



Representação e gestão do conhecimento: Aplicações em Cidades Inteligentes – *Smart Cities*

Renata Maria Abrantes Baracho¹

<http://orcid.org/0000-0002-8335-9646>

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, MG, Brasil.

Doutora em Ciência da Informação.

Professor do PPG-GOC/Escola de Ciência da Informação.

<http://dx.doi.org/10.1590/1981-5344/4307>

Este artigo faz uma reflexão sobre os parâmetros que indicam a direção de cidades inteligentes em busca de melhorias da qualidade de vida. A fundamentação teórica tem como pilares o histórico de surgimento, a consolidação do termo Smart Cities e conceitos de Representação e Gestão do Conhecimento aplicado ao domínio da Arquitetura e Urbanismo. Apresenta a importância do estudo da representação, organização e recuperação da informação no contexto atual, considerando a quantidade de dados e sistemas de informação que estão presentes nas estruturas das cidades; relaciona estudos e aplicações de Smart Cities em diferentes contextos; considera conceitos de Arquitetura e planejamento urbano com levantamento das necessidades dos cidadãos para o constante desenvolvimento e crescimento das cidades; corrobora com a utilização de tecnologias para trazer avanços e consolidar o termo Smart Cities. Inicia com uma revisão de literatura e as diferentes abordagens de definições de Smart Cities e de Building Information Modeling – BIM. Analisa exemplos com iniciativas de cidades inteligentes em diferentes contextos e regiões do mundo; faz uma correlação com as iniciativas em Belo Horizonte; ressalta a importância da participação do cidadão na vida e na

dinâmica das cidades; considera as diferentes iniciativas e levanta a questão de como as cidades têm aderido ao conceito de cidades inteligentes - Smart Cities; aproxima o cidadão na participação por meio de recursos tecnológicos de colaboração. Considera a diversidade entre múltiplos sistemas de informação presentes nas cidades e coloca como questão fundamental de como a interoperabilidade dos sistemas pode trazer avanços para a área. Apresenta uma iniciativa de modelagem de informação para cidades inteligentes; defende a importância dos Sistemas de Organização do Conhecimento – KOS para a integração de diferentes sistemas de informação especializadas aplicados às cidades inteligentes. O aparato de técnicas e metodologias de representação, organização e gestão do conhecimento permite mapear detalhadamente as interações complexas de muitos processos, objetos e fatores no ecossistema interdependente das cidades inteligentes. O artigo ilustra esse ecossistema e discute as contribuições da Ciência da Informação; apresenta primeiros pensamentos e propõe o mapeamento dos principais fatores de cidades inteligentes em diferentes sistemas delimitando os sistemas vitais presentes nas cidades. Essas atividades desenvolvidas nas cidades precisam estar em total sintonia com as necessidades humanas trazendo assim melhorias para a qualidade de vida.

Palavras-chave: *Cidades inteligentes (Smart Cities), representação do conhecimento, gestão do conhecimento, modelagem de informações da construção - BIM, sistemas de organização do conhecimento - KOS.*

Knowledge representation and management: smart city applications

This paper presents the parameters that indicate the direction of smart cities in search of improvements in quality of life. The theoretical foundation is based on the emergence and consolidation of the Smart Cities theme and concepts of Knowledge Representation and

Management applied to Architecture and Urbanism. It presents the importance of the study of information representation, organization and retrieval, considering the amount of data and information systems of cities; relates studies and applications of Smart Cities in different contexts; considers concepts of architecture and urban planning with a survey of citizens' needs; corroborates the use of technologies to bring advances. It begins with a literature review and the different approaches to defining Smart Cities and Building Information Modeling - BIM. As part of the theoretical foundation, there is the representation and management of knowledge applied to strategic areas. Analyzes examples with smart city initiatives in different contexts and regions of the world; correlates with initiatives in Belo Horizonte. The research question of how cities have used the concept of Smart Cities. It considers the diversity among multiple information systems of cities and raises as a fundamental question how systems interoperability can bring advances in the area. Introduces an information modeling initiative for smart cities; argues for the importance of Knowledge Organization Systems (KOS) for the integration of different specialized information systems applied to Smart Cities. Knowledge representation, organization and management techniques and methodologies allow for detailed mapping of the complex interactions of many processes, objects and factors in the interdependent ecosystem of smart cities. The article illustrates this ecosystem and discusses the contributions of Information Science. It presents thoughts and proposes the mapping of the main factors of smart cities in different systems. These activities developed in cities need to be related to human needs thus bringing improvements to the quality of life.

Keywords: *Smart Cities, knowledge representation, knowledge management, building information, modeling - BIM, knowledge organization systems - KOS.*

Recebido em 27.02.2020 Aceito em 27.02.2020

1 Introdução

Este artigo apresenta uma proposta para avanços em cidades inteligentes. Considerando o surgimento do termo Cidades Inteligentes a partir do uso da tecnologia e, mais especificamente, de sistemas de informação aplicados a soluções para melhorias na cidade. O termo Cidades Inteligentes surge com o avanço da tecnologia e aplicação no funcionamento das cidades.

Paralelamente, podemos ver a cidade em crescimento. O mundo está em um nível constante de urbanização, Keeling & Mooney (2011). Em 2008, as Nações Unidas apontaram que mais de 50% das pessoas viviam em áreas urbanas, Albino *et al.* (2015). A população mundial atingiu 7,6 bilhões de pessoas em 2017. Pesquisas estimam que 65% da população mundial vive nas cidades, com 1,3 milhão de pessoas adicionais passando de áreas rurais para áreas urbanas a cada semana. Até 2050, mais de 6 bilhões de pessoas viverão em aglomerações urbanas.

Os conglomerados urbanos continuam a crescer, assim como o número de megacidades com mais de 10 milhões de habitantes. Uma cidade passa a ser considerada uma megacidade a partir de 10 milhões de habitantes, segundo a ONU. Em 1990, existiam 10 megacidades; em 2014, 28, e a previsão para 2030 é de 41 megacidades no mundo. A maior parte dessa urbanização é resultante da mecanização que reduz a necessidade de trabalho manual na agricultura e os trabalhadores agrícolas deslocam-se para as cidades em busca de uma vida melhor.

Esse crescimento apresenta desafios para os governantes juntamente com benefícios positivos e fatores negativos. Estes desafios requerem experimentos com nova abordagem para a vida em sociedade e para o planejamento, design, finança, construção, governança e operação da infraestrutura e dos serviços urbanos.

Outro ponto importante, considerando principalmente a nova geração, é a visibilidade da cidade diante do mundo. Pensando no crescimento e em avanços, as cidades esperam atrair investimentos e pessoas mostrando a qualidade de vida que proporcionam para seus moradores. A cidade estará entre as opções promissoras para receber mais moradores, mais infraestrutura, mais investimento e, conseqüentemente, melhor qualidade de vida.

As cidades desempenham um papel fundamental nos aspectos sociais e econômicos em todo o mundo e têm um enorme impacto no meio ambiente, tornando-as um elemento essencial e fundamental do futuro, Keeling & Mooney (2011); Zhuhadar, Carson, Daday, Thrasher e Nasraoui, (2016).

O termo *Smart Cities* surge com aplicação da tecnologia da informação e sistemas inteligentes no planejamento, gerenciamento e monitoramento de processos do ambiente urbano.

Dentre as primeiras funcionalidades das *Smart Cities* está a conexão entre as pessoas. O relacionamento humano é fundamental para a sobrevivência da espécie. O homem não é um ser isolado, ele precisa de interações e relacionamentos. Uma proposta dessa nova geração é o relacionamento e a conexão por meio de tecnologias e, um primeiro passo para essa realização, é o acesso generalizado à rede, internet. A proposta de *Smart Cities* é que a cidade precisa interagir com o cidadão por meio de sistemas de informação, interfaces e dispositivos móveis. A proposta surge atendendo às novas demandas e transpondo uma geração que, em passado recente, comunicava com a cidade e com a gestão da cidade por meio de escritórios, repartições com marcações de consultas presenciais e preenchimento de formulários em papel.

A administração de uma cidade lida com diferentes sistemas de informação, com diferentes formatos e diferentes objetivos. Normalmente as cidades são setorizadas para dividir a administração. Pela complexidade do ecossistema de uma cidade, tem-se essa configuração particionada que agora precisa ser interligada.

O grande motivador dos sistemas de informação é o acesso à informação de forma rápida e com qualidade, buscando a recuperação da informação de forma inteligente.

Considerando o crescimento das cidades juntamente com os recursos tecnológicos, é importante desenvolver sistemas que considerem técnicas de organização e recuperação da informação para gerenciar a grande quantidade de dados disponíveis nas cidades.

As informações devem estar acessíveis para auxiliar nos processos de tomada de decisão, principalmente no gerenciamento de investimentos nas cidades. O processamento e análise das informações, considerando as alternativas disponíveis é a principal fase de tomada de decisão. As regras e rotinas estabelecidas orientam os gerentes na busca de informações e permitem uma avaliação mais sólida, conforme Choo (2003).

Nesse contexto, surgem questões sobre cidades inteligentes, considerando a importância da interoperabilidade entre os diferentes sistemas nas cidades, buscando comunicação entre pessoas e sistemas, entre diferentes sistemas, ou seja, a interação entre sistemas. Considerando que as cidades contêm inúmeros departamentos e setores responsáveis por diferentes aspectos e que cada um contém seu sistema de informação, é importante buscar soluções para essa integração, para a interoperabilidade.

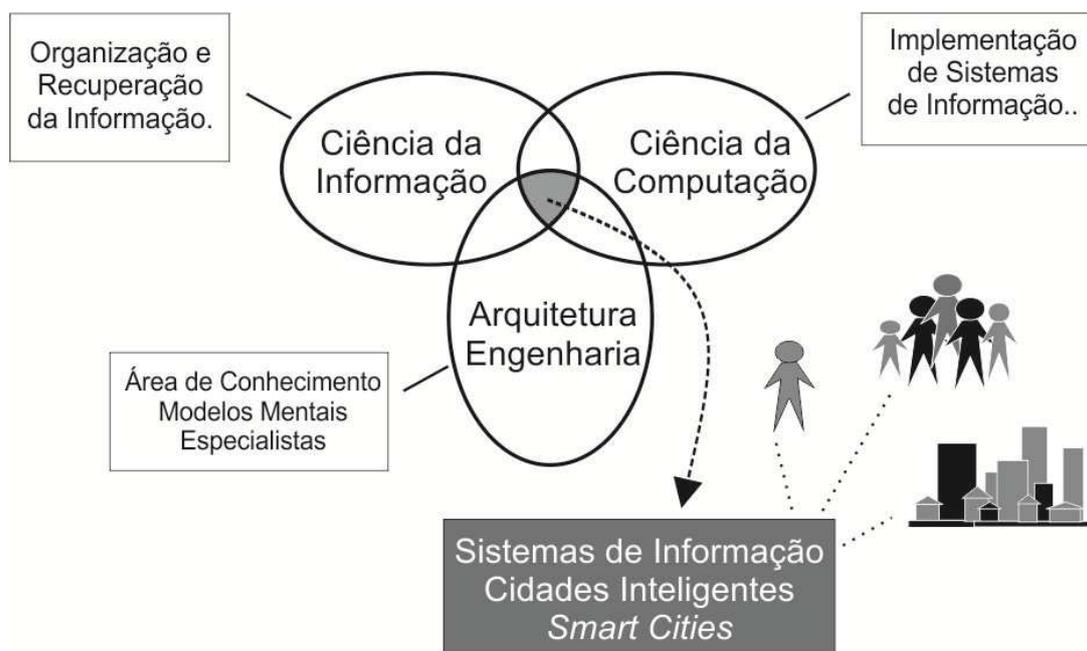
Uma questão fundamental para avanços nos sistemas de informação das cidades inteligentes é o envolvimento e a participação do cidadão. O cidadão precisa ser ouvido, precisa participar, mandar informação sobre o que está acontecendo no dia a dia da cidade e, ao mesmo tempo, precisa receber informação, manter-se informado, participar da cidade e

participar dos sistemas de informação. Precisa acontecer uma participação *bottom-up* vindo das pessoas que moram ou visitam a cidade e não apenas esperar soluções *top-down* que chegam para resolver os problemas instalados. Considerando, especificamente para essa citação, a abordagem *bottom-up* é o processamento da informação que vêm dos dados coletados vindos do meio para formar uma percepção. Esses elementos são associados em subsistemas maiores até completar o nível mais alto. Essa análise ocorre do específico para o amplo e reflete melhor as partes envolvidas. A abordagem *top-down* começa pelo todo dividindo em partes menores, ou seja, acontece do amplo para o específico.

O tema remete a interdisciplinaridade da pesquisa em *Smart Cities* envolvendo três áreas do conhecimento: Ciência da Informação, Ciência da Computação e Arquitetura, conforme interdisciplinaridade proposta e colocada em Baracho (2007).

Saracevic (1995) destaca o imperativo tecnológico impondo a transformação da sociedade e a tecnologia da informação como um campo ativo na evolução da sociedade. Interdisciplinaridade, definido por González de Gonzales de Gomez *et al.* (2003), considera a geração de conhecimento por meio de diferentes modalidades de interação entre especialidades, visando à integração de conceitos, métodos, dados, assim como às abordagens epistemológicas de múltiplas disciplinas articuladas em torno de uma ideia ou problema. Interdisciplinaridade segundo Smith (1992) representa uma integração de vários campos do conhecimento em uma entidade nova e coerente.

Figura 1 – Interdisciplinaridade: Arquitetura, Ciência da Computação, Ciência da Informação



Fonte: Autor baseado em Baracho (2007).

Essa pesquisa parte da premissa de que soluções inovadoras para *Smart Cities* surgem da interdisciplinaridade entre as três áreas do conhecimento. Importante aplicar a Ciência da Computação nas Ciências Sociais Aplicadas, Ciência da Informação e Arquitetura. O resultado das iniciativas está diretamente ligado a participação do indivíduo como cidadão ocupante da cidade; a cidade como um agrupamento social; os arquitetos, urbanistas e engenheiros como os responsáveis pelo planejamento; os gestores responsáveis pela implantação e gestão das soluções.

2 Representação e Gestão do Conhecimento

A seguir são apresentadas as correlações entre conceitos de representação e gestão do conhecimento e a importância para os sistemas de informação. A representação pode ser considerada a principal etapa para a organização e, conseqüentemente, para otimizar a recuperação nos sistemas de informação.

A recuperação da informação tem como importância fundamental dar suporte para tomadas de decisão em diferentes contextos.

A. Sistemas de Representação do Conhecimento – KOS

O foco na representação e organização da informação é essencial para garantir uma boa representação do domínio e, conseqüentemente, implementação de sistemas, visando recuperação de informação.

A representação envolve consenso e grupos individuais, aspectos cognitivos e é essencial para os processos de aquisição, organização, armazenamento e recuperação da informação.

O processo de representação e classificação é inerente ao modo natural como os seres humanos organizam as informações. Continuamente classificando as coisas de acordo com o conhecimento individual e cognitivo.

O processo de recuperação de informação tem dois caminhos sendo, o primeiro foco a criação de sistemas de organização do conhecimento para estruturar as informações e enquadrar uma pesquisa específica dentro dos parâmetros pré-estabelecidos. O segundo foco é responder a perguntas com base na linguagem natural sem nenhum tipo de padronização ou formatação pré-estabelecida.

Os Sistemas de Organização do Conhecimento (KOS) são instrumentos utilizados na representação de informações com o objetivo de armazenar, classificar, organizar, recuperar e distribuir. Conforme Soergel (2008), Soergel (2009), Soergel (2015), o KOS é baseado na modelagem do conhecimento, isto é, na criação de modelos semânticos, descrições simplificadas da realidade de um determinado domínio. O KOS possui diferentes tipologias e tem como objetivo analisar e inferir dados.

As ferramentas de organização do conhecimento permitem mapear interações complexas de muitos processos, objetos, atores e fatores. Os aplicativos em cidades inteligentes incluem relacionamentos entre diferentes sistemas. Para melhorar a vida nas cidades, é importante considerar o objetivo de criar uma maneira de relacionar as principais necessidades humanas com os recursos naturais e a infraestrutura disponíveis da cidade, em favor de um planeta sustentável, Baracho *et al* (2019).

Gerenciar o ecossistema interdependente de Cidades Inteligentes / Vida Inteligente requer lidar com múltiplos sistemas de informação. Essas informações são registradas em diferentes setores da cidade e nos mais variados tipos de sistemas de informação. Para conectar os muitos sistemas de informação, são necessários relacionamentos e conceitos corretos, definidos de maneira similar os objetos (como pessoas, alimentos, prédios, ruas) identificados pelo mesmo identificador.

Uma das características do KOS é especificar explicitamente a semântica dos termos de um domínio de conhecimento. Esse recurso permite usá-lo como suporte para a definição desses termos, otimizando o processo de comunicação, além de apresentar uma solução para os problemas de interoperabilidade semântica entre os diferentes sistemas.

O resultado de um KOS é um modelo de conhecimento, ou seja, descrições simplificadas da realidade de um determinado domínio, Torres, Almeida e Simões, (2017).

Importante ter foco de estudo em domínios específicos pois, de acordo com Soergel (2009), o KOS é diferente em diferentes domínios do conhecimento.

B. Representação, Organização e Recuperação da Informação

Atualmente um grande desafio para diferentes áreas do conhecimento é encontrar a informação de qualidade e em tempo hábil. A recuperação da informação tornou-se um ponto fundamental para processos de tomadas de decisão, desde as mais simples que envolvem âmbito pessoal até as mais complexas que suportam grandes decisões. Para isso é necessário desenvolvimento teórico conceitual assim como aplicação prática e a participação das pessoas destacando aqui a responsabilidade social do tema em questão. As pessoas e a sociedade como um todo precisam ter acesso à informação, encontrar, usar, gerar conhecimento e tomar decisões mais consistentes baseadas em evidências, Baracho (2016).

No contexto de representação da informação a interpretação é o ato de como o ser humano observa e interpreta. Interpretação é um fenômeno subjetivo que para Gadamer (1997) possui duas posições sendo uma opaca e outra inserida no contexto e conclui que interpretar permite

ser uma compreensão de quem interpreta. A partir desse pensamento, pode-se perceber a complexidade de interpretar informação para representar e compor a estrutura de dados nos sistemas de informação. A representação envolve aspectos cognitivos para indexar informações que irão compor os bancos de dados. Nesse sentido, a representação tem a finalidade de recuperação. No processo de representação, o documento pode ser substituído pela informação que tornará possível a localização e recuperação, Baracho (2007).

Conforme Souza, Tudhope e Almeida (2012), a representação da informação tem a tarefa de organizar e facilitar a recuperação. Sistema de representação como Knowledge Organization System (KOS) ganha destaque com a Web Semântica com vocabulário formalizado e menos ambíguo. Tipos de KOS existentes incluem ontologias, esquemas de metadados, esquemas de classificação, taxonomia, vocabulários controlados entre outros.

A recuperação da informação tem sido destaque a partir da década de 90. Conceitos estruturantes para definição de recuperação da informação como descrito por Lancaster (1993) considera recuperação da informação o processo de pesquisar uma coleção de documentos para identificar os que tratam de um determinado assunto.

Baeza e Ribeiro Neto (1999) colocam que recuperar dados no contexto de um sistema de recuperação de informação, consiste em determinar os documentos de uma coleção que contém a palavra-chave da consulta do usuário.

Os conceitos e técnicas de aplicação de representação, organização e recuperação da informação são fundamentais para a interoperabilidade dos sistemas de informações principalmente considerando a variedade de sistemas aplicados nas cidades.

3 Smart Cities

As cidades são sistemas complexos que exigem que os planejadores urbanos tenham uma visão sistemática integrada sobre suas variáveis e correlações.

O termo Cidades Inteligentes surge com aplicação da tecnologia da informação e sistemas inteligentes no planejamento, gerenciamento e monitoramento de processos do ambiente urbano.

A. Conceitos

O termo teve uma primeira iniciativa no movimento Crescimento Inteligente (BOLLIER, 1998), no final dos anos 90, que defendia novas políticas para o planejamento urbano. Portland, Oregon, é então amplamente reconhecido como um exemplo de crescimento inteligente (CALDWELL, 2002).

O termo *Smart Cities* surge em 2005 quando empresas de tecnologia Siemens, Cisco, IBM, Malik (2005) e Chede (2011) adotaram na aplicação de sistemas de informação complexos para integrar a operação de infraestrutura e serviços urbanos, como edifícios, transporte, eletricidade, água e segurança pública. O termo consolida a inovação baseada em tecnologia no planejamento, desenvolvimento e operação das cidades, Inukai-Cuffee (2011). No final de 2009, o termo *Smart Cities* teve ampla repercussão e adesão em cidades de todo o mundo.

O termo surge carregado de tecnologia da informação e evolui para o relacionamento com o planejamento urbano e com a consideração das necessidades da sociedade. Apesar de surgir descolado do planejamento urbano com foco na tecnologia, não tem como separar os dois princípios, ou seja, as cidades são lugares de relacionamentos humanos e, a partir desse princípio, propõe a utilização de tecnologias da informação para fortalecer ou ampliar esses laços pré-estabelecidos.

A seguir serão apresentados alguns conceitos de *Smart Cities* a partir de uma pesquisa de revisão bibliográfica.

Importante destacar aqui a dificuldade de tradução do tema, talvez por isso a ampla divulgação do termo em inglês. Não temos um termo exato em português para traduzir *Smart Cities* e não seria uma tradução direta de *intelligent cities*. Uma breve justificativa para tratar o termo em ambos os formatos, português Cidades Inteligentes e inglês *Smart Cities*.

Paralelamente ao termo consolidado de Cidade Inteligente tem-se o de Cidade Sustentável que, em alguns casos, está subentendido como parte do primeiro, ou seja, Cidade Inteligente engloba o conceito de Cidade Sustentável.

Uma cidade pode ser chamada de "inteligente" quando investimentos em capital humano e social, infraestrutura tradicional e modernas TICs promovem crescimento econômico sustentável e alta qualidade de vida por meio do gerenciamento inteligente dos recursos naturais por meio da governança participativa, Schaffers *et al.* (2012).

O conceito de Cidade Inteligente como meio de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos vem ganhando cada vez mais importância nas agendas dos formuladores de políticas. No entanto, uma definição compartilhada de *Smart Cities* não está disponível e é difícil identificar tendências globais comuns, Neirotti *et al.* (2014).

Uma Cidade Inteligente é uma cidade que enfrenta seus desafios através da aplicação estratégica de bens, rede e serviços de TIC para fornecer serviços aos cidadãos ou para gerenciar sua infraestrutura, SEBRAE.

As cidades inteligentes, conforme definidas do ponto de vista dos dados, fazem o melhor uso possível das informações interconectadas para entender e controlar operações e recursos. Aplicam tecnologia da

informação em diferentes níveis, incorporando sensores e equipamentos em setores como hospitais, redes de energia, ferrovias, pontes, túneis, estradas, edifícios, sistemas de água, represas, oleodutos e oleodutos, IBM (2019).

Cidades Inteligentes, como definição do ponto de vista dos dados, fazem uso otimizado de informações interconectadas para entender e melhor controlar operações e recursos. Aplicação da tecnologia de informação de última geração em todas as esferas, incorporando sensores e equipamentos a hospitais, redes elétricas, ferrovias, pontes, túneis, estradas, prédios, sistemas de água, represas, oleodutos e gasodutos, Chede (2011).

Cidade inteligente busca serviços e sistemas de cidade eficientes por meio do monitoramento e controle em tempo real. A cidade se transforma em um sistema para ser otimizado. Para se chegar a este objetivo, a cidade é instrumentalizada por meio do uso de sensores para a coleta de dados e equipamentos de controle que podem incluir o próprio morador da cidade.

Uma plataforma de cidade inteligente para integrar a Internet das Coisas, redes capilares e redes de acesso ao metrô, para oferecer serviços inteligentes às pessoas e possibilitar os processos da Cidade Inteligente. A abordagem utilizada focou a operação de maneira coletiva entre diferentes administrações e empresas e explicou as características de confiança, segurança e compartilhamento de dados.

Um objetivo fundamental na criação de uma cidade "mais inteligente" é fornecer informações em tempo real, a fim de enfrentar novos desafios e gerenciar os recursos disponíveis, Carrato *et al.* (2012).

Com uma amostra de definições pode-se concluir que o termo tem uma forte tendência em considerar aplicações de tecnologia da informação sem a devida consideração aos cidadãos e aos relacionamentos sociais.

As aplicações de cidades inteligentes destacam o surgimento de uma cultura tecnologicamente competente e a crença no papel progressivo da tecnologia.

Uma primeira análise da revisão demonstra por meio da nuvem de tags a forte presença de tecnologia, Figura 2. Temas como tecnologia e sistemas aparecem com mais relevância do que pessoas, cidadãos e a própria cidade.

Atualmente, o foco vem alterando com a percepção de que o objetivo principal é proporcionar mais qualidade de vida e sustentabilidade nas cidades, considerando a ajuda da tecnologia e conectividade (Albino, Berardi, Dangelico (2015); Ahvenniemi *et al.* (2017).

Figura 2 – Nuvem de palavras



Fonte: Autor.

B. Exemplos de iniciativas Smart Cities

A partir da fundamentação conceitual do termo, foi desenvolvido estudo de diferentes cidades ao longo do mundo para mapear algumas iniciativas. A seguir, serão listadas em ordem alfabética para não definir prioridades ou importâncias entre as cidades listadas: Amsterdam, Barcelona, Berlim, Conpenhague, Helsinki, Londres, Melbourne, São Francisco, Seul, Singapura e Vancouver. Os dados foram coletados de forma isolada, cada um em seu respectivo site com intenção de analisar diferentes iniciativas independente de confrontar cidades. Inclusive pode apresentar divergências dos dados pelo ano de coleta da informação.

Amsterdam¹ está situada na província da Holanda do Norte, Países Baixos. Área de 219km²; população 1.140.339 habitantes; densidade 3.808,2hab/km². Iniciou, em 2009 o projeto “Amsterdam *Smart Cities*” que reúne 70 parcerias incluindo empresas privadas, órgãos públicos, ONGs e os cidadãos. Projetos focados em energia, água, ar, mobilidade, segurança. Energia renovável, lâmpadas LED, medidores de consumo. Qualidade do ar com projeto de redução de emissão de gás. Água com sensores de chuva e prevenções de inundações. Mobilidade urbana com alto índice de utilização de bicicletas, sensores de aviso de área de escolas, incentivo a utilização de carros elétricos, gerenciamento de tráfego em tempo real. Considerada uma das cidades mais seguras do mundo, apresenta informação real e atualizada de cada parte da cidade e *app* de suporte às ocorrências de roubos e acidentes.

¹ www.amsterdam.nl

Barcelona² é a capital da Catalunha na Espanha. Área de 101,4km²; 5.541.127 habitantes; densidade 15.865hab/km²; IDH³ (2017) 0,932. Possui o site *Barcelona Ciudad Digital*. Estudo baseado em transformação digital, inovação digital e empoderamento digital. Destaca projetos: DISPLAY para divulgar os projetos de inovação social através de um programa de experiências integrado por rotas, entrevistas abertas, workshops e debates; REC, a moeda do cidadão é um recurso econômico para criar um sistema complementar de intercâmbio entre os cidadãos; STEAM BCN um programa para promover vocações científicas e tecnológicas desde a infância.

Berlim⁴ é a capital e um dos dezesseis estados da Alemanha. Área de 891,82km²; população 3.556.792 habitantes. Apresenta iniciativas de infraestrutura, construções, mobilidade, serviços, segurança, transparência, participação e governança. Processos com participação direta do cidadão nas decisões de políticas urbanas. Principais projetos incluem BVG, E-Bus Berlin; BSR Application; Adlershof Institute of Physics; *Future home* de gewo.

Copenhague⁵ capital da Dinamarca; Área de 88,25km²; população 1.333.888 habitantes. Reconhecida como uma das cidades com melhor qualidade de vida do mundo⁶. Principais projetos relacionados a mobilidade urbana incluem GOBIKE- bicicletas elétricas; *Transportation means sensors* e *LED Lighting*-iluminação com luz LED.

Helsinki⁷ capital da Finlândia; Área de 868km²; população 1.292.232 habitantes; densidade 3.060hab/km². Recebeu a classificação da Europa em 2018 como número um para serviços de transporte e turismo; segundo lugar para startups e quinto lugar para serviços inteligentes de governança. As iniciativas de *Smart Cities* incluem limpeza urbana; pesquisa em tecnologia 3D; parede verde; purificação do ar; cidade do cidadão, uber de barcos.

Londres⁸ capital da Inglaterra; Área de 1,737.9km²; população 9.176.530 habitantes. A partir de 2007, é considerado o município mais populoso da União Europeia. As iniciativas de *Smart Cities* do programa de governo contêm mais serviços projetados pelo usuário, inclusão digital;

2 www.barcelona.cat; <https://ajuntament.barcelona.cat/digital/es>

3 IDH - Índice de Desenvolvimento Urbano

4 <https://www.berlim.de>

5 www.kk.dk

6 <http://www.investindk.com/visArtikel.asp?artikelID=8130>

7 www.helsinkismart.fi; www.smartcitynordic.com

8 www.london.gov.uk/; <https://www.smartcitygovt.com/>

London Data Store (dados abertos); Londres conectada - bairros e ruas; melhorar as habilidades digitais e a colaboração em toda a cidade. *Smarter London Together* - sensores conectados em tempo real; London Air Quality Network: níveis de poluição⁹; *New - London Underground*¹⁰.

Melbourne¹¹ capital do estado de Vitória da Austrália; Área de 8.806km²; população 4.870.388 habitantes; densidade 493,7hab/km². Em 2017 foi considerada como a melhor cidade do mundo para viver; em 2013 a quarta cidade mais cara do mundo. Apresenta alto índice de desenvolvimento em áreas da educação, saúde, pesquisa, desenvolvimento, entretenimento, turismo e esporte. Projetos: Citylab - espaço para desenvolvimento de protótipos e teste de novas ideias e serviços municipais com a comunidade; Design centrado no ser humano; trabalhar em estreita colaboração com os usuários para atender às suas necessidades; procura entender os desafios atuais e futuros da comunidade; Wifi grátis; parceria com universidades locais; *Testbeds* de tecnologias emergentes de 5G e Internet das Coisas (IoT); *Prototype Street*, Paisagem Urbana do Futuro, ônibus autônomo, realidade virtual, sistema de informações para coleta de resíduos com base na demanda.

São Francisco¹², estado da Califórnia, Estados Unidos; Área de 9.128,2km²; população 897.536 habitantes; densidade 6.633,30hab/km². Segunda maior entre as principais cidades dos EUA. Apresenta como principais desafios e objetivos para *Smart Cities*: reduzir 10% de emissão de gás, reduzir 10% nos gastos com transporte da população de baixa renda, incentivar 10% de uso compartilhado de veículos e incentivar cultura de compartilhar carros, motos entre outros.

Seoul¹³ é a capital da Coreia do Sul; Área de 605,21km²; população 9.962.393 habitantes; densidade 16.257hab/km². Dentre as iniciativas de *Smart Cities* apresenta Infraestrutura de TIC que conecta e capacita os cidadãos; governo aberto focado em comunicação, participação e compartilhamento; PPP (Parceria Público-Privada) para o desenvolvimento sustentável; adoção de ferramentas tecnológicas como Big Data, Lot, GIS e Cloud.¹⁴

9 <https://www.atlas.dc.siemens.com/cities/london/data>

10 <https://www.elondres.com/elizabeth-line-metro-londres/>

11 <https://www.melbourne.vic.gov.au/Pages/home.aspx>;
<https://www.melbourne.vic.gov.au/about-melbourne/melbourne-profile/smart-city/Pages/smart-city.aspx>

12 <https://www.ensus.gov/quickfacts/sanfranciscocountycalifornia>;
<http://smartcitysf.com/how.html>; <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0471-E.pdf>

13 <http://seoul.go.kr/main/index.jsp> - <http://english.seoul.go.kr/get-to-know-us/seoul-views/meaning-of-seoul/2-location/>

¹⁴ <http://citynet-ap.org/wp-content/uploads/2014/06/Seoul-e-Government-English.pdf>

Singapura¹⁵ está situada na Península Malaia, Sudeste da Ásia. Uma das cidade-estado com autonomia. Área de 716,1km²; população 5.868.104 habitantes; densidade 7.540hab/km²; PIB per capita US\$ 81.354; IDH (2017) 0,932. Destaca projetos relacionadas a mobilidade urbana com interatividade entre os diferentes tipos de transporte, ônibus, MRT, LBRT, Taxi, rotas de ônibus.

Vancouver¹⁶ está localizada na costa oeste do Canadá considerada a terceira maior região metropolitana do Canadá. Área de 114,97km²; população 2.555.884 habitantes; densidade 5.492,6hab/km². Apresenta iniciativas de *Smart Cities* para desenvolver e expandir infraestrutura digital; apoiar e fortalecer a economia digital; melhorar o acesso e a interação - Usuário ↔ Cidade. Projetos: #VanWiFi; VanConnect: app – incentiva relato de problemas e conexão¹⁷; veículos elétricos com mais de 300 estações de carregamento; imagens de câmeras de trânsito.

A análise das cidades foi baseada em iniciativas e projetos de *Smart Cities* em cidades do mundo em diferentes países e continentes. Todas elas estão listadas nos rankings de *Smart Cities*. O objetivo aqui é entender um pouco sobre a cidade e relacionar com iniciativas e projetos. Pode-se perceber que são iniciativas próprias que cada cidade, de acordo com seus governantes, implementa como projetos e colocam metas para futuro guiando o planejamento. Fazendo uma análise dessas cidades, pode-se perceber que algumas já tenham preconcebido o conceito de qualidade de vida, possui bons índices de desenvolvimento urbano, bons índices de PIB, ou seja, cidades que já têm tradicionalmente boa infraestrutura. A população varia de 897.536 (São Francisco) a 9.176.530 habitantes (Seoul) e mesmo com proporções muito diferente na ordem de grandeza de 10 vezes maior ou menor elas apresentam soluções de *Smart Cities*.

Pode-se concluir que tecnologias para aplicação de *Smart Cities*, nestas cidades, reforçam a expansão da boa qualidade da infraestrutura, serviços e governança já existentes.

O grande desafio é estudar aplicações de tecnologia e propor soluções que possam trazer inovação para as grandes cidades e alavancar cidades com menos infraestrutura para um patamar melhor de qualidade vida.

C. Building Information Modeling - Smart Building

¹⁵ www.gov.sg; pt.wikipedia.org/wiki/Singapura

¹⁶ <https://vancouver.ca/your-government/smart-cities-canada.aspx>

¹⁷ vancouver.ca/vanconnect

A tecnologia *Building Information Modeling* – BIM surge como uma proposta de utilizar sistemas inteligentes no planejamento e construção de edifícios e obras de arte da engenharia relacionados à infraestrutura das cidades.

Para descrever Cidades Inteligentes, é importante conhecer a tecnologia *Building Information Modeling* - BIM. Edificação inteligente tem o conceito de trazer mais eficiência e controle a todas as etapas do ciclo de vida de um edifício, assim como de todos edifícios simultaneamente envolvendo Arquitetura, Engenharia e Construção – AEC, Pereira Junior (2019).

O BIM é uma tecnologia responsável por gerenciar uma grande quantidade de informações relacionadas à construção. O uso da tecnologia BIM traz desafios e oportunidades em todo o mundo e está sendo estabelecido e ganhando destaque como ferramenta para o design e gerenciamento da área de Arquitetura, Engenharia e Construção, Porto *et al.* (2015).

A tecnologia BIM permite que um modelo virtual do edifício ou um conjunto de edifícios seja construído de forma integrada por todos os profissionais envolvidos na construção do edifício. Em um sistema BIM, um modelo virtual preciso do edifício ou da cidade é construído digitalmente e, quando concluído, contém as informações relevantes necessárias para a construção e manutenção das edificações. O BIM é uma evolução no processo de design, permite novas possibilidades de visualização e processamento, representação, uso e recuperação de informações.

O uso do *Building Information Modeling* - BIM no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção - AEC está relacionado ao uso da técnica de organização da informação, especificamente o uso de ontologias como uma alternativa para representar a realidade e criar modelos integrados

Com o BIM, os profissionais podem, de forma integrada, construir digitalmente um modelo virtual e preciso do edifício, de cada obra de engenharia, de infraestrutura ou da cidade como um todo contendo informações relevantes necessárias para a construção, manufatura e atividades de realização da obra, Eastman *et al.* (2008).

O uso da tecnologia BIM significa uma nova metodologia de desenvolvimento de projetos que integra arquitetos, engenheiros e construtores, alterando e dinamizando o ciclo da informação. A tecnologia BIM pode ser considerada uma evolução em todo o processo de construção, pois permite novas possibilidades de construção, design, planejamento, visualização, representação, processamento, uso e recuperação das informações contidas na representação geométrica e o link com o banco de dados.

Os modelos BIM permitem a centralização de informações de construção através do uso de um único modelo, com informações organizadas em arquivos integrados e conectados online. Assim, muitos profissionais podem registrar suas decisões e compartilhá-las com outras pessoas. As modificações propostas em um projeto específico, ou parte do projeto, propagam automaticamente atualizações para outros projetos ou outras partes. Um modelo BIM deve ser usado de forma integrada, consistente e idealmente colaborativa entre todos os parceiros profissionais - arquitetura, estrutura e instalações - para ser considerado totalmente utilizado.

O resultado criado com tecnologia BIM gera modelos 3D capazes de planejar, desenvolver, controlar, monitorar e acompanhar a vida da edificação sendo assim o conceito base para compor Edifícios Inteligentes.

Esse artigo propõe o pensamento de um ecossistema interdependente considerando Smart Building e o conceito BIM como partes da construção de Smart Cities.

4 Ecossistema Interdependente

A proposta de cidades inteligentes contém milhares de informações referentes às cidades advindas de diferentes sistemas de informação. Importante destacar os relacionamentos das variáveis envolvidas em todo o processo e a interoperabilidade entre os sistemas de informação. Sendo assim, a proposta de modelos para *Smart Cities* está baseada em diferentes áreas de uma cidade que formam um ecossistema interdependente.

Seguindo as ideias apresentadas de cidade inteligente e edifícios inteligentes, tem-se como consequência a busca por uma vida inteligente que deve incluir tecnologia da informação e sistemas de informação que impactam positivamente o modo de vida das pessoas.

As cidades são sistemas complexos que têm muitas variáveis e correlações que precisam ser bem definidas e identificadas por arquitetos, engenheiros e planejadores urbanos. O uso da tecnologia abre opções para maior uso da informação, consequentemente uma visão sistêmica para a tomada de decisões nas estratégias de desenvolvimento das cidades.

Os sistemas de cidades inteligentes e edifícios inteligentes interagem, por exemplo, se um edifício inclui uma instalação de armazenamento de calor, ele pode usar o suprimento de energia da cidade em horas de pouco uso, tornando o sistema de suprimento de energia da cidade mais eficiente.

Esse conceito de cidade inteligente como meio de melhorar a qualidade de vida tem ganhado destaque nas decisões políticas. Neirotti *et al.* (2014).

A proposta apresentada a seguir iniciou com o levantamento dos indicadores presentes em conceitos de *Smart Cities* resultando num primeiro esboço do ecossistema interdependente, Baracho, *et al.* (2019).

A. Proposta

A proposta é uma sistematização dos parâmetros e indicadores das cidades inteligentes considerando as cidades com foco em benefícios para a qualidade de vida.

Vários estudos demonstram os parâmetros e indicadores de cidades inteligentes que foram utilizados como base para este estudo, na tentativa de sistematizar de forma mais estruturada.

O conjunto de indicadores foi agrupado em três grandes grupos: recursos naturais, infraestrutura e governança.

Os recursos naturais, inerentes a cada local, devem ser preservados e utilizados conscientemente, considerando que são a base da cidade. Os recursos naturais incluem ar, água, energia e áreas verdes que formam as necessidades básicas dos seres humanos.

A infraestrutura está vinculada aos projetos e processos construídos para a operação das cidades com base em recursos naturais. A infraestrutura da cidade é planejada e construída ao longo do tempo para atender aos crescentes necessidades da população. Geralmente eles envolvem muitos recursos e são projetos complexos a serem gerenciados. Os projetos de infraestrutura envolvem muitos recursos financeiros e fazem grandes processos de investimento, envolvendo diferentes setores e pessoas, e, portanto, envolvem grandes processos de tomada de decisão.

A governança inclui os processos da administração pública. As cidades são organizações da sociedade e possuem agentes diferentes para manter o funcionamento, a ordem e a manutenção de seus subsistemas.

Este estudo tem uma proposta de associar sistemas vitais para o funcionamento das cidades com sistemas vitais para a vida humana, por exemplo, o ser humano precisa de ar para sobreviver e as condições de uma cidade influenciam a qualidade do ar, tanto pelos recursos naturais do clima, a topografia e a infraestrutura criada em relação aos edifícios e a emissão de gases que interferem diretamente na qualidade do ar.

Para iniciar o processo de definição de indicadores, parâmetros que compõem o ecossistema tem-se o exemplo dos componentes da infraestrutura, Tabela 1.

Tabela 1 – Infraestrutura - sistemas

Ar	Preservação do meio ambiente, controle de poluição, redução da emissão de gás
Água	Controle de qualidade e quantidade, uso racional, reuso, saneamento

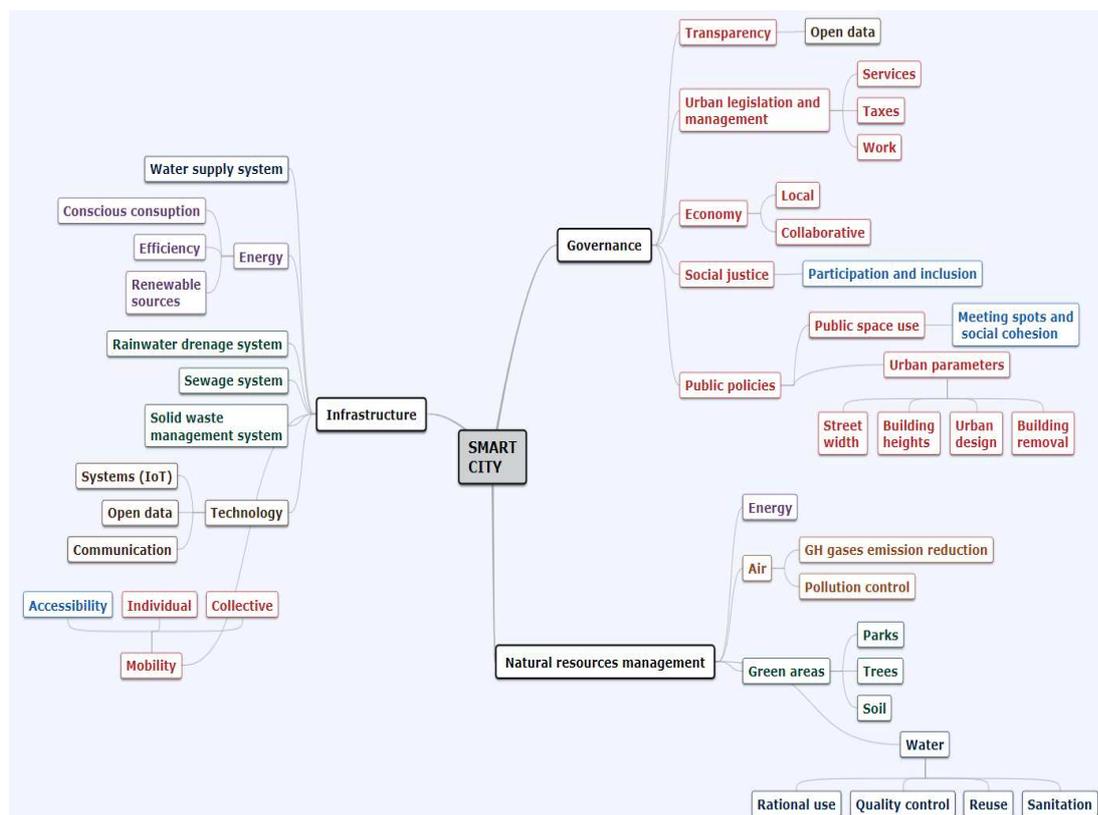
Energia	Consumo consciente, eficiência energética, geração, energia renovável
Mobilidade	Acessibilidade, transporte coletivo (carro, ônibus, trem, metro, barco, avião), individual, público-privado, facilidade para caminhada
Limpeza	Limpeza urbana, reciclagem, resíduos (coleta, tratamento, reciclagem, destinação adequada de resíduos, aterro)
Tecnologia	Internet, dispositivos, sistemas, Internet as Coisas, Comunicação, Conexão, dados abertos, transparência de dados

Fonte: Autor.

Considerando os pilares de *Smart Cities* como infraestrutura incluindo os recursos naturais; as pessoas e o terceiro a governança. Existem várias instâncias diferentes responsáveis pelo gerenciamento de cidades. A governança inclui transferência, legislação e gestão urbana, fatores econômicos, justiça social e políticas públicas (Figura 3). A administração pública apresenta várias necessidades relacionada à recuperação de informações para tomada de decisão. Zandbergen (2017) afirma que a modelagem de informações permite a análise de grandes volumes de dados essenciais à gestão pública e enfatiza a impressão de projetos urbanos inteligentes para maior eficiência da comunicação e digitalização política.

A governança é essencial e um dos objetivos dos modelos de sistemas de informação é tornar as informações mais visíveis, fornecendo mais evidências dos fatos para os gestores utilizarem no momento das tomadas de decisão. Como mencionado no item anterior, existem cidades implantando conceitos de *Smart Cities* onde já tem bom funcionamento, mas o desafio da maioria das cidades é resolver e priorizar esforços diante da impossibilidade de resolver tudo de uma só vez. Além dos fatores sociais de consulta e participação dos cidadãos, os indicadores quantitativos baseados em estudos de viabilidade física-econômica são fundamentais para criar cenários e apoiar o processo de tomada de decisão. Uma aplicação importante da gestão da informação e do conhecimento para dar suporte ao processo decisório.

Figura 3 – Proposta de modelo de *Smart Cities*



Fonte: Autor.

A cidade e o meio ambiente, relacionados a recursos naturais, infraestrutura, relacionamentos da vida em sociedade, oferecem opções de ocupação e, conseqüentemente, influenciam diretamente na qualidade de vida.

A qualidade de vida do ser humano está relacionada à saúde física, saúde mental, conhecimento e engajamento social. Os seres humanos precisam de saúde física para sobreviver que vêm de recursos naturais e infraestrutura. Para melhorar a qualidade de vida, é importante proporcionar um melhor uso dos recursos naturais e fornecer infraestrutura para a extração, coleta, análise e descarte desses recursos de ar, água e energia.

Outro ponto relacionado à qualidade de vida é a saúde mental que depende do próprio conhecimento, educação, trabalho e das relações humanas. Conhecimento e engajamento social culminam as necessidades do ser humano.

B. Estudo – Belo Horizonte

A seguir é apresentado um estudo pontual sobre uma aplicação e proposta de solução referente a uma situação de acidente de carro em Belo Horizonte. O estudo foi realizado com os dados abertos disponíveis no site da prefeitura, foi aprofundado e está detalhadamente apresentado em Cunha (2019). Constatou-se que diferentes departamentos da cidade

são responsáveis por diferentes itens de cada acidente que ocorre na cidade. Por exemplo, um sistema registra o acidente e os dados relacionados ao veículo, incluindo modelo, marca, ano de fabricação, origem: outro sistema relata subjetivamente perguntas ou testes feitos aos motoristas, como o uso de segurança e bebidas alcoólicas, além da descrição do que aconteceu. Deve-se notar aqui que a descrição do acidente ocorre de maneira completamente subjetiva, de acordo com a impressão ou intenção de cada pessoa que relata o acidente. Outro sistema registra a localização e os dados referentes à manutenção da rua, posicionamento e fluxo em relação à cidade. Outro sistema aciona o sistema de primeiros socorros, procurando hospitais e ambulâncias mais próximos e disponíveis para lidar com o acidente com mais eficiência. Outro sistema tem o controle e a situação dos hospitais da cidade.

Em busca da interoperabilidade entre os sistemas, com o início da modelagem de informação é proposta uma listagem dos itens envolvidos em cada sistema para buscar o relacionamento entre itens de diferentes sistemas. Assim, é possível responder perguntas que não poderiam ser respondidas imediatamente porque precisariam da consulta em diferentes sistemas. Vale destacar a importância da participação do especialista para definir as questões a serem respondidas a partir da análise das informações existentes. A entrevista foi feita com especialista em mobilidade urbana, com experiência na administração pública do governo de Minas Gerais, tais como: Quais os locais de maior probabilidade de ocorrência de acidentes de trânsito com vítima em determinados dias/horários? Existe relação entre o volume médio de tráfego e o número de acidentes?

Tais perguntas foram respondidas com relacionamentos entre diferentes sistemas existentes, chegando aos seguintes resultados, apresentados em Cunha (2019): Painel de dados: Acidentes de Trânsito por Dia e Localidade; Painel de dados: Acidentes de Trânsito por Perfil do Envolvido; Painel de dados: Acidentes de Trânsito por Veículo e Severidade; Painel de dados: Acidentes de Trânsito por Ano; Painel de dados: Vias com maior número de acidentes fatais por categoria de veículo; Painel de dados: Perfil dos condutores e Uso do cinto de Segurança.

A partir desses painéis, é possível analisar e inferir várias situações, trazendo as informações e evidências para auxiliar o processo de tomada de decisão nos investimentos da cidade e trazer mais transparência com a divulgação das informações.

5 Considerações Finais

De acordo com a justificativa dessa pesquisa, o crescimento das grandes cidades e o deslocamento da população para os grandes centros atraem a atenção de todos para a melhoria das cidades. Considerando os tempos atuais, a grande esperança para trazer melhorias é a evolução e a junção das tecnologias com o planejamento e desenvolvimento urbano. Esse é o cerne e a proposta das *Smart Cities*.

Antes de qualquer investimento ou ação voltada diretamente para implementações tecnológicas, é necessário que haja muito estudo e planejamento sobre a vida nas cidades. A partir de estudos aprofundados pode-se trazer evidências que justifiquem a aplicação das novas tecnologias.

Essas evidências podem ser trazidas a partir de pesquisas quantitativas que, a partir da análise dos dados e das informações possam trazer conhecimento sobre aspectos semânticos e qualitativos. Ou seja, destaca-se a importância da utilização de conceitos e técnicas de organização e recuperação da informação para lidar com a quantidade de dados e informações que tramitam no dia a dia das cidades.

É evidente a quantidade de tecnologias e inovações que podem ser aplicadas ao contexto das cidades. Várias cidades têm apresentado diferentes ações e iniciativas em *Smart Cities*. Um dos objetivos desse artigo é analisar e entender alguns exemplos de cidades através do mundo e, paralelamente, estudar as condições, tamanho, população, densidade dessas cidades.

A partir desse panorama, compreender entender a aplicação de iniciativas e estudos independentes que mostram “pequenas” abordagens ou soluções pontuais que podem ser compartilhadas e aplicadas em diferentes cidades. Ou seja, a proposta de estudar as iniciativas, entender se podem ser replicadas em outros contextos e caminhar para conseguir padrões, frameworks que possam minimamente generalizar aplicações de *Smart Cities* para haver realmente a troca de conhecimento entre diferentes nações. Esse objetivo maior continua guiando a pesquisa que acredita que para caminhar nesse sentido é importante trabalhar em modelos de organização da informação, sistemas de classificação, conceitos, sistemas de organização do conhecimento – KOS, ontologias como um dos passos para haver a modelagem da informação no contexto das *Smart Cities*.

Paralelamente, importante considerar os avanços da tecnologia e desenvolver aplicações, sistemas de informação, apps que possam acrescentar uma iniciativa a cada indicador de qualidade de vida. Como as cidades são organizações muito grandes que envolvem muitas pessoas, espaços, organizações, toda iniciativa de *Smart Cities* está associada a trabalhar e lidar com gigantescas bases de dados.

E, finalmente, considerar todo o aparato de novas tecnologias e troca de informação para desenvolver melhores opções de participação e conexão entre as pessoas e entre as pessoas e os espaços que elas ocupam. Ou seja, aprimorar a interface Humano-Cidade considerando a tecnologia Humano-Tecnologia-Cidade.

Figura 4 – Interface Homem-Cidade



Fonte: Autor.

A Fig 4 ilustra bem a proposta de utilização dos sistemas de informação como interlocutor entre as pessoas e as cidades. As pessoas precisam conversar com as cidades. As pessoas aqui representam os diferentes atores que atuam, vivem e convivem nas cidades: cidadãos, indivíduos, comunidade, sociedade, agrupamentos, gestores, administradores, governantes, arquitetos, urbanistas, engenheiros, entre todos os outros que participam e atuam direta ou indiretamente nas cidades podemos abstrair para considerar todos os seres humanos. A cidade representa aspectos físicos, construções, infraestrutura, ar, água, energia, mobilidade, aspectos sociais de vida em sociedade, agrupamentos, serviços, leis, paisagem, podemos abstrair para a paisagem e para o espaço como um todo.

Considerando o foco desse artigo nos sistemas de informação como aplicações em cidades inteligentes, defende o estudo aprofundado de técnicas e conceitos de organização e recuperação da informação. A tecnologia da informação, através da organização e recuperação de informações, possibilita o desenvolvimento de uma visão sistêmica que oferece suporte a tomadas de decisão mais assertivas nas estratégias de desenvolvimento das cidades.

Essa busca por soluções inovadoras permeia os conceitos de sistemas de informação e cidades, com foco no processo de necessidades humanas.

O objetivo é pesquisar e desenvolver parâmetros para Smart Cities, considerar as necessidades humanas, melhorar as atividades, procurar e

proporcionar avanços na qualidade de vida e na sustentabilidade como um todo.

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”.

REFERÊNCIAS

AHVENNIEMI, H. *et al.* What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, [London], v. 60, part A, p. 234-245, Feb. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275116302578?via%3Dihub>. Acesso em: 15 nov. 2019.

ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R. M. Smart Cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, [London], v. 22, n. 1, p. 3-21, Feb. 2015. DOI: 10.1080/10630732.2014.942092. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2014.942092>. Acesso em: 15 nov. 2019.

BAEZA-YATES, R.; RIBEIRO-NETO, B. *Modern information retrieval*. New York: ACM Press, 1999.

BARACHO, R. M. A. *et al.* A Proposal for developing a comprehensive ontology for smart cities / smart buildings / smart life. In: INTERNATIONAL MULTI-CONFERENCE ON COMPLEXITY, INFORMATICS AND CYBERNETICS, 10., 2019, Orlando. *Proceedings* [...]. Orlando: International Institute of Informatics and Systemics, 2019. p. 110-115. v. 2.

BARACHO, R. M. A. Organização e recuperação da informação pilares da arquitetura da informação. *Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação*, João Pessoa, v. 9, n. 1, p. 126-146, 2016. Disponível em: <http://www.brapci.inf.br/index.php/article/view/0000021592/1003d1c94626da6ab3f583011b597174#marc>. Acesso em: 15 nov. 2019.

BARACHO, R. M. A. *Sistema de recuperação de informação visual em desenhos técnicos de engenharia e arquitetura: modelo conceitual, esquema de classificação e protótipo*. 2007. 273 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

BOLLIER, D. *How smart growth can stop sprawl*. Washington, DC: Essential Books, 1998.

CALDWELL, R. Portland, a city of 'smart growth'. *The Masthead*, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 29, 2002.

CARRATO, T.; NESBITT, P.; KEHOE, M. Providing insight, oversight, and smooth collaboration. *IBM Intelligent Operations Center*, [s. l.], 6 Mar. 2012. Disponível em:

<https://www.ibm.com/developerworks/industry/library/ind-intelligent-operations-center/index.html>. Acesso em: 15 nov. 2019.

CHEDE, C. Infraestrutura para as cidades inteligentes. *In: IBM Community Blogs*, [s. l.], 24 jun. 2011. Disponível em:

https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/ctaurion/entry/infraestrutura_para_as_cidades_inteligentes?lang=en. Acesso em: 28 jan. 2018.

CHOO, C. W. *A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões*. São Paulo: Senac, 2003.

CUNHA, I. B. A. *Modelagem da informação para cidades inteligentes: aplicação em acidentes de trânsito de Belo Horizonte*. 2019. 55 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Organização do Conhecimento) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

EASTMAN, C. *et al. BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 490 p.

GADAMER, H. G. *Verdade e método*. Tradução de Flávio P. Meurer. Petrópolis: Vozes, 1997.

GONZALEZ DE GOMEZ, M. N. *et al. Quem é o sujeito da pesquisa inter e trans-disciplinar: buscando desenvolver um modelo de análise*. *In: ENCONTRO NACIONAL PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO: INFORMAÇÃO, CONHECIMENTO E TRANSDISCIPLINARIDADE*, 5., 2003, Belo Horizonte. *Anais [...]* Belo Horizonte: Ancib, 2003. p. 1-20.

IBM. *New York 2009: smarter cities*. New York, 2009. Disponível em: http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/article/newyork2009.html. Acesso em: 15 nov. 2019.

INUKAI-CUFFEE, S. Electric vehicle infrastructure drives Portland's economy and environment. *The Oregonian*, Portland, 13 May 2011.

Opinion. Disponível em:

https://www.oregonlive.com/opinion/2011/05/electric_vehicle_infrastructur.html. Acesso em: 15 nov. 2019.

KEELING, M.; MOONEY, G. *Transportation and economic development: why smarter transport is good for jobs and growth*. Somers: IBM Institute for Business Value, 2011.

KOMNINOS, N. *et al.* Smart city ontologies: improving the effectiveness of smart city applications. *Journal of Smart Cities*, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1-16, 2015. DOI: 10.18063/JSC.2015.01.001. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/281740518_Smart_city_ontologies_Improving_the_effectiveness_of_smart_city_applications. Acesso em: 15 nov. 2019.

LANCASTER, F. W. *Indexação e resumos: teoria e prática*. Tradução de Antonio Agenor Briquet de Lemos. Brasília, DF: Briquet de Lemos, 1993. 347 p.

MALIK, A. *Dubai: the smart city*. Dubai: Cisco, 2005. Disponível em:

https://www.cisco.com/web/learning/le21/le34/downloads/689/nobel/2005/docs/Abdulhakim_Malik.pdf. Acesso em: 15 nov. 2019.

NEIROTTI P, M. A. *et al.* Current trends in Smart City initiatives: some stylised facts. *Cities*, [London], v. 38, p. 25-36, June 2014. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275113001935>. Acesso em: 15 nov. 2019.

PEREIRA JUNIOR, M. L. *A produção de edifícios diante dos novos paradigmas informacionais e da tecnologia BIM com a contribuição da Gestão e Organização do Conhecimento*. 2019. 188 f. Tese (Doutorado em Gestão e Organização do Conhecimento) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

PORTO, M. F.; BARACHO, R. M. A.; FRANCO, J. R. Q. Paradigmas de utilização da tecnologia BIM para projeto arquitetônico e de engenharia. *In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO ARQUITETURA E DOCUMENTAÇÃO*, 4., 2015, Belo Horizonte. *Anais [...]*. Belo Horizonte: MACPS: IEDS, 2015. p. 1-12.

SARACEVIC, T. Interdisciplinary nature of information science. *Ciência da Informação*, Brasília, DF, v. 24, n. 1, p. 36-41, 1995.

SCHAFFERS, H.; RATTI, C.; KOMNINOS, N. Special issue on smart applications for smart cities: new approaches to innovation: guest editors' introduction. *Journal of theoretical and applied electronic commerce research*, Talca, v. 7, n. 3 p. ii-v, dic. 2012. DOI: 10.4067/S0718-18762012000300005. Disponível em: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-18762012000300005&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 15 nov. 2019.

SMITH, L. C. Interdisciplinarity: approaches to understand library and information science as an interdisciplinary field. In: PERTTI, V.; CRONIN, B.; YLIOPISTO, T. (ed.). *Conceptions of library and information science: historical, empirical and theoretical perspectives*. London: Taylor Graham, 1992. p. 253-267.

SOERGEL, D. Digital libraries and knowledge organization systems. In: KRUK, S. R.; MCDANIEL, B. (ed.). *Semantic digital libraries*. Berlin: Springer, 2008. p. 9-39. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-85434-0_2.

SOERGEL, D. *Knowledge Organization Systems: overview*. Alexandria, 2009.

SOERGEL, D. Unleashing the Power of Data Through Organization: Structure and Connections for Meaning, Learning and Discovery, *Knowledge Organization*, [Frankfurt], v. 42, n. 6, p. 401-427, 2015.

SOUZA, R. R.; TUDHOPE, D.; ALMEIDA, M. B. Towards a taxonomy of KOS: dimensions of classifying knowledge organization systems. *Knowledge Organization*, Rome, v. 39, n. 3, p. 179-192, 2012. Disponível em: <https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/0943-7444-2012-3-179/towards-a-taxonomy-of-kos-dimensions-for-classifying-knowledge-organization-systems-jahrgang-39-2012-heft-3?page=1>. Acesso em: 15 nov. 2019.

TORRES, S.; ALMEIDA, M. B.; SIMÕES, M. Princípios para modelagem de domínios em sistemas de organização do conhecimento (SOC). In: CONGRESSO ISKO ESPANHA-PORTUGAL, 3.; CONGRESSO ISKO ESPANHA, 13., 2017, Coimbra. *Tendências Atuais e Perspetivas Futuras em Organização do Conhecimento*. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2017. p. 841-851. Disponível em: <http://sci.uc.pt/eventos/atas/isko2017.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2019.

ZANDBERGEN, D. "We are Sensemakers": the (anti-)politics of smart city cocreation. *Public Culture*, Durham, v. 29, n. 3, p. 539-562, Sept. 2017. DOI: 10.1215/08992363-3869596. Disponível em:

[https://read.dukeupress.edu/public-culture/article-abstract/29/3%20\(83\)/539/129639](https://read.dukeupress.edu/public-culture/article-abstract/29/3%20(83)/539/129639). Acesso em: 15 nov. 2019.

ZHUHADAR, B. C. *et al.* Computer-assisted learning based on universal design, multimodal presentation and textual linkage. *Journal of the Knowledge Economy*, [Berlin], v. 7, n. 2, p. 373-387, March 2016. DOI: 10.1007/s13132-016-0371-y. Disponível em:

https://ideas.repec.org/a/spr/jknowl/v7y2016i2d10.1007_s13132-016-0371-y.html. Acesso em: 15 nov. 2019.