

INTEGRAÇÃO IOT E GIS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA APLICADA À GESTÃO DE SERVIÇOS URBANOS

IoT and GIS Integration: Systematic Literature Review Applied to Urban Services Management

Iran Carlos Caria Sacramento
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | iransacramento@hotmail.com

Arivaldo Leão de Amorim
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | alamorim@ufba.br

Vivian de Oliveira Fernandes
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | vivian.fernandes@ufba.br

Emerson de Andrade Marques Ferreira
Universidade Federal da Bahia | Salvador, BA | ferreira.eam@gmail.com

RESUMO

Estudos recentes mostram que um fator importante para a gestão dos serviços urbanos é a integração da Internet das Coisas (IoT) com Sistema de Informações Geográficas (GIS), uma vez que ambos permitem a eficiência nos serviços prestados para uma melhor qualidade de vida. O objetivo deste artigo é categorizar analiticamente e estatisticamente as contribuições em relação à integração entre IOT e GIS. As principais abordagens selecionadas foram focadas nas áreas de estudo: segurança, operação e manutenção, tráfego e mobilidade urbana. O estudo envolve uma revisão sistemática da literatura (SLR) e abrange publicações selecionadas entre 2000 e 2018. Os resultados forneceram uma visão atualizada sobre as principais lacunas, descobertas, vantagens e desvantagens para a integração dessas tecnologias.

Palavras-chave: Internet das Coisas, Sistema de Informação Geográfica, Revisão Sistemática da Literatura.

ABSTRACT

Recent studies show that an important factor for urban services management is the integration of the Internet of Things (IoT) and Geographic Information System (GIS), once that both enable efficiency in services provided for a better quality of life. The objective of this article is to categorize analytically and statistically the contributions regarding the integration between IoT and GIS. The main approaches selected were focused on the study areas: safety, operation and maintenance, traffic and urban mobility. The study involves a systematic literature review (SLR) and encompass selected publications between 2000 and 2018. The results provided an updated view about main gaps, discoveries, advantages and disadvantages for those technologies integration.

Keywords: Internet of Things, Geographic Information System, Systematic Literature Review.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Kitichin (2014) a aplicação da Internet das Coisas (IoT), como fonte coletora e transmissora de dados por meio de sensores, integrados a uma série de processamentos computacionais, estão transformando a qualidade dos serviços prestados principalmente na América do Norte e Europa Ocidental.

Diante desta evolução, surgem ideias para uma melhor organização urbana, focando principalmente um contexto de novas infraestruturas tecnológicas, que possibilitem o desenvolvimento econômico, sustentável, com redução dos custos operacionais e repercutida em uma maior participação dos cidadãos neste processo (MANVILE et al., 2014; WALRAVENS et al., 2013).

A IoT é considerada um ecossistema que contém objetos inteligentes equipados com sensores, redes e tecnologias de processamento, que se integram e trabalham conjuntamente para fornecer um ambiente no qual os serviços inteligentes possam ser levados aos usuários finais. A IoT está levando inúmeros benefícios para a vida humana através do ambiente em que os serviços inteligentes são fornecidos para utilizar todas as atividades, em qualquer lugar e a qualquer momento (ASGHARI et al., 2019).

Por outro lado, o Sistema de Informações Geográficas (GIS) possibilita a visualização de diferentes dados em um mapa, num ambiente heterogêneo, permitindo aos seus usuários análises acerca do mundo real

SACRAMENTO, I. C. C.; AMORIM, A. L.; FERNANDES, V. O.; FERREIRA, E. A. M. Integração IoT e GIS: Revisão sistemática da literatura aplicada à gestão de serviços urbanos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://www.antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/227

(KOTIKOV, 2017; DANG et al., 2017). Neste sentido, o GIS aparece como uma plataforma acessível para diversas áreas de conhecimento, uma vez que, os métodos de gerenciamento e monitoramento das cidades requerem múltipla fusão de informações, adquiridas por meio de dados cartográficos, modelos geométricos e semânticos, objetos virtuais ou objetos reais (GUNDUZ et al., 2017; ISIKDAG, 2015).

Diante do exposto, esta pesquisa visa categorizar analiticamente e estatisticamente as contribuições para a integração da IoT e GIS aplicadas gestão de serviços em três importantes áreas do ambiente urbano, mediante uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

2 METODOLOGIA

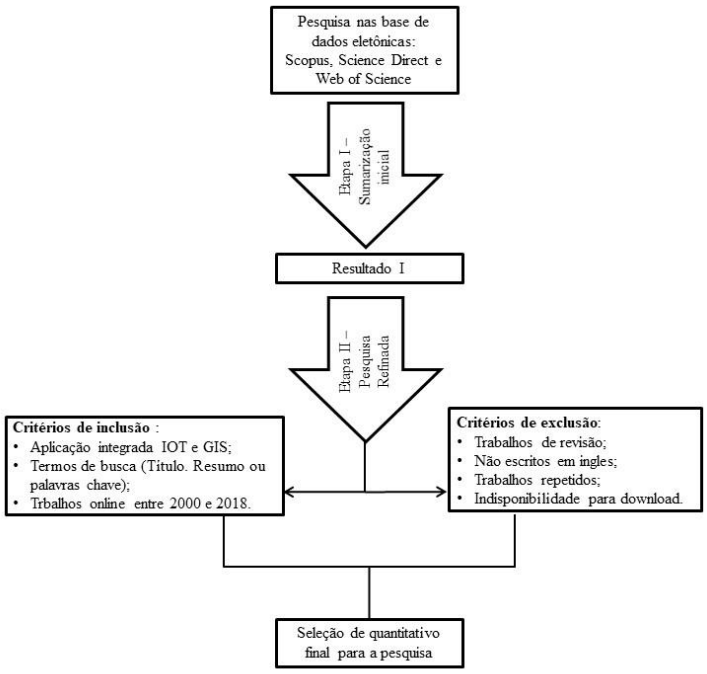
Segundo Kitchenham (2004), a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) é um importante instrumento para identificar e avaliar novas questões de pesquisa. Neste trabalho, os critérios adotados na revisão envolvem os seguintes procedimentos: (i) planejamento da revisão; (ii) condução da revisão; e (iii) análise dos resultados.

2.1 Planejamento da revisão

Enquanto estratégia de busca definiu-se que os trabalhos deveriam estar publicados em base de periódicos científicos e contemplar o intervalo temporal de 2000 a 2018. Tal escolha é condicionada em consequência da expressão IoT ter sido utilizada pela primeira vez no Auto-ID Center do Massachusetts Institute of Technology (MIT), em 1999 (Ashton, 2009; Yuan et al., 2012). Além da ampla disseminação na metade do ano 2000 quanto a aplicação das TIC para o gerenciamento urbano por meio de combinações inteligentes (GIFFINGER et al., 2007), bem como, as percepções enfáticas quanto a potencialidade do GIS trazidas na segunda edição do livro *Principles of Geographical Information Systems* por Burrough e McDonnel em 1998.

As buscas foram efetuadas nas bases de dados *Scopus, Science Direct e Web of Science*. Os termos de busca empregados foram: "*Internet of Things*", "IoT", "*Geographic Information System*", "GIS", "*WebGIS*", "*Sensor*" e "*Real-time Data*". Os critérios de inclusão e exclusão adotados são explicitados na Figura 1.

Figura 1: Critério de seleção da pesquisa



Fonte: Os autores.

2.2 Técnica de seleção da pesquisa

Inicialmente foram encontradas 415 publicações, todas associadas a artigos completos ou resumos expandidos. A partir da aplicação dos critérios de exclusão detectou-se os seguintes agrupamentos: 34 pesquisas de revisão de literatura, 1 trabalho não associado a língua inglesa, 66 pesquisas com repetições e 109 trabalhos indisponíveis para download, totalizando 205 artigos.

3 RESULTADOS

Com a aplicação dos critérios de inclusão, 15 publicações foram direcionadas para aplicações em segurança, operação e manutenção, tráfego e mobilidade urbana. Tais áreas destacam-se em consequência da tecnologia GIS possuir boa disseminação em pesquisas focadas na gestão de ambientes urbanos.

3.1 Categorização analítica e estatística

A categorização e quantitativo dos artigos abrangem áreas de produção voltadas a aplicações integradas entre IoT e GIS, destacadas a saber: gestão da segurança pública (2), gestão de riscos emergenciais (4), conforto (1), eficiência energética (4), rastreamento de veículos (3) e estacionamento inteligente (1). Considera-se enquanto descobertas as inovações desenvolvidas para uma integração inteligente, bem como as vantagens e desvantagens combinadas a este campo, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Aplicações integradas entre IoT e GIS no âmbito da segurança, operação e manutenção, tráfego e mobilidade

Refs.	Ano da Pesquisa	Vantagem	Desvantagem	Descoberta	Categoria
Huang *et al.*	2015	Aplicabilidade prática	Limitação de memória, perda de dados	Framework	Segurança
Thanos *et al.*	2016	Softwares livre	Não discutido	Aplicativo, plataforma algoritmos	Segurança
Peng *et al.*	2017	Baixo custo	Não discutido	Framework	Segurança
Luchettii et *al.*	2017	Softwares livre	Poucos estudos neste escopo	Protótipo	Segurança
Wu et al.	2017	Estabilidade na transmissão de dados	Não discutido	Framework	Segurança
Athanasiou *et al.*	2018	Uso de dados abertos	Não discutido	Framework	Segurança
Gunduz *et al.*	2017	Interface flexível	Poucos estudos neste escopo	Framework	Operação e manutenção
Nourjou e Hashemipour	2017	Interface flexível	Alto custo	Framework	Operação e manutenção
Bottacciloli	2017	Interface flexível	Alto custo	Framework	Operação e manutenção
Bottacciloli	2017	Rede de sensores otimizada	Alto custo	Framework	Operação e manutenção
Li *et al.*	2017	Baixo custo	Não discutido	Framework	Operação e manutenção
Liu *et al.*	2008	Interface flexível	Alto custo	Framework, algoritmo	Tráfego e mobilidade
Sciortino	2016	Interface flexível	Alto custo	Protótipo, algoritmo, plataforma	Tráfego e mobilidade
Hamide	2017	Rede de sensores otimizada	Alto custo	Protótipo	Tráfego e mobilidade
Jagwani e Kumar	2018	Baixo custo, Interface flexível	Não discutido	Protótipo	Tráfego e mobilidade

Fonte: Os autores.

3.2 Aplicações em segurança

Pensando no desenvolvimento de planos de emergência para eventos catastróficos Huang *et al.* (2015), desenvolvem uma plataforma 3D baseada em *WebGIS* e integrada a sensores de alerta em tempo real quanto aos fluxos de detritos em regiões de montanha. Nesta mesma perspectiva, Luchettii *et al.* (2017), utilizam a vasta disponibilidade de sistemas para monitoramento inteligente associados a desastres hidrogeológicos, com informações em tempo real via Twitter.

Athanasiou *et al.* (2018), apresentam um *WebGIS* que serve como mecanismo *online* para prevenção, monitoramento e alerta contra inundações. A pesquisa descreve brevemente as principais tecnologias para o desenvolvimento de um sistema GIS baseado na *web*, ao qual, utiliza dados de sensores de temperatura, velocidade do vento e nível de água.

Peng *et al.* (2017), desenvolvem um sistema de gerenciamento de emergências (não clínicas) em hospitais. Tal produção utiliza uma integração entre IoT, *Building Information Modeling* (BIM) e GIS para a detecção de riscos, análise, visualização e tomada de decisão, em uma arquitetura de sistema baseada em sensores. Com os dados visualizados em tempo real, a rede de transmissão utilizada permite uma comunicação externa abrangente, à exemplo, o contato com o corpo de bombeiros em casos de incêndio.

Thanos *et al.* (2016), apresentam aplicativo móvel que oferece recursos de navegação precisa dentro e fora das edificações para auxílio da gestão da segurança. Na medida que o usuário encontra um caminho em direção ao seu destino, os pontos de verificação habilitados por *Near-field Communication* (NFC) e *bluetooth* oferecem recursos de reencaminhamento quanto ao posicionamento do usuário dentro do campus universitário. Wu *et al.* (2017), apresentam um sistema de monitoramento por GeoVídeo (nota) e rastreamento de trajetória de pessoas para a gestão da segurança. O sistema permite a organização e gerenciamento de dados geoespaciais em tempo real e o uso de elementos geográficos unificados em um banco de dados.

3.3 Aplicações em Operação e Manutenção

Os estudos de Gunduz *et al.* (2017), testam uma arquitetura de softwares para a integração de BIM, GIS e IoT que possibilite a análise de conforto e supere problemas de gerenciamento em instalações complexas. Tal abordagem utiliza um modelo BIM convertido e exibido em 2D no *Google Maps* com dados de sensores, vistos em tempo real, utilizando uma plataforma de prototipagem eletrônica.

Nourjou e Hashemipour (2017), apresentam um sistema em tempo real que permite que aplicativos de mapeamento na *web* e dispositivos móveis acessem, consultem e exibam mapas na *web* quanto ao status de interrupção de energia. Os resultados do sistema apontam para uma plataforma de interface flexível que pode ser aplicada no gerenciamento de operação e manutenção em cidades inteligentes. Li *et al.* (2017), propõe um estudo para modernização quanto ao processo de inspeção em linhas de transmissão de energia elétrica. O sistema permite inteligência na inspeção de equipamentos eletrônicos de potência com o uso de *Rádio Frequency Identification* (RFID) e multi-sensores em tempo real por meio de uma rede de transmissão 3G, 4G e WiFi.

Bottacciloli *et al.* (2017a), expõem uma plataforma integrada visualizada em tempo real que permite simular a potência produzida por geradores fotovoltaicos em telhados de edifícios. Em outra pesquisa, Bottacciloli *et al.* (2017b), desenvolvem uma arquitetura na nuvem para monitorar o consumo de energia em edifícios. A plataforma explora dispositivos IoT georreferenciados para coletar informações relacionadas ao consumo de energia em uma edificação, permitindo assim, uma boa combinação quanto às simulações de energia.

3.4 Tráfego e Mobilidade Urbana

Liu *et al.* (2008), implementam mapas de velocidade instantânea para o segmento rodoviário baseado em *Global Position System* (GPS), *wireless* e plataforma *WebGIS*, utilizando cerca de 4000 motoristas de táxis portando sensores. As velocidades médias dos táxis podem ser analisadas em tempo real servindo como ferramenta para a gestão do tráfego e mobilidade urbana.

Sciortino *et al.* (2016), propõem um sistema de monitoramento em tempo real para o controle de qualidade dos produtos perecíveis. Os resultados apresentam estimativas por meio de um *WebGIS,* da vida útil de um alimento durante o transporte logístico.

Jagwani e Kumar (2018), apresentam uma estrutura baseada na *web* para rastreamento de frotas e localização em tempo real. O sistema desenvolvido é baseado em tecnologias de comunicação *General Packet Radio Services* (GPRS), *Global System for Mobile Communications* (GSM), internet, GPS e microcontroladores.

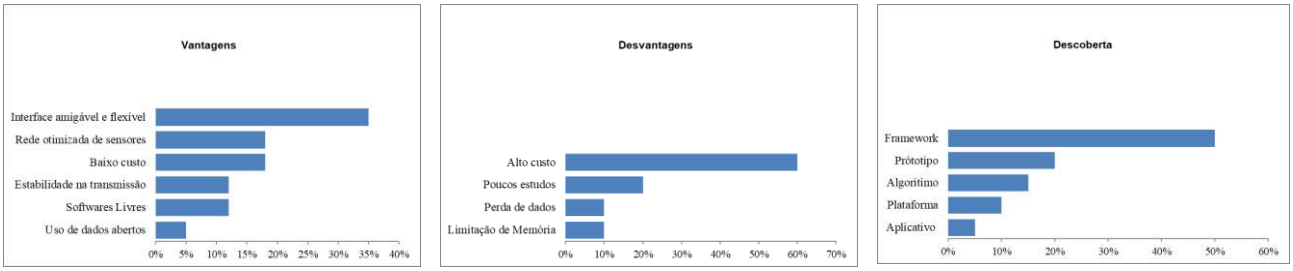
Hamide *et al.* (2017) avaliam um sistema para detecção e visualização inteligente da disponibilidade de vagas em estacionamentos. O protótipo é capaz de informar em tempo real as vagas ocupadas e a melhor localização.

4 DISCUSSÃO

Diante dos resultados é possível analisar a partir do Gráfico 1 os percentuais quanto as vantagens, desvantagens e descobertas em projetos que integrem IoT e GIS. Esta contribuição sinaliza as principais tendências de desenvolvimento e lacunas no campo pesquisado.

As lacunas identificam a necessidade de novas avaliações quanto aos requisitos das redes de transmissão, a necessidade para desenvolvimento de um servidor GIS robusto, a importância para uma fusão consistente entre vários sensores, além da necessidade de projetos com a utilização de softwares livres. O alto custo identificado em 60% das pesquisas é traduzido ainda pela grande utilização de softwares proprietários.

Gráfico 2: Percentuais das amostras



Fonte: Os autores.

5 CONCLUSÃO

Entende-se que a integração destas tecnologias terá um impacto significativo na solução de diversos problemas quanto aos serviços urbanos prestados. Entretanto, como a IoT e o GIS foram desenvolvidos originalmente para diferentes propósitos, vários desafios necessitam ser ultrapassados em busca de uma integração eficaz, eficiente e de baixo custo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES, à Universidade Federal da Bahia (UFBA) e ao Karlsruher Institut für Technologie (KIT) pelo apoio dado à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ATHANASIOU, T. *et al*. A Web-Geographical Information System for Real Time Monitoring of Arachthos River. **IFAC Papers online**, v.51, n. 30, p. 384-389, 2018. ISSN 2405-8963.

ASGHARI, Parvaneh.; RAHNANI, Amir Masoud.; JAVADI, Hamide Haj Seyyed. Internet of Things apllications: A systematic review. **Computer Networks,** v. 148, p. 214-261, 2019. ISSN 1389-1286.

ASHTON, Kevin. That 'internet of things' thing. **RFiD Journal**, v. 22, n. 7, p. 97-114, 2009.

BOTTACCIOLI, Lorenzo. *et al*. Building Energy Modelling and Monitoring by Integration of IoT Devices and Building Information Models. **Proceedings…** International Computer Software and Applications, v. 1, p. 914-922, 2017a.

BOTTACCIOLI, Lorenzo. *et al*. A Novel Integrated Real-time Simulation Platform for Assessing Photovoltaic Penetration Impacts in Smart Grids. **Energy Procedia**, v. 111, p. 780-789, 2017b. ISSN 1876-6102.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of geographical information systems**. Oxford, Oxford University Press, 1998.

DANG, Truong Thinh. *et al.* Coupling Statistical and Agent-based models in the Optimization of Traffic Signal Control. 3rd EAI International Conference on Industrial Networks and Intelligent Systems, Vietnam. **Proceedings...** Vietnam: 2017.

GIFFINGER. R. **Smart Cities: Ranking of European Medium-sized Cities**. Final Report. Viena University of Technology, 2007. 28p.

GUNDUZ, M.; ISIKDAG, U.; BASARANER, M. INTEGRATION of BIM, WEB MAPS and IOT for SUPPORTING COMFORT ANALYSIS. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Turquia. **Proceedings...** Turquia: 2017.

HAMIDI, Saidatul. Rahah. *et al*. Industry 4.0 urban mobility: goNpark smart parking tracking module. ACM International Conference Proceeding Series, Tóquio. **Proceedings...** Tóquio: 2017.

HUANG, Jian. *et al.* 3D WebGIS-based platform for debris flow early warning: A case study. **Engineering Geology**, v. 197, p. 57-66, 2015. ISSN 0013-7952.

ISIKDAG, U. BIM and IoT: A synopsis from GIS perspective. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS, Malásia. **Proceedings...** Malásia: 2015.

JAGWANI, Priti.; KUMAR, Manoj. IoT powered vehicle tracking system (VTS). **Computer Science**, v. 10963 LNCS: p. 488-498, 2018. DOI 10.1007/978-3-319-95171-338.

KITCHIN, R. **The data revolution: Big data, open data, data infrastructure and their consequences**. SAGE Publications. London, 2014. 238 p. ISBN: 978-1446287477.

KOTIKOV, Jurij. GIS-modeling of multimodal complex road network and its traffic organization. **Transportion Research Procedia** n. 20, p. 340–346, 2017.

LIU, Chun.; MENG, Xiaolin.; FAN, Yeming. Determination of routing velocity with GPS floating car data and webGIS-based instantaneous traffic information dissemination. **Journal of Navigation**, v. 61, n. 2, p. 337-353, 2008. DOI 10.1017/S0373463307004547.

LUCHETTI, Gioele. *et al*. Whistland: An augmented reality crowd-mapping system for civil protection and emergency management. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 2, p. 1-18, 2017.

MANVILLE, C. et al**. Smart cities in the Europe**, 2014.

NOURJOU, Reza.; HASHEMIPOUR, Mehdi. Smart Energy Utilities based on Real-Time GIS Web Services and Internet of Things. **Computer Science**, v. 110, p. 8-15, 2017. ISSN 1877-0509.

PENG, Shirui. *et al.* Design of an IoT-BIM-GIS Based Risk Management System for Hospital Basic Operation.11th IEEE International Symposium on Service-Oriented System Engineering, SOSE, **Proceedings...** p. 69-74, 2017. DOI 10.1109/SOSE.2017.22.

SCIORTINO, Rosanna. *et al.* A webGIS-based system for real time shelf life prediction. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 451-459, 2016.

THANOS, Giorgos. Konstandinos. *et al*. SYNAISTHISI: An IoT-powered smart visitor management and cognitive recommendations system. **International Society for Optical Engineering,** v. 9842, p. 1-18, 2016.

WALRAVENS, Nils.; BALLON, Pieter. Platform business models for smart cities: from control and value to governance and public value, **IEEE Communications Magazine**. v. 51, n. 6, p. 72–79, 2013.

WU, Chen. *et al.* A NoSQL-SQL hybrid organization and management approach for real-time geospatial data: A case study of public security video surveillance. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 1, 2017.

YUAN, Lei.; ZHAO, Junsan. Construction of the system framework of Spatial Data Warehouse in Internet of Things environments. IEEE 5th International Conference on Advanced Computational Intelligence, ICACI, China. **Proceedings...** China: 2012.