



## **Integração de um Sistema de Monitorização Ambiental Urbano numa Smart City**

**Bruno Mendes, Lúcia Torres Silva**

C-TAC - Centro do Território, Ambiente e Construção, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057, Braga, Portugal  
id5264@alunos.uminho.pt; lsilva@civil.uminho.pt

### **Resumo**

O objetivo principal deste artigo é apresentar um sistema de monitorização ambiental urbano e estudar a sua possível integração numa rede de *smart city*. As diferentes fases de desenvolvimento do sistema são abordadas, desde a sua construção, modo de operação e partilha dos dados obtidos. O projeto designado SMMART Vila Real (Sistema Municipal de Monitorização do Ar, Ruído e Tráfego) é constituído por uma unidade móvel de monitorização de parâmetros ambientais (ruído, partículas em suspensão e parâmetros meteorológicos), um centro de análise e tratamento de dados e uma plataforma *web* de informação ao público essencialmente sobre parâmetros de qualidade ambiental urbana. Neste projeto o município aceitou o desafio de desenvolver uma plataforma onde a população consegue obter informações sobre a qualidade ambiental urbana da sua cidade. No final, o projeto demonstrou ser capaz de cumprir os objetivos propostos e de ser bem aceite pelo município e pela população.

**Palavras-chave:** Sistema de Monitorização Ambiental Urbano; Rede de Smart City; Ruído Ambiental; Unidade Móvel de Monitorização Ambiental; SMMART.

### **Abstract**

The aim of this paper is to present a system for urban environmental monitoring and study the possibility of the integration of the system in a smart city network. The different phases of the system development are presented, from its construction, operation mode and sharing the data obtained. The project called SMMART Vila Real (in English “Municipal System for Monitoring Air, Noise and Traffic”) is constituted by a mobile unit for monitoring environmental parameters (noise, suspended particles and meteorological parameters), an analysis and treatment center of the data and a web platform essentially for public consultation about the urban environment quality. In this project the municipality accepted the challenge of developing a platform whereby the population is informed about the quality of their own city. In the end, the project has demonstrated being able to accomplish the goals proposed and was well accepted by the municipality and the population.

**Keywords:** Urban Environmental Monitoring System; Smart City Network; Environmental Noise; Mobile Unit for Environmental Monitoring; SMMART.

**PACS no. xx.xx.Nn, xx.xx.Nn**



## 1 Introdução

O crescimento da população mundial, acompanhado pelo aumento da população a viver em áreas urbanas, resulta em pressões adicionais sobre os espaços, os ecossistemas, as infraestruturas, os acessos e o modo de vida das populações [1], sendo a deterioração da qualidade acústica e do ar dois dos problemas associados a este crescimento. Então, avaliar, monitorizar e informar as populações sobre a qualidade ambiental urbana torna-se então uma questão essencial, particularmente importante como sendo uma ferramenta de decisão que contribui para a construção de cidades mais sustentáveis [2].

Prevê-se que a população mundial das cidades irá duplicar entre 2010 (2,6 biliões) e 2050 (5,2 biliões) [3]. As cidades irão ter que fazer frente aos desafios de crescimento, de performance e de competitividade [4]. Portanto, terão que ser desenvolvidas novas estratégias para melhorar a performance das cidades e a sua sustentabilidade [5]. A transformação das cidades em *Smart Cities* permite criar novas estratégias socioeconómicas onde os cidadãos, as empresas e os governos podem aceder a serviços e recursos de forma mais eficiente [5].

Tendo em conta estas premissas, foi desenvolvido o projeto SMMART Vila Real (Sistema Municipal de Monitorização de Ar, Ruído e Tráfego da cidade portuguesa de Vila Real), desenvolvido por uma equipa da Universidade do Minho, em parceria com a empresa MRA Instrumentação para o município de Vila Real. O SMMART é um projeto financiado pela União Europeia através da plataforma “AEPLUS”, em que a avaliação do ambiente urbano e consequente divulgação pública dos níveis de poluição sonora e do ar em ambiente urbano foram consideradas ações prioritárias. O projeto SMMART foi desenvolvido entre 2013 e 2015 e a disponibilidade do serviço ao público acontecerá durante o ano de 2016.

Vila Real é a principal cidade da região portuguesa de Trás-Os-Montes, situada no nordeste de Portugal, apresentando uma população de 51850 habitantes [6] espalhada por uma área de 183,4 km<sup>2</sup>, em que cerca de 48% desta população vive no perímetro urbano da cidade. Vila Real não possui estações de avaliação da qualidade ambiental no seu perímetro urbano, estando a estação mais próxima situada na serra do Alvão situada a mais de 15 quilómetros da cidade, vindo então o desenvolvimento do projeto SMMART preencher esta lacuna.

No SMMART estão englobados os seguintes instrumentos: uma unidade móvel instrumentada de monitorização ambiental, um centro de análise e tratamento de dados e uma plataforma web de informação ao público sobre parâmetros de qualidade ambiental urbana.

Neste artigo o principal foco será explicar o funcionamento do sistema de monitorização ambiental urbano e estudar estratégias para integrar o sistema de monitorização numa *Smart City*.

## 2 O Sistema de Monitorização Ambiental Urbano

Nesta secção estão descritos os três elementos que constituem o projeto: a unidade móvel de monitorização de parâmetros ambientais, o centro de análise e tratamento de dados e a plataforma *web* desenvolvida para consulta pública.

### 2.1 A Unidade Móvel de Monitorização Ambiental

Esta unidade móvel foi desenvolvida para fazer monitorização de parâmetros ambientais em diferentes pontos da cidade e é uma alternativa às estações fixas.

Comparativamente às estações fixas, a principal vantagem é que uma unidade móvel de monitorização consegue monitorizar centenas de pontos numa determinada região [7]. Também o custo de montagem de uma estação fixa pode ser substancial usando tecnologias convencionais quando comparando com

uma unidade móvel [8]. Numa estação fixa, os equipamentos podem custar entre 5000 e 60000 euros, sendo ainda necessários mais recursos para manutenção e calibração dos equipamentos [8]. A operação de estações fixas está ainda limitada a uma necessidade significativa de infraestruturas (caixas de proteção, energia elétrica, etc.) [8] e para fazer monitorização de parâmetros ambientais numa cidade, seria necessário instalar uma estação em cada ponto de monitorização, tornando o sistema muito mais oneroso.

Por outro lado, as unidades móveis apresentam algumas limitações quando comparadas com estações fixas. As estações fixas disponibilizam leituras 24 horas por dias e 365 dias por ano para uma determinada localização [9]. Todavia, as estações fixas podem deixar de ter uma localização estratégica importante e/ou representativa da qualidade ambiental urbana da envolvente e assim deixar de ser importante e de fazer sentido estar localizada naquele ponto[9].

No final e, analisando todos os prós e os contras, optou-se neste projeto pelo desenvolvimento de uma unidade móvel de monitorização ambiental.

A escolha do veículo recaiu sobre um veículo totalmente elétrico, com um motor de 55 kW (75 cv) e com uma autonomia anunciada pela marca da bateria de até 145 kms. Trata-se de um veículo de pequenas dimensões (2,69x1,55x1,54 m), o que constituiu um desafio para a montagem da plataforma de trabalho com os equipamentos de medição e respetivos acessórios no veículo.

Esta unidade móvel encontra-se equipada com um sonómetro integrador do tipo 1, um monitor de partículas e uma estação meteorológica. Foi desenvolvida uma mesa de trabalho extensível localizada na pequena bagageira do veículo (capacidade de 220 litros até à cobertura da bagageira), na qual assentam os equipamentos e respetivos acessórios (Figura 2). A comunicação dos equipamentos é realizada através de um *router*, instalado no interior do veículo. Este sistema de comunicação dos equipamentos ao *router*, veio a demonstrar grande eficácia pois, reduziu o número de cabos e outros acessórios ligados ao computador. Os equipamentos estão ligados ao *router* e, posteriormente o computador comunica com os equipamentos através do *router* por ligação *Wi-Fi* (Figura 1).



Figura 1 - Sistema de comunicação instalado no veículo.

### 2.1.1 Características dos Equipamentos

Na escolha dos equipamentos foram tidos em conta também alguns requisitos técnicos, de maneira a estes poderem ser adaptados ao veículo. Peso, dimensões, capacidade de funcionar em ambiente exterior e autonomia das baterias foram alguns dos requisitos tidos em conta na escolha dos equipamentos.

O monitor de partículas é um equipamento que permite fazer leituras de concentrações de poluentes em simultâneo dos poluentes:  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ , usando um método fotométrico de classificação e contagem das partículas. O equipamento vem acompanhado com uma mala à prova de água, um recipiente para recolha de condensados e uma bateria externa para uma maior autonomia. As dimensões, o peso e o facto de ser um equipamento que em funcionamento ser bastante silencioso

(para não afetar as leituras efetuadas em simultâneo de ruído) foram outras das características consideradas para a escolha deste equipamento. A comunicação com o computador é efetuada através da ligação do cabo *ethernet* do equipamento ao *router*.

O sonómetro é um equipamento preparado para a realização de monitorização acústica em ambiente exterior. Para além de medições de ruído, o equipamento consegue incorporar uma estação meteorológica e fazer medições de ruído e de parâmetros meteorológicas em simultâneo. A acompanhar o equipamento vem uma mala de transporte à prova de água (com dimensões compatíveis com a plataforma montada no veículo), um microfone com um suporte extensível até os 4 m de altura para medições de ruído no exterior [10], uma bateria externa para uma maior autonomia, uma antena GPS, uma estação meteorológica e os respetivos suportes para a estação meteorológica, microfone e GPS. A comunicação do sonómetro ao *router* é através de *Wi-Fi*. A disposição final dos equipamentos montados no veículo ilustra-se na Figura 2.

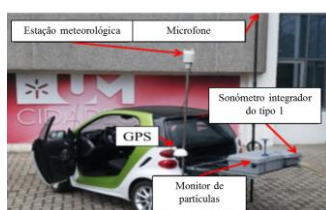


Figura 2 – Montagem final da estação de monitorização.

### 2.1.2 Procedimento na Recolha de Dados

O processo de recolha de dados exige o cumprimento de alguns procedimentos. Sendo uma estação móvel de monitorização ambiental urbana, é requisito essencial que realize avaliações em diferentes pontos da cidade. Estes pontos da cidade constituem a rede de monitorização da cidade. A escolha destes pontos obedeceu a diversos critérios, nomeadamente:

- Áreas relativamente próximas a vias de tráfego principais da cidade;
- Locais próximos de zonas sensíveis (escolas e hospital);
- Zona localizada perto do parque da cidade;
- Zona próxima do centro histórico da cidade.

A rede de monitorização desenvolvida é então composta por cinco pontos: a Praça da Câmara Municipal, Hospital de Vila Real, Praça Diogo Cão, Praça Nossa Senhora da Conceição e Parque de Estacionamento do Parque do Corgo, apresentada na Figura 3.

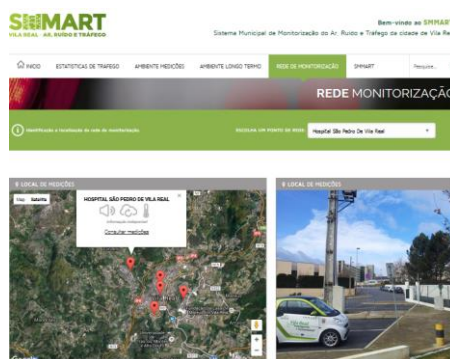


Figura 3 - Rede de monitorização de Vila Real no website.

Após a escolha dos pontos de monitorização, foi elaborado um plano e protocolo de medição para tornar possível durante um dia de trabalho, recolher leituras dos cinco pontos de monitorização, representado na Figura 4. Este procedimento é realizado em todas as leituras nos diferentes pontos da rede de monitorização.

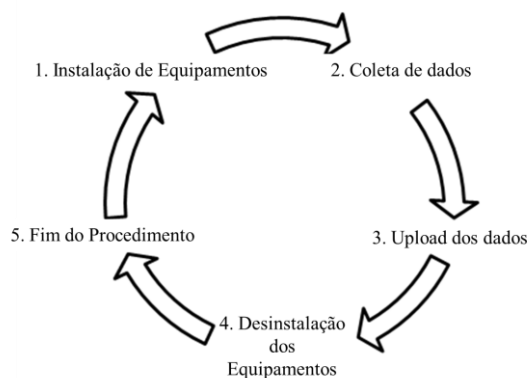


Figura 4 - Procedimento de recolha de dados.

## 2.2 Centro de Análise e Tratamento de Dados

Após a montagem e conexão dos equipamentos instalados no veículo ao computador é dada a ordem, através do computador, para se iniciar a medição de todos os equipamentos em simultâneo. No fim da medição, os dados são descarregados para a plataforma através do computador, ficando disponíveis para consulta após validação e tratamento dos dados efetuado pelo centro de análise. O sistema de *upload* de ficheiros permite disponibilizar a informação tratada em forma de tabela e valores médios na plataforma *web*.

## 2.3 Plataforma Web de Informação Pública

Após realizar o *upload* dos dados resultantes das medições, estes ficam disponíveis automaticamente para consulta pública na plataforma no separador “Ambiente - Medições” da plataforma *web*. Neste separador é possível consultar os resultados das várias medições efetuadas para os diferentes pontos que constituem a rede de monitorização, individualmente. Entre os diferentes tipos de indicadores que podem ser consultados, em valores médios, estão:

- Indicadores Temporais - Data e hora em que foi efetuada a medição;
- Indicadores de Ruído Ambiental -  $L_{den}$ ,  $L_{10}$  e  $L_{90}$  (dB(A));
- Indicadores da Qualidade do Ar -  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ );
- Indicadores Meteorológicos - Humidade relativa (%), temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), velocidade do vento (m/s) e direção predominante do vento (moda dos quadrantes).

Com base nos valores obtidos é atribuída uma classificação relativamente à qualidade do ambiente acústico, do ar e do índice de calor e que variam numa escala entre muito bom (verde) e muito fraco (vermelho) como apresentado na Tabela 1 [2].



Tabela 1 – Indicadores de Qualidade Ambiental Urbana

Qualidade do Ar, Ruído Ambiental e Índice de Calor				
Muito Bom	Bom	Moderado	Fraco	Muito Fraco

Esta classificação é atribuída individualmente para cada um dos indicadores (ruído ambiental, qualidade do ar e índice de calor) através de algoritmos desenvolvidos baseados em análises multicritério, tendo como referências os valores médios obtidos nas medições [2].

Na plataforma outras informações podem ser consultadas. Entre essas informações estão: estatísticas de tráfego, mapas de longo termo de ruído ambiental ( $L_{den}$  e  $L_n$ ) e de poluição atmosférica ( $PM_{10}$ ) da cidade e finalmente um espaço com informações e alertas ao público.

As estatísticas de tráfego foram obtidas através de contagens 24h por tipo de veículo (ligeiros, motociclos e pesados). Neste separador são também disponibilizadas informações sobre a estrutura da rede viária, nomeadamente os número de vias e número de sentidos.

Através da plataforma é possível consultar mapas de ruído de longo termo ( $L_{den}$  e  $L_n$ ) e o mapa de concentrações médias de  $PM_{10}$  de longo termo. Estes mapas encontram-se georreferenciados e foram introduzidos sobre a tecnologia *Google Maps*.

Por último na plataforma *web* foi criado o espaço de Informação e Alertas ao Público. Este espaço foi pensado para informar, em forma de texto, possíveis situações anormais de condições que possam influenciar a qualidade ambiental urbana. Por exemplo, alerta de níveis de ruído elevados para uma determinada zona, alerta para níveis de concentrações de partículas elevadas que possam prejudicar a saúde de classes de grupos vulneráveis da população à deterioração da qualidade ambiental urbana, informações sobre obras a decorrer na via pública, acidentes rodoviários, são alguns tipos de informações disponibilizadas neste espaço.

### 3 A Qualidade Ambiental Urbana e o Conceito de *Smart City*

Existem um conjunto de propostas que têm como principal objetivo o melhoramento da qualidade de vida em ambiente urbano, como promover a inovação tecnológica e científica, o desenvolvimento de uma sociedade com acesso rápido à informação, e o estabelecimento de ambientes mais habitáveis [11].

As áreas metropolitanas em todo o mundo estão comprometidas em estabelecer um grande número de iniciativas, com o objetivo de desenvolver as suas estruturas urbanas e serviços, onde resultem melhores condições ambientais, sociais e económicas e onde a atratividade das cidades assim como a sua competitividade sejam melhoradas, surgindo o conceito de *Smart City* para dar resposta a estes desafios [12-18].

Uma cidade pode ser considerada “*Smart*”, quando o investimento em capital humano e social é acompanhado com o investimento tradicional em transportes e em infraestruturas de informação e de telecomunicação, gerando um desenvolvimento económico sustentável e uma elevada qualidade de vida, enquanto se promove uma gestão prudente dos recursos naturais [13].

A criação de elaboradas e sofisticadas instalações de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) ao longo do território urbano, permite às empresas colaborar e inovar, aumentar o acesso por parte da população à informação, favorecer o debate, influenciar e até levar à criação de novas políticas [19].

Na literatura argumenta-se que o conceito de *Smart City* assenta nos seguintes seis aspetos: economia, mobilidade, ambiente, população, vivência e governança inteligentes [18-19]. Neste sentido, a mais recente literatura académica salienta que as *Smart(er) Cities* vão significativamente além das ‘cidades de informação’, das ‘cidades digitais’ e das ‘cidades inteligentes’ em que as tecnologias de informação não são consideradas individualmente, devendo-se assim contextualizar e incorporar essas



informações em sistemas físicos e sociais mais amplos, permitindo dessa forma estar ao serviço das pessoas, das empresas e do governo [21-23].

Embora os componentes que compõem uma *Smart City* incluam a tecnologia, as pessoas, e as instituições [24], a literatura foca-se frequentemente no papel dominante da tecnologia [5]. De facto, as tecnologias inteligentes transformam os serviços públicos e privados da cidade através da integração de comunicações em tempo real, indo ao encontro das necessidades das pessoas, da informação e da melhoria das condições de habitabilidade [5].

A necessidade de balancear o desenvolvimento social e o crescimento económico num contexto de elevada urbanização é o principal motivo de interesse na implementação de *Smart Cities*. Melhorar o uso de energia, os cuidados de saúde, os transportes, a educação e os serviços implica o desenho de estratégias que integrem uma visão global e bem articulada de todos estes setores [5].

O conceito *Smart City* deve então criar um modelo que avalie a economia, a mobilidade, o ambiente, a qualidade de vida, as pessoas e os organismos públicos da cidade [25]. No entanto, o conceito de *Smart City* continua a ser ainda relativamente pobre em questões de sustentabilidade ambiental urbana [11]. Torna-se então importante fazer a ponte entre as infraestruturas de uma rede integrada numa *Smart City* e a sustentabilidade ambiental urbana e perceber de que forma esta infraestrutura inteligente pode contribuir para a melhoria da qualidade ambiental urbana.

#### *Integração do Projeto SMMART numa Smart City*

Todos os dias uma enorme quantidade de informações é disponibilizada ao cidadão através de diversos meios. Grande parte dessas informações é apresentada implicitamente ou de forma bruta e incompreensível aos nossos olhos. Portanto, é necessário o desenvolvimento de mecanismos capazes de capturar, tratar, disseminar e utilizar essas informações como base para tomada de decisões. O conceito de *Smart Cities* vai ao encontro destas premissas [26]. *Smart Cities* são definidas como o uso de TIC's para verificar, analisar e integrar as informações-chaves de sistemas centrais em cidades [27]. Empresas e centros de desenvolvimento de tecnologia reconhecem a *internet* como grande veículo de disseminação de informações e agregam cada vez mais dispositivos diferentes à rede, como por exemplo através de veículos automóveis e diferentes equipamentos com capacidades para ligações a redes *wireless* [26]. Este é o caso da unidade móvel que integra o projeto SMMART, um elemento que possui todas estas características.

Num futuro breve será instalada uma rede *Wi-Fi* com cobertura a nível da cidade. Quando esta rede se encontrar em funcionamento, o projeto SMMART poderá ser considerado um projeto com capacidade para integrar uma *Smart City*, uma vez que o operador poderá disponibilizar em tempo real as leituras para a plataforma, permitindo desta forma à população obter informações em tempo real sobre a qualidade ambiental urbana da sua cidade. Este tipo de informação pode ser articulada e trocada com outros setores de imediato, de forma a tornar a cidade e os diferentes setores que a integram mais eficientes, principalmente os principais setores que afetam diretamente a qualidade ambiental urbana (tráfego rodoviário, indústria, construção civil, entre outros).

## **4 Notas Finais**

Monitorizar e informar a população sobre a qualidade do ambiente urbano, recorrendo a uma unidade móvel de monitorização foi o principal objetivo deste projeto.

Neste artigo foram abordadas todas as etapas para a conceção do projeto, desde a construção da unidade móvel de monitorização, passando pelo centro de análise e tratamento de dados e finalmente a plataforma web de informação ao público sobre parâmetros de qualidade ambiental urbana.



A unidade móvel de monitorização apresentou alguns pontos menos positivos quando comparada com unidades de monitorização do ambiente urbano fixas, nomeadamente na qualidade dos dados obtidos, que são inferiores quando comparados com os dados obtidos nas estações fixas. No entanto, a unidade móvel instrumentada mostrou-se eficiente e capaz de fornecer informações sobre parâmetros de qualidade ambiental urbana credíveis e que traduzem a realidade existente e a metodologia adotada na recolha de leituras demonstrou ser eficiente.

O projeto SMMART mostra-se com capacidade de integrar futuramente uma rede de *Smart City*, permitindo fornecer dados em tempo real sobre parâmetros de qualidade ambiental urbana.

No futuro, o projeto SMMART poderá ainda integrar, estudos de relações entre monitorização/avaliação da qualidade ambiental, através da introdução e desenvolvimento de mecanismos inteligentes e automatizados capazes de tomar decisões diretas sobre as fontes poluentes, como por exemplo, sugerir que se reduza a velocidade, restringir a circulação de veículos pesados numa determinada via, entre outros. O projeto SMMART poderá ser ainda um instrumento para avaliar a eficiência da implementação de medidas de melhoria da qualidade ambiental urbana, como por exemplo, a introdução de uma Zona 30, a implementação de ciclovias, medidas de gestão e reorganização de tráfego, restrição de circulação de veículos com determinadas características em vias da cidade, entre outras. Por último, com o projeto SMMART será possível realizar um estudo avaliativo da evolução da qualidade ambiental ao longo do tempo, comparando com diferentes situações.

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a colaboração estabelecida com a câmara municipal de Vila Real em todo o desenvolvimento do projeto, bem como da empresa MRA Instrumentação, na construção da unidade móvel de instrumentação.

## Referências

- [1] Silva, L.T.; Mendes, J.F.G. City Noise-Air: An environmental quality index for cities. *Sustainable Cities and Societies*, 4, 2012, 1-11.
- [2] Mendes, J.F.G.; Silva, L.T.; Ribeiro, P.; Magalhães, A. An urban environmental monitoring and information system. *Air Pollution XVII*, 2008, 111-120.
- [3] UN, United Nations. Population distribution, urbanization, internal migration and development: An international perspective. *New York: United Nations Department of Economics and Social Affairs*, 2011.
- [4] McKinsey & Company. How to make a city great. Retirado de: [http://www.mckinsey.com/insights/urbanization/how\\_to\\_make\\_a\\_city\\_great](http://www.mckinsey.com/insights/urbanization/how_to_make_a_city_great), 2013.
- [5] Letaifa, S.B. How to strategize smart cities: Revealing the SMART model. *J. of Business Research*, 68 (7), 2015, 1414-1419.
- [6] Censos 2011, *Instituto Nacional de Estatística (INE)*, Portugal, 2011.
- [7] Su, J.G.; Hopke, P.K.; Tian, Y.; Baldwin, N.; Thurston, S.W.; Evans K.; Rich, D.K. Modeling particulate matter concentrations measured through mobile monitoring in a deletion/substitution/addition approach. *Atmospheric Environment*, 122, 2015, 477-483.
- [8] Ropkins, K.; Colvile, R.N. Critical Review of Air Quality Monitoring Technologies for Urban Traffic Management and Control (UTMC) Systems. *Urban Traffic Management & Control (UK)*, 2000.





- [9] Butterwick, L.; Harrisons, R.; Merritt, Q. Handbook for Urban Air Improvement. *Commission of the European Communities*, 1991.
- [10] European Directive 2002/49/EC. *European Parliament and of the Council*, 25 de junho 2002.
- [11] de Jong, M.; Joss, S.; Schraven, D.; Zhan, C.; Weijnen, M. Sustainable-smart-resilient-low carbon-eco-knowledge cities; making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization, *Journal of Cleaner Production*, 109, 2015, 25-38.
- [12] Yigitcanlar, T.; Velibeyoglu, K.; Martinez-Fernandez, C. Rising knowledge cities: the role of urban knowledge precincts. *Journal of Knowledge Management*, 12 (5), 2008, 8-20.
- [13] Caragliu, A.; Del Bo, C.; Nijkamp, P. Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18 (2), 2011, 65-82.
- [14] Campbell, T. Beyond Smart Cities: How Cities Network, Learn and Innovate. *Earthscan LLC, London*, 2012.
- [15] Joss, S.; Cowley, R.; Tomozeiu, D. Towards the 'ubiquitous eco-city': an analysis of the internationalisation of eco-city policy and practice. *Journal of Urban Res. Pract.*, 6 (1), 2013, 54-74.
- [16] Newton; Newman, P. Low Carbon Green Growth: Tracking Progress in Australia's Built Environment Industry towards a Green Economy. *Swinburne Research Bank, Canberra*, 2013.
- [17] Viitanen, J.; Kingston, R. Smart cities and green growth: outsourcing democratic and environmental resilience to the global technology sector. *Environmental Planning*, 46 (4), 2014, 803-819.
- [18] Ni, P.; Jie, Z-Q. Urban Competitiveness and Innovation. *Edward Elgar, London*, 2014.
- [19] Lee, J.H.; Phaal, R.; Lee, S.H. An integrated service-device-technology roadmap for smart city development. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 80, 2013, 286-306.
- [20] Giffinger, R.; Gudrun, H. Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of cities? *Archit. City & Environment*, 4 (12), 2010, 7-25.
- [21] Allwinkle, S.; Cruikshank, P. Creating smart-er cities: an overview. *J. Urban Technol.*, 18 (2), 2011, 1-16.
- [22] Leydesdorf, L.; Deakin, M. The triple-helix model of smart cities: a neo evolutionary perspective. *Journal of Urban Technology*, 18 (2), 2011, 53-63.
- [23] Deakin, M.; Al Waer, H. From Intelligent to Smart Cities. *Routledge, London*, 2012.
- [24] Colldahl, C.; Frey, S.; Kelemen, J. Smart cities: Strategic sustainable development for an urban world. (*Master's dissertation*) *Karlskrona, Sweden: Blekinge Institute of Technology*, 2013.
- [25] Anthopoulos, L. Understanding the smart city domain: a literature review. In Bolívar, M. (Ed.) *Transforming City Governments for Successful Smart Cities*. Springer, 2015, 9-22.
- [26] Avelar, E.A.M.; Avelar, L.M.; Silva, D.D.P; Dias, K.L. Arquitetura de Comunicação para Cidades Inteligentes: Uma proposta heterogênea, extensível e de baixo custo. *XXXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Curitiba, Brasil*, 2012.
- [27] Kehua, S. et al. Smart City and the Applications, *Internacional Conference on Eletronics, Communications and Controls (ICECC)*, 2011.