

SMART CITIES: a new generation of an evaluation model of the state of ICT for cities management.

CIDADES INTELIGENTES: uma nova geração de um modelo avaliativo do estado de TIC para a gestão das cidades.

Abstract

Many cities around the world have sought to equip themselves with capabilities offered by information and communication technologies (ICT) in order to become smart cities. The unique characteristics of Brazilian cities require greater depth in the diagnosis and planning of actions. Therefore, the question that arises is how to assess whether cities have the necessary ICT so that they can impart greater intelligence in the management of cities. This work aims to demonstrate the results of a research project to promote advances in an evaluative model of the state of ICT for city management. The new model proved to be more comprehensive, more dynamic and easier to use compared to the initial model and its application in the field showed favorable results in terms of applicability, scope of analysis and presentation of evaluation results and recommendations. With the diffusion of this innovation, the intention is to contribute with the cities managers in its initiatives to improve management and urban dynamics, not only by pointing out deficiencies and limitations, but also and mainly by proposing paths better use of ICT in favor of stakeholders.

Keywords: Smart cities, evaluation mode, ICT for cities management

Resumo

Muitas cidades ao redor do planeta têm buscado se equipar com capacidades oferecidas pelas tecnologias da informação e comunicação (TIC) para se tornarem cidades inteligentes. As características singulares das cidades brasileiras exigem maior aprofundamento no diagnóstico e planejamento de ações. Portanto, a questão que se coloca é como avaliar se as cidades contam com as TIC necessárias para que possam imprimir maior inteligência na gestão das cidades. Esse trabalho tem como objetivo demonstrar os resultados de projeto de pesquisa para promover avanços em um modelo avaliativo do estado de TIC para a gestão das cidades. O novo modelo se mostrou mais abrangente, mais dinâmico e com maior facilidade de utilização se comparado com o modelo inicial e sua aplicação em situação de campo mostrou resultados favoráveis em termos de aplicabilidade, abrangência das análises e forma de apresentação de resultados de avaliação e recomendações de aperfeiçoamentos. Com a difusão dessa inovação, pretende-se contribuir com o poder público em suas iniciativas de aprimoramento da gestão e da dinâmica urbana, não somente por meio do apontamento de deficiências e limitações, mas também e principalmente por meio da proposição de caminhos para o melhor uso das TIC em favor das partes interessadas.

Palavras-chave: cidades inteligentes, modelo avaliativo, TIC para gestão das cidades

1. INTRODUÇÃO

Mais da metade da população do mundo está vivendo em cidades e prevê-se que esse número cresça continuamente para 60%, algo perto de 5 bilhões de pessoas, em 2030, em apenas 2% da superfície do planeta (ONU, 2018). No Brasil, 85% da população vive em cidades que ocupam 0,63% do território nacional (Farias et al., 2017). A densidade populacional das cidades é crítica para o meio ambiente, para a inovação, para o desenvolvimento econômico e outros fatores de igual importância. O crescimento das populações nos ambientes urbanos impulsiona significativamente o consumo de bens e serviços, sinalizando, entretanto, restrições à qualidade de vida e potencializando a escassez de recursos naturais e as mudanças climáticas. Crescem também as exigências em direção ao poder público, particularmente aquele em nível municipal, quanto ao provimento de infraestruturas e serviços públicos suficientes e de qualidade. Em polo oposto aos desafios, o cenário também se reveste de oportunidades, na medida em que ao enfrentar os desafios, as cidades vão se posicionando como lugares potencialmente eficientes, prósperos e inovadores ao ponto de serem admirados e desejados por pessoas e organizações.

Para fazer frente aos inúmeros desafios trazidos pela urbanização do planeta provocada tanto pelo crescimento quanto pelo envelhecimento da população, e explorar as oportunidades que também se apresentam, muitas cidades têm buscado se equipar com certas capacidades para poder fazer frente aos desafios presentes e futuros decorrentes do fenômeno da urbanização. Entre essas capacidades estão as tecnologias da informação e comunicação (TIC) e, assim como em diferentes segmentos da economia, sua extensiva utilização se configura como um conjunto apropriado de recursos para configurar um meio pelo qual as cidades podem implementar melhor inteligência na oferta e gestão dos serviços e infraestruturas públicas, originando a noção de cidades inteligentes.

Assim como o conceito de cidade inteligente está em permanente construção, também surgem nas arenas de debates métodos e técnicas que objetivam estabelecer e difundir alguma forma de mensuração e de indicação de caminhos. Em linhas gerais, eles contemplam as mais diferentes perspectivas da dinâmica urbana, mas pouco se detêm sobre os aspectos que norteiam o fundamento do conceito: uso extensivo de TIC como meio de promover eficiência crescente na gestão pública, na qualidade de vidas das pessoas e nas condições de operação das organizações. Provavelmente, essa atenção menor às questões que envolvem TIC possa ser explicada por características institucionais, legais ou mesmo de disponibilização, atualização e complexidade tecnológica próprias dos países onde esses métodos e técnicas são desenvolvidos, EUA e Europa particularmente.

Voltando a atenção para as características singulares das cidades brasileiras, a questão que se apresenta é como avaliar se as cidades contam com as capacidades de TIC necessárias e suficientes para que possam imprimir maior inteligência na gestão e na oferta de infraestruturas e serviços aos atores sociais?

Na busca de uma resposta possível para essa questão, um primeiro esforço foi realizado para o desenvolvimento e aplicação de um modelo avaliativo de prontidão de TIC aplicáveis à gestão urbana (Weiss, 2017). Esse modelo embora tenha se mostrado aplicável na prática, apresentou certas limitações de abrangência e aplicabilidade, afetando o resultado final de avaliação. Por essa razão, um projeto de pesquisa tem sido realizado¹ e cujo resultado é a disponibilização de um novo modelo avaliativo, mais abrangente, mais dinâmico e com maior facilidade de utilização se comparado com o modelo inicial.

Esse trabalho tem como objetivo, portanto, apresentar e discutir os avanços realizados

¹ Projeto de pesquisa apoiado pelo programa PIPE-FAPESP processo nº 2017/22229-0.

no modelo avaliativo de prontidão de TIC para a gestão das cidades, contemplando não somente os fundamentos teóricos que o suportam, mas também sua dinâmica de aplicação e resolução e um caso de uso em uma cidade do estado de São Paulo.

Com a difusão dessa inovação, pretende-se contribuir com o poder público em suas iniciativas de aprimoramento da gestão e da dinâmica urbana, não somente por meio do apontamento de deficiências e limitações, mas também e principalmente por meio da proposição de caminhos para o melhor uso das TIC em favor das partes interessadas. Ademais, busca-se complementar os modelos existentes, cobrindo lacunas acerca do aprofundamento nas análises dos ambientes de TIC e estabelecendo com tais modelos possíveis correlações e direcionamentos mais consistentes para projetos e planos de implementação.

Para cumprir com o objetivo proposto, esse trabalho está organizado em quatro seções. Além dessa seção introdutória, a segunda seção traz uma breve sustentação teórica sobre a questão das cidades inteligentes e as implicações das TIC sobre a gestão pública e a dinâmica urbana. A terceira seção é dedicada à descrição do modelo e uma demonstração de aplicabilidade em uma cidade no estado de São Paulo. A quarta seção é reservada às considerações finais, incluindo a apresentação das limitações e propostas para futuros estudos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Embora ainda em franca construção (Muvuna et al., 2019), o conceito de cidade inteligente tem sido utilizado para caracterizar as cidades que se apropriam das TIC e delas fazem extensivo uso com o objetivo de incrementar e aperfeiçoar suas capacidades (Aina, 2017; Agbali et al., 2019). Em consonância, o contexto da implementação das cidades inteligentes e as discussões acerca da adoção de tecnologias são uma constante. O conceito envolve apetite ao risco, questões de segurança e privacidade, restrições financeiras e regulações (Abdalla et al. 2019), para além de aspectos de identificação e diagnóstico do status quo e o delineamento de possibilidades de avanços para promover o desenvolvimento socioeconômico e aumentar a eficiência dos recursos (Bibri, 2019). A criação de cidades inteligentes envolve a plena colaboração entre fronteiras organizacionais, de forma a eliminar duplicidades em esforços e dados (Gil-Garcia, 2012) e é resultado de uma longa cadeia de sistemas de apoio a decisões (Chichernea, 2014).

De fato, introduzir tecnologias de última geração em cada subsistema urbano não garante a existência de uma cidade inteligente (Kanter & Litow, 2009). Cidades mais equipadas com tecnologias não são necessariamente melhores cidades e o número de ‘iniciativas inteligentes’ lançadas por um município não é um indicador do desempenho da cidade (Neirotti, 2014), podendo mesmo ser encaradas como ‘selo de marketing’ usado por grandes empresas que possuem capacidade tecnológica e econômica para oferecer e implementar projetos de pouca utilidade para os cidadãos, mas de grande envergadura financeira para fornecedores de tecnologias (Saba et al., 2020).

Como já afirmado por Nam & Pardo (2011) e na mesma direção posteriormente por Castro Neto & Rego (2019), a criação de cidades inteligentes não é um evento, mas o resultado de um processo de diagnóstico, planejamento e ação constante, em que se busca a harmonização entre o mundo físico e o mundo virtual. Nessa direção, Battarra et al. (2016), Broccardo, Culasso, & Mauro (2019) e Saba et al. (2020) argumentam que cada vez mais as TIC vão configurando uma nova forma de evolução das cidades, particularmente quando a noção de desenvolvimento baseada eminentemente na implementação de um planejamento urbano que privilegia o mundo físico começa a contemplar, de forma importante, o mundo virtual para realizar o conceito de cidade inteligente, transformando a economia, o ambiente e a governança de uma cidade em práticas mais eficientes e eficazes.

No contexto do desenvolvimento urbano moderno, o conhecimento e a criatividade dos cidadãos devem ser aproveitados para contribuir para o desenvolvimento local (Weise, et al, 2012) e como plataformas propícias à inovação colaborativa, elas devem atuar como orquestradoras que conectam várias partes interessadas, mantendo ecossistemas de desenvolvimento e inclusão cidadã sustentáveis (Tukiainen, Leminen & Westerlund, 2015) e ser encaradas como espaços criativos, inovadores e úteis para a criação de oportunidades de geração de emprego e renda e garantia de acesso igualitário aos serviços públicos (Longo, Roscia & Lazaroiu, 2014; Marchetti, Oliveira & Figueira, 2019).

Ao criar um arcabouço tecnológico consistentemente planejado e que atenda aos interesses da cidade, o que inclui também sua participação nas redes sociais acerca das questões que envolvem a cidade (Weise et al., 2012), o poder público acaba por possibilitar que os atores acabem por incorporar dados que podem servir para o planejamento de ações, para a construção de políticas públicas e para que serviços inovadores sejam desenvolvidos e disponibilizados para e por esses mesmos atores (Abella et al, 2017).

Nessa perspectiva, a cidade inteligente deve ser capaz de automatizar seus processos de gestão e funções de operações, além de estimular a cocriação com seus cidadãos (Alexopoulos et al. (2019), promovendo melhor prestação de melhores serviços pelo poder público e consequente melhoria na qualidade de vida das pessoas (Longo, Roscia & Lazaroiu, 2014; Agbali et al., 2019), para além de incrementar as capacidades de governança urbana (Giffinger & Haindlmaier, 2010; Chourabi et al., 2012; Desouza & Flanery, 2013; Alderete, 2019; Broccardo, Culasso & Mauro, 2019).

Novas abordagens e aplicabilidades de TIC no contexto da gestão das cidades constroem novas oportunidades para o desenvolvimento da economia e da sociedade, especialmente em países em desenvolvimento e comunidades pobres (Alderete, 2019). Como forma de refletir as perspectivas conceituais até abordadas, adota-se o conceito que afirma que a cidade inteligente “é aquela que realiza a implementação de TIC de forma a transformar positivamente os padrões de organização, aprendizagem, gerenciamento da infraestrutura e prestação de serviços públicos, promovendo práticas de gestão urbana mais eficientes em benefício dos atores sociais, resguardadas suas vocações históricas e características culturais” (Weiss, 2016: 68).

Assim como há esforços destinados à busca de uma conceituação para o tema e que o represente em todas suas perspectivas e dinâmicas de ações, também há esforços importantes para a criação e difusão de teorias, modelos e metodologias que buscam, de forma geral, definir critérios, métricas, índices, e deles criando rankings, para a caracterização e mensuração das cidades de forma a poder qualificá-las como cidades inteligentes. Como afirmado por Muvuna et al. (2019), a despeito dos esforços em pesquisas “não há ainda uma metodologia capaz de orientar todos os subsistemas ao redor de um sistema de cidade inteligente e muitos modelos conceituais têm sido propostos para realizar essa tarefa”.

Esforços como *The IESE Cities in Motion Index* (CIMI); *Innovation City Index* (ICI); *The IMD Smart Cities Index*; *The European Digital City Index* (EDCi); *The Smart City Strategy Index*; *The Global Cities Index*; *The Global Livability Survey*; *Smart Cities Maturity Model* (SCMM); *Smart Cities Readiness Guide* (SCRG); *Smart Cities Integrative Framework* (SCIF). *Smart Cities Ranking* (SCR), e; *Smart Sustainable Cities Maturity Model*, entre outros. Este último, criado e mantido pela *International Telecommunication Union* (ITU), agência da ONU especializada no campo das TIC, tem servido de fundamento sobre o qual está sendo elaborado o Modelo de Maturidade de Cidades Inteligentes Sustentáveis Brasileiras pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)².

Em maior ou menor escala, essas técnicas de aferição do quociente de inteligência da

² <https://bit.ly/30wTGFG>

cidade trabalham com um gama bastante diversificada de indicadores demográficos, socioeconômicos, demográficos e de disponibilidade de serviços e infraestruturas públicos; muito deles, inclusive utilizam as normas ISO 37120, ISO 37122 e ISO 37123 como sustentação para seus desenvolvimentos. Em alguns casos, como no *Smart Cities Ranking* (SCR), proposto por Giffinger & Haindlmaier (2010), o modelo é particularizado de forma a atender e comparar cidades com algum grau de similaridades.

Em todos os casos, objetivam apoiar gestores públicos e sociedade a conhecer, entender, planejar e avaliar incitativas que visem à melhoria da qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento de capacidades e ambientes de negócios adequados. Entretanto, a despeito do valor que cada um deles possa representar, tratam as questões de apropriação e uso das TIC de forma genérica e pouco profunda, não orientando gestores públicos, particularmente em nível municipal, sobre quais tecnologias são necessárias, quais aspectos e funcionalidades devem contemplar, como elas devem se integrar e quais os impactos que causam à medida que passam por avanços ou retrocessos. Particularmente, no caso do Brasil, essa avaliação se reveste de grande importância não somente por conta das características diversas das cidades brasileiras, mas também pela grande quantidade de responsabilidades ou atividades atribuídas à gestão pública municipal, quer por força legal, institucional ou mesmo por contingência político-econômica, o que difere em larga escala as cidades brasileiras das cidades europeias ou americanas. As complexidades do sistema administrativo brasileiro exigem particulares; não necessariamente as mesmas adotadas em outros países.

É esperado, portanto, que as tecnologias e sistemas de informação empregados na gestão das cidades e na dinâmica urbana se comportem como um sistema robusto e integrado – um sistema de subsistemas –, derivado de uma arquitetura abrangente, escalável e interoperável, atendendo a todos os domínios e dimensões das cidades, resguardadas suas características e necessidades singulares da sociedade local.

3. DESCRIÇÃO DO MODELO E CASO DE APLICAÇÃO

3.1. Antecedentes

O modelo avaliativo objeto deste trabalho é resultado de avanços e aprimoramentos teóricos e de aplicação em um modelo avaliativo de prontidão tecnologias da informação e comunicação (TIC) e método de implementação dessas tecnologias para suporte à gestão das cidades, a partir do conceito de cidade inteligente. De igual forma ao modelo inicialmente proposto (Weiss, 2017), o modelo atual também considera a relação obrigação do poder público versus tecnologia e funcionalidades aplicáveis, complementando uma lacuna nos modelos avaliativos existentes e, ao mesmo tempo, possibilitando o estabelecimento de um roteiro evolutivo de funcionalidades que podem ser atendidas pelas tecnologias bem como as interações esperadas entre essas funcionalidades.

De igual forma, as capacidades de análise e de demonstração de resultados proporcionadas pelo modelo permitem a aferição individual da cidade, e a possibilidade de comparações com uma cidade de referência, idealizada a partir das proposições teóricas e empíricas de pesquisadores e indústria, e também a comparação entre cidades. Os resultados obtidos a partir da resolução do modelo são observados a) pela aferição direta do nível de prontidão de cada tecnologia por meio de suas funcionalidades específicas, e; b) pelas interações e interfaces entre as funcionalidades de diferentes aplicações descritas e explicadas por meio da teoria das redes complexas (Figueiredo, 2011).

Em linhas gerais, a revisão e atualização do campo teórico permitiu a reconfiguração do modelo de domínios e dimensões, expandindo de forma considerável o modelo anterior, como se pode observar por intermédio do Quadro 1.

Quadro 1 – Comparativo entre as gerações do modelo

Atributo	Modelo V1	Modelo V2
Ano da criação	2016	2019/2020
Total de Domínios	6	10
Dimensões por Domínio	6	6
Níveis de Avaliação	5	7
Pontos de Verificação	180	420
Nós (total de dimensões)	36	60
Arestas (conexões entre funcionalidades)	291	798
Densidade da rede de funcionalidades	0,4619	0,4508

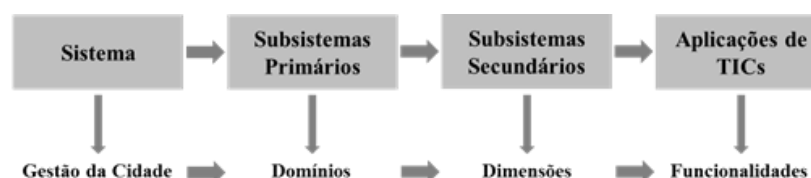
Fonte: Autores

3.2. Modelo Avaliativo Revisado

Com base no arcabouço teórico prévio e no atualizado no escopo do presente projeto, o modelo avaliativo proposto inicialmente foi revisado e ampliado para incrementar sua capacidade de averiguar a necessária prontidão das TIC para a gestão das cidades no que diz respeito ao foco na automação de processos administrativos e operacionais em áreas específicas, requisitos funcionais que devem ser atendidos minimamente, exigências de integração e troca de dados entre os diferentes sistemas de informação utilizados, além de proporcionar aos atores, particularmente aos agentes do poder público em nível local, um roteiro evolutivo de implementação dessas tecnologias que pode auxiliar no planejamento, execução e verificação de resultados de iniciativas que visem à cidade inteligente sobre a perspectivas das TIC.

Antes de descrever a atividade, é relevante recuperar as definições de domínios e dimensões utilizadas no projeto. Assim como a cidade é um sistema de subsistemas urbanos, o raciocínio que suporta o modelo avaliativo proposto considera a gestão da cidade como um sistema principal ao qual se conectam subsistemas primários e a esses se conectam subsistemas secundários que se desdobram em aplicações de TIC, como caracterizado na Figura 1.

Figura 1 – Cidade: sistema de subsistemas



Fonte: Weiss, 2017.

Nesse sentido, o modelo se estrutura a partir do sistema principal – cidade inteligente – ao qual se ligam certos subsistemas primários – domínios – e a cada um desses sistemas primários, se ligam subsistemas secundários – dimensões. Dessa forma, os domínios e suas respectivas dimensões representam as áreas necessárias a serem cobertas por tecnologias e sistemas de informações para que o poder público municipal possa realizar suas obrigações com o devido suporte tecnológico.

Sobre a revisão e ampliação do modelo propriamente ditas, duas providências foram tomadas. A primeira providência consistiu em: a) identificação de componentes tecnológicos não considerados no modelo anterior – inteligência artificial, *blockchain*, por exemplo; b) na identificação de áreas de interesse nas cidades e que não foram consideradas no modelo anterior – turismo, por exemplo; c) no desmembramento de certas dimensões descritas no modelo anterior e que se mostraram de pouco serventia se tratadas de forma conjunta – conformidade e gestão de riscos, planejamento e finanças públicas, por exemplo; d) na reconstrução da estrutura de domínios e dimensões, e; e) na introdução de aspectos próprios relativos às práticas de governança e de gerenciamento de serviços de TI, incluindo as práticas de segurança da

informação e proteção de dados, como refletido no Quadro 2.

Quadro 2 – Domínios e Dimensões

Domínio	Dimensão	
Planejamento e Governança	PP	Planejamento Plurianual e Estratégico
	GC	Conformidade Regulatória e Legal
	GR	Gestão de Riscos
	FP	Finanças Públicas
	CC	Convênios e Consórcios
	SD	Informações para Suporte Decisório
Administração de Recursos	AT	Ativos
	AS	Suprimentos
	RH	Recursos Humanos
	CP	Compras Públicas
	GP	Gerenciamento de Projetos
	IG	Informações para Suporte Gerencial
Infraestrutura e Gestão de TI	RC	Rede de Comunicação de Dados, Voz e Imagens
	RI	Rede Local de Computadores
	HC	Hospedagem e Computação em Nuvem
	SC	Arquitetura Empresarial e Tecnológica
	AQ	Segurança e Proteção de Dados
	GT	Governança e Gerenciamento de Serviços de TI
Serviços Eletrônicos aos Cidadãos e Empresas	AI	Acesso a Serviços pela Internet
	DO	Diário Oficial, Legislação e Acesso a Documentos e Formulários
	CN	Certidões Negativas
	TP	Permissões e Alvarás
	TT	Transações Tributárias e Taxas
	RE	Disputas, Recursos e Acordos
Comunicação e Relacionamento com Cidadãos e Empresas	IC	Informações e Interação com Cidadãos
	IE	Informações e Interação com Empresas
	IT	Informações e Interação com Turistas
	IO	Informações e Interação com outras Cidades
	CO	Colaboração e Rede Social
	OU	Ouvidoria
Gerenciamento de Serviços Básicos à Comunidade	SD	Saúde
	ED	Educação
	SE	Segurança
	RL	Resíduos e Rejeitos
	MO	Mobilidade
	ZP	Zeladoria Pública
Gerenciamento de Serviços de Desenvolvimento Socioeconômico	AS	Serviços e Ações Sociais
	MH	Moradia e Habitação
	TU	Turismo
	CT	Cultura
	EL	Esporte e Lazer
	TR	Trabalho e Renda
Gerenciamento da Infraestrutura Urbana	TT	Transporte e Tráfego
	EN	Energia e Iluminação Pública
	AG	Água e Saneamento
	MA	Meio Ambiente
	EE	Edifícios Públicos
	EP	Espaços Públicos
Gerenciamento da Dinâmica Urbana	CC	Centro de Comando e Controle
	IE	Integrações Extra-agências
	GE	Sistema de Georreferenciamento
	SS	Sistemas de Monitores e Sensores
	IT	Internet das Coisas
	BD	Analítico e Grandes Volumes de Dados

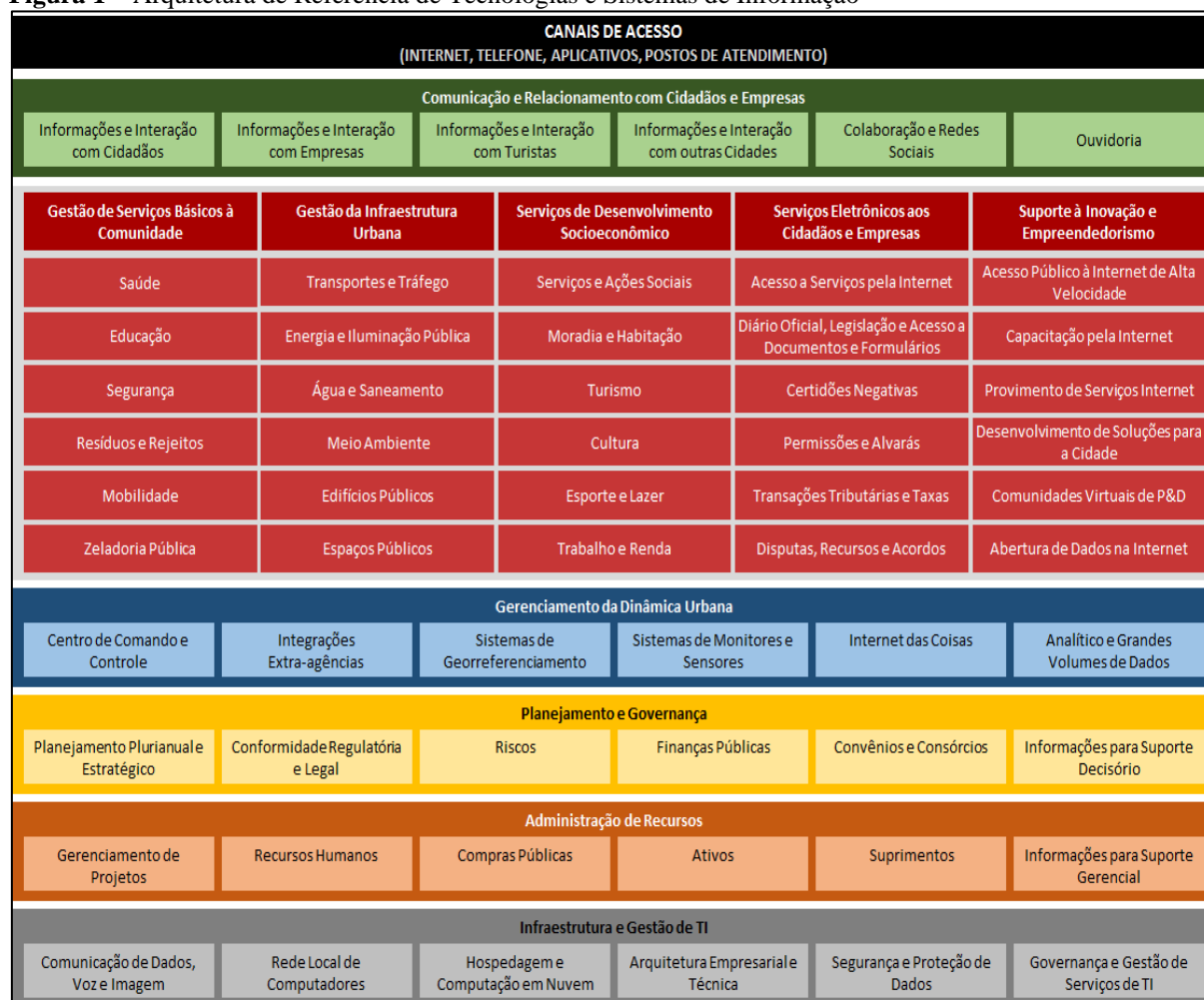
Quadro 2 – Domínios e Dimensões

Domínio	Dimensão	
Suporte à Inovação e Empreendedorismo	IV	Acesso Público à Internet de Alta Velocidade
	DL	Capacitação pela Internet
	SI	Provimento de Serviços Internet
	DS	Desenvolvimento de Soluções para a Cidade
	PD	Comunidades Virtuais de P&D
	AD	Abertura de Dados na Internet

Fonte: Autores

A ampliação do espectro de domínios e dimensões permitiu também a proposição de uma arquitetura de referência, ainda que não exaustiva, de sistemas e tecnologias relacionadas, como caracterizado na Figura 1.

Figura 1 – Arquitetura de Referência de Tecnologias e Sistemas de Informação



Fonte: Autores

A segunda providência consistiu na revisão das descrições e caracterizações da escala de níveis de avaliação e prontidão para cada uma das dimensões, inicialmente marcadas entre 1 e 5 e revisadas para ser marcada entre 1 e 7, como descrito no Quadro 2.

Quadro 2 - Quadro explicativo dos níveis de prontidão das TIC para cidades inteligentes.

Nível	Descrição
1 - Inexistente	A cidade não realiza quaisquer atividades ou ações relacionadas à dimensão tal como definida no modelo.

Quadro 2 - Quadro explicativo dos níveis de prontidão das TIC para cidades inteligentes.

Nível	Descrição
2 - Manual	A cidade realiza atividades ou ações relacionadas à dimensão, mas não utiliza nenhum suporte informático. Tudo é realizado de forma manual.
3 - Inicial	A cidade realiza atividades ou ações relacionadas à dimensão utilizando suporte informático básico, como planilhas eletrônicas, editores de textos e similares. Não faz uso de sistemas de informações estruturados.
4 - Elementar	Além do suporte informático básico, a cidade utiliza aplicativos isolados criados, pelos próprios usuários, tendo como principal funcionalidade a criação de cadastro básico (identificação, localização, condição de atividade, etc.), para uso restrito a um determinado departamento. Não há troca de dados entre sistemas.
5 - Automatizado	Sistemas de informações, desenvolvidos ou adquiridos, são utilizados para suporte, mas sem recursos de integração com outros sistemas. Funcionalidades incluem cadastros, transações “online” e controles gerenciais e são utilizados por vários usuários/departamentos. Integrações realizadas por troca manual de arquivos.
6 – Integrado	Sistemas de informações, desenvolvidos ou adquiridos, contemplam funcionalidades que incluem cadastros, transações “online”, controles gerenciais e funcionalidades avançadas de histórico, agendamento, tendências/predições e integrações automatizadas. Recursos de Inteligência Artificial podem ser identificados neste nível.
7 - Avançado	Captura, armazenamento e integração de dados de outros sistemas e tecnologias estão presentes, assim como funcionalidades de publicação e abertura automatizada de dados na internet em tempo real. Recursos de Inteligência Artificial são identificados neste nível bem como outras tecnologias avançadas, como <i>blockchain</i> .

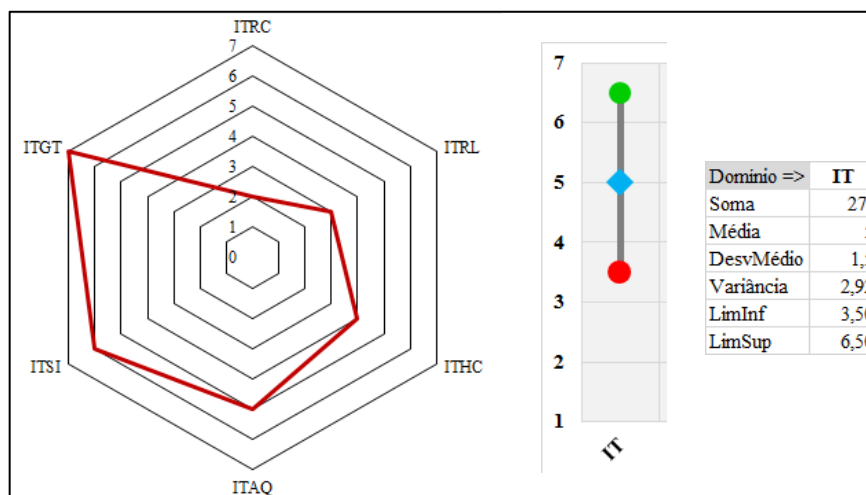
Fonte: Autores

A determinação do ponto da escala qualitativa de cada dimensão se dá pela melhor adequação descritiva do nível da dimensão à realidade identificada pelo avaliado. Em outras palavras, cabe ao avaliado determinar o nível da que melhor represente o estágio presente da dimensão analisada, com base nas caracterizações funcionais da dimensão em questão. Nesse sentido, a escala é aplicada a cada uma das dimensões de cada um dos domínios e a rede formada se dá por meio das funcionalidades de integrações requeridas entre as dimensões.

3.3. Dinâmica e resolução do modelo

A primeira forma de resolução do modelo dá-se pela agregação dos resultados de avaliação particular de cada dimensão ao redor de seu respectivo domínio, permitindo o cálculo de estatística descritiva e demonstração gráficas apropriadas, como sugerido na Figura 2.

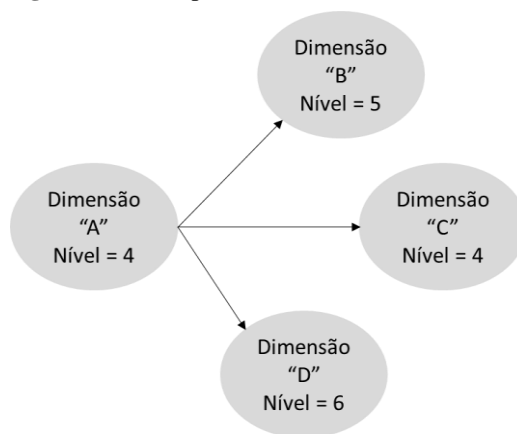
Figura 2 – Exemplo de demonstração de resultado de domínio



Fonte: Autores

Uma vez determinada a posição da escala de avaliação – de 1 a 7 – para uma dada dimensão é possível que haja uma ou mais possibilidade de conexão com outras funcionalidades de outras dimensões, formando então uma rede, como sugerido na Figura 3. Em última análise, a demonstração apresenta o nível de prontidão das TIC para a gestão da cidade, sendo que, quanto mais um determinado domínio se aproxima do nível máximo – Nível 7 – mais essas tecnologias estão prontas para emprego, com muito boas capacidades de funcionalidades intrínsecas e interfaces com outras funcionalidades de outras dimensões.

Figura 3 – Exemplo de conexão entre dimensões



Fonte: Autores

A dinâmica de resolução do modelo a partir do princípio de formação de uma rede entre funcionalidades de permanece inalterada, exceto pela nova quantidade de nós (dimensões) e arestas (conexões entre funcionalidades existentes nas dimensões).

Assim como os subsistemas que formam o sistema urbano guardam interações e dependências entre si, é igualmente esperado que as tecnologias e sistemas de informações que suportam esses subsistemas também implementem certas interações e interfaces entre si.

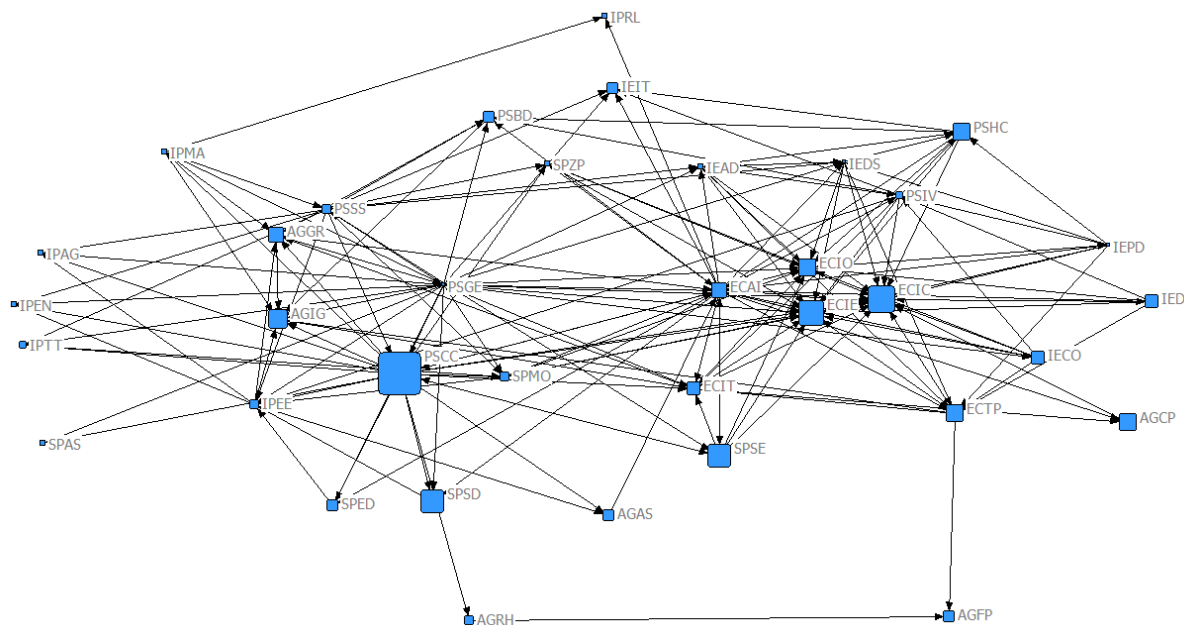
Nesse sentido, o modelo que forma uma rede de conexões permite que a avaliação de uma dada cidade possa ser realizada com a aplicação da teoria das redes complexas, em que as dimensões (nós) e as conexões formadas entre pares de dimensões (arestas) determinem sua dinâmica e resolução. Essas relações possíveis entre dimensões formam uma matriz e “essa matriz codifica todas as arestas da rede e é conhecida como matriz de adjacência, denotada aqui por A . A matriz “ A ” é quadrada de n elementos e cada elemento $A(i, j)$ representa o par de vértices (i, j) . Se o par estiver relacionado, então temos que $A(i, j) = 1$, caso contrário $A(i, j) = 0$ ” (Figueiredo, 2011: 310).

A aplicação desta possibilidade de resolução resulta em uma matriz de adjacência resultante ‘ A ’, quadrada, estática, dirigida, assimétrica, com 60 nós ($n = 60$) e 798 arestas ($E = 798$). Essa matriz resultante apresenta densidade D igual a 0,4508, resultado da aplicação da expressão $D = 2E / n(n - 1)$.

Fundamentalmente, a tipificação da rede obedece ao modelo proposto por Barabási e Albert em que se considera uma rede livre de escala. Segundo Figueiredo (2011: 330), “em uma rede livre de escala, os graus dos vértices não são nada parecidos uns com os outros, pois podemos ter vértices com graus muito maiores do que a média com probabilidade não desprezível”. Uma representação gráfica da rede pode ser um artifício útil para que, de forma visual, se possa observar não somente as ligações entre dimensões, mas também a importância relativa de uma dada dimensão no seu contexto geral. Com a utilização de software UCINET

((Borgatti, Everett & Freeman, 2002; Auber et al., 2004)), determina-se o diagrama da rede do modelo, como apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Rede resultante das interações entre as dimensões do modelo proposto.



Fonte: Autores

Determinados esses parâmetros do modelo, é possível determinar, de igual forma, as características das cidades objeto de avaliação e estabelecer os comparativos necessários. Ou seja, quanto mais a matriz resultante da cidade avaliada se aproximar da matriz modelo, mais prontas estarão suas TIC para a materialização do conceito de cidade inteligente.

3.4. Validação do Modelo Avaliativo Revisado

O modelo revisado e ampliado na etapa anterior foi testado e validado por meio de testes de consistência com o campo teórico e migração dos dados do modelo inicial para o novo modelo das cidades de Barueri, São Bernardo do Campo, Sorocaba e Santos.

Nos casos em que uma dada dimensão foi desmembrada, gerando uma segunda dimensão (por exemplo, GR-Conformidade e Gestão de Riscos => GC-Conformidade Regulatória e Legal e GR-Gestão de Riscos), a avaliação inicial foi considerada para as duas novas dimensões. Já nos casos de novas dimensões (por exemplo, TU-Turismo), buscou-se identificar a existência de sistemas de informações para o suporte às dimensões por meio de verificação no próprio site na internet das respectivas prefeituras ou mesmo nos registros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) especificamente para as questões de infraestrutura de comunicações (cobertura de internet, por exemplo).

Concomitantemente com a validação preliminar do modelo avaliativo revisado e como decorrência dela, os cálculos estatísticos e aqueles próprios das respectivas redes formadas pelas interações entre as funcionalidades dos sistemas de informações para cada uma das dimensões: centralidade de grau (número de ligações incidentes de um vértice), centralidade de proximidade (nó da rede de maior significância e que determina caminhos mais curtos entre nós), centralidade de intermediação (número de vezes que um nó age como ponte ao longo do caminho mais curto entre dois outros nós).

De igual forma, a escala de níveis de avaliação e prontidão revisada para ser marcada entre 1 e 7, a aplicação do novo modelo proporcionou maior flexibilidade na localização das funcionalidades ao redor dos níveis de aferição, além do significativo aumento de cobertura de possibilidades de sistemas de informações e tecnologias correlatas aplicáveis à gestão das cidades, como exemplificado no Quadro 3 em que se trata da dimensão ‘Gestão da Saúde’.

Quadro 3 – Funcionalidade Mínimas Esperadas em Gestão Inteligente da Saúde

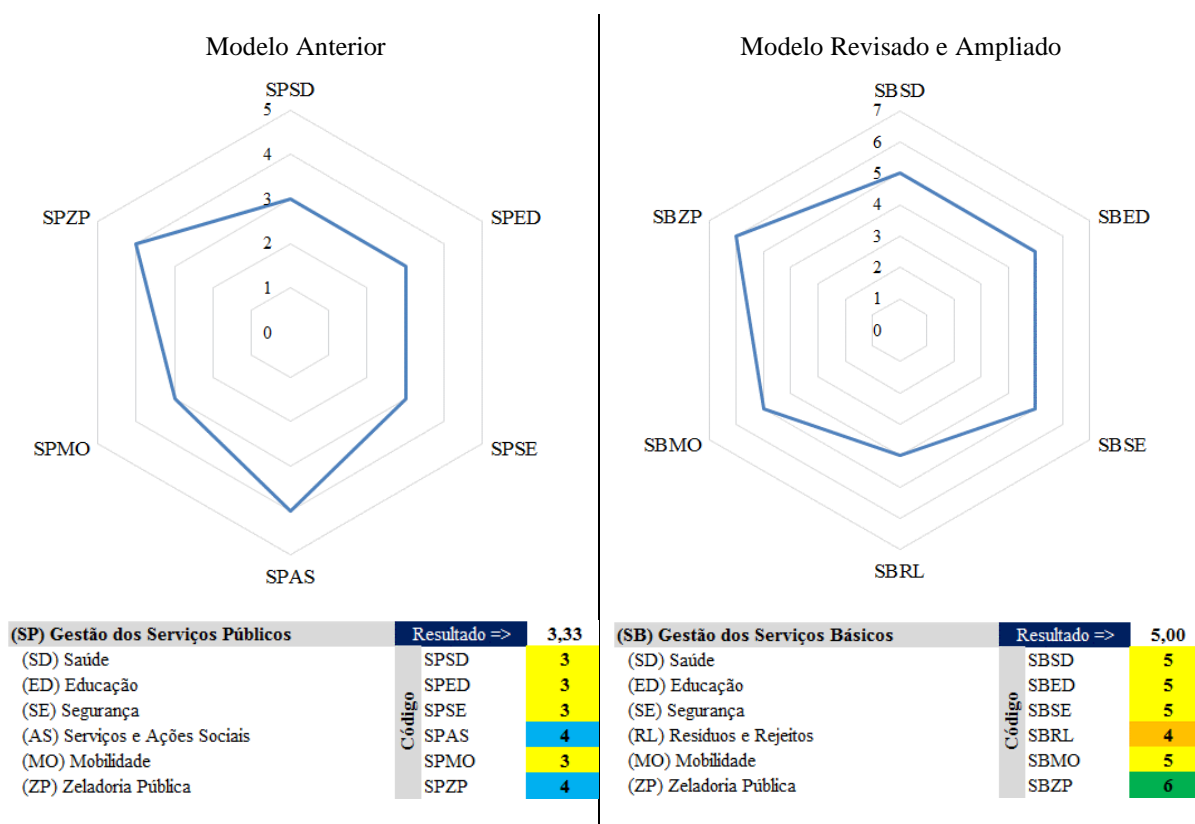
Nível	Descrição
1 - Inexistente	O poder público local não realiza quaisquer atividades ou ações relacionadas à Gestão da Saúde.
2 - Manual	O poder público local realiza atividades de Gestão da Saúde, mas não utiliza nenhum suporte informático para suporte. Tudo é realizado de forma manual e todos os registros são mantido e meio analógico (formulários manuais, livros de registros, etc.)
3 - Inicial	O poder público local realiza atividades de Gestão da Saúde e conta com suporte informático básico, como planilhas eletrônicas, editores de textos e similares. Não faz uso de sistemas de informações estruturados.
4 - Elementar	Além do suporte informático básico, o poder público local conta com o apoio de um programa ou sistema de computador isolado, não integrado e que não opera em rede, sendo instalado em cada unidade ou posto de atendimento, com funcionalidade de cadastro e impressão de ficha de atendimento para posterior arquivamento. Prescrições médicas são registradas nessa ficha de atendimento.
5 - Automatizado	O poder público local conta com um sistema de informações que oferece funcionalidades de prontuário único de usuários, prescrição eletrônica de exames ou medicações, ou ainda encaminhamento para outros níveis e especializações médicas. O sistema conta com cadastro centralizado e está presente em todas as unidades ou postos de atendimento por meio de rede de computadores ou pela internet. Conta também com gestão da assistência farmacêutica (farmácia local, dispensação de medicamentos, medicamentos especiais), e gestão de transportes especializados para pacientes, equipes, resíduos de saúde e materiais biológicos. Eventualmente o gerenciamento de programas e ações de saúde da família, saúde bucal, vacinas e campanhas de vacinação, atenção domiciliar e grupos de risco, vigilância epidemiológica, vigilância sanitária e vigilância ambiental podem ser funcionalidades encontradas neste nível. Agendamentos são realizados apenas de forma presencial nas unidades ou postos de atendimento. Relatórios e informações gerenciais são extraídas do próprio sistema.
6 – Integrado	O sistema também oferece a capacidade de gestão da ocupação do sistema de saúde (leitos, consultórios, laboratórios) e o agendamento de consultas, exames e procedimentos pode ser realizado por meio da internet. Resultados de exames realizados são disponibilizados automaticamente no prontuário do usuário. Recursos de integração aos sistemas de gestão de ativos, gestão de suprimentos, gestão de riscos, gestão da zeladoria e informações gerenciais estão presentes. Recursos de inteligência artificial podem ser identificados neste nível, como robôs de atendimento ou sistemas especialistas empregados para pronto atendimento. Aplicativos móveis são desenvolvidos e disponibilizados para os usuários, com funcionalidades de agendamento, rotina de medicação, farmácia entre outras.
7 - Avançado	Neste nível, os ativos empregados na área de saúde (incluindo viaturas) estão identificados de forma digital e são gerenciados a partir de tecnologias de internet das coisas (iot). Telemedicina, suporte médico remoto, coleta remota de dados de saúde de pacientes são funcionalidades presentes também neste nível. Recursos de inteligência artificial são fortemente utilizados nos sistemas de gestão da saúde e blockchain é uma opção para a realização e certificação de registros médicos.

Fonte: Autores

Esse princípio se aplica a todas as dimensões de todos os domínios, totalizando 420 (quatrocentos e vinte) pontos de checagem. Uma validação inicial foi feita com dados prévios da cidade de Santos para o domínio Gerenciamento de Serviços Básicos à Comunidade,

composto pelas dimensões SD-Saúde, ED-Educação, SE-Segurança, RL-Resíduos e Rejeitos, MO-Mobilidade e ZP-Zeladoria Pública, como caracterizado na Figura 5.

Figura 5 – Gestão dos Serviços Básicos: Santos



Fonte: Autores

Os demais domínios e dimensões foram igualmente testados e apresentaram resultados iniciais consistentes, restando para o próximo período do projeto a aplicação nas cidades.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As TIC empregadas para a gestão mais inteligente das cidades devem cobrir todos os aspectos da dinâmica urbana e operar de forma integrada e com foco em desenvolvimento urbano e qualidade de vida, liderança em ambiente de negócios, inclusão social e digital, governo eletrônico, eficiência em governança, incentivo às indústrias criativas e de alta tecnologia e capital humano para o desenvolvimento urbano sustentável. Não apenas as tecnologias emergentes, mas mesmo as mais elementares devem ser empregadas para que a visão da cidade inteligente seja realizada. É esperado que a cidade inteligente seja, portanto, capaz de viabilizar o suporte adequado de TIC aos diferentes subsistemas que forma o sistema urbano.

Esse trabalho teve como objetivo apresentar e discutir os avanços realizados em um modelo avaliativo de prontidão de TIC para a gestão das cidades, contemplando não somente os fundamentos teóricos que o suportam, mas também sua dinâmica de aplicação e resolução e um caso de uso em uma cidade do estado de São Paulo. Esses avanços são resultados de um projeto de pesquisa concebido com o intuito de dar seguimento a um primeiro esforço realizado para o desenvolvimento e aplicação de um modelo avaliativo de prontidão de TIC aplicáveis à gestão urbana. Esse modelo inicial embora tenha se mostrado aplicável na prática, apresentou certas limitações de abrangência e aplicabilidade, afetando o resultado final de avaliação.

Aplicado em situação real, o novo modelo se mostrou mais abrangente, mais dinâmico e com maior facilidade de utilização se comparado com o modelo inicial e sua aplicação em situação de campo mostrou resultados favoráveis em termos de aplicabilidade, abrangência das análises e forma de apresentação de resultados de avaliação e recomendações de aperfeiçoamentos.

Com a difusão dessa inovação, pretende-se contribuir com o poder público em suas iniciativas de aprimoramento da gestão e da dinâmica urbana, não somente por meio do apontamento de deficiências e limitações, mas também e principalmente por meio da proposição de caminhos para o melhor uso das TIC em favor das partes interessadas.

Futuros estudos devem ir em direção a ampliação do campo de aplicação do modelo, contemplando maior quantidade de cidades. Outros estudos também podem buscar o estabelecimento de correlações com indicadores socioeconômicos, levantamento de percepções de cidadãos e empresas acerca do suporte tecnológico oferecido pelo poder público local para a interação com os atores.

REFERÊNCIAS

- Abdalla, W., Renukappa, S., Suresh, S., & Al-Janabi, R. (2019). *Challenges for Managing Smart Cities Initiatives: An Empirical Study*. Proceedings - 2019 3rd International Conference on Smart Grid and Smart Cities, ICSGSC 2019, 10–17. <https://doi.org/10.1109/ICSGSC.2019.00-26>
- Abella, A., Ortiz-de-Urbina-Criado, M., & De-Pablos-Heredero, C. (2017). A model for the analysis of data-driven innovation and value generation in smart cities' ecosystems. *Cities*, 64, 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.01.011>
- Agbali, M., Trillo, C., Fernando, T., Ibrahim, I. A., & Arayici, Y. (2019). *Conceptual Smart City KPI Model: A System Dynamics Modelling Approach*. Proceedings of the 2nd World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability, WorldS4 2018, (October), 163–171. <https://doi.org/10.1109/WorldS4.2018.8611565>
- Aina, Y. A. (2017). Achieving smart sustainable cities with GeoICT support: The Saudi evolving smart cities. *Cities*, 71(May), 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.07.007>
- Alderete, M. V. (2019). *Exploring the Smart City Indexes and the Role of Macro Factors for Measuring Cities Smartness*. Social Indicators Research, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s11205-019-02168-y>
- Alexopoulos, C., Pereira, G. V., Charalabidis, Y., & Madrid, L. (2019). *A taxonomy of smart cities initiatives*. ACM International Conference Proceeding Series, Part F1481, 281–290. <https://doi.org/10.1145/3326365.3326402>
- Auber, D. et al. (2004). *Tulip Data Visualization Software*. University of Bordeaux I, France: LaBRI.
- Battarra, R., Gargiulo, C., Pappalardo, G., Boiano, D. A., & Oliva, J. S. (2016). Planning in the era of Information and Communication Technologies. Discussing the “label: Smart” in South-European cities with environmental and socio-economic challenges. *Cities*, 59, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.05.007>

- Bibri, S. E. (2019). On the sustainability of smart and smarter cities in the era of big data: an interdisciplinary and transdisciplinary literature review. *Journal of Big Data*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0182-7>
- Borgatti S. P., Everett, M. G. & Freeman, L. C. (2002). *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard, MA: Analytic Technologies.
- Broccardo, L., Culasso, F., & Mauro, S. G. (2019). Smart city governance: exploring the institutional work of multiple actors towards collaboration. *International Journal of Public Sector Management*, 32(4), 367–387. <https://doi.org/10.1108/IJPSM-05-2018-0126>
- Castro Neto, M. de, & Rego, J. S. (2019). Urban Intelligence for Sustainability. *Lecture Notes in Information Systems and Organisation*, 31, 139–159. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14850-8_10
- Chichernea, V. (2014). The use of decision support systems (DSS) in smart city planning and management. *Journal of Information Systems & Operations Management*, 1–14.
- Chourabi, H. et al.. (2012). *Understanding smart cities: an integrative framework*. In Proceedings of the 45th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-45). Maui, HI, USA: IEEE. Recuperado de <http://goo.gl/rt6WoP>.
- Desouza, K. C., & Flanery, T. H. (2013). Designing, planning, and managing resilient cities: A conceptual framework. *Cities*, 35, 89–99. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.06.003>
- Farias, A. R., Mingoti, R., Valle, L. B., Spadotto, C. A. & Lovisi Filho, E. (2017). *Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil*. Recuperado de <https://bit.ly/3bSq8Wr>.
- Figueiredo, D. R. (2011). Introdução às Redes Complexas. In: Souza, A. F. de; Meira Jr. W. (Org.). *Atualizações em Informática 2011* (pp. 303-358). Rio de Janeiro: PUC.
- Giffinger, R. & Haindlmaier, G. (2010). Smarter cities ranking: an effective instrument for the positioning of cities? *ACE: Architecture, City and Environment*, 12, 7-25.
- Gil-Garcia, J. R. (2012). Towards a smart State? Inter-agency collaboration, information integration, and beyond. *Information Polity*, 17(3–4), 269–280. <https://doi.org/10.3233/IP-2012-000287>
- Kanter, R. M. & Litow, S. S. (2009). *Informed and interconnected: a manifesto for smarter cities*. Working Paper 9-141, 1-27, 2009. Recuperado de <http://goo.gl/9MLJOU>.
- Longo, M., Roscia, M., & Lazaroiu, G. C. (2014). Innovating multi-agent systems applied to smart city. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 7(20), 4296–4302. <https://doi.org/10.19026/rjaset.7.801>
- Marchetti, D., Oliveira, R., & Figueira, A. R. (2019). Are global north smart city models capable to assess Latin American cities? A model and indicators for a new context. *Cities*, 92(March), 197–207. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.001>
- Muvuna, J., Boutaleb, T., Baker, K. J., & Mickovski, S. B. (2019). A Methodology to Model Integrated Smart City System from the Information Perspective. *Smart Cities*, 2(4), 496–511. <https://doi.org/10.3390/smartsities2040030>
- Nam, T. & Pardo, T. A. (2011). *Conceptualizing smart city with dimensions of technology*,

people and institutions. In Proceedings of 12nd Annual International Conference on Digital Government Innovation in Challenging Times. New York: ACM. Recuperado de http://www.ctg.albany.edu/publications/journals/dgo_2011_smartcity/dgo_2011_smartcity.pdf.

Neirotti, P. et al. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities*, 38, 25–36.

ONU – Organização das Nações Unidas. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. Recuperado de <https://bit.ly/3gbrT11>.

Saba, D., Sahli, Y., Berbaoui, B., & Maouedj, R. (2020). *Towards Smart Cities: Challenges, Components, and Architectures*. In T. M. (eds) Hassanien A., Bhatnagar R., Khalifa N. (Ed.), *Toward Social Internet of Things (SIoT): Enabling Technologies, Architectures and Applications* (Vol. 846, pp. 317–334). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24513-9>

Tukiainen, T., Leminen, S., & Westerlund, M. (2015). Cities as Collaborative Innovation Platforms. *Technology Innovation Management Review*, 5(10), 16–23. <https://doi.org/10.22215/timreview933>

Weise, S., Hardy, J., Agarwal, P., Coulton, P., Friday, A., & Chiasson, M. (2012). *Democratizing Ubiquitous Computing – a Right for Locality*. UbiComp' 12. Pittsburgh: ACM.

Weiss, M. C. (2016). *CIDADES INTELIGENTES: proposição de um modelo avaliativo de prontidão das tecnologias das informação e comunicação aplicáveis à gestão das cidades*. Tese de doutorado, Centro Universitário FEI, São Paulo, Brasil. Recuperado de <https://bit.ly/3cV7G0J>.

Weiss, M. C. (2017). *Smart Cities: a proposition of a readiness evaluation model for ICT applicable to the cities management*. Proceedings 14th International Conference on Information Systems & Technology Management - CONTECSI 2017, 2038-2060. <https://doi.org/10.5748/9788599693131-14CONTECSI/RF-4636>.