mínimos para diferentes aplicações, como para o caso de gestão de transporte a taxa de transmissão de dados pode ser menor que 500 bytes, mas a prioridade da mensagem deve ser alta.

Qipeng Song *et al.* [8] ainda citaram que, provavelmente, as tecnologias LPWAN e as soluções móveis de rede 3GPP seriam o principal suporte utilizado para a comunicação M2M. Para essa discussão, os autores identificaram a vantagem das redes celulares para IoT, chegando à conclusão que as redes 3GPP já possuíam infraestrutura para gerar cobertura ampla e alta disponibilidade, mas a desvantagem da rede 3GPP era um alto consumo de energia e custo do hardware em relação às redes LPWAN. Apesar disso, em todas as situações, obter eficiência energética viria com a necessidade de trabalhar com *hardwares* de desempenho mais restrito causando, na maioria das vezes, uma performance mais modesta desse tipo de dispositivo.

Em sua tese, Ryšavý [9] fez a aplicação de uma plataforma de monitoramento IoT para vagões de trem. Para isso, ele utilizou ferramentas que também eram empregadas no gerenciamento de frotas, como o GNSS, sobre o qual ele fez uma descrição detalhada e comparativa entre as tecnologias disponíveis no mercado bem como suas principais características. No trabalho, também, realizou uma descrição dos tipos de comunicação que seriam passíveis de serem utilizadas para o monitoramento dos vagões, como, 2G, GSM, 4G e LPWAN, sendo comentado que apenas a tecnologia 3G não era viável por ter menor cobertura que a 2G e menor performance que a 4G. Nessa questão, o autor concluiu que, no momento, era impossível escolher uma tecnologia melhor para sua aplicação. Contudo, ele deixou claro que a mais promissora seria a tecnologia NB-IoT. No entanto, foi escolhida para seu projeto a comunicação GPRS.

Goudos [10], em seu artigo, também realizou um resumo sobre as tecnologias de comunicação móveis atuais para uso em sistemas de IoT. Ele, igualmente, a Boulogeorgos *et al.* [1], apontou esse tipo de tecnologia para o gerenciamento de frota, descrevendo fatores como *massive IoT* e *critical IoT*, para se referir as distintas necessidades das aplicações. A primeira se referiu a serviços que necessitam de muitos dispositivos, como a gestão de frotas. Já, a segunda, serviços que necessitam de controle crítico de dispositivos, como processos industriais. Sua conclusão foi que a tecnologia de IoT estava chegando à fase madura e, por isso, suas aplicações, seja no gerenciamento de frotas, seja em outras, estava crescendo exponencialmente e disponibilizando novos serviços.



Lin [11] testou, em seu artigo, o uso da rede LoRa para monitorar um cachorro dentro do *campus* de uma universidade americana. Apesar do artigo não tratar diretamente o gerenciamento de frotas, percebeu-se que a tecnologia pesquisada para monitorar o animal podia ser implementada no monitoramento de veículos. Seus estudos demonstraram que a aplicação era praticável e funcionou bem, fornecendo diretrizes para equilibrar a precisão do rastreamento com o consumo de energia.

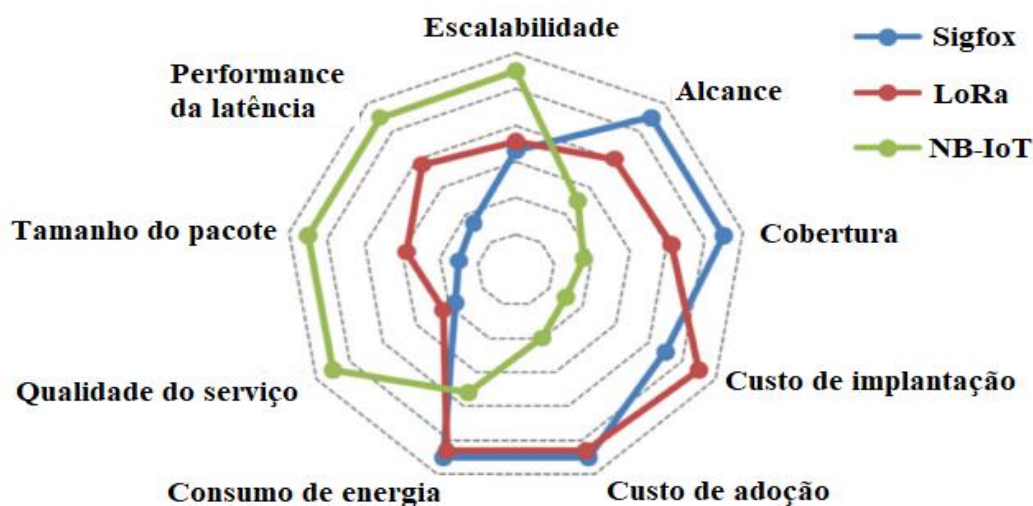
Yousuf *et al.* [12] sustentaram, em seu artigo, que um único *gateway*, ou concentrador de rede LoRa, poderia suportar centenas de milhares de dispositivos LoRa, assumido tráfego de dados e número de mensagens baixos, da ordem de 50 bytes e 60 mensagens ao dia, respectivamente. Esta análise situou o quão robusto pode ser uma arquitetura baseada em abordagens LPWAN.

Harwahyu *et al.* [13] realizaram um estudo de simulação computacional do protocolo LoRaWAN e o resultado mostrou que o desempenho foi altamente dependente da configuração do fator de propagação ou *spreading factor*, taxa de codificação e seleção de frequência.

Finnegan e Brown [14] traçaram um paralelo entre capacidades de diversas redes LPWAN do ponto de vista de sua adoção em massa para a resolução de problemas, dando exemplos práticos e comparando seus desempenhos e abordagens do ponto de vista técnico e de seus modelos de negócio. De forma direta, estabeleceram em quais situações as redes LPWAN deveriam ser bem empregadas e de que forma cada tecnologia se colocaria em um futuro próximo.

Mekki *et al.* [15] compararam, de forma direta, as abordagens que consideraram principais no que tange a LPWAN, sendo elas Sigfox, LoRa e NB-IoT, segundo os fatores que elencaram como cruciais para definir seu uso em aplicações IoT. (Figura 1)

Figura 1. Fatores cruciais para uso da rede LPWAN em IoT, adaptado de Mekki *et al.* [15]





4. CONCLUSÃO

A pesquisa nas bases de dados mostrou um número ainda pequeno de publicações sobre o uso da tecnologia *Low Power Wide Area Network* para o monitoramento de frota de veículos. Além disso, observou-se que, em nenhuma bibliografia dos resultados encontrados, a tecnologia foi, de fato, aplicada em uma situação real e, o mais próximo disso, foi a implementação de uma aquisição de dados de um sensor GPS por Lin, *et al.*[11]. Isso coincide com a atualidade da tecnologia e a indisponibilidade de soluções no mercado. Portanto, observou-se um futuro promissor para a aplicação dessa tecnologia para monitoramento de frotas. Sendo essa uma proposta para trabalhos futuros.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio financeiro da CAPES e da FAPESB (processo n. BOL0713/2016).

5. REFERÊNCIAS

¹ BOULOGGEORGOS, Alexandros-Apostolos A.; DIAMANTOULAKIS, Panagiotis D.; KARAGIANNIDIS, George K. Low power wide area networks (lpwans) for internet of things (iot) applications: Research challenges and future trends. **arXiv preprint arXiv:1611.07449**, 2016.

² AUGUSTIN, Aloÿs *et al.* A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things. **Sensors**, v. 16, n. 9, p. 1466, 2016.

³ SANCHEZ-IBORRA, Ramon *et al.* Integrating LP-WAN Communications within the Vehicular Ecosystem. **J. Internet Serv. Inf. Secur.**, v. 7, n. 4, p. 45-56, 2017.

⁴ VEJLGAARD, Benny *et al.* Coverage and capacity analysis of sigfox, lora, gprs, and nb-iot. In: **Proceedings of the 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Sydney, Australia**. 2017. p. 4-7.

⁵ ROJAS, Bill. Toward next-generation access networking technologies in industrial/enterprise internet of things. 2015.



⁶ KALYANI, Vijay Laxmi; SHARMA, Deeksha. IoT: Machine to Machine (M2M), Device to Device (D2D) Internet of Everything (IoE) and Human to Human (H2H): Future of Communication. **Journal of Management Engineering and Information Technology (JMEIT) Volume-2**, n. 6, p. 17-23, 2015.

⁷ VERMA, Karan. Internet of Things: wireless issues in using mobile communication Network. **International Journal of Instructional Technology and Distance Learning**, v. 13, n. 8, p. 49-56, 2016.

⁸ SONG, Qipeng; NUAYMI, Louffi; LAGRANGE, Xavier. Survey of radio resource management issues and proposals for energy-efficient cellular networks that will cover billions of machines. **EURASIP journal on wireless communications and networking**, v. 2016, n. 1, p. 140, 2016.

⁹ RYŠAVÝ, Jakub. Design of Energy Independent Remote Monitoring System for Cargo Wagons. Praga, 2016

¹⁰ GOUDOS, Sotirios K. *et al.* A survey of IoT key enabling and future technologies: 5G, mobile IoT, semantic web and applications. **Wireless Personal Communications**, v. 97, n. 2, p. 1645-1675, 2017.

¹¹ LIN, Yi-Bing *et al.* Location-based IoT applications on campus: The IoTtalk approach. **Pervasive and Mobile Computing**, v. 40, p. 660-673, 2017.

¹² YOUSUF, Asif M. *et al.* Throughput, Coverage and Scalability of LoRa LPWAN for Internet of Things. Calgary, 2018.

¹³ HARWAHYU, Ruki; PRESEKAL, Alfan; SARI, Riri Fitri. LoRaWAN Performance Evaluation with Optimized Configuration. Indonésia, 2018

¹⁴ FINNEGAN, Joseph; BROWN, Stephen. A Comparative Survey of LPWA Networking. **arXiv preprint arXiv:1802.04222**, 2018.

¹⁵ MEKKI, Kais *et al.* A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment. **ICT Express**, 2018.