

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO - PROCC

PABLO IGNACIO MARAMBIO SILVA

**CISSA: MODELO CONCEITUAL DE CIDADE INTELIGENTE E SEGURA
BASEADO EM SISTEMA AUTOADAPTATIVO**

SÃO CRISTÓVÃO

2020

PABLO IGNACIO MARAMBIO SILVA

**CISSA: MODELO CONCEITUAL DE CIDADE INTELIGENTE E SEGURA
BASEADO EM SISTEMA AUTOADAPTATIVO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Sergipe como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Patrício Chagas do Nascimento

SÃO CRISTÓVÃO

2020

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S586c Silva, Pablo Ignacio Marambio
CISSA : modelo conceitual de cidade inteligente e segura baseado em sistema autoadaptativo / Pablo Ignacio Marambio Silva ; orientador Rogério Patrício Chagas do Nascimento. – São Cristóvão, SE, 2020.
88 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ciência da computação) – Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Computação. 2. Cidades inteligentes. 3. Segurança publica. 4. Sistemas inteligentes de controle. I. Nascimento, Rogério Patrício Chagas do, orient. II. Título.

CDU 004.41



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Ata da Sessão Solene de Defesa da Dissertação do
Curso de Mestrado em Ciência da Computação-UFS.
Candidato: Pablo Ignácio Marambio Silva

Em 19 dias do mês de agosto do ano de dois mil e vinte, com início às 16h00min, realizou-se na Sala virtual: meet.google.com/wvt-ugif-qwm. A Sessão Pública de Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato **Pablo Ignacio Marambio Silva**, que desenvolveu o trabalho intitulado: “ *CISSA: MODELO CONCEITUAL DE CIDADE INTELIGENTE E SEGURA BASEADO EM SISTEMA AUTOADAPTATIVO*”, sob a orientação do Prof. Dr. **Rogério Patrício Chagas do Nascimento**. A Sessão foi presidida pelo Prof. Dr. **Rogério Patrício Chagas do Nascimento** (PROCC/UFS), que após a apresentação da dissertação passou a palavra aos outros membros da Banca Examinadora, Prof. Dr. **Kalil Araujo Bispo** (PROCC/UFS) e, em seguida, ao Prof. Dr. **Eduardo James Pereira Souto** (UFAM -Universidade Federal da Amazonas). Após as discussões, a Banca Examinadora reuniu-se e considerou o mestrando (a) Aprovado “(aprovado/reprovado)”. Atendidas as exigências da Instrução Normativa 01/2017/PROCC, do Regimento Interno do PROCC (Resolução 67/2014/CONEPE), Resolução nº 25/2014/CONEPE e da Portaria nº 413 de 27 de maio de 2020 (Banca por videoconferência) que regulamentam a Apresentação e Defesa de Dissertação, e nada mais havendo a tratar, a Banca Examinadora elaborou esta Ata que será assinada pelos seus membros e pelo mestrando.

Cidade Universitária “*Prof. José Aloísio de Campos*”, 19 de agosto de 2020. "participação à distância por videoconferência"

Prof. Dr. Rogério Patrício Chagas do
Nascimento (PROCC/UFS)
Presidente

Prof. Dr. Kalil Araujo Bispo
(PROCC/UFS)
Examinador
Interno

Prof. Dr. Eduardo James Pereira
Souto (UFAM)
Examinador Externo

Pablo Ignácio Marambio Silva
Candidato

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todos os livramentos e graças concedidas durante toda minha vida, mantendo-me firme e confiante mesmo nas horas difíceis.

Agradeço aos meus pais Pablo Marambio e Ana Silva por toda a dedicação, incentivo e investimento que fizeram em mim, apoiando minhas decisões, mesmo sabendo que estas me levariam para longe de casa.

Em especial, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Rogério Patrício Chagas do Nascimento (UFS), por acreditar e orientar esse trabalho com sabedoria, paciência, dedicação e pelo apoio e companheirismo ao longo desta jornada.

Ao Prof. Dr. Eduardo James Pereira Souto (UFAM) pelas contribuições para o aprimoramento desta dissertação.

Ao meu amigo Marcio Nannini por todo o apoio e conhecimento, grande ajuda e inúmeras noites de estudo.

Aos amigos Andrea, Amanda, Cibele, Gabriel, Elaine e Patrícia pelos muitos favores concedidos.

Agradeço a todos que contribuíram para a minha formação, o meu muito obrigado!

*Si pido cara y sale cruz pruebo otra vez
Si quiero hachas de guerra tengo una enterrada en el jardín*

Y si hay que huir, sé correr

Si tiran a matar, río por no llorar

Y si me empujan al vacío, aprendo a planear...

Amaia Montero

RESUMO

As cidades inteligentes representam ambientes urbanos inovadores que fazem uso intensivo das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) que aliadas ao paradigma de *Internet of Things* (IoT) visam aumentar a eficiência na prestação de serviços públicos e possibilitam que os cidadãos tenham suas demandas atendidas quase que em tempo real. Um dos principais desafios da governança urbana é a Segurança Pública que emerge como um componente indispensável para que a cidade possa atingir o seu objetivo estratégico de melhorar as condições de vida da população. As cidades inteligentes e seguras podem adotar soluções autoadaptativas e computacionais para atender as demandas e fortalecer políticas de segurança pública. Nesse contexto, o sistema autoadaptativo representa uma solução promissora com capacidade de modificar autonomamente seu comportamento em tempo de execução em resposta as mudanças do ambiente. Em função do exposto, este trabalho teve como principal objetivo desenvolver um modelo conceitual aqui denominado Cidade Inteligente e Segura baseado em Sistema Autoadaptativo (CISSA). Para tanto, utilizou-se de uma pesquisa exploratória com abordagem metodológica quali-quantitativa baseado em pesquisa bibliográfica, Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) e análise documental. A partir do MSL foram identificadas as principais soluções computacionais e as demandas de segurança pública no contexto de cidades inteligentes. Esses resultados nortearam a construção do modelo CISSA organizado em três camadas: conceito, demandas e infraestrutura. As camadas de conceito e demandas abordam uma definição própria de cidade inteligente e apresentam uma estrutura de identificação e classificação das demandas de segurança pública. Elas contribuem para fornecer diretrizes sobre as quais a camada de infraestrutura por meio do sistema autoadaptativo monitora o ambiente e gerencia autonomamente o processo de seleção das soluções, adaptando quando necessário o seu comportamento para resolver os desafios da segurança pública na cidade. Para avaliar o CISSA foi realizada a verificação em cenários de estudos anteriores. Com os resultados obtidos percebeu-se que o modelo CISSA pode guiar os administradores das cidades em projetos que buscam estabelecer planos para tornar as cidades mais inteligentes e seguras.

Palavras-chave: Cidade Inteligente; Segurança Pública; Sistema Autoadaptativo; Soluções Computacionais.

ABSTRACT

Smart cities represent innovative urban environments that make intensive use of Information and Communication Technologies (ICTs) which, together with the Internet of Things (IoT) paradigm, aim to increase efficiency in the provision of public services and enable citizens to have their demands met almost that in real-time. One of the main challenges of urban governance is public security, which emerges as an indispensable component for the city to achieve its strategic objective of improving the population's living conditions. Smart and safe cities can adopt self-adaptive and computational solutions to meet the demands and strengthen public security policies. In this context, the self-adaptive system represents a promising solution with the ability to autonomously modify its behavior at run time in response to changes in the environment. Given the above, this work had as main objective to develop a conceptual model of Smart and Safe City based on Self-Adaptive System (CISSA, in portuguese). For that, exploratory research was used with a qualitative and quantitative methodological approach based on bibliographic research, Systematic Mapping of Literature (MSL), and documentary analysis. From the MSL, the main computational solutions and public security demands in the context of smart cities were identified. These results guide the construction of the CISSA model organized in three layers. Concept and demand layers address a specific definition of smart city and present a structure for the identification and classification of public security demands that contribute to provide guidelines on which the infrastructure layer through the self-adaptive system, monitors the environment and autonomously manages the system process of selecting solutions, adapting their behavior when necessary to solve public security challenges in the city. To evaluate the CISSA model, verification was carried out in scenarios of previous studies. With the results obtained, it was realized that the CISSA model can guide city administrators in projects that seek to establish plans to make cities smarter and safer.

Keywords: Smart City; Public Security; Self-adaptive System; Computational Solutions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Caracterização da metodologia da pesquisa.....	17
Figura 2 – Processo das atividades da dissertação de mestrado.....	18
Figura 3 – Iniciativas de Cidade Inteligente classificadas por dimensões.....	21
Figura 4 – Hierarquia das propriedades de autoadaptação.....	29
Figura 5 – Circuito de controle MAPE-K.....	31
Figura 6 – Artefatos da modelagem conceitual.....	33
Figura 7 – Procedimentos de seleção dos estudos do MSL.....	39
Figura 8 – Evolução temporal da produção científica sobre solução computacional utilizada na segurança pública em Cidades Inteligentes (2009 -2018)	41
Figura 9 – Distribuição de publicações por continente (em porcentagem %)	45
Figura 10 – Ranking de soluções computacionais por continente.....	46
Figura 11 – Estrutura do CISSA.....	49
Figura 12 – Ambiente Ilustrativo	52
Figura 13 – Camadas do modelo CISSA.....	53
Figura 14 – Visão geral do conceito, dimensões e componentes da cidade inteligente.....	55
Figura 15 – Camada Conceitual do Modelo CISSA.....	57
Figura 16 – Camada de demandas do modelo CISSA.....	60
Figura 17 – Camada de infraestrutura do modelo CISSA.....	61
Figura 18 – Subsistema gestor da camada de infraestrutura do modelo CISSA.....	62
Figura 19 – Fluxograma do processo de adaptação da camada de infraestrutura.....	64
Figura 20 – Modelo conceitual CISSA.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições de Cidades Inteligentes.....	23
Quadro 2 - Definições de Cidade Segura.....	24
Quadro 3 - Descrição das etapas do circuito MAPE-K.....	31
Quadro 4 - Aplicação do Modelo CESM para o caso de atendimento ao usuário de software..	36
Quadro 5 - Palavras-chave e suas traduções.....	35
Quadro 6 - Síntese das soluções computacionais identificadas.....	42
Quadro 7 - Publicações por demanda de segurança.....	44
Quadro 8 - Associação entre dimensão e demandas de segurança pública.....	58
Quadro 9 - Formulário de avaliação do modelo CISSA.....	68
Quadro 10 - Categorização dos estudos do MSL por dimensão de segurança pública (2017-2018)	69
Quadro 11 - Mapeamento de verificação do estudo de Habadi e Abuabdullah (2018)	71
Quadro 12 - Mapeamento de verificação do estudo de Alam et al. (2017)	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CE	Critérios de Exclusão
CESM	Componente, Ambiente, Estrutura e Mecanismos
CISSA	Modelo Conceitual de Cidade Inteligente e Segura baseado em Sistema Autoadaptativo
CI	Critério de Inclusão
EIU	<i>Economist Intelligence Unit</i> – Unidade de Inteligência Económica
EU	<i>European Union</i> – União Europeia
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i> - Instituto de Engenheiros Eléctricos e Electrónicos
IoT	<i>Internet of Things</i> – Internet das Coisas
IESE	Instituto de Estudos Superiores da Empresa
MSL	Mapeamento Sistemático da Literatura
MAPE-K	Monitorar, analisar, planejar, executar e conhecer
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SI	Sistema de Informação
SMA	Sistemas Multiagente
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UN	Nações Unidas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 METODOLOGIA	16
1.4.1 Classificação da pesquisa.....	16
1.4.2 Etapas da pesquisa	18
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 CIDADES INTELIGENTES	20
2.1.1 Cidade Inteligente e Segura.....	23
2.1.2 Demandas de Segurança Pública	25
2.1.3 Internet of Things (IoT).....	26
2.2 SOLUÇÕES COMPUTACIONAIS	27
2.3 SISTEMAS AUTOADAPTATIVOS	28
2.3.1 Circuito MAPE-K	30
2.4 MODELO CONCEITUAL.....	32
2.4.1 Modelo CESM	34
3 SOLUÇÕES COMPUTACIONAIS PARA SEGURANÇA PÚBLICA EM CIDADES INTELIGENTES	37
3.1 QUESTÕES DE PESQUISA E CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	37
3.2 FONTES E TRATAMENTO DOS DADOS.....	38
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
3.3.1 Q1 - Quais as soluções computacionais validadas, desenvolvidas ou propostas para contribuir com a segurança pública em cidades inteligentes?	42

3.3.2 Q2 - Quais as demandas de segurança pública de cidades inteligentes abordadas nas publicações?	44
3.3.3 Q3 - Quais países ou regiões já implementaram alguma das soluções computacionais para segurança pública em cidades inteligentes?	45
4 CISSA: MODELO CONCEITUAL DE CIDADE INTELIGENTE E SEGURA BASEADO EM SISTEMA AUTOADAPTATIVO	48
4.1 ESTRUTURA DO CISSA	48
4.2 FUNCIONAMENTO DO CISSA	53
4.3.1 Camada conceitual	54
4.3.2 Camada de demandas	57
4.3.3 Camada de infraestrutura	60
5 AVALIAÇÃO DO MODELO CISSA	67
5.1 PROTOCOLO DE VERIFICAÇÃO	67
5.2 VERIFICAÇÃO EM CENÁRIO DE ESTUDOS ANTERIORES	69
5.2.1 Aplicando o CISSA em Habadi e Abuabdullah (2018)	70
5.2.2 Aplicando o CISSA em Alam et al. (2017)	72
6 CONCLUSÃO.....	75
6.1 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	77
6.2 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	77
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo descreve a contextualização e o problema de pesquisa desta dissertação, seus objetivos, justificativa, metodologia, trabalhos relacionados e a estrutura do trabalho. Tudo isto mostrar ao leitor um panorama introdutório e geral do contexto do estudo.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA

De acordo com as projeções das Nações Unidas (NU), a população mundial deve crescer em 2 bilhões de pessoas nos próximos 30 anos, passando dos atuais 7,7 bilhões de indivíduos para 9,7 bilhões em 2050 (NU, 2018). Um estudo da Organização das Nações Unidas (ONU) aponta que hoje mais da metade da população do planeta vive em cidades, e que até o ano de 2050 cerca de 70% da população mundial viverá em centros urbanos, representando 6,8 bilhões de pessoas (ONU, 2015).

Para atingir essas taxas de crescimento as Nações Unidas (2018) estimaram que a região da América Latina e o Caribe alcançariam um crescimento de 18%, em relação a outras regiões do orbe. Isto revela um crescimento populacional constante que serve como alicerce para a criação de novas políticas públicas e a inserção de infraestruturas modernas com apoio de tecnologias inteligentes.

No futuro próximo, os centros urbanos estarão cercados por um ecossistema inovador conectado à Internet e é com o apoio de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) que uma cidade pode se tornar um ambiente inteligente capaz de oferecer serviços inovadores aos cidadãos, uma vez que as cidades precisam manter os ambientes monitorados e controlados, contribuindo assim, para melhorar a qualidade de vida das pessoas.

As cidades inteligentes devem possibilitar o uso de tecnologias integradas por meio de plataformas abertas e interoperáveis que ajudem as cidades a ter a gestão de seus serviços de maneira inteligente e permitir que os cidadãos possam-se conectar a essas plataformas, tendo acesso aos dados e às informações. Aliado a isso, é importante que as cidades inteligentes atendam as demandas sociais e econômicas das cidades promovendo fluxos de interações entre sistemas de tecnologia, materiais, serviços e energia, juntamente com a utilização estratégica da infraestrutura, da informação, da comunicação, e do planejamento urbano (PORTO *et al.*, 2020).

As cidades enfrentam grandes desafios ligados a segurança pública que, por sua vez, pode ser aprimorada com a implementação do conceito de cidade inteligente. Dada a sua relevância como meio de alcançar o bem-estar social, a segurança pública pode ser direcionada por soluções tecnológicas para cidades inteligentes (MOREIRA et al., 2017). Os problemas vinculados à Segurança Pública são comuns em países que visam atingir o desenvolvimento. Transporte, migração e economia são exemplos dos principais eixos beneficiados com as melhorias dos programas de segurança pública de grandes cidades ao redor do mundo.

Nesse contexto, o sistema autoadaptativo é uma solução promissora. Esse sistema tem a capacidade de gerenciar a si mesmo, modificando autonomamente seu comportamento em tempo de execução em resposta as mudanças no ambiente (SABATUCCI; SEIDITA; COSSENTINO, 2018). A autoadaptação é a alteração de comportamento do sistema em respostas as mudanças em seu ambiente operacional, sendo uma característica poderosa, pois permite sistemas com auto-organização (KRUPITZER; VANSYCKEL; BECKER, 2013).

Diante do contexto apresentado, definiu-se a questão de pesquisa: como tornar uma cidade mais inteligente e segura usando sistema autoadaptativo?

1.2 OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objetivo geral desenvolver um modelo conceitual de cidade inteligente e segura baseado em sistema autoadaptativo a fim de contribuir com o desempenho das cidades em oferecer qualidade de vida aos seus cidadãos.

De forma a atingir o objetivo geral da pesquisa, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- a) mapear soluções computacionais que já foram validadas, desenvolvidas ou propostas para contribuir com a segurança pública em cidades inteligentes;
- b) identificar demandas de segurança pública em cidades inteligentes;
- c) propor um modelo conceitual para cidade inteligente e segura baseado em sistema autoadaptativo;
- d) verificação do modelo proposto por meio de cenários de estudos anteriores.

1.3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, dois paradigmas vêm ganhando importância tanto na academia quanto na indústria. Um deles é o conceito de cidades inteligentes que envolve o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) para melhorar diversos aspectos do

cotidiano, tais como transporte, comércio, saúde, meio ambiente, segurança, dentre outros (SILVA et al., 2013). Aliado a isso, o paradigma de Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) procura a integração de dispositivos do mundo real à Internet, monitorando diversas demandas em múltiplos ambientes.

Diversos autores evidenciaram a importância da cidade inteligente para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos (ELMAGHRABY; LOSAVIO, 2014; BRAUN et al., 2018). Nos próximos anos, o paradigma da cidade inteligente tem potencial para aumentar a segurança, proteção e resiliência nos ambientes urbanos (TANG; HUBBARD; WALDMAN, 2018).

Neste contexto, é oportuno destacar que a décima primeira meta dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU é “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” contribuindo para garantir a segurança pública nas cidades (ONU, 2020).

Estimou-se que o valor de mercado de uma “cidade segura” era de US\$ 5,6 bilhões em 2015 e esperava-se que fosse subir para US\$ 8,5 bilhões em 2019. Algumas das soluções mais populares envolvem sistemas integrados e colaborativos, vigilância por vídeo, sensores remotos, análise de dados, monitoramento de mídias sociais, câmeras corporais, reconhecimento facial e leitores de placas (WEST; BERNSTEIN, 2017).

Soluções Computacionais são artefatos e tecnologias habitualmente projetados e implantados para atender a uma única demanda. Isto faz com que muitas vezes mais de uma solução computacional seja instalada no mesmo lugar, sendo cada uma responsável pelo monitoramento de um ou vários acontecimentos físicos (por exemplo, luminosidade, movimento, vigilância) e da transmissão dessas informações para um centro de controle (LUO; TAN; QUEK, 2012).

Apesar de serem soluções bem-sucedidas, estas possuem limitações que são ocasionadas, principalmente, devido à diferença de *hardware* existente (marcas, modelos, padrões etc.), tais como: distintas capacidades de processamento, armazenamento e taxas de transmissão de dados, quando comparados sistemas conectados por redes com ou sem fio. Essas limitações fazem com que seja necessária a utilização de técnicas de gerenciamento de recursos para que as soluções computacionais possam atuar da maneira mais apropriada por longos períodos (ALAJLAN; ELLEITHY, 2014).

Desde o início do século XXI, as soluções computacionais têm apoiado projetos em cidades inteligentes sendo capazes de mudar a forma de vida das pessoas. De acordo com a revista *Enterprise Technology Review* (2003) as soluções computacionais passaram a ser utilizadas de forma mais frequente, podendo ser encontradas em aspectos do cotidiano, desde

casas, indústrias, praças, e estradas, como exemplos de plausíveis ambientes que empregam soluções computacionais.

Dessa forma, soluções computacionais (Capítulo 3) podem ser consideradas como um dos pilares para a criação de cidades inteligentes, uma vez que os ambientes precisam ser monitorados. Essas soluções apresentam duas características importantes: (I) atender a uma única demanda e (II) estar conectada a dispositivos com as mesmas características de hardware. Em ambientes abertos, como universidades, empresas ou cidades, a quantidade de demandas requisitadas pode ser muito grande. Assim, não é razoável assumir que cada anormalidade será atendida por uma única solução computacional, não é apropriada a utilização de um mesmo padrão de soluções computacionais em tais cenários. Por esta razão, a implantação e utilização de soluções diversas tornam-se necessárias (ZHI-YAN; JIAN-ZHEN, 2012).

Apesar da relevância da segurança pública para a qualidade de vida e o bem-estar da sociedade, existe uma escassez de estudos que abordam modelo de cidade inteligente e segura (RISDIANA; SUSANTO, 2019). Nesse ponto, o estudo pretende preencher esta lacuna, propondo um modelo de Cidade Inteligente e Segura baseado em Sistema Autoadaptativo (CISSA). Ao fazer isso, o trabalho contribui para literatura de cidade inteligente de três maneiras. Primeiro, ao identificar as soluções computacionais desenvolvidas para lidar com os desafios da segurança pública. Segundo, o estudo apresenta uma nova taxonomia para classificar as demandas de segurança pública em cidade inteligentes. E terceiro, o estudo demonstra as contribuições que os sistemas autoadaptativos podem oferecer para que a cidade se torne mais inteligente e segura.

1.4 METODOLOGIA

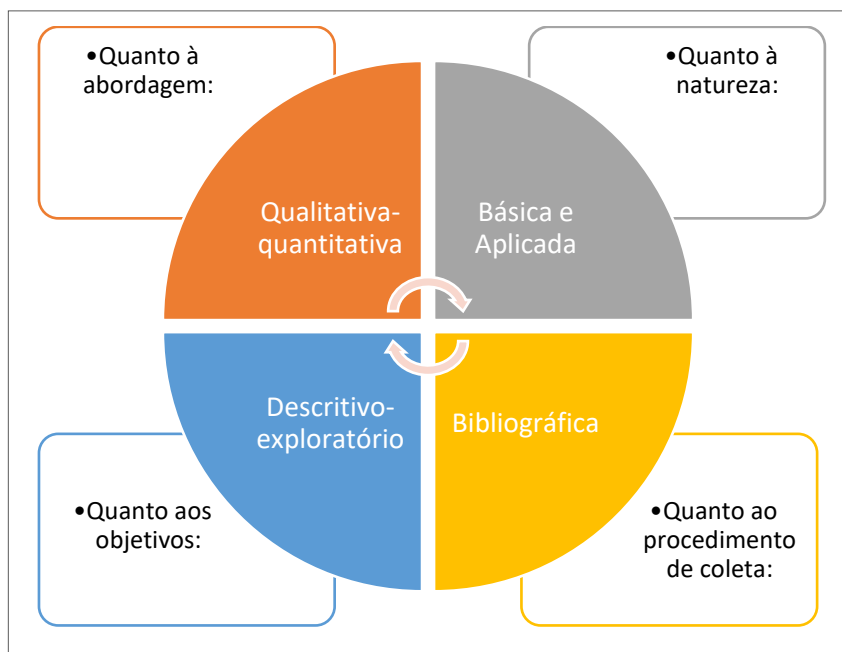
Esta seção tem o objetivo de descrever os procedimentos metodológicos adotados neste estudo. Para tanto, foram definidas as subseções 1.4.1 classificação da pesquisa e 1.4.2 etapas da pesquisa.

1.4.1 Classificação da pesquisa

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza básica e aplicada, possuindo uma abordagem quantitativa e qualitativa com finalidade de desenvolver um modelo conceitual de cidade inteligente e segura baseado em sistema autoadaptativo. A Figura 1 apresenta a classificação da metodologia adotada para esta pesquisa.

Quanto à abordagem dos dados, esta pesquisa pode ser classificada como qualitativa. Prodanov e Freitas (2013) descrevem a pesquisa qualitativa como um estudo em que os pesquisadores são instrumentos-chaves e os dados são analisados indutivamente. A pesquisa qualitativa busca o significado dos dados, tendo a percepção do fenômeno estudado dentro do seu contexto (OLIVEIRA, 2011). Aliado a isso, fez-se o uso da abordagem quantitativa através do uso de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) visando identificar padrões e características da produção científica no tema da pesquisa.

Figura 1 - Caracterização da metodologia da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Segundo Gerhardt e Silveira (2009) esta pesquisa quanto à sua natureza classifica-se como aplicada. Esse tipo de pesquisa visa solucionar problemas, tendo aplicação prática e gerando conhecimento novo e útil. Portanto, o modelo proposto pode ser utilizado pelas organizações responsáveis pela Segurança Pública para adotar soluções computacionais em projetos de cidades inteligentes, contribuindo com a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Aliada a isso a pesquisa básica visa gerar novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa pode ser classificada como descritiva e exploratória. Para Gil (2017), essa classificação orienta-se como a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis, bem como na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como

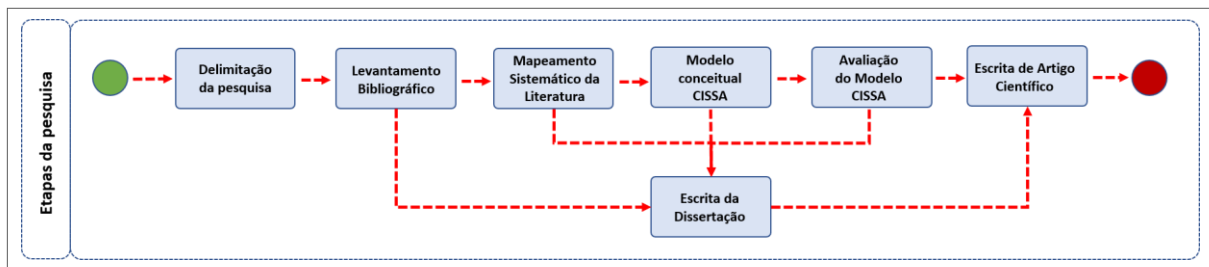
questionário e a observação sistemática. A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o objeto de estudo explorado a fim de torná-lo mais explícito (GERHARDT; SILVEIRA, 2009)

Já para os procedimentos técnicos, esta pesquisa pode ser classificada como pesquisa bibliográfica. Fontelles *et al.* (2009) descrevem que esse tipo de pesquisa analisa o material já publicado, seja para o desenvolvimento de um trabalho ou para compor a fundamentação teórica a partir da avaliação atenta e sistemática de livros, periódicos, documentos, entre outros. Gerhardt e Silveira (2009) reforçam que os trabalhos científicos têm início com uma pesquisa bibliográfica, permitindo que o pesquisador conheça o que já se estudou sobre o assunto. Portanto, o MSL que identifica as Soluções Computacionais que contribuem com a Segurança Pública são um exemplo dessa abordagem, tanto na construção do referencial teórico, quanto para construção do modelo.

1.4.2 Etapas da pesquisa

A Figura 2 apresenta o processo de condução da pesquisa dividido em sete atividades.

Figura 2 – Processo das atividades da dissertação de mestrado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A seguir são descritas as etapas desenvolvidas para elaboração da dissertação:

- a) **delimitação do problema de pesquisa:** definição do tema e problema do estudo a fim de traçar os objetivos e necessidades vinculados ao tema de pesquisa;
- b) **levantamento bibliográfico:** investigação dos conceitos de Cidades Inteligentes, *Internet of Things*, Cidade Inteligente e Segurança, Soluções Computacionais, Sistema autoadaptativo, demandas de segurança pública e modelo conceitual. O referencial teórico baseou-se em artigos científicos, teses, dissertações, livros, capítulos de livros, trabalhos completos e outras publicações nacionais e internacionais;

- c) **mapeamento Sistemático da Literatura:** esta atividade teve o objetivo de mapear as soluções computacionais e as demandas de segurança no contexto de cidades inteligentes. O Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) seguiu os padrões de Kitchenham (2004);
- d) **modelo conceitual CISSA:** esta atividade consistiu em desenvolver um modelo conceitual de cidade inteligente e segura baseado em sistema autoadaptativo. A elaboração do modelo seguiu as recomendações de Bunge (2003) e as informações obtidas no MSL;
- e) **avaliação do modelo CISSA:** esta atividade contou com a elaboração de um formulário de avaliação e a verificação do modelo CISSA em cenário de estudos anteriores. A verificação do modelo pautou-se em pesquisa documental com base no estudo de Souza e Silva (2011);
- f) **escrita da dissertação:** consistiu na elaboração da escrita da dissertação e foi realizado em paralelo com as atividades 2 a 5;
- g) **escrita de Artigo Científico:** escrita e submissão de artigos científicos em revistas e conferências nacionais e internacionais.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está segmentada em 6 capítulos. O capítulo 1 contém a introdução, com a contextualização e o problema de pesquisa, objetivos, justificativa, metodologia e estrutura do trabalho. O capítulo 2 apresenta os fundamentos teóricos necessários para a realização da pesquisa, trazendo os conceitos de Cidades Inteligentes e *Internet of Things* - IoT, Cidade Inteligente e Segura, Sistema Autoadaptativo, Demandas de Segurança Pública e Modelo conceitual. O capítulo 3 compreende o Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) sobre soluções computacionais para segurança pública em cidades inteligentes. No capítulo 4 é apresentado o modelo CISSA descrevendo sua estrutura, papéis, camadas e funções. No capítulo 5 é exposta a validação do modelo. O capítulo 6 descreve as conclusões e trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo apresentar os conceitos fundamentais para a compreensão desta dissertação, dentre eles: Cidades Inteligentes e *Internet das coisas (Internet of Things – IoT)*, Cidade Inteligente e Segura, Sistema Autoadaptativo, Demandas de Segurança Pública e Modelo Conceitual, permitindo um melhor entendimento deste trabalho.

2.1 CIDADES INTELIGENTES

Os primeiros estudos que abordam o conceito de cidade inteligente surgiram no início da década de 1990 com Batty (1990) e Gibson, Kozmetsky e Smilor (1992). A primeira publicação associa o conceito de cidade inteligente ao uso de redes de informação para obtenção de vantagem competitiva, enquanto Gibson, Kozmetsky e Smilor (1992) relaciona o conceito de cidade inteligente ao desenvolvimento urbano por meio da tecnologia, inovação e globalização em uma perspectiva econômica.

O conceito de Cidade Inteligente é abrangente e multifacetado. O tema ainda em construção foi definido sob diferentes perspectivas. Ismagilova *et al.* (2019) ressaltam que a cidade inteligente se caracteriza pela abordagem centrada em Sistemas de Informação (SI) para o uso inteligente das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) dentro de uma infraestrutura interativa para fornecer serviços avançados e inovadores aos seus cidadãos, impactando na qualidade de vida e no gerenciamento sustentável dos recursos naturais.

Para Edge *et al.* (2020), a cidade inteligente é um conjunto de políticas e programas que tem o propósito de aumentar a efetividade dos serviços municipais, incentivar o desenvolvimento urbano, melhorar a qualidade de vida e facilitar o investimento privado. A União Europeia (2014) considerou que o conceito de cidade inteligente está fundamentado na criação e conexão de uma infraestrutura de capital humano, capital social e tecnologia da informação e comunicação a fim de gerar maior desenvolvimento sustentável e melhor qualidade de vida.

Bouskela et al. (2016, p. 16) apresentam uma definição ampla de cidade inteligente:

Uma cidade inteligente é aquela que coloca as pessoas no centro do desenvolvimento, incorporando tecnologias da informação e comunicação na gestão urbana e utiliza esses elementos como ferramentas que estimulam a formação de um governo eficiente, que engloba o planejamento colaborativo e a participação cidadã. *Smart cities* favorecem o desenvolvimento integrado e sustentável tornando-se mais inovadoras, competitivas, atrativas e resilientes, melhorando vidas.

Segundo a OECD (2019), cidade inteligente é um conjunto de iniciativas que visam elevar o aspecto digital da cidade para aumentar o bem-estar dos cidadãos e fornecer mais eficiência, serviços e ambientes urbanos sustentáveis e inclusivos. Essas cidades geram várias oportunidades de negócios e possibilidades de colaboração entre os setores público e privado (IESE, 2019).

Camero e Alba (2019) investigaram a literatura sobre cidade inteligente a partir do ponto vista da Tecnologia da Informação (TI) e da Ciência da Computação, apresentando uma nova taxonomia em que as iniciativas de cidades inteligentes foram classificadas nas dimensões econômica, meio ambiente, governança, vida, mobilidade e pessoas, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Iniciativas de Cidade Inteligente classificadas por dimensões.

ECONOMIA INTELIGENTE	AMBIENTE INTELIGENTE
<ul style="list-style-type: none"> • Empreendedorismo • Flexibilidade do mercado de trabalho • Inovação • Produtividade 	<ul style="list-style-type: none"> • Proteção do meio ambiente • Poluição • Administração de recursos sustentáveis
GOVERNANÇA INTELIGENTE	VIDA INTELIGENTE
<ul style="list-style-type: none"> • Participação de decisões • Serviços sociais públicos • Políticas , perspectivas e estratégias 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalações culturais • Instalações educacionais • Condições saudáveis • Qualidade das moradias • Atividade turística
MOBILIDADE INTELIGENTE	PESSOAS INTELIGENTES
<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da infraestrutura de SIT • Acessibilidade • Sistemas de transporte inovadores, seguros e sustentáveis 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade e criatividade • Nível de qualificação • Participação da vida pública • Mente aberta • Pluralidade social e étnica

Fonte: Adaptado de Camero e Alba (2019).

Nilssen (2019) estruturou o conceito de cidade inteligente por meio de quatro dimensões de inovação: (1) tecnológico, (2) organizacional, (3) colaborativo e (4) experimental. Iniciativas de cidades inteligentes orientadas para a dimensão tecnológica compreendem práticas, produtos e serviços inovadores com a intenção de promover a melhoria de vida cotidiana dos habitantes da cidade, enquanto que iniciativas de cidades inteligentes com foco

nas inovações organizacionais ocorrem internamente na organização (municipal). Iniciativas de cidades inteligentes baseadas em inovações colaborativas combinam esforços e recursos sob o paradigma de inovação aberta ao passo que na dimensão experimental valorizam-se os aspectos de inovação e retórica e narrativa por meio de uma abordagem centrada no cidadão, por exemplo, cidadãos empreendedores.

Mahesa, Yudoko e Anggoro (2019) analisaram o desenvolvimento de cidades inteligentes sob a ótica da sustentabilidade. Para os autores, a essência do conceito de cidade inteligente é que a cidade e todos os seus componentes podem gerenciar os recursos existentes para apoiar e manter a continuidade dos ecossistemas. As dimensões utilizadas em seu estudo foram:

- Governança inteligente compreendendo serviço público, burocracia e políticas públicas;
- Marca inteligente incluindo *branding* de turismo, *branding* de negócios e *branding* de aparência da cidade;
- Economia inteligente incluindo indústria competitiva, bem-estar e transações;
- Vida inteligente que inclui harmonização do *layout* regional, instituições de saúde e acesso à mobilidade.
- Sociedade Inteligente com interação comunitária, ecossistema de aprendizagem, segurança e proteção, e;
- Ambiente inteligente compreendendo proteção ambiental, gerenciamento de resíduos e responsabilidade energética.

Uma outra abordagem dada ao conceito de cidades inteligentes concentra-se na *Internet of Things* (IoT). Das, Sharma e Ratha (2019) consideram que uma cidade inteligente é um ambiente que integra a tecnologia da comunicação e a IoT de maneira segura para gerenciar o desenvolvimento urbano. As plataformas de IoT foram consideradas um dos principais facilitadores de uma cidade inteligente, oferecendo aos cidadãos e autoridades públicas plataformas de serviços para melhorar as condições de vida, transporte e segurança (GRIMALDI; FERNANDEZ, 2019; MAVROPOULOS *et al.*, 2019; FAHMIDEH; ZOWGHI, 2020). O Quadro 1 apresenta uma síntese das várias definições identificadas para o termo cidades inteligentes.

Quadro 1 – Definições de Cidades Inteligentes

Autor	Abordagem	Definição
Ismagilova et al. (2019)	Sistemas de Informação	São aquelas que possuem uma infraestrutura interativa para fornecer serviços avançados e inovadores aos seus cidadãos, impactando a qualidade de vida e o gerenciamento sustentável dos recursos naturais.
Edge et al. (2020)	Governança	São aquelas que produzem um conjunto de políticas e programas que tem o propósito de aumentar a efetividade dos serviços municipais, incentivar o desenvolvimento urbano, melhorar a qualidade de vida e facilitar o investimento privado.
União Europeia (2014)	Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	São aquelas que procuram resolver questões públicas por meio de soluções baseadas em TIC, com base em uma parceria municipal de várias partes interessadas.
Camero e Alba (2019)	Tecnologia da Informação (TI) e Ciência da Computação (CC)	São aquelas com iniciativas que usam TI e CC para melhorar os serviços públicos na cidade.
Nilssen (2019)	Inovação	São aquelas com capacidade de gerarem inovações tecnológicas, organizacionais, colaborativas e experimentais.
Mahesh, Yudoko e Anggoro (2019)	Sustentabilidade	São aquelas que gerenciam os recursos existentes para apoiar e manter a continuidade dos ecossistemas.
Das, Sharma e Ratha (2019)	<i>Internet of Things</i>	São aquelas que empregam sistemas complexos e inovadores, dentro de componentes estruturais e sociais, melhorando a qualidade de vida dos cidadãos e fortalecendo a expansão dos centros urbanos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020), com base na bibliografia.

Embora existam diferentes abordagens na conceituação de cidades inteligentes, os estudos convergem na perspectiva de que a tecnologia é um fator indispensável para que as cidades alcancem seus objetivos. Este estudo concentra-se nos conceitos IoT para cidades inteligentes dando ênfase à dimensão de segurança pública abordada no tópico a seguir.

2.1.1 Cidade Inteligente e Segura

A segurança é o elemento mais significativo das cidades inteligentes do ponto de vista dos cidadãos (TALARI et al., 2017). Apontada na pirâmide das necessidades de Maslow, a segurança é um componente fundamental da qualidade de vida em todas as cidades (LACINÁK; RISTVEJ, 2017).

Loideain (2017) aponta que cidades inteligentes e seguras devem possibilitar o uso das TIC e IoT para combater o crime e garantir a segurança pública, representando uma importante estratégia adotada pelas autoridades locais para enfrentar os desafios da governança urbana.

Lacinák e Ristvej (2017) definiram cidade segura como um subsistema da cidade inteligente que integra tecnologia e ambiente natural para atender todos os aspectos de segurança dentro da cidade. Eles consideram que uma cidade segura deve incluir sistemas e

rotas de tráfego inteligentes, sistemas de segurança inteligentes para vigilância, pesquisa, detecção e identificação, sistemas inteligentes de gestão de crises para apoiar a tomada de decisão, o alerta precoce, o acompanhamento e a previsão de emergência, além de conexão segura à internet e proteção de dados.

Para Setiyono e Supangkat (2018) a segurança pública refere-se ao bem-estar do público em geral por meio da prevenção e proteção de riscos que afetam a segurança, como crimes, acidentes e desastres. Os autores identificaram a segurança pessoal, a segurança sanitária e a segurança de infraestrutura como importantes parâmetros de uma cidade segura e protegida.

Solanki et al (2016) consideram que uma cidade inteligente e segura precisa usar tecnologia digitais ou TIC para melhorar a qualidade de vida, realizando o rastreamento de atos ilícitos, como o roubo de energia, e mantendo a segurança em locais públicos.

Risdiana e Susanto (2019) afirmam que cidade segura é uma comunidade que utiliza tecnologia para ajudar governo, comunidades e empresas a reduzir as chances de crimes e proporcionar um ambiente em que as pessoas se sintam seguras e confortáveis. Os autores identificaram uma lista extensa de definições de cidade segura conforme pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Definições de Cidade Segura

Autor	Definição
Anuar et al (2012)	O conceito de cidade segura é uma abordagem única e, como parte do conceito de cidade habitável, concentra-se no problema do crime nas áreas urbanas.
Lacinák e Ristvej (2017)	Cidade Segura é uma cidade que, pela integração de tecnologia e ambiente natural, aumenta a eficácia dos processos em campo segurança, a fim de reduzir as ameaças ao crime e ao terror, permitir que seus cidadãos vivam em ambiente saudável e tenham acesso a cuidados de saúde e para obter prontidão e resposta rápida a emergências ameaçadoras ou surgidas.
Anuar et al (2011)	Cidade segura faz parte do conceito de cidade habitável que se concentra no problema do crime nas áreas urbanas.
Vitalij et al (2012)	O conceito de cidade segura também é criar um plano de resposta unificado para as principais situações de emergência.
Cozens et al (2005)	Segurança e sustentabilidade das cidades no futuro, devido ao fato da prevenção de crimes por meio de projetos ser considerado uma das abordagens que considera interação social como um dos fatores determinantes mais importantes de seu sucesso.
Raj e Raman (2015)	A “Cidade Segura” como conceito e solução oferece serviços de informação e comunicação, combinando sistemas de segurança em um único espaço de informações baseado no paradigma da nuvem.
Den et al (2006)	A Cidade Segura, um trabalho bem informado que pode ter muito a dizer aos formuladores de políticas, estudantes e acadêmicos envolvidos em agendas de segurança.
Tao et al (2014)	A segurança dos sistemas de linhas de vida da cidade possui características de rede complexa, várias áreas, inúmeras operações.
Yigitcanlar e Foth (2018)	Um centro urbano do futuro seguro, ambientalmente verde e eficiente, com infraestruturas avançadas, como sensores, eletrônicos e redes para estimular o crescimento econômico sustentável e uma alta qualidade de vida.
Fesenko et al (2017)	Aspectos essenciais do conceito de segurança, em primeiro lugar, a definição intersetorial de locais perigosos usando sistemas de avaliação, permanecem fora do campo de visão dos pesquisadores.

Kehoe et al (2011)	Uma cidade saudável e segura aborda a saúde e a segurança de residentes e visitantes por meio de inovações nas redes locais de saúde, gestão e prevenção de doenças, serviços sociais, segurança alimentar, segurança pública e privacidade de informações individuais.
Hedlund (2012)	Segurança e proteção: a maioria das pessoas tem medo de andar em bairros que considera perigosos. Ao fornecer serviços abertos e confiáveis estatísticas sobre o crime em todas as áreas de uma cidade, a cidade pode ajudar a fazer com que seus cidadãos se sintam mais seguros.
Ismagilova et al (2019)	A segurança pública é uma grande área de preocupação na crescente urbanização, especialmente nos países em desenvolvimento.
Cho e Park (2017)	A segurança é um dos desejos humanos mais básicos, os moradores exigem que o país e os governos locais elaborem políticas projetadas para garantir a segurança dos moradores da comunidade.

Fonte: Adaptado de Risdiana e Susanto (2019).

Dessa forma, a cidade inteligente e segura é composta por uma infinidade de soluções computacionais que auxiliam na segurança e privacidade dos cidadãos concentradas em torno de um sistema de defesa (BRAUN *et al.*, 2018).

2.1.2 Demandas de Segurança Pública

Em 2019, o *Economist Intelligence Unit* (EIU) divulgou um novo relatório do Índice de Cidades Seguras que classifica 60 cidades ao redor do mundo em 57 indicadores de segurança distribuídos em quatro categorias: (1) segurança digital, (2) segurança sanitária, (3) segurança de infraestrutura e (4) segurança pessoal. A segurança digital compreende demandas por medidas de segurança para combater ataques cibernéticos. A segurança sanitária relaciona-se às demandas de acesso adequado aos serviços de saúde e o oferecimento de ambientes urbanos saudáveis. A segurança de infraestrutura corresponde às medidas para garantir a segurança dos edifícios, estradas, pontes, além de outras infraestruturas físicas dos ambientes urbanos. A segurança pessoal diz respeito às medidas de segurança para combater, por exemplo, atos terroristas, crimes urbanos e a violência.

Em adição, Bannan et al. (2017) elaboraram um guia para as cidades identificarem, avaliarem, desenvolverem e aplicarem tecnologias de ponta aos desafios de segurança pública em comunidades avançadas, complexas e tecnologicamente integradas. Neste guia, os desafios da segurança pública foram organizados em quatro áreas, a saber:

- a) segurança pública e resposta - coordenação de operações de emergência entre agências (por exemplo, combate a incêndios, serviços médicos de emergência, gerenciamento de emergência, busca e salvamento e aplicação da lei);
- b) gerenciamento de emergência e preparação - coordenação de agências e recursos locais, regionais e federais em todo o ciclo tradicional de gerenciamento de emergências (prevenção, proteção, mitigação, resposta, recuperação);

- c) recuperação de desastres - integração de políticas e dimensões sociais, econômicas e comportamentais, incluindo continuidade de governança, comunicações de risco, planejamento de desastres, preparação e serviços de recuperação para o desafio da recuperação da comunidade pós-desastre;
- d) resiliência da cidade - aplicação de tecnologias avançadas e emergentes aos desafios mais amplos de resiliência da comunidade, monitoramento ambiental, saúde pública, sustentação geral da qualidade de vida, coesão e identidade social.

De maneira geral, a literatura científica apresenta uma gama de demandas de segurança pública, sendo gestão de tráfego e transporte, gestão de multidões, percepção de segurança, desastres naturais, rastreamento e localização, vigilância e monitorização como as demandas mais recorrentes no contexto de cidades inteligentes (STEINHAUSER; SONNENBICHLER; GEYER-SCHULZ, 2011; FIRMINO et al., 2013; CILLIERS; FLOWERDAY, 2017; HUANG et al., 2017; RETAMAR et al., 2017; XU et al., 2018; MEILING, 2018; CIFTLER et al., 2018).

De acordo com Siqueira Júnior (2016) as demandas no contexto das cidades inteligentes que usam o paradigma IoT podem ser tipificadas em duas classes:

- Demandas pré-estabelecidas, as quais vão existir dentro do ambiente inteligente. Desta forma, o ambiente pode ser preparado para atender a tais exigências;
- Demandas *on-the-fly* que não estão pré-estabelecidas no ambiente, podendo exigir recursos sem que os dispositivos estejam preparados para atendê-las. Levando em consideração as demandas *on-the-fly*, é aceitável que os requisitos exigidos pelas demandas possam variar. Assim, um ambiente inteligente não tem como prever qual será o tipo de demanda *on-the-fly*.

2.1.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) é uma rede de dispositivos que estão conectados e se comunicam entre si para executar determinadas tarefas, sem existir intervenção de humanos ou humanos e computadores (DAS; SHARMA; RATHA, 2019). A IoT corresponde a um paradigma contemporâneo que integra uma variedade de artefatos ou dispositivos (câmeras de vigilância, sensores, sistemas de processamento de imagens, georreferenciamento) que são conectados por redes com ou sem fio para interoperar uns com os outros.

Kipper (2013) observou que a IoT é útil para as funções de informação e análise e automação e controle por permitir o rastreamento de eventos, análise orientada por sensores,

otimizando processos e recursos em sistemas autônomos complexos. Asghari, Rahmani e Javadi (2019) em sua Revisão Sistemática da Literatura (RSL) evidenciaram uma série de estudos que abordam aplicações de plataformas IoT para cidades inteligentes. Eles categorizaram as aplicações IoT para cidades inteligentes em dimensões que compreendem casa inteligente, edifício inteligente, computação urbana, segurança, emergências e monitoramento de tráfego.

Talari *et al* (2017) identificaram os sistemas de vigilância como uma importante tecnologia de IoT para cidades inteligentes. Os autores argumentaram que toda cidade inteligente deve ser constantemente monitorada e observada, cabendo aos sistemas de vigilância monitorar ações das pessoas para detectar qualquer ato violento ou alarmar em caso de emergência.

2.2 SOLUÇÕES COMPUTACIONAIS

O termo Soluções Computacionais adotado neste trabalho compreende aplicações, arquiteturas, câmeras, *frameworks*, modelos, sensores e sistemas usados em projetos de segurança pública de cidades inteligentes.

O desenvolvimento de sistemas computacionais que apoiam a vigilância, monitorização, gestão de transporte e localização como demandas que incluem técnicas de *software*, *hardware*, ferramentas geoespaciais, aplicações, arquiteturas e métodos de coleta de informações, que permitem analisar e gerenciar grandes volumes de dados, integrando bases cartográficas, fotográficas e digitais, além de múltiplas soluções. O avanço no desenvolvimento e aprimoramento de sistemas permite que todos esses diferentes tipos de elementos independentemente da fonte ou do formato sejam integrados em uma única interface, que pode ser utilizada para processar, projetar e apresentar dados geográficos ou de posicionamento (MEILING *et al.*, 2018).

A utilização de sensores em cidades inteligentes parece mitigar os roubos e crimes comuns, além de acelerar o tempo de resposta em situações de catástrofe, como terremotos, inundações, incêndios, entre outros. Dispositivos com diferentes configurações e tipos de sensoriamento podem atender variados fenômenos do ambiente. Para que esses dispositivos funcionem plenamente é necessário que a IoT desempenhe um papel crucial no gerenciamento de uma rede automatizada de dispositivos interoperáveis (RETAMAR *et al*, 2017; XU *et al.*, 2018).

Os crescentes índices de criminalidade e as mudanças climáticas fortalecem a ideia de melhorar o paradigma tradicional de combate a violência e desastres naturais, junto com isso o vídeomonitoramento provê ferramentas avançadas que apoiam o policiamento tradicional (CIFTLER *et al.*, 2018).

As câmeras de vigilância apoiam projetos de laboratórios urbanos em cidades que visam a melhoria contínua da qualidade de vida. Em áreas públicas e locais com grande concentração de pessoas, as câmeras de vigilância reduzem as taxas de criminalidade, detectando condutas irregulares, ajudando na captura de criminosos, fornecendo evidências, facilitando o mapeamento e a identificação, melhorando a segurança em vias públicas e reduzindo, assim, o medo de uma ação criminal, aumentando a sensação de segurança dos cidadãos (FIRMINO *et al.*, 2013; HUANG *et al.*, 2017).

As câmeras de vigilância ajudam a manter-nos seguros enquanto realizamos atividades cotidianas como ir ao trabalho ou ao shopping. Dessa forma, as autoridades estão atentas a qualquer comportamento suspeito, seja criminoso, terrorista ou desastres ambientais.

Os modelos e *frameworks* representam técnicas computacionais e conjuntos de métodos, ferramentas e formulações direcionadas à solução de problemas complexos de acordo com necessidades próprias (STEINHAUSER; SONNENBICHLER; GEYER-SCHULZ, 2011; CILLIERS; FLOWERDAY, 2017).

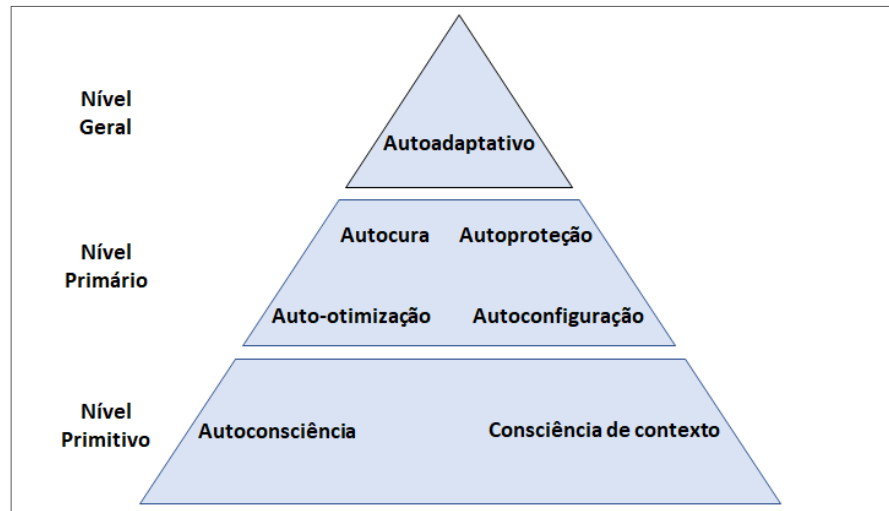
2.3 SISTEMAS AUTOADAPTATIVOS

De acordo com Silva (2018) sistemas autoadaptativos operam em condições de incerteza e podem decidir autonomamente como adaptar seu comportamento em tempo de execução em resposta às mudanças contextuais. Estes sistemas apresentam características intrínsecas como autoconsciência, consciência de contexto, propriedades autonômicas e autoadaptabilidade.

Segundo Salehie e Tahvildari (2009) o sistema autoadaptativo possui a autoadaptabilidade e a auto-organização como propriedades gerais que são decompostas em propriedades principais e propriedades primitivas (Figura 4). As propriedades principais dizem respeito a autoconfiguração, autocura, auto-otimização e autoproteção. Autoconfiguração é a capacidade de configurar automaticamente e dinamicamente o sistema baseado em políticas para responder mudanças. Autocura é a capacidade de identificar, diagnosticar e reparar falhas e erros do sistema. Auto-otimização é a capacidade de gerenciar o desempenho e recursos

alocados a fim de satisfazer os requisitos de diferentes usuários. Autoproteção é a capacidade de identificar violações de segurança e se recuperar de seus efeitos.

Figura 4 – Hierarquia das propriedades de autoadaptação



Fonte: Salehie e Tahvildari (2009).

Em relação as propriedades primitivas, entende-se que autoconsciência é a capacidade do sistema em entender seu estado e comportamento próprio, enquanto consciência de contexto mostra que o sistema está ciente do seu contexto que é o ambiente operacional (SALEHIE; TAHVILDARI, 2009).

Salehie e Tahvildari (2011) consideram que um sistema autoadaptativo é capaz de avaliar e alterar seu próprio comportamento quando verifica que não está cumprindo com o que o software pretende fazer ou quando é possível obter um melhor desempenho ou funcionalidade. Mahdavi-Hezavehi, Avgeriou e Weyns (2017) apontam que um sistema autoadaptável pode modificar sua estrutura e comportamento por diversas razões. Entre elas: mudanças no ambiente, falhas no sistema, alterações nas prioridades de atributos de qualidade e a necessidade de lidar com novos requisitos.

Weyns (2018) argumenta que os sistemas autoadaptativos possuem dois princípios básicos: externo e interno. O princípio externo declara que o sistema pode lidar com mudanças e incertezas do ambiente de forma autônoma, enquanto que o princípio interno declara que o sistema possui preocupações relativos ao domínio (isto é, preocupações pelas quais o sistema foi construído) e adaptação (isto é, preocupações com as preocupações do domínio).

Sabatucci, Seidita Cossentino (2018) desenvolveram um metamodelo que estrutura e classifica um sistema inteligente em quatro tipos de adaptação. A adaptação do tipo I ocorre se a atividade de tempo de execução for acionada por um conjunto de ações codificadas, ou

seja, selecionadas ou configuradas de acordo com o contexto operacional. A adaptação de tipo II caracteriza-se por um sistema que possui um conjunto de estratégias pré-estabelecidas, sendo que cada estratégia tem uma agregação de ações. Essa adaptação é realizada quando a estratégia for selecionada ou configurada em tempo de execução de acordo com aspectos de qualidade (por exemplo, tempo, eficiência e confiabilidade). A adaptação tipo III é verificada quando o sistema consegue definir uma nova estratégia em tempo de execução. Já a adaptação tipo IV acontece se o sistema consegue modificar seus modelos de tempo de execução para gerar novas funções.

Uma das principais abordagens de sistemas autoadaptativos consiste em sistemas multiagentes. Sistemas multiagentes na engenharia de sistemas autoadaptativos possuem as características de acoplamento soltos, sensibilidade ao contexto, robustez em resposta a falhas e eventos independentes (MACÍAS-ESCRIVÁ et al., 2013). Nessa linha, Reis (2003, p. 50) esclarece o significado de sistema multiagente como sendo:

Os Sistemas Multiagente (SMA) são sistemas compostos por múltiplos agentes, que exibem um comportamento autónomo mas ao mesmo tempo interagem com os outros agentes presentes no sistema. Estes agentes exibem duas características fundamentais: serem capazes de agir de forma autónoma tomando decisões levando à satisfação dos seus objectivos; serem capazes de interagir com outros agentes utilizando protocolos de interacção social inspirados nos humanos e incluindo pelo menos algumas das seguintes funcionalidades: coordenação, cooperação, competição e negociação.

No SMA, o agente pode ser uma entidade real ou virtual com comportamento autónomo, interagindo com o ambiente e outros agentes. A arquitetura básica de qualquer agente se divide em duas partes: sistema inteligente, responsável por resolver problemas do domínio de sua especialidade, e sistema de cooperação, parte que permite ao agente se comunicar e interagir com outros agentes no ambiente em que está inserido (CARDOSO, 1999).

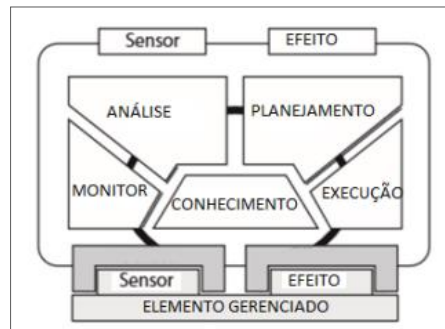
2.3.1 Circuito MAPE-K

A IBM (2006) propôs um modelo de controle para sistemas autoadaptativos conhecido como MAPE-K. Esse modelo contém os seguintes subcomponentes: Monitorar, Analisar, Planejar, Executar e Conhecimento em um ciclo que requer uma interface de eventos para receber demandas e fornecer determinadas ações. A interface interna é conectada a uma interface externa que fornece informações ao componente monitor como via de entrada de demandas ou processos. Adicionalmente, a interface interna é vinculada à interface externa por

meio do componente de execução. Estas etapas colaboram e trocam dados entre si por meio de uma base de conhecimento compartilhada para fornecer as funcionalidades necessárias.

A Figura 5 apresenta um elemento autônomo no qual o gerenciador autônomo aciona as adaptações do recurso gerenciado para alcançar objetivos específicos de qualidade.

Figura 5 - Circuito de controle MAPE-K



Fonte: IBM (2003).

O recurso gerenciado representa qualquer recurso de *software* ou *hardware* que tenha um comportamento autônomo, acoplado a um gerenciador autônomo. Este último consiste em sensores e efetores, além de quatro entidades que realizam um ciclo de feedback (Monitorar, Analisar, Planejar, Executar), suportado por uma base de conhecimento que permite a troca de informações entre essas entidades. Os sensores monitoram o recurso gerenciado para gerar uma coleção de dados refletindo o estado do sistema, enquanto os efetores aplicam as alterações no recurso gerenciado (IBM, 2006). O Quadro 3 sintetiza as etapas do circuito MAPE-K.

Quadro 3 - Descrição das etapas do circuito MAPE-K

Etapas	Descrição
Monitorar	A etapa monitorar permite que o sistema autônomo colete os dados detectados pelos sensores disponíveis. Os dados acumulados são então limpos, filtrados e removidos. Finalmente, armazenado para referência futura para retratar um modelo preciso de estados passados e atuais.
Analisar	A etapa analisar consiste em explorar os dados contidos nos sintomas recebidos e tratá-los de acordo com políticas e estratégias de gerenciamento de alto nível para decidir quais sequências devem ser interpretadas ou descartadas.
Planejar	A etapa planejar é responsável pelo planejamento de ações de adaptação, geralmente de acordo com algumas estratégias norteadoras, ou seja, é composta por um fluxo de trabalho de ações de adaptação para atingir as metas do sistema quando necessário.
Executar	A etapa executar fornece os mecanismos para controlar a execução do plano de ação sobre os recursos gerenciados por meio de efetores. Além disso, garante a consistência do sistema durante a execução dessas ações.
Base de Conhecimento	A etapa base de conhecimento representa as informações de gerenciamento que podem ser compartilhadas para todos os componentes do MAPE-K. Ele contém todo o conhecimento relevante para o gerenciamento do sistema, como: sua representação, as políticas de alto nível a seguir, as métricas de avaliação, as regras de inferência específicas para cada tarefa, o histórico operacional, as sondas e atuadores disponíveis, as estratégias de adaptação e a topologia.

Fonte: Adaptado de IBM (2006).

Dada sua relevância, surgiram na literatura diversos estudos envolvendo o circuito de controle MAPE-K utilizando autoadaptação em ambientes dinâmicos. Segundo Arcaini, Riccobene e Scandurra (2015) a autoadaptação opera em ambientes dinâmicos que lidam com condições altamente variáveis, podendo mudar de comportamento, aparecer, sumir ou permanecer. Com base na sequência de quatro etapas do MAPE-K (monitorar, analisar, planejar e executar sobre uma base de conhecimento), os autores propuseram um modelo de referência para autoadaptação, estabelecendo um guia influente na automação de sistemas.

O estudo de Ouareth, Boulehouache e Mazouzi (2018) a partir do MAPE-K aborda um modelo fractal para sistemas grandes e complexos, utilizando hierarquia e padrões de interesse que coordenam os vários componentes do circuito de controle. Nesse modelo é possível identificar as principais atividades para autoadaptação de um sistema, o qual se utiliza de um monitor que registra a necessidade de adaptação.

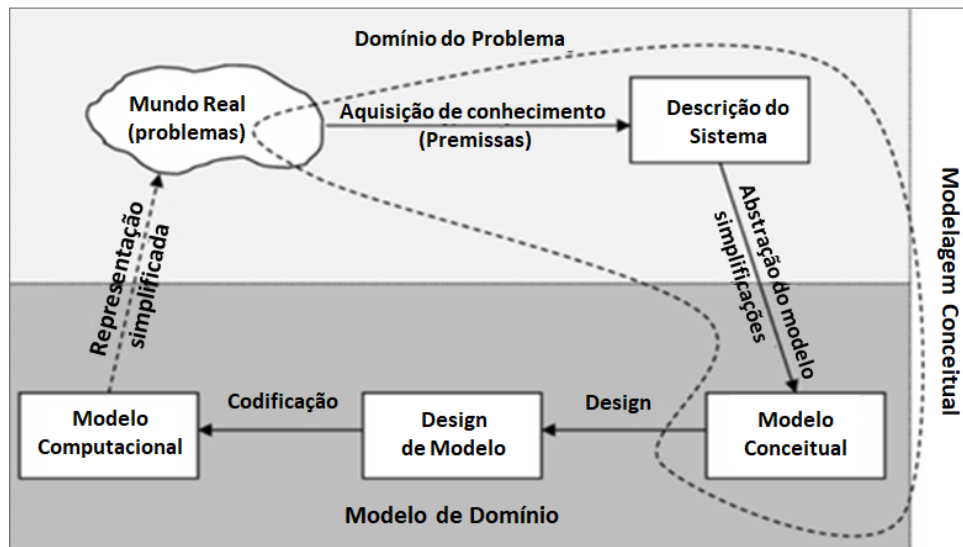
2.4 MODELO CONCEITUAL

Robinson (2010) evidenciou a distinção entre modelo conceitual e modelagem conceitual. Modelo conceitual é uma representação do sistema real independente do código ou *software* do modelo, apresentando uma descrição suficiente para resolver a situação problema. Além disso, ele possui seis componentes principais: objetivos, entradas, saídas, conteúdo, premissas e simplificações do modelo. A modelagem conceitual, por sua vez, trata sobre a mudança de uma situação problemática, através dos requisitos do modelo para uma definição do que será modelado e como.

A modelagem conceitual é uma atividade importante no campo de sistema de informação e engenharia de software, pois a partir dela é possível obter a estruturação de conceitos abstraídos de um domínio do mundo real (VILLELA; OLIVEIRA; BRAGA, 2004). Furian et al. (2015) ressaltaram que não existe uma definição comumente aceita de modelo conceitual e as tarefas de modelagem associadas. Para eles, a modelagem conceitual é um dos aspectos mais importante de um projeto de simulação, pois envolve a abstração de um modelo do mundo real, identificando o que deve ser modelado e como.

Em adição, Robinson et al. (2015) observaram que a modelagem conceitual é a atividade de abstração do modelo, decidindo o que modelar e o que não modelar. Esta fase captura uma parte suficientemente grande e completa do domínio do mundo real e possui quatro artefatos principais: descrição do sistema, modelo conceitual, design do modelo e modelo de computador, conforme mostra a Figura 6.

Figura 6 – Artefatos da modelagem conceitual



Fonte: Robinson et al. (2015).

Na Figura 6 as setas indicam como as informações fluem entre os quatro artefatos. As atividades que direcionam os fluxos de informação são descritas como aquisição do conhecimento, abstração do modelo, design e codificação. Segundo Robinson et al. (2015), os artefatos da modelagem conceitual foram definidos como:

- descrição do sistema: uma descrição da situação problema e dos elementos do mundo real relacionados ao problema.
- modelo conceitual: uma descrição de como abstraímos o modelo da nossa compreensão do mundo real.
- design do modelo: uma descrição dos detalhes técnicos de como o modelo conceitual pode ser convertido no idioma ou pacote de software escolhido para o modelo de computador.
- modelo de computador: uma representação específica do software do modelo conceitual.

De acordo com Onggo (2010) os métodos para representação dos modelos conceituais podem ser agrupados em três categorias: representação textual, representação pictórica e representação multifacetada. A representação textual descreve o conteúdo de cada componente do modelo conceitual e extrai imagens visuais para a estrutura dos componentes do modelo usando textos narrativos. Na representação pictórica, os conceitos que compõem o modelo são comunicados através de imagens em forma de diagramas. A representação multifacetada é uma

junção das representações anteriores compreendendo um conjunto de diagramas e representação textual usados para comunicar os diferentes componentes do modelo conceitual.

Thalheim (2009), em seu estudo sobre a teoria da modelagem conceitual, observou que os modelos conceituais apresentam diversas funções, entre elas: (I) o modelo fornece uma explicação de demonstração por meio de informações auxiliares, facilitando o melhor compreender do assunto original; (II) o modelo suporta a verificação de hipóteses dentro de um escopo limitado; (III) o modelo suporta o controle das coisas da realidade; (IV) o modelo permite a substituição de coisas da realidade e atua como meio de mediação, e; (V) o modelo fornece uma indicação para tornar as propriedades visíveis.

Na modelagem conceitual é comum o uso de ontologias. Ontologia é ramo da filosofia que estuda a natureza e a estrutura da realidade que podem ser descritas em termos de categorias e relações. Na ciência da computação ontologias são usadas como um meio para modelar formalmente a estrutura de um sistema, ou seja, as entidades relevantes de um sistema são organizadas e descritas em conceitos e relações (GUARINO; OBERLE; STAAB, 2009).

Em Modelagem Conceitual e áreas relacionadas (tal como Modelagem Organizacional), o termo tem sido usado de acordo com sua definição em Filosofia, a saber, como um sistema de categorias formais independente de domínio e filosoficamente bem fundamentado que pode ser usado para enunciar modelos da realidade específicos de domínio (GUIZZARDI; FALBO; GUIZZARDI, 2008, p. 244).

A análise ontológica pode ser usada como uma fonte de conhecimento para modeladores conceituais, permitindo a construção de modelos com informações claras e precisas e minimizando a ocorrência de ambiguidades sobre os aspectos que devem ser modelados. As ontologias possuem duas tarefas importantes na modelagem conceitual, a saber: (I) modelos ontológicos são úteis para validação de elementos de modelos conceituais, possibilitando uma definição clara dos mesmos, e; (II) ontologias específicas de domínio podem ser usadas como uma ferramenta de apoio à tarefa de modelagem conceitual, fornecendo conhecimento do mundo real sobre o domínio a ser modelado (VILLELA; OLIVEIRA; BRAGA, 2004).

2.4.1 Modelo CESM

Modelos conceituais são úteis para representar objetos do mundo real, suas propriedades e os relacionamentos entre eles. Nessa linha, Bunge (2003) apresenta o método

CESM (Composição, Ambiente, Estrutura e Mecanismos) que auxilia na modelagem de diversos sistemas. Este método permite identificar um determinado sistema, seus conceitos e atores principais, as relações entre si e o meio de atuação, bem como ajuda a modelar os principais processos (mecanismos).

De acordo com Kern (2011), o sistemismo de Bunge representa uma abordagem sistêmica como fundamento ontológico-metodológico para a concepção e estudo de sistema de informação, por exemplo. O sistemismo ontológico mostra que o sistema não é simplesmente uma coleção de indivíduos ou bloco sem estrutura, enquanto que o aspecto metodológico evidencia que o sistema é melhor compreendido em sua totalidade pela análise (*top-down*) e os indivíduos por meio da síntese (*bottom-up*) (SILVA; VIANNA; KERN, 2016).

Segundo Bunge (2003) o CESM é composto pelos seguintes elementos: a) **Composição** (*Composition*) que reúne uma coleção de partes ou elementos componentes; b) **Ambiente** (*Environment*) que diz respeito a coleção de itens que não pertencem ao sistema, mas atuam ou sofrem a ação por algum dos componentes do sistema; c) **Estrutura** (*Structure*) que refere-se a coleção de relação, em especial o relacionamento entre os componentes e entre esses e o ambiente e; d) **Mecanismo** (*Mechanism*) que trata da coleção de processos que conduzem o comportamento do sistema.

Silva, Vianna e Kern (2016) afirmam que o CESM é um metamodelo que pode ser usado para representar modelos de sistemas com a redução sistêmica da realidade, sendo que a abordagem de problemas recomendada pelo sistemismo de Bunge pode ser sintetizada em sete regras metodológicas que complementam o método CESM, a saber:

- a) colocar todo fato social em seu contexto mais amplo (ou sistema);
- b) dividir cada sistema em sua composição, ambiente e estrutura;
- c) distinguir os vários níveis de sistema e exibir suas relações;
- d) procurar ou conjecturar os mecanismos;
- e) verificar a hipótese ou teoria mecanísmica manipulando experimentalmente as variáveis referidas;
- f) preferir hipóteses, teorias e explicações mecanísmicas (dinâmicas) às fenomenológicas (cinemáticas) e aos modelos de equilíbrio e descrições de dados;
- g) em caso do mau funcionamento do sistema, examinar todas as quatro fontes possíveis (C, E, S, M) e tentar reparar o sistema alterando alguma ou todas as fontes (SILVA; VIANNA; KERN, 2016, p. 153).

Um exemplo de aplicação em que se utiliza o modelo CESM para a concepção de um sistema é observado no estudo de Maldonado e Coser (2010) que propõe um serviço de atendimento de um usuário de software (Quadro 4). Nessa aplicação, basicamente, os usuários interagem com a equipe de atendimento para solucionar dúvidas, passar sugestões e queixas.

Quadro 4 - Aplicação do Modelo CESM para o caso de atendimento ao usuário de software

Composição	Usuários, equipe de atendimento, ferramentas de apoio ao atendimento.
Ambiente	Os softwares produzidos e comercializados pela <i>software-house</i> . O processo de manutenção e evolução dos softwares. Nível de conhecimento dos usuários (informática, uso dos softwares, domínio de aplicação). Ambiente computacional em que os softwares operam (rede, computador, sistema operacional. etc).
Estrutura	Interações dos usuários com os softwares, dos usuários com a equipe de atendimento, da equipe de atendimento com as ferramentas de apoio, da equipe de atendimento com o desenvolvimento.
Mecanismo	O mecanismo central é a exposição de problemas por parte dos usuários e a busca da solução pelos atendentes. Memória organizacional onde os casos apresentados são relacionados às soluções adotadas. Essa estrutura fomenta a aprendizagem e reutilização do conhecimento para agilizar o processo de atendimento. Utilização do conhecimento adquirido para alimentar a manutenção e evolução do software.

Fonte: Maldonado e Coser (2010, p.56)

Além desse trabalho, outros estudos (DRUZIANI; KERNI; CATAPAN, 2012; CHEN et al., 2015; DENISCSZWICZ, 2017; VITERALE, 2019) exploram o método CESM para modelagem conceitual de sistemas em diferentes contextos. Em função da sua relevância e abrangência, o modelo CESM foi adotado como abordagem metodológica para elaboração do modelo conceitual do presente estudo.

3 SOLUÇÕES COMPUTACIONAIS PARA SEGURANÇA PÚBLICA EM CIDADES INTELIGENTES

Este capítulo apresenta o desenho e execução de um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) segundo os padrões de Kitchenham (2004). O MSL é um método científico de revisão da literatura e possui um protocolo de pesquisa para seleção de estudos primários, procedimentos sistemáticos de extração de dados e avaliação das publicações (KITCHENHAM, 2004).

Ademais, o capítulo descreve o processo de realização do MSL que é composto pelas questões de pesquisa, critérios de inclusão e exclusão, fontes e tratamento dos dados adotados para estudar a produção acadêmica sobre soluções computacionais para segurança pública em cidades inteligentes.

3.1 QUESTÕES DE PESQUISA E CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

As questões de pesquisa definidas nesta revisão foram:

- Questão 1 (Q1) - Quais as principais soluções computacionais validadas, desenvolvidas ou propostas para contribuir com a segurança pública em cidades inteligentes?
- Questão 2 (Q2) - Quais as demandas de segurança pública de cidades inteligentes abordadas nas publicações?
- Questão 3 (Q3) - Quais países ou regiões já implementaram alguma das soluções computacionais para segurança pública em cidades inteligentes?

O processo de seleção dos dados desta revisão baseou-se nos critérios de inclusão e exclusão apresentados a seguir:

Crítérios de inclusão (CI)

- CI 1: Pesquisas que identifiquem soluções computacionais utilizadas em cidades inteligentes;
- CI 2: Pesquisas que identifiquem demandas ou necessidades que levem a utilização de soluções computacionais;
- CI 3: Pesquisas que argumentem sobre utilização de soluções computacionais;
- CI 4: O resumo ou introdução deve mencionar ações para utilização de soluções computacionais em cidades inteligentes;
- CI 5: Artigos escritos em inglês;

- CI 6: Estudos publicados entre os anos de 2009 e 2018 em conferências ou periódicos científicos.

Critérios de exclusão (CE)

- CE 1: pesquisas não relacionadas a soluções computacionais para segurança pública;
- CE 2: pesquisas se referindo a soluções computacionais, segurança pública e cidades inteligentes apenas como projetos de pesquisas futuros;
- CE 3: critérios incompletos, rascunhos, documentos de compilações dos anais de conferências, tutoriais e apresentações em slides;
- CE 4: pesquisas duplicadas resultante da mesma pesquisa ou com pequenas mudanças para uma publicação anterior (será selecionada a pesquisa mais recente);
- CE 5: pesquisas não acessíveis, de forma gratuita pela Web;
- CE 6: pesquisas voltadas para área de segurança da informação corporativa, antivírus, *malware*, *firewall*, criptografia, banco de dados, ferramentas, entre outras.

3.2 FONTES E TRATAMENTO DOS DADOS

As bases de dados utilizadas para a coleta de informações foram a *IEEE Xplore Digital Library*, *Web of Science*, SCOPUS e *ACM Digital Library*. A escolha dessas bases deu-se em função de sua confiabilidade, destacando-se pela indexação de relevantes publicações e conferências internacionais em diversas áreas da ciência da computação. A fim de identificar os artigos que tratam de soluções computacionais vinculadas a melhora da segurança pública em cidades inteligentes foram empregadas as seguintes palavras-chave e suas respectivas combinações:

Título – Resumo – Palavras-Chave: ((city OR cities) AND (smart OR digital OR intelligent OR information OR virtual OR ubiquitous) AND (“public security” OR “public safety”) AND (technology OR software OR system OR application OR hardware OR model OR architecture OR guide OR framework) AND (citizen OR people OR population OR populace OR community OR public)).

O Quadro 5 apresenta as palavras-chave com suas respectivas traduções para o inglês utilizadas no processo de coleta de dados.

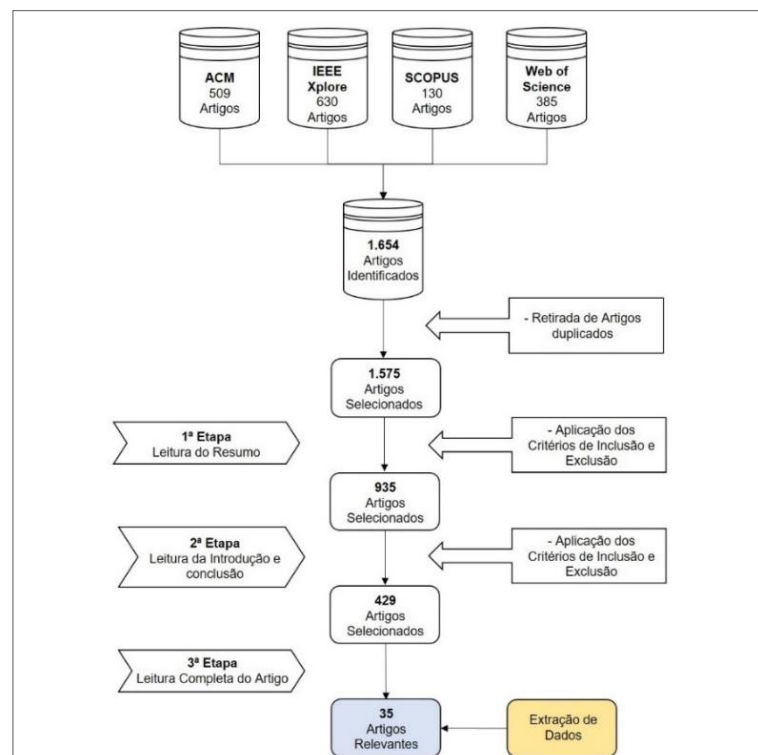
Quadro 5 – Palavras-chave e suas traduções

Termos de pesquisa	Traduções
Cidade	<i>Cities, City</i>
Inteligente	<i>Digital, Information, Intelligent, Smart, Ubiquitous, Virtual</i>
Segurança Pública	<i>Public security, Public safety</i>
Soluções Computacionais	<i>Application, Architecture, Framework, Guide, Hardware, Model, Software, System, Technology</i>
População	<i>Citizen, Community, People, Population, Populace, Public</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A escolha das palavras-chave relacionadas a cidades inteligentes baseou-se no estudo de Cocchia (2014) que realiza uma revisão sistemática da literatura obtendo como resultado as combinações para definir cidades inteligentes com um grupo de palavras sinônimas. Como estratégia para encontrar publicações referentes ao tema da pesquisa a combinação das palavras “segurança pública” e “seguridade pública” foi utilizada em conjunto a fim de ser mais abrangente nos resultados da pesquisa. Para filtrar soluções computacionais optamos por delimitar a pesquisa para um grupo de palavras que representam artefatos computacionais.

A partir da Figura 7 é possível perceber a quantidade de publicações identificada em cada base de dados e a quantidade de artigos selecionados junto ao processo de categorização e filtragem, baseado nos critérios de inclusão e exclusão.

Figura 7 – Procedimentos de seleção dos estudos do MSL

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Nas bases de dados selecionadas o processo de busca e refinamento foi realizado com filtro no título e resumo, sendo selecionados artigos escritos em inglês e pertencente a área de computação. Ao todo foi identificado 1.654 artigos publicados entre 2009 e 2018. O título, resumo, ano e autores das publicações de cada base de dados foram documentadas, classificadas e exportadas em formato BibTex. Por meio da ferramenta StArt, as publicações foram importadas e reclassificadas.

Os resultados encontrados foram categorizados por ordem alfabética, retirando publicações duplicadas. Após o processo de remoção de artigos duplicados, 1.575 estudos foram selecionados para leitura do resumo. Ao finalizar o processo de leitura do resumo, as informações resultantes foram extraídas para o Software Microsoft Excel, selecionando 935 estudos para uma nova filtragem.

A leitura da introdução e conclusão resultou na seleção de 429 publicações relevantes. Após o processo de leitura integral dos 429 artigos, 35 deles foram considerados relevantes, pois atenderam a todos os critérios de inclusão e exclusão definidos nesta pesquisa.

Os 35 artigos selecionados para extração de dados foram arquivados, organizados e analisados, documentando: ano de publicação, país de origem, solução computacional identificada, demandas para segurança pública e considerações adicionais para cada questão de pesquisa.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a metodologia adotada foi possível recuperar um total de 35 artigos que atendiam aos critérios de inclusão e exclusão. Para a análise dos dados obtidos levamos em consideração a distribuição dos artigos por ano, solução computacional, contribuições e origem das publicações.

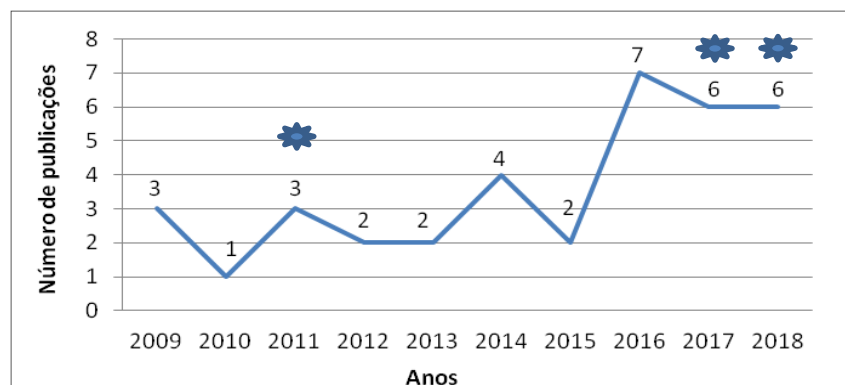
Cabe destacar também que 26 dos 35 artigos selecionados são da base de dados IEEE *Xplore Library* correspondendo a 75% das publicações selecionadas, cinco artigos da base SCOPUS e quatro publicações da base *Web of Science*, representando 5% e 4% respectivamente. Já para a base de dados ACM *Digital Library* não selecionamos nenhuma publicação relevante para o tema desta pesquisa.

A Figura 8 apresenta a evolução temporal, quantidade e distribuição da produção científica sobre soluções computacionais utilizadas para segurança pública em cidades inteligentes.

As publicações distribuem-se entre o período de 2009 a 2018 com diferentes concentrações ao redor do mundo. Até 2013 poucos artigos foram publicados referentes ao tema de pesquisa e a partir de 2014 aumenta consideravelmente o número de publicações com interesse em soluções computacionais voltadas a contribuir com a segurança pública. A média anual dessas publicações salta de 2,2 artigos entre 2009-2013 para 5,0 no período de 2014-2018, indicando um crescente interesse sobre o assunto.

Um ponto a destacar na Figura 3 é a indicação de três estudos relevantes identificados por meio do seu ano de publicação. O artigo de Rahim et al (2011) apresenta um modelo de combate e controle de crimes implantado no Paquistão. Este modelo foi replicado de um projeto indiano pela semelhança das cidades em relação à população, características demográficas e recursos econômicos.

Figura 8 - Evolução temporal da produção científica sobre solução computacional utilizada na segurança pública em Cidades Inteligentes (2009-2018).



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Existe também um projeto americano de Ciftler et al (2018) sobre o conceito de edifícios inteligentes que visa monitorar o nível de ocupação em prédios empresariais. Este projeto tem a finalidade de não extrapolar as condições normais e agilizar a evacuação em caso de emergências biológicas, químicas, desastres naturais e terrorismo.

Referente a concentração de pessoas, o projeto grego de Koukopoulos e Koukopoulos (2017) visou almejar uma solução baseada numa arquitetura para gestionar multidões de forma inteligente em festas de carnaval, mediante a incorporação de câmeras e sistemas de georreferenciamento e localização.

3.3.1 Q1 - Quais as soluções computacionais validadas, desenvolvidas ou propostas para contribuir com a segurança pública em cidades inteligentes?

Os artigos recuperados descrevem soluções computacionais como: aplicações, arquiteturas, câmeras, frameworks, modelos, sensores e sistemas. Estas soluções são relevantes para manter a integridade de agentes públicos e há grande interesse em aprimorá-las para manter a segurança pública em cidades do mundo.

As soluções computacionais identificadas neste MSL são tecnologias que se complementam para interoperar e fortalecer sistemas de segurança em cidades inteligentes ou cidades emergentes, dependendo das necessidades de cada projeto (MEILING et al., 2018).

Os artigos deste MSL foram classificados por tipo de solução computacional, conforme pode ser observado no Quadro 6. Sistemas e sensores foram as soluções computacionais mais citadas nos artigos recuperados correspondendo a 40% e 17% respectivamente. Por outro lado, câmeras (9%) e framework (3%) foram as soluções com menor frequência.

As publicações da última década evidenciaram que existe um maior interesse por sistemas computacionais incluindo programas de processamento de vídeo (YU et al., 2015), sistemas de georreferenciamento (ECKES, 2018; BASIRI et al., 2014) e monitoramento de multidões (KOUKOPOULOS; KOUKOPOULOS, 2017), sendo as soluções mais pesquisadas.

O desenvolvimento de sistemas computacionais que apoiam a vigilância, monitorização, gestão de transporte e localização por meio de técnicas de software, hardware, ferramentas geoespaciais, aplicações, arquiteturas e métodos de coleta de informações são importantes para atender demandas de segurança.

Quadro 6 - Síntese das soluções computacionais identificadas

Soluções Computacionais	Referências
Sistema	[Eckes 2018], [Habadi e AbuAbdullah 2018], [Wan et al 2017], [Coelho et al 2016], [Mendonça et al 2016], [Oza e Gohil 2016], [Ziegler 2016], [Yu et al 2015], [Basiri et al 2014], [Elkana e Nugraha 2014], [Zhang e Brown 2012], [Rahim et al 2011], [Liu et al 2010], [Dorel et al 2009],
Sensores	[Ciftler et al 2018], [Xu et al 2018], [Retamar et al 2017], [Liao et al 2014], [Victorino e Estuar 2014], [Dasgupta et al 2009]
Aplicação	[Ferreira et al 2017], [Moreira et al 2017], [Chang et al 2011], [Machy et al 2009],
Modelo	[Meiling et al 2018], [Cilliers e Flowerday 2016], [Tashakkori et al 2015], [Bhana et al 2013]
Câmeras	[Huang et al 2017], [Tabacznik, 2016], [Firmino et al 2013]
Arquitetura	[Koukopoulos e Koukopoulos 2017], [Alam et al 2017], [Arikuma e Mochizuki 2016]
Framework	[Steinhauser et al 2011]

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Além disso, o avanço no desenvolvimento e aprimoramento de sistemas permite que todos esses diferentes tipos de elementos independentemente da fonte ou do formato sejam integrados em uma única interface, que pode ser utilizada para processar, projetar e apresentar dados geográficos ou de posicionamento (MEILING et al., 2018).

Os sensores ocupam o segundo lugar na investigação por soluções computacionais, fortalecendo o conceito de redes interoperáveis de diversos dispositivos que interagem para robustecer a comunicação (RETAMAR et al., 2017; DASGUPTA et al., 2009). A utilização de sensores em cidades inteligentes pode contribuir para mitigar os roubos e crimes comuns, além de acelerar o tempo de resposta em situações de catástrofe, como terremotos, inundações, incêndios, entre outros. Dispositivos com diferentes configurações e tipos de sensoriamento podem atender variados fenômenos do ambiente. Para que esses dispositivos funcionem plenamente é necessário que a IoT desempenhe um papel crucial no seu gerenciamento (RETAMAR et al., 2017; XU et al., 2018).

As câmeras de vigilância apoiam projetos de laboratórios urbanos em cidades que visam a melhoria contínua da qualidade de vida. Estas soluções ajudam a reduzir a taxas de criminalidade ao detectar condutas irregulares e fornecer tais evidências. Este tipo dispositivo melhora a proteção em vias públicas e colabora com a sensação de segurança dos cidadãos (FIRMINO et al., 2013; HUANG et al., 2017).

As câmeras de vigilância auxiliam a manter as pessoas seguras enquanto realizam suas atividades cotidianas como fazer compras ou ir ao trabalho. Dessa forma, as autoridades estão atentas a qualquer comportamento suspeito, seja criminoso, terrorista ou ambiental.

Os crescentes índices de criminalidade e as mudanças climáticas fortalecem a ideia de melhorar o paradigma tradicional de combate a violência e desastres naturais, junto com isso o vídeo-monitoramento provê ferramentas avançadas que apoiam o policiamento tradicional (CIFTLER et al., 2018).

Os modelos e frameworks representam técnicas computacionais e conjuntos de métodos, ferramentas e formulações direcionadas à solução de problemas complexos de acordo com necessidades próprias (STEINHAUSER; SONNENBICHLER; GEYER-SCHULZ, 2011; CILLIERS; FLOWERDAY, 2017).

3.3.2 Q2 - Quais as demandas de segurança pública de cidades inteligentes abordadas nas publicações?

No Quadro 7 são apresentadas as demandas de segurança pública identificadas nas publicações, tais como: gestão de tráfego e transporte, gestão de multidões, percepção de segurança, desastres naturais, rastreamento e localização, vigilância e monitorização.

Quadro 7 - Publicações por demanda de segurança

Soluções Computacionais	Demanda	Referência
Aplicações	Vigilância e monitorização; Gestão de tráfego e transporte	[Ferreira et al 2017], [Moreira et al 2017], [Chang et al 2011], [Machy et al 2009]
Arquiteturas	Vigilância e monitorização	[Alam et al 2017], [Koukopoulos e Koukopoulos 2017], [Arikuma e Mochizuki 2016],
Câmeras	Vigilância e monitorização	[Huang et al 2017], [Tabaczniuk, 2016], [Firmino et al 2013],
<i>Frameworks</i>	Vigilância e monitorização (percepção de segurança)	[Steinhauser et al 2011]
Modelos	Vigilância e monitorização; Gestão de tráfego e transporte; Monitorização de prédios	[Meiling et al 2018], [Cilliers e Flowerday 2016], [Tashakkori et al 2015], [Bhana et al 2013]
Sensores	Desastres naturais; Vigilância e monitorização	[Ciftler et al 2018], [Xu et al 2018], [Retamar et al 2017], [Liao et al 2014], [Victorino e Estuar 2014], [Dasgupta et al 2009]
Sistemas	Localização e rastreamento; Gestão de tráfego e transporte; Vigilância e monitorização; Terrorismo; Monitorização de prédios	[Rahim et al 2011], [Oza e Gohil 2016], [Mendonça et al 2016], [Yu et al 2015], [Habadi e AbuAbdullah 2018], [Eckes 2018], [Elkana e Nugraha 2014], [Liu et al 2010], [Basiri et al 2014], [Zhang e Brown 2012], [Ziegler 2016], [Wan et al 2017], [Dorel et al 2009], [Coelho et al 2016]

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Existe necessidade de combater a criminalidade, sendo uma das principais prioridades em adoção de soluções para cidades inteligentes. O combate à criminalidade fomenta a implementação de câmeras de segurança, sensores e sistemas de monitorização automatizados a fim de convergir para a criação de centros de controle que ajudam a combater os delitos dentro de ecossistemas urbano-inteligentes e contribuir com a sensação de segurança dos cidadãos.

A vigilância e monitorização de multidões aplicada em eventos de alto interesse populacional ressaltam a adoção de múltiplas soluções como câmeras, sistemas e sensores para contribuir com a sensação de segurança das pessoas durante festas e grandes eventos (ECKES, 2018; KOUKOPOULOS; KOUKOPOULOS 2017).

Há interesse por garantir a segurança em edifícios durante situações de catástrofe como: incêndios, terremotos e ataques terroristas, utilizando sensores e sistemas de apoio 3D.

Estas soluções podem prevenir a perda de vidas humanas e de patrimônio empresarial (CIFTLER et al., 2018).

O monitoramento de inundações, vulcões, tufões e catástrofes naturais alertam para o acompanhamento do avanço ou retrocesso de acontecimentos capazes de destruir cidades e afetarem diversas áreas (VICTORINO; ESTUAR, 2014). Com o aprimoramento das tecnologias de detecção e monitorização, é possível prever sinistros e estabelecer rotas de fuga, melhorando a resposta dos governos em problemas de segurança pública.

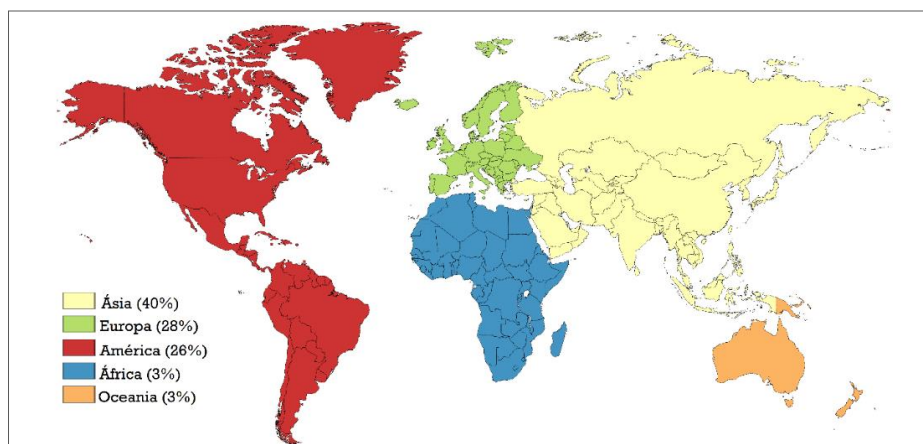
O acompanhamento do tráfego e transporte é essencial em grandes metrópoles, ajudando na prevenção de ocorrências de rota e permitindo avaliar melhores vias de acesso e escape em caso de acidentes e catástrofes ambientais.

3.3.3 Q3 - Quais países ou regiões já implementaram alguma das soluções computacionais para segurança pública em cidades inteligentes?

A Figura 9 apresenta a quantidade de publicações por continente, destacando Ásia (40%), Europa (28%) e América (26%). Em seguida, têm-se África e Oceania com a mesma quantidade de publicações. A China é o país que concentra o maior número de publicações dentro do continente Asiático, seguido da Inglaterra, na Europa. Esses países demonstram esforços para mitigar problemas de segurança.

Dentro do continente americano, o Brasil se destaca com 4 publicações, marcando interesse no assunto devido ao aumento da violência nos últimos anos. Ademais, a Ásia concentra o maior número de estudos, adotando e fornecendo tecnologias mais eficientes e econômicas, levando em consideração o aprimoramento de soluções computacionais para segurança pública.

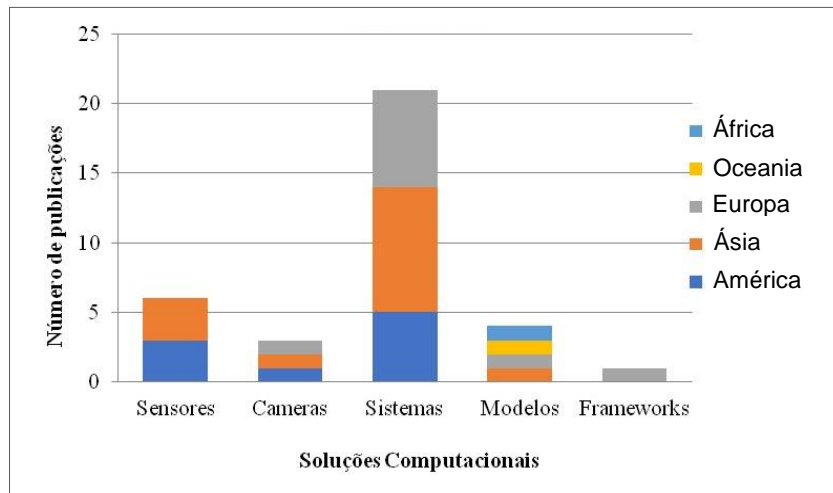
Figura 9 - Distribuição de publicações por continente (em porcentagem %).



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 10 apresenta o ranking das soluções computacionais por continente. Observam-se diferentes interesses entre os países quanto ao uso de soluções computacionais para segurança pública em cidades inteligentes. O Brasil e a China, por exemplo, destacam-se pelo uso de sistemas e câmeras. Por outro lado, os Estados Unidos apresentaram um maior foco na adoção de sistemas e sensores.

Figura 10 - Ranking de soluções computacionais por continente.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Existe um interesse pela melhoria da segurança pública no Brasil. O país concentra esforços nas pesquisas vinculadas à utilização de soluções computacionais para o combate da criminalidade, a monitorização e a localização como demandas que destacam a adoção de sistemas de processamento de vídeo, utilizando sensores e softwares de georreferenciamento e posicionamento. A união europeia também tem grande interesse no tema devido à alta movimentação da população pelos países pertencentes ao grupo, pois existe a necessidade de videomonitoramento em grande escala devido a quantidade de turistas, zelando pelo patrimônio cultural e arquitetônico.

A China, por sua vez, apresenta um grande crescimento populacional o que destaca a necessidade de manter os seus cidadãos seguros. O país tem aperfeiçoado e replicado projetos de soluções computacionais de segurança pública para atender suas necessidades.

Com a criação de novas tecnologias e o aperfeiçoamento de dispositivos tecnológicos foi possível replicar essas soluções e implantar modelos e processos melhorados para aumentar a satisfação de segurança das pessoas dentro das cidades. Faz-se comum a utilização de sistemas, câmeras e sensores dentro de uma rede conectada a dispositivos que apoiam a

segurança e interagem o tempo inteiro, detectando situações de anormalidade e permitindo uma melhora na diminuição do delito.

A Índia implementou um sistema de vigilância para o controle do crime baseado num sistema aplicado no Paquistão. Esse sistema visa monitorar a delinquência e agilizar a recuperação de informações. Essa aplicação baseada na Web fornece informações a estações de monitoramento para o controle de anormalidades (RAHIM et al., 2011).

O projeto de Wan et al (2017) estabeleceu na China um novo caso de sucesso que permite ampliar a rede de interoperabilidade dentro da cidade, da mesma forma os Estados Unidos replicaram projetos de segurança para arranha-céus.

O Brasil tem avançado de forma considerável na pesquisa por soluções computacionais e implementado diversas ferramentas incluindo câmeras (FIRMINO et al., 2013), sistemas e sensores (FERREIRA et al., 2017), possibilitando uma melhora nos índices de segurança pública e na qualidade de vida da população. Ademais são factíveis de implementação em cidades inteligentes as soluções propostas nos trabalhos de Alam et al (2017), Steinhauer (2011), Ferreira et al (2017), Liao et al (2014), Dorel et al (2009), Bhana et al (2013) e Coelho et al (2016).

4 CISSA: MODELO CONCEITUAL DE CIDADE INTELIGENTE E SEGURA BASEADO EM SISTEMA AUTOADAPTATIVO

Este capítulo aborda o modelo conceitual de Cidade Inteligente e Segura baseado em Sistema Autoadaptativo (CISSA), criado nesta dissertação de mestrado. Este capítulo descreve o desenvolvimento do modelo CISSA definindo seus requisitos, papéis e funções, desenho, descrição e funcionamento, delineando atores, componentes e camadas.

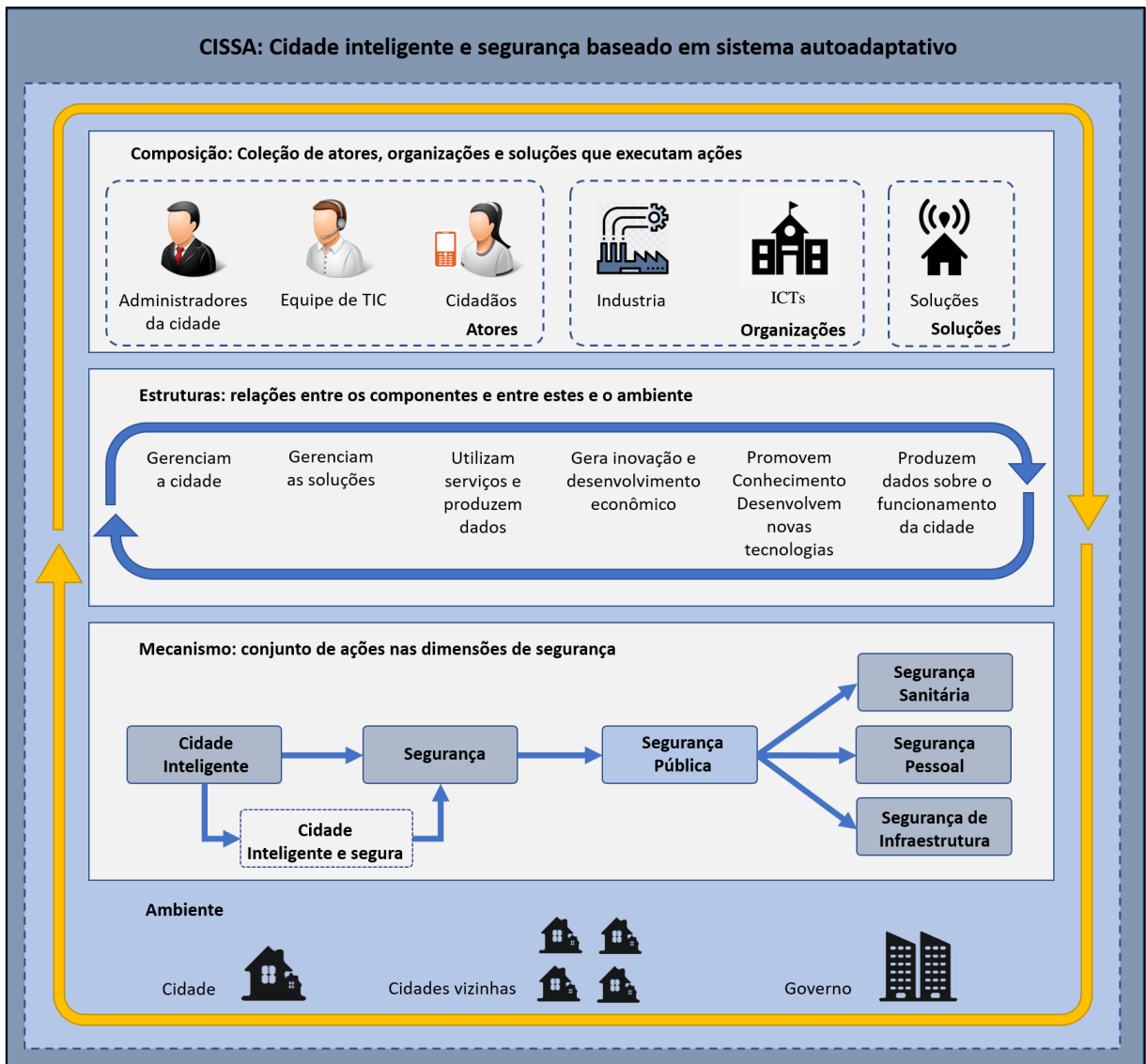
4.1 ESTRUTURA DO CISSA

O CISSA está baseado no MSL (Capítulo 3) e estruturado a partir da modelagem CESM proposta por Bunge (2003). O MSL permitiu identificar as soluções computacionais e as demandas de segurança pública, que compõem a base para nortear a construção do CISSA. As soluções computacionais podem apresentar ou estar associadas a um sistema autoadaptativo que é capaz de gerir-se de maneira autônoma de acordo com as demandas do ambiente. Estas soluções são responsáveis por monitorar a cidade e promover ações para atender as demandas de segurança pública. O objetivo do CISSA é direcionar as soluções computacionais existentes sob a perspectiva de um sistema autoadaptativo para satisfazer as demandas de segurança da sociedade.

O CISSA está composto por quatro elementos (composição, estrutura, mecanismo e ambiente) que fundamentam a modelagem conceitual. Para melhor compreender o CISSA estes elementos são definidos, dentro do contexto de Cidade Inteligente e Segura, a partir das suas características e relações, conforme pode ser observado na Figura 11.

A Figura 11 apresenta os elementos (composição, ambiente, estrutura e mecanismo) que compõem a estrutura do CISSA. O primeiro elemento corresponde a **composição** que integra todos os envolvidos no CISSA (administradores da cidade, equipe de TIC, cidadãos, indústria, Instituições de Ciência e Tecnologia – ICTs e soluções) que são responsáveis por promover e executar ações. O segundo elemento refere-se a **estrutura** que aborda as relações entre os envolvidos da composição e entre eles e o ambiente. O terceiro elemento trata sobre os **mecanismos** que contemplam um conjunto de ações nas dimensões da segurança pública em cidades inteligentes. Por fim, o quarto elemento representa o **ambiente** composto pela própria cidade, cidades vizinhas e governo. Para melhor compreensão, estes elementos são definidos a seguir.

Figura 11 – Estrutura do CISSA



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Composição: este elemento compreende a coleção de atores (administradores da cidade, equipe de TIC e cidadãos), organizações (indústria e Instituições de Ciência e Tecnologia) e soluções (soluções autoadaptativas e computacionais), com posições relevantes e chaves no processo de uso e/ou melhoria da segurança pública no CISSA. Sendo assim, os atores, organizações e soluções são definidos conforme suas respectivas atribuições:

- a) Administradores da cidade: corresponde aos atores políticos, governamentais e municipais, policiais, guarda civil e militar, que a partir das demandas dos cidadãos utilizam o CISSA para a tomada de decisões no âmbito da segurança pública, contribuindo, inclusive, na criação e execução de políticas públicas que resguardem a integridade dos cidadãos e a ordem pública. Além disso, esses atores estão em

contato direto com a realidade social, portanto atuam como interlocutores entre as demandas de segurança dos cidadãos e a equipe de TIC;

- b) Equipe de TIC: esse ator corresponde a um grupo heterogêneo responsável pelo desenvolvimento de sistemas, com o intuito de mensurar, analisar e projetar as demandas de segurança pública oriundas do ambiente. A equipe de TIC precisa atender e utilizar as demandas dos cidadãos e do ambiente para aprimorar o CISSA, bem como implementar e distribuir as soluções computacionais dentro da cidade, melhorando assim o acesso dos cidadãos aos serviços públicos.
- c) Cidadãos: esse ator contempla a sociedade civil e os cidadãos que integram a cidade. Eles utilizam os serviços provenientes das soluções computacionais dispostas na cidade e nos serviços públicos. Ao utilizá-los, os cidadãos produzem informações relevantes sobre o comportamento da cidade e requerem respostas efetivas para as suas demandas de segurança. Com base nas informações obtidas faz-se possível estabelecer melhorias nas políticas de segurança pública da cidade;
- d) Indústria: essa organização refere-se à indústria de tecnologia de informação e comunicação, fornecendo soluções computacionais, que ao serem organizadas pela equipe de TIC contribuem para aprimorar os serviços públicos e a segurança. A indústria desenvolve soluções computacionais que fomentam o desenvolvimento tecnológico e econômico da cidade;
- e) Instituições de Ciência e Tecnologia: são as instituições de ensino, pesquisa, tecnologia e extensão que colaboram com o desenvolvimento da cidade, através da produção intelectual, disseminação de conhecimento e ascensão do capital humano e social. Em parceria com a indústria, as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) podem transferir tecnologia para a cidade, gerando inovações com o intuito de aumentar a competitividade e sustentabilidade;
- f) Soluções: corresponde ao conjunto de soluções autoadaptativas e computacionais (sistemas, sensores, câmeras, entre outras ferramentas) dispostas em pontos estratégicos pela equipe de TIC que gerenciam o CISSA em parceria com os administradores da cidade. Estas soluções estão organizadas em rede, o que permite a interoperabilidade entre elas, com o objetivo de monitorar, analisar, planejar e executar um conjunto de ações para atender as demandas de segurança pública. Elas produzem informações sobre o funcionamento da cidade e interagem com os demais componentes e elementos do ambiente, captando as demandas dos cidadãos para outorgar respostas efetivas aos problemas de segurança pública.

Estrutura: a estrutura do CISSA está baseada na relação dos elementos da composição (administradores da cidade, equipe de TIC, cidadãos, indústria, ICTs e soluções) e entre estes elementos e o ambiente (cidade). Por exemplo, ao usufruir dos serviços públicos os cidadãos estabelecem ligações com as soluções que recebem as demandas de segurança e concedem respostas para tais problemas. Com isso, os administradores da cidade atuam como interlocutores entre as demandas dos cidadãos, a equipe de TIC e o ambiente. Os administradores da cidade junto com a equipe de TIC gerenciam o CISSA implementando soluções a fim de monitorar as ocorrências e atender as demandas de segurança da população. Estas soluções são desenvolvidas pela indústria que emerge como um grande fornecedor de soluções de IoT. Aliado a isso, as ICTs promovem a disseminação de novos conhecimentos aos atores da cidade (administradores da cidade, equipe de TIC, cidadãos) e podem transferir tecnologias para indústria com o intuito de contribuir na geração de inovações com impacto econômico e social. Nesse contexto, os administradores da cidade no papel de governo podem atuar como um agente estimulador da parceria entre ICTs e indústria com a implementação de editais e programas que visam gerar soluções para as demandas de segurança da sociedade.

Mecanismo: compreendem às ações que levam uma cidade a tornar-se mais inteligente e segura, contribuindo com o seu objetivo principal de elevar a qualidade de vida dos cidadãos. As ações estão distribuídas nas dimensões segurança sanitária, segurança de infraestrutura e segurança pessoal. Por exemplo, a segurança sanitária envolve ações como o uso de plataformas integradas de serviços de emergências e sanitários para o atendimento da população, bem como sistemas de rastreamento e localização para a gestão da cadeia de suprimento farmacêutico. Na segurança de infraestrutura, a cidade digital pode contar com sistemas inteligentes de vigilância e monitoramento do patrimônio histórico e cultural ou sistemas com rotas inteligentes que diminuam acidentes e engarrafamento em grandes vias. Outras ações envolvendo a dimensão de segurança pessoal abrangem, por exemplo, detecção de ocorrência em grandes eventos, predição de rotas de pessoas desaparecidas ou perdidas ou a identificação de atos suspeitos. De maneira geral, essas ações são exercidas por soluções computacionais na perspectiva de um sistema autoadaptativo a fim de atender demandas de segurança pública no contexto de uma cidade inteligente.

Ambiente: corresponde a cidade em si, cidades vizinhas e o governo federal, estadual e municipal, bem como a infraestrutura de IoT que possui uma gama de soluções a fim de promover segurança e qualidade de vida aos cidadãos. Para exemplificar o ambiente, foi desenvolvido um ambiente ilustrativo, conforme observa-se na Figura 12.

A Figura 12 apresenta um ambiente inteligente que possui uma infraestrutura de IoT com várias soluções computacionais que são artefatos utilizados para monitorar ou sensoriar fenômenos da cidade. São exemplos dessas soluções: câmeras de monitoramento, sensores de movimento, processadores de vídeo, entre outros.

Nesse ambiente ilustrativo, há câmeras de monitoramento distribuídas pela cidade, bem como sensores capazes de sensoriar diversos fenômenos. Suponha que no ambiente inteligente é detectada uma anormalidade e, por questões de segurança, solicita que as câmeras de monitoramento gravem com uma alta resolução e enviem as imagens em tempo real para uma equipe de segurança dentro do centro de controle da cidade. Para realizar tal requisição, é necessário indicar as câmeras que possuem tecnologia suficiente para suportar esta demanda do ambiente. Caso aconteça uma emergência química nas dependências de um edifício, é fundamental permitir a correta evacuação do prédio, precisando de uma rede de soluções com poder computacional suficiente para atender diversos fenômenos (Por exemplo: detecção de fumaça).

Figura 12 – Ambiente ilustrativo



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Além disso, os sensores espalhados no ambiente são utilizados para controlar a luminosidade e enviar estas informações em tempo real ao centro de monitoramento. Por causa disto, a rede de sensores não precisa ter uma grande capacidade de armazenamento.

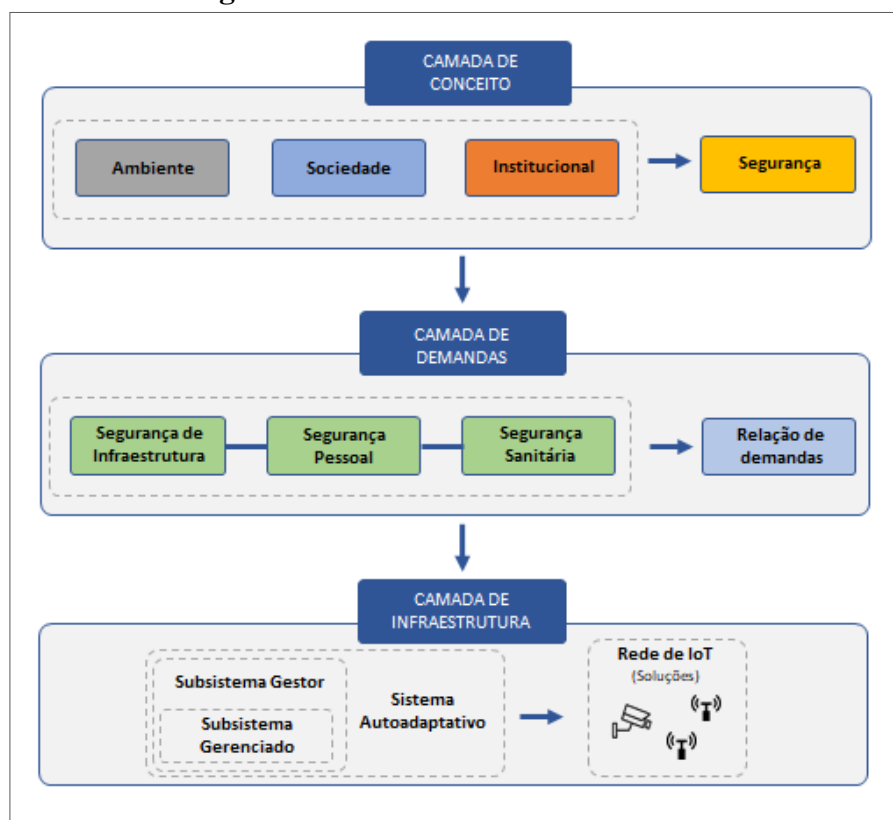
Por fim, devido a incêndios ou fenômenos meteorológicos é necessário avaliar a qualidade do ar. Para isso, pesquisadores precisam medir a concentração de partículas prejudiciais e enviar uma média ao final do dia. Assim, é importante que sejam implementados sensores com capacidade de memória maior para guardar as informações coletadas. Estes

exemplos mencionados mostram que diferentes demandas podem exigir diversos recursos (*hardware e software*) durante situações emergenciais previstas ou não previstas.

4.2 FUNCIONAMENTO DO CISSA

Depois de conhecer a estrutura do modelo e aplicar o método CISM para identificar os principais elementos e suas relações dentro do contexto de cidades inteligentes e segurança pública, foi definida as camadas do modelo CISSA, conforme pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Camadas do modelo CISSA



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A partir da Figura 13, é possível perceber que o CISSA possui três camadas que se relacionam entre si. A camada conceitual contempla as dimensões (ambiente, sociedade e institucional) da cidade inteligente. Na camada de demandas estão dispostas as dimensões de segurança pública que envolve segurança de infraestrutura, segurança pessoal e segurança sanitária. Já a camada de infraestrutura, por sua vez, engloba o uso de soluções computacionais da rede IoT sob a perspectiva de um sistema autoadaptativo.

A camada conceitual define os domínios da cidade inteligente com destaque para segurança e compreende as diretrizes gerais que sustentam as demais camadas. A partir dessas

diretrizes, a camada de demandas envolve o conceito inteligente e segura, definindo as dimensões estratégicas sob as quais as soluções computacionais podem atuar. A operacionalização das soluções é traçada na camada de infraestrutura que trata de um sistema autoadaptativo atuando de maneira autônoma para monitorar e atuar sob as demandas de segurança.

Nessa linha, o CISSA pode ajudar os administradores da cidade na tomada de decisões em projetos que visam tornar cidades inteligentes mais segurança com base em um sistema autoadaptativo, fornecendo, por exemplo, respostas em tempo de execução no tratamento de demandas e problemas de segurança pública. As camadas do modelo CISSA agrupam os componentes, relações, estrutura e mecanismos identificados por meio do método CESM. O funcionamento de cada camada segue descrito abaixo.

4.3.1 Camada conceitual

Nesta camada buscou-se definir o conceito de cidade inteligente a ser explorado pelo modelo, bem como as suas dimensões e componentes. Isto foi feito com o intuito de esclarecer o conceito e evitar erradas interpretações do mesmo.

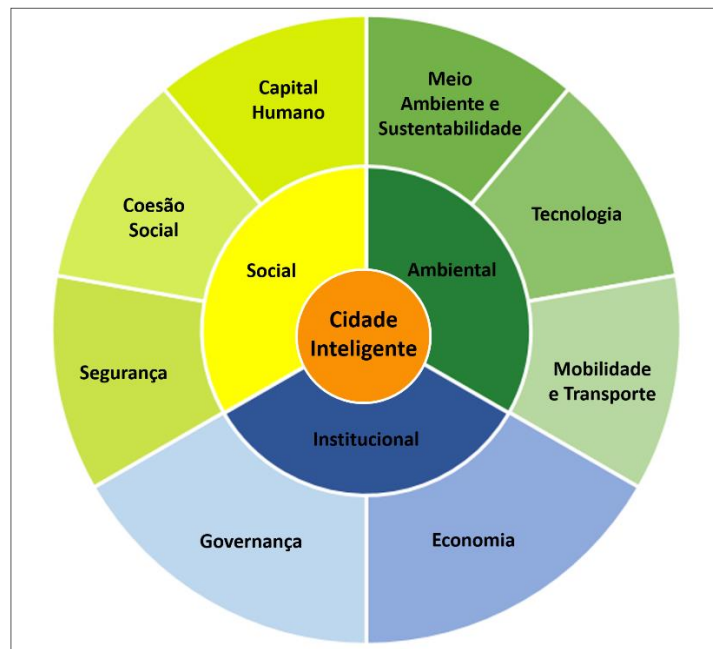
A partir da revisão bibliográfica foi observado que o conceito de cidade inteligente é abordado sob a perspectiva de sistemas de informação, governança, tecnologia da informação e comunicação, inovação, sustentabilidade e IoT. Considerando que a tecnologia desempenha um papel indispensável para estimular o crescimento das cidades e promover respostas às necessidades da população foi adotado para este trabalho o conceito de cidade inteligente do ponto de vista de IoT. Cidades inteligentes são ambientes urbanos que utilizam tecnologias associada a rede de IoT para oferecer plataformas de serviços para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.

A camada conceitual foi desenvolvida com base nos estudos: União Europeia (2014) que adota os eixos economia inteligente, mobilidade inteligente, ambiente inteligente, vida inteligente, pessoa inteligente e governança inteligente; Bouskela *et al* (2016) mostram que o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) apoia as temáticas segurança, saúde, governo eletrônico, participação cidadã, energia, conectividade, mobilidade, centro integrado, educação, meio ambiente e desastres naturais; OECD (2019) define economia inteligente, governança inteligente, mobilidade inteligente, pessoa inteligente vida inteligente e ambiente inteligente; e, IESE (2019) admite como componentes: capital humano, coesão social, economia, governança, divulgação internacional, tecnologia, mobilidade e transporte, ambiente e planejamento urbano.

Dessa forma, observando as convergências e lacunas apresentados nesses estudos foi proposta uma definição própria de cidade inteligente.

O conceito de cidade inteligente do modelo CISSA apoia-se em oito relevantes componentes de desempenho para atingir o objetivo estratégico de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, sendo eles: governança, capital humano, economia, coesão social, tecnologia, mobilidade e transporte, meio ambiente e sustentabilidade e segurança. Esses componentes foram classificados na dimensão institucional (governo, economia), na dimensão social (segurança, coesão social e capital humano) e na dimensão ambiental (meio ambiente e sustentabilidade, tecnologia e mobilidade e transporte), como apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Visão geral do conceito, dimensões e componentes da cidade inteligente



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Governança: neste componente é ressaltado o papel dos governos como importantes facilitadores e reguladores da cidade junto com a participação de entes privados e demais interessados locais. Este componente compreende um conjunto de atividades que objetivam melhorar a eficácia da gestão pública, promovendo a democracia e transferência por meio da participação social nas decisões de políticas públicas que visam o desenvolvimento da cidade.

Economia: este componente aborda planos que promovem o desenvolvimento econômico, iniciativas empresariais, indústria e prestadores de serviços, inovação de produtos e serviços e modelos de negócios.

Tecnologia: a tecnologia é um fator indispensável para tornar uma cidade inteligente. Este componente envolve o desenvolvimento tecnológico que confere vantagem competitiva para cidade e contribui para melhorar a qualidade de vida da população.

Mobilidade e Transporte: este componente compreende o desafio de propor o acesso a meios de transporte sustentáveis e rápidos. A mobilidade inteligente prioriza meios de transportes mais limpos e facilita o deslocamento de pessoas, fornecendo dados em tempo real por meio do uso de tecnologia para o planejamento de rotas. Ela envolve acessibilidade aos serviços públicos, sistemas e infraestrutura de transporte e logística de mercadorias.

Capital Humano: este componente estabelece a educação e a cultura como pilares fundamentais e insubstituíveis para o desenvolvimento do capital humano. Ele envolve políticas públicas para melhorar o acesso e a qualidade à educação visando o desenvolvimento do capital humano dentro de uma sociedade mais inclusiva, multicultural, tecnológica e inteligente.

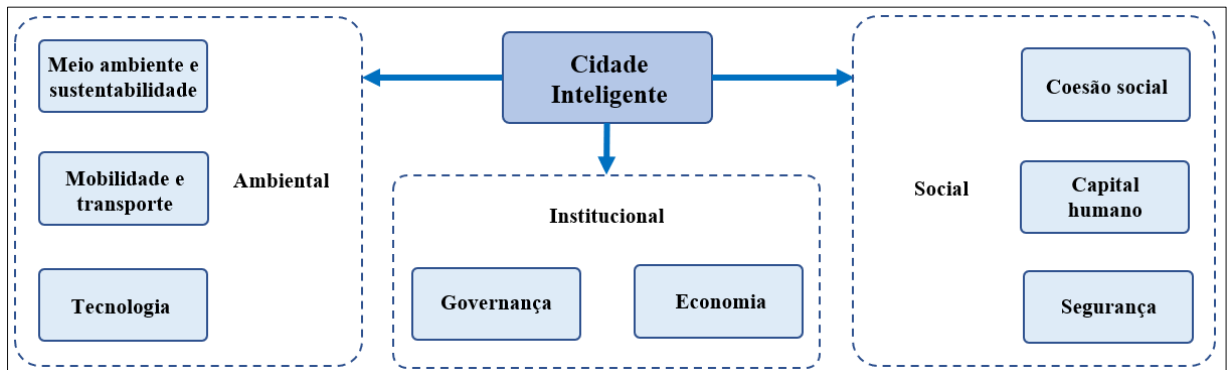
Meio Ambiente e Sustentabilidade: o componente representa a capacidade de satisfazer as necessidades da cidade sem comprometer de forma significativa o meio ambiente e o futuro das próximas gerações. Este componente envolve o uso responsável dos recursos naturais e a preservação e conservação da biodiversidade. A cidade adota tecnologias verdes e limpas para enfrentar os desafios cada vez maiores da degradação do meio ambiente.

Coesão Social: este componente possibilita a interação entre cidadãos de diversos grupos étnicos, níveis socioeconômicos e culturais, podendo enriquecer a convivência dentro de uma cidade culturalmente vibrante. Ela compreende ações de promoção que visem o desenvolvimento de políticas públicas relacionadas à infraestrutura, cultura e saúde.

Segurança: este componente trata da segurança como um elemento primordial e indispensável para garantir a ordem pública e a convivência em sociedade, diminuindo a sensação de insegurança e medo presente na vida de grande parte da sociedade civil nos grandes centros urbanos. Ela envolve um conjunto de ações que visam diminuir a criminalidade, violência, terrorismo e a prevenção de catástrofes ambientais e naturais. O acesso a segurança deve ser universal para garantir a integridade dos cidadãos e do patrimônio público e privado respeitando os direitos dos cidadãos.

Esses oito componentes da cidade inteligente e suas respectivas dimensões foram agrupados para definir a camada conceitual do modelo CISSA, conforme observa-se na Figura 15.

Figura 15 – Camada Conceitual do Modelo CISSA



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A camada conceitual do Modelo CISSA compreende o conceito, as dimensões e os componentes da cidade inteligente. Estes aspectos são relevantes pois permitem ter uma visão geral para nortear a definição de cidade inteligente. Sob a ênfase do componente Segurança, foco principal deste trabalho, é abordado especificamente a Cidade Inteligente e Segura como tópico central da camada de demandas de segurança pública do modelo CISSA.

4.3.2 Camada de demandas

A segurança é um componente fundamental da cidade inteligente, pois envolve ações de prevenção e proteção de ameaças que precisam de respostas urgentes para lidarem com ocorrências de maneira eficiente. Esta camada compreende a definição de cidade inteligente e segura, as dimensões e demandas de segurança pública.

A cidade inteligente e segura usa a tecnologia para enfrentar os desafios da sociedade, proporcionando equilíbrio para uma convivência ideal que permite acelerar o desenvolvimento urbano. A adoção de tecnologias avançadas apoia o conceito de tornar as cidades mais seguras, influenciando países, indústrias e pessoas. Dessa forma, a tecnologia minimiza riscos que as ameaças à segurança pública representam na vida dos cidadãos.

Para desenvolver a camada de demandas, foi adotado o estudo de EIU (2019) que define quatro dimensões (segurança digital, segurança sanitária, segurança de infraestrutura e segurança pessoal) que categorizam indicadores de segurança. Na confecção da camada de demandas do modelo CISSA, aderiu-se segurança sanitária, segurança de infraestrutura e segurança pessoal como sendo dimensões essenciais para categorizar as demandas de segurança pública identificadas no MSL (Capítulo 3) e complementadas por uma revisão cinzenta da

literatura a fim de preencher lacunas não encontradas na execução do MSL. Essas dimensões são descritas a seguir:

- a) **Segurança sanitária** está relacionada com as demandas de acesso e uso adequado aos serviços de saúde, bem como a promoção de ambientes urbanos saudáveis para proteção de cidadãos.
- b) **Segurança de infraestrutura** corresponde às medidas que visam garantir a segurança de estradas, pontes, aeroportos e em outras infraestruturas em ambientes urbanos onde há grande concentração de pessoas.
- c) **Segurança pessoal** refere-se as diversas ações, como por exemplo, prevenção de crimes, violência e terrorismo com o intuito de proteger as pessoas em ambientes públicos.

Cada dimensão está associada a diferentes tipos de demandas de segurança pública, como expressado no Quadro 8.

Quadro 8 – Associação entre dimensão e demandas de segurança pública

Componente	Dimensão	Demanda
Segurança Pública	Segurança Sanitária	Localização e rastreamento
		Qualidade da água e do ar
		Controle de doenças e pragas
	Segurança de Infraestrutura	Transporte
		Trânsito e tráfego
		Patrimônio público e privado
		Desastres naturais e ambientais
		Sensoriamento remoto
		Padrões climáticos e meteorológicos
	Segurança Pessoal	Vigilância e Monitorização
		Terrorismo

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

As demandas de segurança sanitária dizem respeito as necessidades relativas a cadeia de insumos e suprimentos farmacêuticos e hospitalares que permitem facilitar a localização e rastreabilidade das cargas para garantir a sua autenticidade. Além disso, faz-se necessário monitorar a qualidade do ar e água para prevenir emergências sanitárias oriundas da poluição ou de resíduos tóxicos. Outra demanda importante envolve um conjunto de ações de prevenção e combate para minimizar os efeitos de epidemias ou pandemias, como é o caso de COVID-19.

Em relação às demandas de infraestrutura, percebe-se que transporte, trânsito e tráfego tratam de demandas para garantir a segurança no transporte de cargas e movimentação segura

de pessoas dentro do sistema de transporte incluindo tráfego de aviões, barcos, automóveis, ônibus e outros. Tudo isto é importante para manter seguro o sistema de trânsito da cidade.

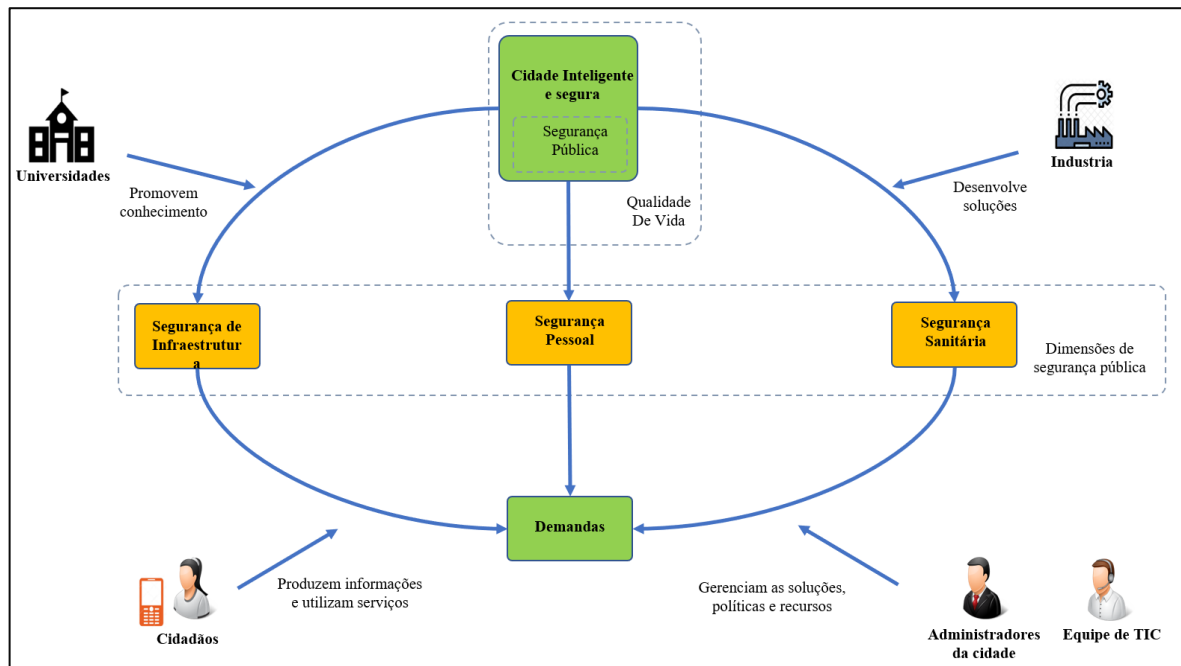
O patrimônio público e privado refere às necessidades de vigilância e monitorização, por exemplo, que visam zelar pelo patrimônio da cidade. Já desastres naturais e ambientais fazem menção as ações de prevenção para resguardar as vidas de pessoas em decorrência de desastres, a exemplo de tufões, terremotos, erupções vulcânicas, maremoto, deslizamentos, etc. Sensoriamento remoto corresponde a detecção de informações de pessoas, objetos e áreas da cidade para fins de segurança, enquanto padrões climáticos e meteorológicos referem-se a previsão do clima e tempo para prevenir a população de enchentes, inundações geadas ou outros prejuízos.

Quanto às demandas de segurança pessoal, a vigilância e monitoramento são adotadas em comércios e residências com o intuito de elevar a sensação de segurança das pessoas e utilizar dispositivos como câmeras e sensores a fim de auxiliar na minimização da atuação de criminosos. As demandas de segurança para o terrorismo são ações que fazem uso de tecnologia para combater atos violentos tornando o policiamento mais moderno.

A partir das demandas de segurança pública identificadas acima, foi elaborada a camada de demandas que aborda as necessidades de segurança da cidade inteligente, as quais farão uso de soluções para fornecer a resposta mais eficiente na resolução de ocorrências. A Figura 16 traz a camada de demandas do modelo CISSA.

A camada de demandas destaca a segurança pública como um elemento primordial das cidades inteligentes. A partir dela, adotou-se uma classificação de três dimensões para agrupar as demandas de segurança oriundas de necessidades dos cidadãos.

Figura 16 – Camada de demandas do modelo CISSA



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A camada contém os principais atores que influenciam na cidade inteligente e segura com o objetivo de contribuir com a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Esses atores desempenham funções que compõem a estrutura do modelo CISSA e descrevem suas relações. Por exemplo, a indústria e as ICTs contribuem para melhorar o desempenho e a eficiência das soluções que por sua vez monitoram a cidade recolhendo informações dos cidadãos para responder as demandas de segurança pública. Nessa linha, os administradores da cidade têm o papel de implementar soluções visando melhorar a segurança na cidade e promover a qualidade de vida.

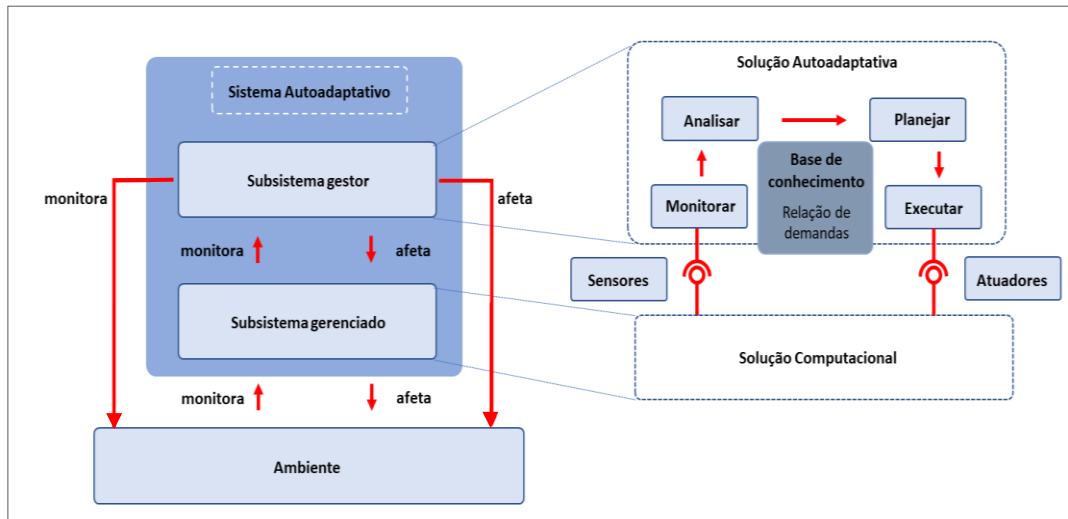
Para resolver as questões de segurança pública foi desenvolvida a camada de infraestrutura que está abordada no tópico a seguir.

4.3.3 Camada de infraestrutura

A camada de infraestrutura do modelo CISSA foi projetada para apoiar os administradores da cidade em promover a segurança pública e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Por essa razão, é importante destacar que esta camada está baseada num sistema autoadaptativo para atender demandas de segurança pública com a utilização das soluções mais apropriadas dentro da rede de IoT.

A camada de infraestrutura é responsável por gerenciar as soluções que podem ser autoadaptativas e/ou computacionais. Esta camada possui uma visão global do estado de todas as soluções da rede de IoT, controlando-as continuamente para atender uma ou mais demandas. A Figura 17 apresenta a camada de infraestrutura do modelo CISSA.

Figura 17 - Camada de infraestrutura do modelo CISSA



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A camada de infraestrutura do modelo CISSA que está composta por:

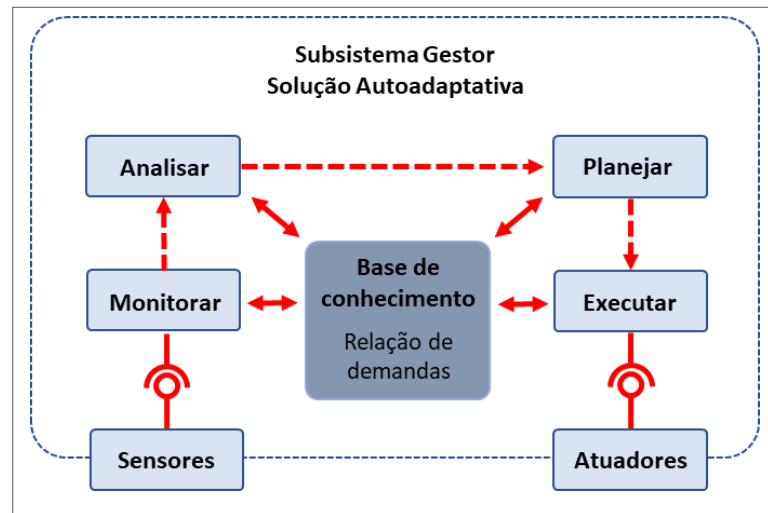
- a) **Sistema autoadaptativo** que controla o ciclo de autoadaptação compreendendo soluções autoadaptativas e soluções computacionais;
- b) **Subsistema gestor** cujo papel é implementar as etapas do processo de autoadaptação MAPE-K e monitorar o estado das soluções autoadaptativas dentro da rede;
- c) **Subsistema gerenciado** envolve as soluções computacionais que, por sua vez, são componentes não autoadaptativos e quando acoplados a soluções autoadaptativas dependem de notificações ou alertas para iniciar seu funcionamento;
- d) **Sensores** são responsáveis por coletar informações relacionadas as demandas de segurança pública da cidade. Os sensores distribuídos pela cidade coletam informações relevantes para o gerenciamento e para a tomada de decisão do processo de autoadaptação. As informações coletadas pelos sensores são processadas pelo subsistema gestor;
- e) **Atuadores** realizam as mudanças nas soluções como resultado do processo de adaptação pertencente ao subsistema gestor. Estas mudanças influenciam no ambiente porque trazem respostas as demandas de segurança pública;

f) **Ambiente** corresponde a cidade inteligente e segura como um todo, trazendo os componentes do sistema e suas relações.

O sistema autoadaptativo está dividido em dois subsistemas: subsistema gestor e subsistema gerenciado. O subsistema gestor gerencia as soluções e captura informações da demanda diretamente do ambiente utilizando sensores. Este subsistema possui a lógica de adaptação que engloba cinco funções segundo o ciclo MAPE-K da IBM (2006): monitoramento, análise, planejamento, execução e conhecimento. Logo, as soluções autoadaptativas executam, por meio dos atuadores, a adaptação como resposta mais apropriada à demanda.

A Figura 18 ilustra o subsistema gestor da camada de infraestrutura do modelo.

Figura 18 – Subsistema gestor da camada de infraestrutura do modelo CISSA



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A dimensão de autoadaptação do subsistema gestor engloba as atividades do MAPE-K que estão descritas a seguir:

- Monitoramento (Monitorar)**: a etapa monitorar é responsável por coletar informações do estado das soluções ou das demandas do ambiente. Ela define o tipo de informação que deverá ser capturada e pré-processada para a tarefa de análise.
- Análise (Analisar)**: a etapa analisar contém as políticas para gerenciamento das informações coletadas. Estas políticas determinam se a análise pode ser pré-determinada ou *on-the-fly*. A análise pré-determinada é acionada quando já existe uma codificação existente ou solução que pode ser consultada na interpretação das informações. Por exemplo, uma solução que possui um sensor de movimento e, caso, o objeto monitorado permaneça em movimento por um período superior ao

pré-definido é acionado a atividade seguinte para planejar a adaptação. A análise *on-the-fly* corresponde as informações a serem analisadas e que não foram previamente definidas, mas podem ser alteradas em tempo de execução.

- c) Planejamento (Planejar): a etapa planejar é responsável pelo planejamento de ações de adaptação de acordo as informações analisadas. A estratégia para o planejamento de ações leva em consideração as características das soluções em função da demanda recebida.
- d) Execução (Executar): a etapa executar corresponde a efetivação das ações de adaptação planejadas. Para isso, esta etapa necessita de atuadores que realizam a adaptação na solução. Por exemplo, o atuador pode lidar diretamente com as interfaces das soluções, desligando as soluções que não serão mais executadas e ligando novas soluções.
- e) Conhecimento: a base de conhecimento contém a relação de demandas de segurança pública, bem como as informações para o gerenciamento do sistema. Este componente interage com as quatro etapas do processo de adaptação e possui as funcionalidades pré-existentes que são responsáveis por gerenciar alertas de demandas com respostas pré-configuradas.

O subsistema gerenciado é um componente não consciente do restante do sistema autoadaptativo, com funções limitadas e de apoio para atender as demandas de segurança pública da cidade. O subsistema gerenciado compreende às soluções computacionais, as quais podem receber comportamento autônomo através do acoplamento com o subsistema gestor.

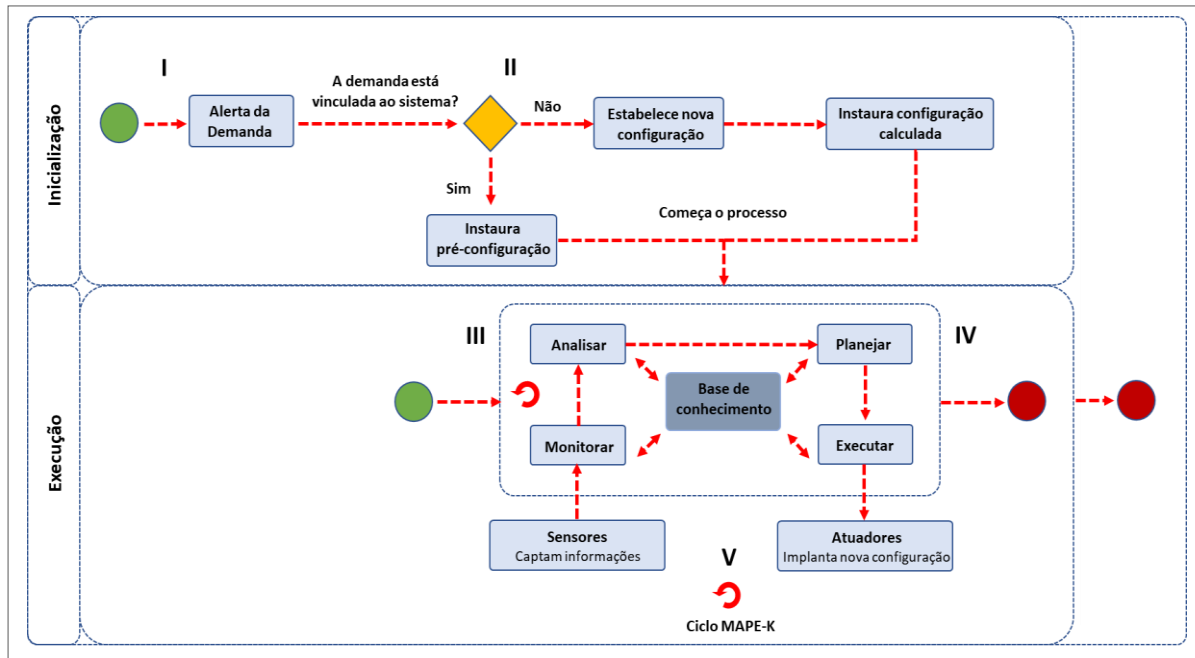
As soluções computacionais são gerenciadas e adaptadas pelo subsistema gestor. Estas soluções foram identificadas por meio de um MSL (Capítulo 3) e tratam de recursos de *hardware* e *software* utilizados na segurança pública em cidades inteligentes. O sistema autoadaptativo coleta informações diretamente da cidade vinculando as demandas às soluções, processos e componentes de software e hardware da rede de IoT. Este sistema pretende raciocinar frente a demandas que requeiram adaptação das soluções como medidas de apoio à segurança.

A camada de infraestrutura do modelo CISSA engloba o processo para a adaptação de soluções. Esse processo define o desempenho do modelo durante sua execução, sendo que a adaptação é a sequência de passos que o subsistema gestor executa para atender as demandas.

O processo de adaptação define como a demanda é filtrada e como o processo de MAPE-K é executado, recolhendo informações da base de conhecimento e implantando novas

configurações quando necessário. A Figura 19 apresenta o fluxograma do processo de adaptação da camada de infraestrutura.

Figura 19 – Fluxograma do processo de adaptação da camada de infraestrutura



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Este processo (Figura 19) é organizado em cinco passos que quando executados reiniciam o ciclo de adaptação, a saber:

I – O sistema é iniciado quando as soluções acopladas na rede, por meio da monitorização, capturam informações das demandas e as transferem para a base de conhecimento. A base de conhecimento é responsável pelo gerenciamento do processo adaptativo, mantendo a integridade e foco do modelo CISSA. Esta base atualiza as demandas com operações dinâmicas e registra as novas adaptações.

II – Caso a demanda seja conhecida, a pré-configuração carregada é iniciada e o sistema começa a execução do processo de adaptação. Caso contrário é iniciado um novo ciclo do processo de adaptação executando as etapas do MAPE-K (monitorar, analisar, planejar e executar com auxílio da base de conhecimento) a fim de definir uma configuração apropriada a ser executada pelos atuadores.

III - Após a identificação e classificação da demanda o ciclo MAPE-K é iniciado num processo de monitoramento e análise que é executado da seguinte forma:

- a) O sistema captura as informações do ambiente conforme a demanda utilizando os sensores vinculados à rede. Estas informações são repassadas para a base de conhecimento para serem armazenadas ou atualizadas conforme a demanda.
- b) A atividade de análise interpreta as informações capturadas pelo monitor. Caso esta etapa detecte alguma mudança inicia-se o processo de configuração para planejar a adaptação.

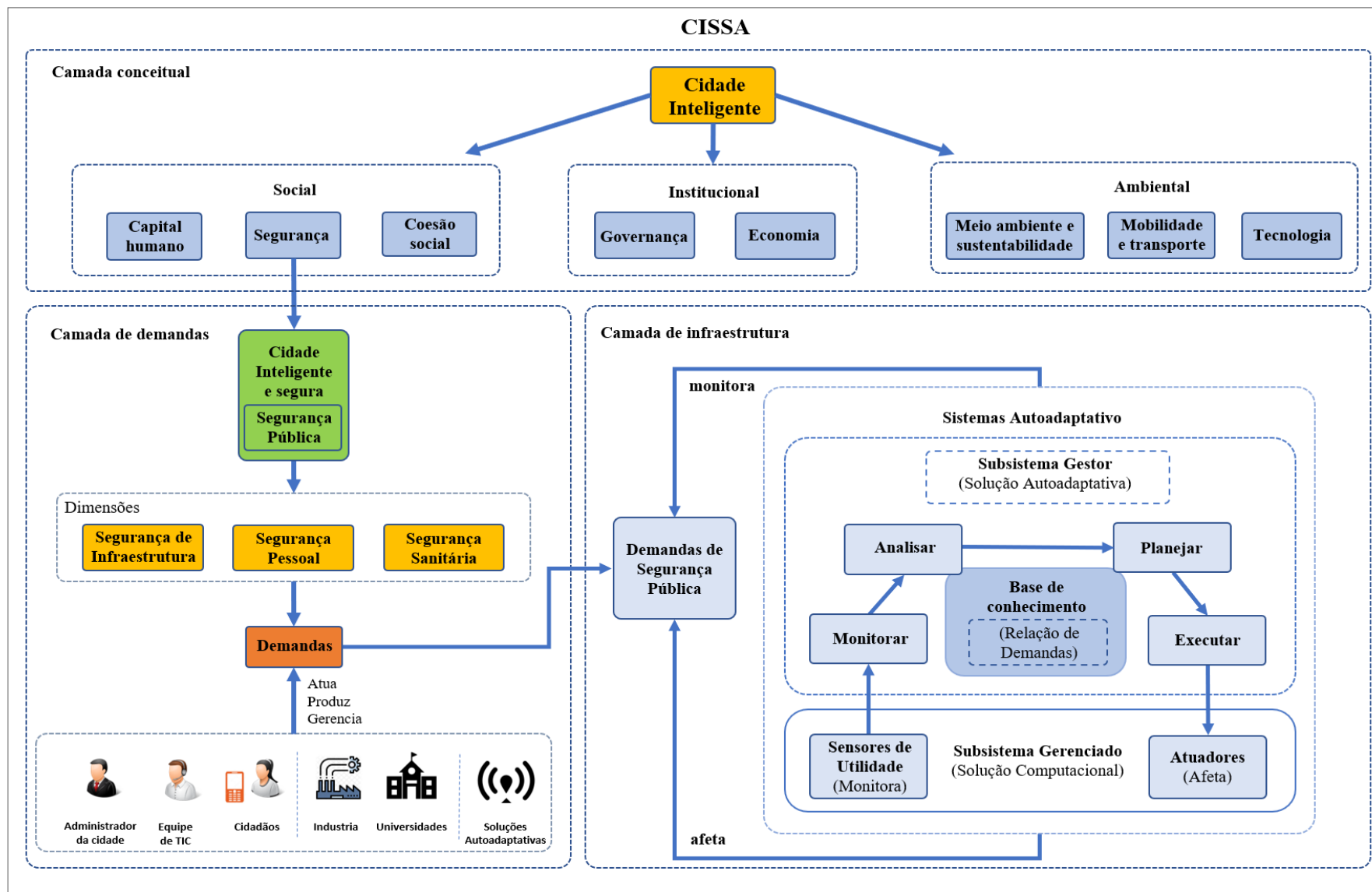
IV – Quando for detectada uma adaptação o processo de planejamento é acionado e executado da seguinte forma:

- a) Esta etapa utiliza as informações repassadas pela etapa de análise para informar que a demanda motivou o processo de adaptação. Então o planejamento inicia a tomada de decisão, executando ajustes necessários para atender a demanda. Neste nível as informações são analisadas a nível de soluções, tendo como foco a adaptação e o planejamento de uma nova configuração, sempre consultando a base de conhecimento.
- b) A atividade de execução é iniciada tendo o processo da nova configuração efetivado. Esta etapa usa os atuadores para impor a configuração, assim as soluções que precisam ser alertadas para auxiliar novas demandas são conectadas.
- c) Quando o processo de planejamento é finalizado a atividade de execução é iniciada para efetivar a nova configuração. Esta etapa usa os atuadores para impor a configuração. Assim, as soluções que precisam ser alertadas para auxiliar novas demandas são conectadas.

V – O ciclo é reiniciado, retomando as atividades de monitoramento das demandas e caso novas demandas sejam detectadas é acionando o processo de adaptação MAPE-K.

Por fim, a Figura 20 apresenta as três camadas que compõem o modelo CISSA. A Camada Conceitual compreende o conceito, dimensões e componentes da cidade inteligente. A Camada de Demandas define cidade inteligente e segura com ênfase na segurança pública, como tema central da pesquisa, abordando demandas de segurança pública classificadas em três dimensões. A Camada de Infraestrutura envolve processos e soluções de IoT para atender demandas de segurança pública a partir de um sistema autoadaptativo.

Figura 20 – Modelo conceitual CISSA



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5 AVALIAÇÃO DO MODELO CISSA

Este capítulo tem por objetivo avaliar o modelo CISSA por meio de um protocolo de verificação em cenário de estudos anteriores. A estrutura do protocolo de verificação está baseada nas camadas do modelo CISSA descritas no Capítulo 4 que compreende os elementos (ambiente, composição, estrutura e mecanismo) da cidade inteligente e segura. Ademais, ressalta-se que a verificação do modelo em cenário de uso é observada com base em estudos anteriores identificados no MSL (Capítulo 3).

5.1 PROTOCOLO DE VERIFICAÇÃO

Segundo Souza e Silva (2011) a verificação corresponde à representatividade e extensão de cada item no fenômeno estudado, enquanto a validação tem a finalidade de evidenciar a capacidade que o modelo teve de captar e revelar um dado fenômeno. Além disso, as autoras apontaram que a validação é útil para estabelecer a dimensão de cada categoria dentro daquilo que o fenômeno investigado revela. Isto é, evidenciar se as interpretações que o pesquisador fez condizem com a realidade e representam mais do que o produto de sua imaginação. Nessa linha, o protocolo de verificação objetiva avaliar o modelo CISSA por meio de um formulário, conforme pode ser observado no Quadro 9.

O formulário possui questões para identificar os elementos principais do sistema, tais como ambiente, composição, estrutura e mecanismo. Particularmente, na seção de mecanismo são abordadas as dimensões e demandas de segurança pública, assim como o uso de soluções autoadaptativas e computacionais e outras questões que norteiam a verificação do modelo CISSA.

Quadro 9 – Formulário de avaliação do modelo CISSA

Formulário para verificação do modelo CISSA			
Ambiente:			
Componentes:			
Estrutura:			
Mecanismos:			
Dimensões de segurança pública:	() Segurança Pessoal	() Segurança Sanitária	() Segurança de Infraestrutura
Demandas	() Vigilância e Monitorização	() Localização e rastreamento	() Transporte
	() Terrorismo	() Qualidade da água e do ar	() Trânsito e tráfego
	() Outras (especificar):_____	() Controle de doenças e pragas	() Patrimônio público e privado
		() Outras (especificar):_____	() Desastres naturais e ambientais
			() Sensoriamento remoto
			() Padrões climáticos e meteorológicos
		() Outras (especificar):__	
Soluções:			
() Soluções Autoadaptativas			
() Soluções computacionais			
() Outras (especificar):_____			
Existe um sistema autoadaptativo? () Sim () Não () Não informado			
Esse sistema utiliza o MAPE-K? () Sim () Não () Não informado			
O sistema autoadaptativo é aplicável nesse cenário?			
Quem desempenha essa função?			
Existem soluções autoadaptativas acopladas às soluções computacionais?			
() Sim (especificar)			
() Não			
() Não informado			
Periodicidade de funcionamento: () Tempo real () Diária () Mensal () Outra (especificar):__			
Respostas (ações):			
O CISSA é aplicável nesse cenário? () Sim () Não () Parcialmente			

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O formulário é útil para o administrador da cidade e a equipe de TI que objetivam desenvolver um projeto dedicado a tornar a cidade mais segura e inteligente. O formulário contém informações sobre as dimensões e demandas de segurança pública, bem como as soluções e ações já desenvolvidas para atender essas necessidades. Todo esse conhecimento pode facilitar a tomada de decisão para melhorar as políticas de segurança. Além disso, o formulário pode ser atualizado a fim de inserir novas demandas de segurança e soluções computacionais de acordo as particularidades de cada cidade.

5.2 VERIFICAÇÃO EM CENÁRIO DE ESTUDOS ANTERIORES

A verificação do modelo CISSA foi realizada com base em cenários de estudos anteriores. Para isso, foram selecionados os estudos identificados no MSL (Capítulo 3). Esses trabalhos apresentam soluções computacionais e demandas de segurança pública no contexto de cidades inteligentes.

Nessa verificação, foram utilizados dois critérios para seleção dos estudos e baseiam-se em: (I) estudos mais recentes publicados no período de 2017 a 2018 e (II) estudos que abordam duas ou três dimensões de segurança pública.

A partir do critério de seleção dos estudos mais recentes, obteve um total de 12 publicações que foram classificadas por dimensão de segurança pública a fim de observar o segundo critério (Quadro 10).

Quadro 10 – Categorização dos estudos do MSL por dimensão de segurança pública (2017-2018)

Estudos	Segurança Sanitária	Segurança Pessoal	Segurança de Infraestrutura
Alam et al. (2017)		X	X
Ciftler et al. (2018)			X
Eckes (2018)		X	
Ferreira et al. (2017)		X	X
Habadi e Abuabduallah (2018)	X		X
Huang et al. (2017)		X	
Koukopoulos e Koukopoulos (2017)		X	
Meiling et al. (2018)		X	X
Moreira et al. (2017)		X	
Retamar et al. (2017)			X
Wan et al. (2017)		X	
Xu et al. (2018)	X	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O Quadro 10 revelou que cinco publicações atendem ao segundo critério de seleção. Esses estudos apresentam várias soluções computacionais para lidar com os desafios da segurança pública em cidades inteligentes. Xu et al. (2018) destacam a importância do sensor de multidões móveis no tratamento de demandas de segurança pública que inclui o gerenciamento de eventos de emergência, detecção de crimes, transporte inteligente e assistência à saúde pública. Meiling et al. (2018) desenvolveram a plataforma IoT MONICA que possui várias aplicações para atender demandas de segurança associadas a violência pessoal, ameaças de ataques terroristas, cenas de pânico, doenças graves de indivíduos no meio da multidão, além do transporte público.

Habadi e Abuabdullah (2018) criaram um sistema que usa sensores para detectar o nível de dióxido de carbono e aplica a tecnologia RFID para monitorar a ocupação de ônibus escolares. Alam et al. (2017) apresentam um projeto de sistema de vigilância e tráfego para monitorar zonas costeiras (praias). Enquanto que Ferreira et al. (2017) vêm desenvolvendo um sistema inteligente de segurança pública na Universidade de São Paulo (USP) a fim de diminuir as ocorrências de roubos e crimes de deterioração do patrimônio público. Esse projeto é composto por um sistema de câmeras de vigilância inteligentes, um sistema de *back office* com um mecanismo de fluxo de trabalho e um aplicativo móvel na perspectiva de um conceito colaborativo.

Destaca-se que os estudos que apresentaram soluções computacionais em fase de desenvolvimento (MEILING *et al.*, 2018; XU *et al.*, 2018; FERREIRA, *et al.* 2017) não foram analisados para fins de verificação do modelo CISSA. Dessa forma, apenas os estudos de Habadi e Abuabdullah (2018) e Alam *et al.* (2017) foram utilizados para aplicação do modelo conceitual desta dissertação.

5.2.1 Aplicando o CISSA em Habadi e Abuabdullah (2018)

O estudo de Habadi e Abuabdullah (2018) traz um projeto de sistema de segurança para ônibus escolares que permite monitorar o que acontece dentro do veículo e enviar um feedback em tempo real para as autoridades responsáveis. Este sistema está dividido em dois subsistemas independentes: um encarregado por detectar o nível de dióxido de carbono (CO₂) dentro do ônibus e outro por monitorar a ocupação do veículo.

Para verificar o modelo CISSA foram identificados os elementos do sistema (ambiente, composição, estrutura e mecanismo) os quais apontam as dimensões e demandas de segurança pública e as soluções computacionais que compõem a rede de IoT do sistema. Abaixo, seguem as principais informações mapeadas no Quadro 11.

O ambiente de aplicação do sistema está representado por ônibus escolares. Esse ambiente é composto por estudantes (cidadãos), motorista, autoridades escolares (também denominados de administradores) e as soluções computacionais que executam as funcionalidades do sistema de segurança.

Quanto à estrutura do sistema, existem sensores (soluções) que monitoram o nível de dióxido de carbono (CO₂) do ambiente. Quando o nível CO₂ atinge um limite pré-estabelecido é enviado um comando para que as janelas se abram automaticamente. Além disso, o sistema conta com a tecnologia RFID (solução) responsável por mapear a ocupação do ambiente e

enviar mensagens de SMS para os pais, motorista e os administradores sobre a movimentação dos passageiros.

Quadro 11 – Mapeamento de verificação do estudo de Habadi e Abuabdullah (2018)

Formulário para verificação do modelo CISSA			
Ambiente: Ônibus escolares.			
Composição: Cidadãos (estudantes), administradores (motorista, autoridades escolares) e soluções (sensores e RFID).			
Estrutura: Os sensores (soluções) monitoram a qualidade do ar dentro do ônibus. Se o CO ₂ do ônibus atingir um determinado nível é acionado um comando que abre as janelas. O sistema de RFID (solução) monitora a ocupação do veículo enviando alertas ao motorista e mensagens as autoridades escolares (administradores).			
Mecanismos:			
Dimensões de segurança pública:	<input type="checkbox"/> Segurança Pessoal	<input checked="" type="checkbox"/> Segurança Sanitária	<input checked="" type="checkbox"/> Segurança de Infraestrutura
	<input type="checkbox"/> Vigilância e Monitorização	<input type="checkbox"/> Localização e rastreamento	<input checked="" type="checkbox"/> Transporte
Demandas	<input type="checkbox"/> Terrorismo	<input checked="" type="checkbox"/> Qualidade da água e do ar	<input type="checkbox"/> Trânsito e tráfego
	<input type="checkbox"/> Outras (especificar): _____	<input type="checkbox"/> Controle de doenças e pragas	<input type="checkbox"/> Patrimônio público e privado
		<input type="checkbox"/> Outras (especificar): _____	<input type="checkbox"/> Desastres naturais e ambientais
			<input type="checkbox"/> Sensoriamento remoto
			<input type="checkbox"/> Padrões climáticos e meteorológicos
		<input type="checkbox"/> Outras (especificar): _____	
Soluções: <input type="checkbox"/> Soluções Autoadaptativas <input checked="" type="checkbox"/> Soluções computacionais: sensores de CO ₂ <input checked="" type="checkbox"/> Outras (especificar): RFID, controlador de motor (janela automática)			
Existe um sistema autoadaptativo? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não informado			
Esse sistema utiliza o MAPE-K? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não informado			
Quem desempenha essa função? Não se aplica.			
Existem soluções autoadaptativas acopladas as soluções computacionais? <input type="checkbox"/> Sim (especificar) <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não informado			
Periodicidade de funcionamento: <input checked="" type="checkbox"/> Tempo real <input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Outra (especificar): _____			
Respostas (ações): Controle do nível de CO ₂ e rastreamento de ocupantes (passageiros).			
O CISSA é aplicável nesse cenário? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcialmente			

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Em relação aos mecanismos, percebeu-se que as dimensões de segurança sanitária e segurança de infraestrutura foram contempladas pelo projeto, uma vez que demandas como qualidade do ar e transporte seguro são definidas como os objetivos do sistema.

De maneira geral, esse sistema utiliza soluções computacionais na resolução de suas demandas de segurança pública. O sistema desenvolvido possui sensores para monitorar o estado atual do ambiente e os atuadores (Por exemplo, janelas automáticas) que são responsáveis por realizar as alterações no ambiente com base em configurações pré-determinadas. Este cenário se assemelha ao que Sabatucci, Seidita e Cossentino (2018), cunharam de adaptação mais simples de sistemas inteligentes.

Embora o uso de sistema autoadaptativo não tenha sido declarado de forma explícita no artigo, é possível perceber que ele é aplicável ao contexto em questão levando em consideração que o sistema em tempo de execução possui uma lógica de adaptação com base em configurações pré-estabelecidas. Diante do exposto, percebe-se que o modelo CISSA é aplicável a esse cenário, uma vez que foi possível identificar seu ambiente, composição, dimensões e demandas de segurança de pública, soluções, ações e a lógica de adaptação do sistema.

5.2.2 Aplicando o CISSA em Alam et al. (2017)

O estudo de Alam et al (2017) apresenta um sistema de vigilância e tráfego para zonas costeiras (praias) que permite resguardar a vida dos banhistas e ajudar no estacionamento dos visitantes. Este sistema abrange vigilância na praia, tráfego e estacionamento inteligente para promover uma praia segura e conectada. O Quadro 12 é resultado da aplicação o formulário de informações extraídas do estudo para verificar o modelo CISSA.

O sistema desenvolvido por Alam et al (2017) aborda as praias como seu cenário de aplicação. Este ambiente está formado por visitantes (cidadãos), salva-vidas (administradores), autoridades locais (administradores) e um conjunto de sensores e câmeras (soluções) que monitora os cidadãos e o tráfego contíguo as praias.

Estruturalmente o sistema apresenta as seguintes relações principais: as câmeras são as soluções responsáveis por promover a vigilância nas praias. Cada vez que um visitante atravessa uma zona de risco no mar, o algoritmo detecta e dispara um aviso em tempo real para que o salva-vidas possa resgatar rapidamente a pessoa que está em perigo. No estacionamento inteligente existem sensores especiais que monitoram em tempo real a ocupação do ambiente e enviam informações sobre vagas disponíveis para os visitantes. A central de controle de tráfego orienta os visitantes no trânsito provendo informações sobre o tempo de viagem, congestionamento e rotas alternativas.

Quadro 12 – Mapeamento de verificação do estudo de Alam et al. (2017).

Formulário para verificação do modelo CISSA			
Ambiente: Praias			
Composição: Cidadãos (visitantes), administradores (autoridades locais e salva-vidas) e soluções (câmeras e sensores).			
Estrutura: Nas praias há sensores e câmeras (soluções) que monitoram os visitantes (cidadãos) e enviam alertas aos salva-vidas (cidadãos) sobre banhistas em zonas de risco. Além disso, existe uma rede de sensores (soluções) que coletam informações e orientam os visitantes (cidadãos) sobre o tráfego e disponibilidade de vagas de estacionamento. As autoridades locais (administradores) comandam um sistema central (solução) que direciona os salva-vidas e monitora o trânsito e estacionamento na zona costeira.			
Mecanismos:			
Dimensões de segurança pública:	<input type="checkbox"/> Segurança Sanitária	<input checked="" type="checkbox"/> Segurança Pessoal	<input checked="" type="checkbox"/> Segurança de Infraestrutura
	<input type="checkbox"/> Localização e rastreamento	<input checked="" type="checkbox"/> Vigilância e Monitorização	<input type="checkbox"/> Transporte
Demandas	<input type="checkbox"/> Qualidade da água e do ar	<input type="checkbox"/> Terrorismo	<input checked="" type="checkbox"/> Trânsito e tráfego
	<input type="checkbox"/> Outras (especificar): _____	<input type="checkbox"/> Controle de doenças e pragas	<input type="checkbox"/> Patrimônio público e privado
		<input type="checkbox"/> Outras (especificar): _____	<input type="checkbox"/> Desastres naturais e ambientais
			<input type="checkbox"/> Sensoriamento remoto <input type="checkbox"/> Padrões climáticos e meteorológicos <input type="checkbox"/> Outras (especificar): _____
Soluções: <input type="checkbox"/> Soluções Autoadaptativas <input checked="" type="checkbox"/> Soluções computacionais: câmeras e sensores. <input type="checkbox"/> Outras (especificar)			
Existe um sistema autoadaptativo? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não informado			
Esse sistema utiliza o MAPE-K? <input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não informado			
O sistema autoadaptativo é aplicável nesse cenário? Não se aplica.			
Quem desempenha essa função? Não se aplica.			
Existem soluções autoadaptativas acopladas as soluções computacionais? <input type="checkbox"/> Sim (especificar) <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Não informado			
Periodicidade de funcionamento: <input checked="" type="checkbox"/> Tempo real <input type="checkbox"/> Diária <input type="checkbox"/> Mensal <input type="checkbox"/> Outra (especificar): _____			
Respostas (ações): Prevenção de afogamentos, gestão de tráfego.			
O CISSA é aplicável nesse cenário? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcialmente			

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quanto ao mecanismo, observou-se que as demandas de vigilância e monitorização de pessoas e tráfego e trânsito foram contempladas sob as dimensões de segurança pessoal e infraestrutura respectivamente. Para tanto, o sistema dispõe de câmeras e sensores como soluções que ajudam a promover ações de prevenção de afogamentos e gestão de tráfego.

Este projeto, assim como o de Habadi e Abuabdullah (2018), não menciona a utilização de soluções ou sistema autoadaptativo, ainda que seja possível observar uma lógica de adaptação simples do sistema, com base nos postulados de Sabatucci, Seidita e Cossentino (2018). Ademais, ressalta-se que outras lógicas de adaptação baseado em atributos de qualidade ou demandas *on-the-fly* podem ser adicionadas as soluções existentes a fim de promover uma cobertura mais ágil e abrangente (eficiente) as dimensões e demandas de segurança pública. Dessa forma, a partir do CISSA foi possível identificar o ambiente, composição, estrutura e mecanismo do sistema, classificando suas demandas e soluções para segurança pública.

6 CONCLUSÃO

A cidade inteligente precisa adotar a transformação digital para satisfazer às demandas decorrentes do crescimento populacional, repensando a forma em como os ambientes urbanos operam e apoiam decisões de gestão pública. Uma dessas demandas é a segurança que emerge como um componente indispensável da cidade. Nessa linha, uma cidade inteligente e segura envolve um subsistema que integra tecnologias ao ambiente urbano e atende a todos os aspectos de segurança pública dentro da cidade, visando intervir nas ameaças para proporcionar qualidade de vida as pessoas.

O problema de pesquisa proposto questiona como tornar uma cidade mais inteligente e segura usando sistema autoadaptativo. Esta pesquisa também apresentou as seguintes indagações: quais as soluções autoadaptativas e computacionais, quais as demandas de segurança e quais são os principais componentes, estrutura, ambiente e mecanismos deste processo. Para solucionar estes problemas, foi desenvolvido o modelo conceitual CISSA a fim de contribuir com o desempenho das cidades em oferecer qualidade de vida aos seus cidadãos. Como resultado adicional ao trabalho desenvolvido, foram realizadas quatro contribuições acadêmicas.

A primeira contribuição consistiu em mapear as soluções computacionais já validadas ou propostas para contribuir com a segurança pública em cidades inteligentes (Capítulo 3). Percebeu-se que as soluções computacionais são importantes para identificar situações anormais e ajudar nos desafios de segurança. Mais especificamente, desenvolveu-se uma estrutura de identificação e classificação que permitiu conhecer o aporte que as soluções representam na diversidade de funcionalidades para atender as demandas de segurança da sociedade. Neste estudo foi identificado um número significativo de soluções computacionais para segurança pública, destacando-se os sistemas e sensores entre os mais citados.

Além disso, a variedade de soluções depende diretamente do objetivo e tipo de projeto, sendo que algumas destas soluções concebem projetos de sucesso que permitem a sua replicação (ARIKUMA; MOCHIZUKI 2016; ELKANA; NUGRAHA, 2014; MEILING et al., 2018; ALAM et al., 2017; STEINHAUSER 2011). Cidades inteligentes situadas em diferentes regiões do mundo têm adotado soluções computacionais para atender as suas demandas de segurança. Na América e Ásia predomina o uso de sistemas e sensores, enquanto na Europa sistemas e câmeras foram as soluções mais recorrentes nas publicações.

A segunda contribuição relevante foi a identificação de demandas de segurança pública em cidades inteligentes, apontando que vigilância e monitorização, localização,

rastreamento, gestão de tráfego e transporte e monitoramento de desastres naturais estão entre as demandas de segurança mais recorrentes nas publicações. Dentre os ganhos apresentados pela incorporação de soluções computacionais para atender tais demandas, destaca-se por exemplo a diminuição do tempo de resposta para atendimento das autoridades à população (FERREIRA et al., 2017; COELHO et al., 2016; LIAO et al., 2014; BHANA et al., 2013).

A terceira e contribuição principal foi a proposta do modelo CISSA que possui três camadas: camada de conceito, camada de demandas e camada de infraestrutura. O modelo CISSA adota uma definição própria de cidade inteligente e apresenta uma estrutura de identificação e classificação das demandas de segurança pública. Tudo isto, fornece diretrizes sobre as quais o sistema autoadaptativo pode atuar e decidir autonomamente como adaptar o seu comportamento em resposta às demandas e ocorrências contextuais. Este modelo possui uma infraestrutura que monitora as demandas e gerencia autonomamente o processo de seleção das soluções para resolver os desafios da segurança pública na cidade. Os administradores das cidades que buscam estabelecer planos para tornar as cidades mais inteligentes e seguras podem consultar o modelo CISSA para guiar seus projetos. Isto é, o CISSA ajuda a fornecer as evidências sobre as dimensões e demandas de segurança pública que são contempladas ou não pela cidade inteligente, bem como avalia as soluções e a lógica de adaptação para responder tais necessidades. Dessa forma, estes gestores podem usar o CISSA para avaliar o desempenho da sua cidade, dispondo de maiores informações para a tomada de decisão e processos de *benchmarking* a fim de melhorar a segurança pública.

A quarta contribuição foi fundamentada no desafio de autoadaptação em cenários de incerteza com ocorrências que demandam mudanças e possibilitam comportamentos diferenciados e eficientes. Tudo isto para lidar com problemas urbanos vinculados a segurança pública. A cidade inteligente que conta com um sistema autoadaptativo pode promover soluções mais ágeis e eficientes. O sistema autoadaptativo atua autonomamente em tempo de execução para promover respostas de acordo as demandas de segurança. Por exemplo, o pessoal da segurança deve monitorar vários locais diferentes simultaneamente, o que pode tornar o trabalho dispendioso e ineficiente. Contudo, o uso de um sistema inteligente com função de adaptação poderia monitorar o ambiente e produzir alertas precoces ao detectar qualquer ato suspeito. Outrossim, destaca-se que o CISSA busca alinhar as demandas de segurança pública da sociedade com as soluções computacionais sob a perspectiva de um sistema autoadaptativo.

Por fim, para avaliar o Modelo CISSA, foi elaborado um protocolo de verificação aplicado em cenários de estudos anteriores, conforme apresentado no Capítulo 5. Constatou-se que o modelo CISSA é aplicável aos contextos analisados, embora as características de

autoadaptação não tenham sido declaradas explicitamente. Ademais, ressalta-se que o uso dos formulários auxiliou principalmente na identificação e comparação dos elementos que compõem a base do modelo CISSA.

6.1 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho obteve contribuições acadêmicas relacionadas ao mapeamento de soluções computacionais e demandas de segurança pública no contexto de cidades inteligentes. Além disso, esta dissertação contempla um modelo conceitual CISSA que apresenta uma nova taxonomia para abordar os componentes das cidades inteligentes e as demandas de segurança pública identificadas. Este modelo pode orientar a criação e aprimoramento de políticas de segurança pública, apoiando os administradores na elaboração de projetos que visem, através da adoção de sistema autoadaptativo, tornar as cidades mais seguras e inteligentes.

6.2 LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

Uma das limitações enfrentadas foi a dificuldade de trabalhar com sistemas autoadaptativos por ser uma temática complexa e relativamente pouco explorada na literatura. Outra limitação da dissertação está relacionada à validação do modelo proposto, uma vez que tal processo levou em consideração muito mais os aspectos teóricos do que aspectos empíricos sobre o fenômeno estudado. Além disso, o CISSA não contempla a segurança digital que envolve demandas de segurança contra ataques cibernéticos. A segurança digital representa uma importante medida de proteção considerando que cada vez as pessoas e as organizações estão conectadas à *internet*. Estas limitações lançam oportunidades de futuras pesquisas.

Como trabalhos futuros, sugerem-se novos modelos conceituais envolvendo outros componentes da cidade inteligente como mobilidade e transporte, governança e economia. Estes modelos conceituais poderiam analisar e estruturar as principais dimensões, atores, necessidades, indicadores, soluções e ações que melhoram o desempenho da cidade em diversas outras áreas estratégicas para o seu desenvolvimento. Adicionalmente, estudos empíricos sobre o modelo CISSA poderiam ser conduzidos em diversas cidades a fim de observar sua aplicação diante das particularidades locais. Por exemplo, o formulário definido no Capítulo 5 poderia ser transformado em questionários com o intuito de identificar a percepção dos administradores da cidade e equipe de TIC sobre a relevância dos elementos do CISSA. Sugerem-se, ainda,

novos estudos que investiguem a dimensão de segurança digital no contexto de cidades inteligentes.

REFERÊNCIAS

- ALAJLAN, A. M.; ELLEITHY, K. M. High-level abstractions in wireless sensor networks: Status, taxonomy, challenges, and future directions. In: AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION, 1, 2014, Bridgeport, **Anais...** Bridgeport, 2014, p. 1–7.
- ALAM, M.; FERREIRA, J.; MUMTAZ, S.; JAN, M. A.; REBELO, R.; FONSECA, J. A. Smart Cameras Are Making Our Beaches Safer: A 5G-Envisioned Distributed Architecture for Safe, Connected Coastal Areas. **IEEE Vehicular Technology Magazine**, v. 12, n. 4, p. 50-59, 2017.
- ARCAINI, P.; RICCOBENE, E.; SCANDURRA, P. Modeling and analyzing MAPE-K feedback loops for self-adaptation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOFTWARE ENGINEERING FOR ADAPTIVE AND SELF-MANAGING SYSTEMS, ACM, 10, 2015, Florence, **Anais...** Florence: IEEE press, 2015, p. 13-23.
- ARIKUMA, A.; MOCHIZUKI, Y. Intelligent multimedia surveillance system for safer cities. **APSIPA Transactions on Signal and Information Processing**, v. 5, n. e5, p. 1-8, 2016.
- BANNAN, B.; BURBRIDGE, J.; DUNAWAY, M.; SIKDMORE, D. **Blueprint for Smart Public Safety in Connected Communities**. 2017. Disponível em: <https://pages.nist.gov/GCTC/uploads/blueprints/20170824-PSSC_Blueprint_20170823_FINAL.pdf>. Acessado em: 02 fev. 2019.
- BASIRI, A.; LOHAN, E. S.; FIGUEIREDO E SILVA, P.; PELTOLA, P.; HILL, C.; MOORE, T. Overview of positioning technologies from fitness-to-purpose point of view. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LOCALIZATION AND GNSS, 2014, Helsinki, **Anais...** Helsinki: IEEE xplore, 2014 p. 1-7.
- BHANA, B.; FLOWERDAY, S.; SATT, A. Using participatory crowdsourcing in South Africa to create a safer living environment. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 25, p.1-13, 2013.
- BATTY, M. Intelligent cities: using information networks to gain competitive advantage. **Environment and Planning B: planning and design**, v. 17, n. 3, p. 247-256, 1990.
- BOUSKELA, M.; CASSEB, M.; BASSI, S.; DE LUCA, C.; FACCHINA, M. **Caminho para as Smart Cities**: da gestão tradicional para a cidade inteligente. Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), 2016.
- BRAUN, T.; FUNG, B. C. M.; IQBAL, F.; SHAH, B. Security and privacy challenges in smart cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 39, p. 499-507, 2018.
- BUNGE, M. **Emergence and Convergence**: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge. Toronto: National Library of Canada, 2003.
- CAMERO, A.; ALBA, E. Smart City and information technology: A review. **Cities**, v. 93, p. 84-94, 2019.

- CARDOSO, H. D. A. L. **Sistema multi-agente para comércio eletrônico**. 1999. 129 f. Tese (Mestrado em Inteligência Artificial e Computação), Faculdade de Economia, Universidade do Porto, Porto, 1999.
- CHANG, J-C.; WANG, P-S.; SHIH-RONG, K-H. F.; SU, DE-Y.; MIN-TE, M-S. L.; IMACE, Y-C. T. Protecting Females from Sexual and Violent Offenders in a Community via Smartphones. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PARALLEL PROCESSING WORKSHOPS, 2011, Taiwan, **Anais...** Taiwan: IEEE Xplore, 2011, p. 71–74.
- CHEN, Y.; ZHANG, Z.; YUBAI, X.; ZHAO, M. A new model of conceptual design based on Scientific Ontology and intentionality theory. Part I: The conceptual foundation. **Design Studies**, v. 37, p. 12-36, 2015.
- CIFTLER, B.S.; DIKMESE, S.; GÜVENÇ, I.; AKKAYA, K; KADRI, A. Occupancy Counting With Burst and Intermittent Signals in Smart Buildings. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 5, n. 2, p. 724-735, 2018.
- CILLIERS, L.; FLOWERDAY, S. Factors that influence the usability of a participatory IVR crowdsourcing system in a smart city. **South African Computer Journal**, v. 29, n. 3, p. 16-30, 2017.
- COCCHIA, A. Smart and digital city: A systematic literature review. In: **Smart city**. (S.l.): Springer, p. 13–43, 2014.
- COELHO, J.; CACHO, N.; LOPES, F.; LOIOLA, E.; TAYRONY, T.; ANDRADE, T.; MENDONÇA, M.; OLIVEIRA, M.; ESTAREGUE, D.; MOURA, B. ROTA: A smart city platform to improve public safety. In: ROCHA, Á.; CORREIA, A.; ADELI, H.; REIS, L.; TEIXEIRA, M. M. (Eds). **New Advances in Information Systems and Technologies**. Advances in Intelligent Systems and Computing, v. 444. Springer, Cham, 2016, p. 787-796.
- DAS, A.; SHARMA, S. C. M.; RATHA, B. K. The new era of smart cities from the perspective of the Internet of Things. In: RAWAT, D. B.; GHAFOR, K. Z. (Ed.). **Smart Cities Cybersecurity and Privacy**, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2019, p. 1-9.
- DASGUPTA, P.; BHATTACHARYA, A.; FERNANDO, M. S. Poster abstract: Community sensor grids deployment and usage. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION PROCESSING IN SENSOR NETWORKS, 2009, San Francisco, **Anais...** San Francisco: IEEE Xplore, 2009, p. 389-390.
- DENISCSZWICZ, M. **Revisão por pares editorial**: análise do sistema segundo o modelo CISM a partir do nature's peer review debate. 2017. 213 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação). Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.
- DOREL, N.; BOGDAN, O.; CRISTIAN, E.; IRINA, R.; VALENTIN, S.; CRISTIAN, T.; CRISTIAN, N. Wireless Monitoring of a Computerized City Using SafeMobile Units. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS AND NETWORKS COMMUNICATIONS, 2009, Porto, **Anais...** 2009, p. 261–264.

DRUZIANI, C. F. M.; KERNI, V. M.; CATAPAN, A. H. Perspectiva Sistêmica Sociotecnológica da Engenharia de Requisitos: Estudo de Caso de Repositório Web. In: VI WORKSHOP "UM OLHAR SOCIOTÉCNICO SOBRE A ENGENHARIA DE SOFTWARE" – WOSES, Fortaleza, 6, 2012. **Anais...** Fortaleza, 2012, p. 1-12.

ECKES, A. Landscape Architecture in Protection of Pedestrian Zones against Acts of Terrorism. **Architecture civil engineering environment**, v. 2, p. 7-12, 2018.

ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT (EIU). **Safe Cities Index: Security in a rapidly urbanising world**. 2019. Disponível em: <
<https://www.nec.com/en/global/ad/safecitiesindex2019/index.html>>. Acessado em: 01 jan. 2020.

EDGE, S.; BOLUK, K.; GROULX, M.; QUICK, M. Exploring diverse lived experiences in the Smart City through Creative Analytic Practice. **Cities**, v. 96, p. 102478, 2020.

ELKANA, G.; NUGRAHA, I.G.B. Low Cost Embedded Surveillance for public transportation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ICT FOR SMART SOCIETY (ICISS), 2014, Bandung, **Anais...** Bandung: IEEE Xplore, 2014, p. 242-245.

ELMAGHRABY, A. S.; LOSAVIO, M. M. Cyber security challenges in Smart Cities: Safety, security and privacy. **Journal of Advanced Research**, v. 5, n. 4, p. 491-497, 2014.

EUROPEAN UNION. **Mapping Smart Cities in the EU**. 2014. Disponível em: <
<https://www.europarl.europa.eu/portal/en>>. Acessado em 15 out. 2019.

FAHMIDEH, M.; ZOWGHI, D. An exploration of IoT platform development. **Information Systems**, v. 87, p. 101409, 2020.

FERREIRA, J. E.; VISINTIN, J. A.; OKAMOTO, J.; PU, C. Smart services: A case study on smarter public safety by a mobile app for University of São Paulo. In: IEEE SMARTWORLD UBIQUITOUS INTELLIGENCE AND COMPUTING, ADVANCED AND TRUSTED COMPUTED, SCALABLE COMPUTING AND COMMUNICATIONS, CLOUD AND BIG DATA COMPUTING, INTERNET OF PEOPLE AND SMART CITY INNOVATION, 2017, San Francisco, **Anais...** San Francisco: IEEE Xplore, 2017, p. 1-5.

FIRMINO, R. J.; KANASHIRO, M.; BRUNO, F.; EVANGELISTA, E.; NASCIMENTO, L. C. Fear, Security, and the Spread of CCTV in Brazilian Cities: Legislation, Debate, and the Market. **Journal of Urban Technology**, v. 20, n. 3, p. 65-84, 2013.

FONTELLES, M. J.; SIMÕES, M. G.; FARIAS, S. H.; FONTELLES, R. G. S. Metodologia da pesquisa científica: Diretrizes para elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista Paraense de Medicina**, v. 23, n. 2, p. 1-8, 2009.

FURIAN, N.; O'SULLIVAN, M.; WALKER, C.; VÖSSNER, S.; NEUBACHER, D. A conceptual modeling framework for discrete event simulation using hierarchical control structures. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 56, p. 82-96, 2015.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIBSON, D. V.; KOZMETSKY, G.; SMILOR, R. W. **The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks**. Rowman & Littlefield, New York. 1992

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6º ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GRIMALDI, D.; FERNANDEZ V. Performance of an internet of things project in the public sector: The case of Nice smart city. **The Journal of High Technology Management Research**, v. 30, n. 1, p. 27-39, 2019.

GUARINO, N.; OBERLE, D.; STAAB, S. **What is an Ontology?**. Handbook on Ontologies, 2009.

GUIZZARDI, G.; FALBO, R. A.; GUIZZARDI, R. S. S. A importância de Ontologias de Fundamentação para a Engenharia de Ontologias de Domínio: o caso do domínio de Processos de Software. **IEEE Latin America Transactions**, v. 6, n. 3, p. 244-251, 2008.

HABADI, A. A.; ABUABDULLAH, Y. S. Intelligent Safety School Buses System Using RFID and Carbon Dioxide Detection. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER APPLICATIONS & INFORMATION SECURITY (ICCAIS), 2018, Arabia Saudita, **Anais...** Arabia Saudita: IEEE xplore, 2018, p. 1–7.

HUANG, K.; TAN, T.; MAYBANK, S.; CHELLAPPA, R.; AGGARWAL, J. Guest Editorial Introduction to the Special Issue on Large-Scale Video Analytics for Enhanced Security: Algorithms and Systems. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems**, v. 47, n. 4, p. 589-592, 2017.

IBM. **An architectural blueprint for autonomic computing**. 2006. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/0e99/837d9b1e70bb35d516e32ecfc345cd30e795.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IBM. **An architectural blueprint for autonomic computing**. Tech. rep. 2003. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IESE (Business School University of Navarra). **IESE Cities in Motion Index**. 2019. Disponível em: <<https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0509-E.pdf>>. Acessado em: 10 fev. 2020.

ISMAGILOVA, E.; HUGLES, L.; DWIVEDI, Y. K.; RAMAN, R. Smart cities: Advances in research—An information systems perspective. **International Journal of Information Management**, v. 47, p. 88-100, 2019.

- KERN, V. M. O sistemismo de Bunge: fundamentos, abordagem metodológica e aplicação a sistemas de informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 12., 2011, Brasília. **Anais...** Brasília: Thesaurus, 2011. p. 2693-2709.
- KIPPER, G. Visions of the Future. In: KIPPER, G.; RAMPOLLA (Ed.) **Augmented Reality An Emerging Technologies Guide to AR**, Waltham, The USA: Elsevier, 2013, p. 129-142. <https://doi.org/10.1016/B978-1-59-749733-6.00006-1>
- KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele University, UK, 2004. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.122.3308>>. Acessado em: 15 de jul. 2018.
- KOUKOPOULOS, Z.; KOUKOPOULOS, D. Parades Aiding System (PAR.AID.S): Intelligent Management of Carnival Parades. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ENVIRONMENTS (IE), 2017, Greece, **Anais...** Greece: IEEE Xplore, 2017, p. 6–13.
- KRUPITZER, C.; VANSYCKEL, S.; BECKER, C. FESAS: Towards a Framework for Engineering Self-Adaptive Systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SELF-ADAPTIVE AND SELF-ORGANIZING SYSTEMS, 2013, Philadelphia, **Anais...** Philadelphia: IEEE Xplore, 2018, p. 263-264.
- LACINÁK, M.; RISTVEJ, J. Smart City, Safety and Security. **Procedia Engineering**, v. 192, p. 522-527, 2017.
- LIAO, C.-C.; HOU, T.-F.; LIN, T.-Y.; CHENG, Y.-J.; ERBAD, A.; HSU, C.-H.; VENKATASUBRAMANIAN, N. Sais: Smartphone augmented infrastructure sensing for public safety and sustainability in smart cities, In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON EMERGING MULTIMEDIA APPLICATIONS AND SERVICES FOR SMART CITIES, 2014, Orlando, **Anais...** Orlando: IEEE Xplore, 2014, p. 3-8.
- LIU, L.; ZHANG, M.; CHEN, L.; DU, C. Notice of Retraction It;BR gt; The research of city community safety management system, In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY, 2010, **Anais...**, 2010, p. 243–247.
- LOIDEAIN, N. N. Cape Town as a smart and safe city: implications for governance and data privacy. **International Data Privacy Law**, v. 7, n. 4, p. 314-334, 2017.
- LUO, T.; TAN, H.-P.; QUEK, T. Q. S. Sensor Open Flow: Enabling Software-Defined Wireless Sensor Networks. **IEEE Communications Letters**, v. 16, n. 11, p. 1896–1899, 2012.
- MACHY, C.; CARINCOTTE, C.; DESURMONT, X. On the use of Video Content Analysis in ITS: A review from academic to commercial applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS TELECOMMUNICATIONS, 2009, Lille, **Anais...** Lille: IEEE Xplore, 2009, p. 574-579.

MACÍAS-ESCRIVÁ, F. D.; HABER, R.; del TORO, R.; HERNANDEZ, V. Self-adaptive systems: A survey of current approaches, research challenges and applications. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 18, p. 7267-7279, 2013.

MAHDAVI-HEZAVEHI, S.; AVGERIOU, P.; WEYNS, D. A Classification Framework of Uncertainty in Architecture-Based Self-Adaptive Systems With Multiple Quality Requirements. In: MISTRICK, I et al. (eds.). **Managing Trade-Offs in Adaptable Software Architectures**. 1 ed. Burlington: Elsevier, 2017, p. 45-77.

MAHESA, R.; YUDOKO, G.; ANGGORO, Y. Dataset on the sustainable smart city development in Indonesia. **Data in Brief**, v. 25, p. 1-16, 2019.

MALDONADO, M. U.; COSER, A. Engenharia do conhecimento aplicada ao serviço de atendimento ao cliente na indústria do software. **Ingeniare – Revista Chilena de Ingeniería**, v. 18, n. 1, p. 53-63, 2010.

MAVROPOULOS, O.; MOURATIDIS, H.; FISH, A.; PANAOUSIS, E. Apparatus: A framework for security analysis in internet of things systems. **Ad Hoc Networks**, v. 92, 101743, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.08.013>

MEILING, S.; PURNOMO, D.; SHIRAIISHI, J-A.; FISCHER, M.; SCHMID, T. C. MONICA in Hamburg: Towards Large Scale IoT Deployments in a Smart City. In: EUROPEAN CONFERENCE ON NETWORKS AND COMMUNICATIONS (EuCNC), 2018, Ljubljana, **Anais...** Ljubljana: IEEE Xplore, 2018, p. 224–229.

MENDONÇA, M.; MOREIRA, B.; COELHO, J.; CACHO, N.; LOPES, F.; CAVALCANTE, E.; DIAS, A.; RIBEIRO, J. L.; LOIOLA, E.; ESTAREGUE, D.; MOURA, B. Improving Public Safety at Fingertips: A Smart City Experience. In: IEEE INTERNATIONAL SMART CITIES CONFERENCE (ISC2), 2016, Trento, **Anais...** Trento: IEEE Xplore, 2016, p. 1-6.

MIT - ENTERPRICE TECHNOLOGY REVIEW. 10 Emerging Technologies That Will Change the World. 2003. Disponível em: <http://www2.technologyreview.com/news/401775/10-emerging-technologies-that-will-change-the/>. Acessado em: 20 de abr. 2019.

MOREIRA, B.; CACHO, N.; LOPES, F.; CAVALCANTE, E. Towards civic engagement in smart public security. In: INTERNATIONAL SMART CITIES CONFERENCE, 2017, Wuxi, **Anais...** Wuxi: IEEE Xplore, 2017, p. 1–6.

NILSSEN, M. To the smart city and beyond? Developing a typology of smart urban innovation. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 142, p. 98-104, 2019.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia Científica**: um manual para a realização de pesquisas em administração. Catalão: UFG, 2011.

ONGGO, S. Methods for Conceptual Model Representation. In: Robinson et al. (org.). **Conceptual Modeling for Discrete-event Simulation**. 1 ed. Boca Raton: CRC Press, 2010, p. 337-354.

ORGANISATION ECONOMIC COOPERATION DEVELOPMENT (OECD). **Enhancing the contribution of digitalisation to the smart cities of the future**. 2019. Disponível em: <[https://one.oecd.org/document/CFE/RDPC/URB\(2019\)1/REV1/en/pdf](https://one.oecd.org/document/CFE/RDPC/URB(2019)1/REV1/en/pdf)>. Acessado em: 10 fev. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Habitat III Issue Papers**. New York, 2015. Disponível em: <http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2015/04/Habitat-III-Issue-Paper-21_Smart-Cities-2.0.pdf>. Acessado em: 10 de abr. 2019.

OUARETH, S.; BOULEHOUACHE, S.; MAZOUZI. A Component-Based MAPE-K Control Loop Model for Self-adaptation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN ANALYSIS AND INTELLIGENT SYSTEMS (PAIS), 3, 2018, Tebessa, **Anais...** Tebessa: IEEE Xplore, 2018, p. 1-7.

OZA, N.; GOHIL, N. B. Implementation of Cloud Based Live Streaming for Surveillance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATION AND SIGNAL PROCESSING, Melmaruvathur, 2016, **Anais...** Melmaruvathur: IEEE Xplore, 2016, p. 996–998.

PORTO, A.G.; PORTO, A.F.D.; FREES, C.V. **O futuro é das CHICS: como construir agora as cidades humanas, inteligentes, criativas e sustentáveis**. 1. Ed. Brasília: IBCIHS, 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAHIM, S.; TIE, S.; BEGUM, A.; NAZ, B. ICTs Based Crime Control Model: An Application Based Study of Gilgit-Baltistan. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONIC MEASUREMENT & INSTRUMENTS, 2, 2011, Chengdu, **Anais...** Chengdu: IEEE xplore, 2011, p. 1-6.

REIS, L. P. **Coordenação em Sistemas Multi-Agente: Aplicações na Gestão Universitária e Futebol Robótico**. 2003. 487 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2003.

RETAMAR, A. E.; GUBA, G.; LOPEZ, G. V.; PALER, H. B.; FELAN, J. J.; GARCIA, C. C.; BADONG-CARLOS, J.; CAPITO, J.; MOSQUERA, I. C.; PAZ, M.; YABUT, J. J. HydroMet: Deployment of a Large Scale Nationwide Hydrometeorological Sensor Network for Flood Warning and Monitoring. In: IEEE GLOBAL HUMANITARIAN TECHNOLOGY CONFERENCE (GHTC), 2017, San Jose, **Anais...** San Jose: IEEE Xplore, 2017, p. 1–10.

RISDIANA, D. M.; SUSANTO, T. D. The Safe City: Conceptual Model Development - A Systematic Literature Review. **Procedia Computer Science**, v. 161, p. 291-299, 2019.

ROBINSON, S. Conceptual Modeling for Simulation: Definition and Requirements. In: Robinson et al. (org.). **Conceptual Modeling for Discrete-event Simulation**. 1 ed. Boca Raton: CRC Press, 2010, p. 3-30.

ROBINSON, S.; ALBEZ, G.; BIRTA, L. G.; TOLK, A.; WAGNER, G. Conceptual modeling: Definition, purpose and benefits. In: WINTER SIMULATION CONFERENCE (WSC), 2015, Huntington Beach, **Anais...** Huntington Beach: IEEE Xplore, 2015, p. 1-15.

SABATUCCI, L.; SEIDITA, V.; COSSENTINO, M. The Four Types of Self-adaptive Systems: A Metamodel. In: De Pietro et al. (eds.). **Smart Innovation, Systems and Technologies**, v. 76, Springer, Cham, 2018, p. 440-450.

SALEHIE, M.; TAHVILDARI, L. Self-Adaptive Software: Landscape and Research Challenges. **ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems**, v. 4, n. 2, p. 1–42, 2009.

SALEHIE, M.; TAHVILDARI. Towards a goal-driven approach to action selection in self-adaptive software. **Software: Practice and Experience**, v. 42, n. 2, p. 211-233, 2011.

SETIYONO; SUPANGKAT, S.H. Big Data Analytics for Safe and Secure City. In: **2018 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)**, p 1-5, 2018.
DOI:10.1109/ictss.2018.8550023

SILVA, J. B. S. **SaSML: Uma linguagem de modelagem de domínio específico baseada em UML para modelagem conceitual de sistemas autodaptativos**. 2018. 110f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação). Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

SILVA, L. M.; VIANNA, W.B.; KERN, V. M. O sistemismo de Bunge como base teórico-metodológica para pesquisa em Ciência da Informação. **Em questão**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 140-164, 2016.

SILVA, W. M.; ALVARO, A.; TOMAS, G. H. R. P.; AFONSO, R. A.; DIAS, K. L.; GARCIA, V. C. Smart cities software architectures: a survey. In: PROCEEDINGS OF THE 28TH ANNUAL ACM SYMPOSIUM ON APPLIED COMPUTING, 28, 2013, Coimbra **Anais...** Coimbra, 2013, p. 1722–1727.

SIQUEIRA JÚNIOR, F. A. **Seleção de Sensores em Redes de Sensores Sem Fio Heterogêneas para Cidades Inteligentes**. 2016. 81f. Dissertação (Mestrado em Informática), Programa de Pós-graduação Informática, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

SOLANKI, V. K.; KATIYAR, S.; BHASHKARSEMWAL, V.; DEWAN, P.; VENKATASEN, M.; DEY, N. Advanced Automated Module for Smart and Secure City. **Procedia Computer Science**, v. 76, p. 367-374, 2016.

SOUZA, S. S.; SILVA, D. M. G. V. Validação de modelo teórico: conhecendo os processos interativos na rede de apoio às pessoas com tuberculose. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 24, n. 6, p. 778-783, 2011.

STEINHAUSER, M.; SONNENBICHLER, A. C.; GEYER-SCHULZ, A. Supporting safety through social territorial networks. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-BUSINESS, 2011, Seville **Anais...** Seville: IEEE Xplore, 2011, p. 1-9.

TABACZNIUK, T. Management of public safety with the use of visual monitoring in the city and county of Walbrzych. **Management**, v. 20, n. 1, p. 321-336, 2016.

TALARI, S.; SHAFIE-RÁ, M.; SIANO, P. L.; LOIÇA, V.; TOMMASETTI, A.; CATALÃO, J. P. S. A Review of Smart Cities Based on the Internet of Things Concept. **Energies**, v. 10, n. 4, p. 421, 2017.

- TANG, H.; HUBBARD, P.; WALDMAN, S. **Smart Cities: Challenges and Opportunities for Public Safety and Security**. 2018. Defence Research and Development Canada. Disponível em: <http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc294/p806124_A1b.pdf>. Acessado em: 10 fev. 2019.
- TASHAKKORI, H.; RAJABIFARD, A.; KALANTARI, M.; ALEKSANDROV, M. Indoor Incident Situation Awareness Using a 3D Indoor/Outdoor Spatial City Model. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR DISASTER MANAGEMENT, 2015, Rennes, **Anais...** Lille: IEEE Xplore, 2015, p. 240–245.
- THALHEIM, B. Towards a Theory of Conceptual Modelling. In: PERNUL, G. (eds.). **Advances in Conceptual Modeling - Challenging Perspectives**. LCNS 5833. Berlin: Springer, 2009, p. 45-54.
- UNITED NATIONS (UN). **2018 Revision of World Urbanization Prospects**. 2018. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/>>. Acessado em: 10 de abr. 2019.
- VICTORINO, J. N. C; ESTUAR, M. R. J. Profiling Flood Risk through Crowdsourced Flood Level Reports. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IT CONVERGENCE AND SECURITY (ICITCS), 2014, Beijing, **Anais...** Beijing: IEEE Xplore, 2014, p. 1–4.
- VILLELA, M. L. B.; OLIVEIRA, A. P.; BRAGA, J. L. Modelagem Ontológica no Apoio à Modelagem Conceitual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE, 18, 2004, Brasília, **Anais...** Brasília, 2004, p. 241-256.
- VITERALE, F. D. C. Developing a Systems Architecture Model to Study the Science, Technology and Innovation in International Studies. **Systems**, v. 7, n. 3, p. 1-19, 2019.
- WAN, S.; LU, J.; FAN, P.; LETAIEF, K.B. To Smart City: Public Safety Network Design for Emergency, **IEEE Access**, v. 6, p. 1451-1460, 2017.
- WEST, D. M.; BERNSTEIN, D. **Benefits and Best Practices of Safe City Innovation**. Center for Technology Innovation at Brookings: Washington, DC, USA, 2017.
- WEYNS, D. Software Engineering of Self-Adaptive Systems: An Organised Tour and Future Challenges. In: INTERNATIONAL WORKSHOPS ON FOUNDATIONS AND APPLICATIONS OF SELF* SYSTEMS, 3, 2018, Trento, **Anais...** Trento: IEEE Xplore, 2018, p. 1-43.
- XU, Z.; MEI, L.; CHOO, K-K. R.; LV, Z.; HU, C.; LUO, X.; LIU, Y. Mobile crowd sensing of human-like intelligence using social sensors: A survey. **Neurocomputing**, v. 279, n. 1, p. 3-10, 2018.
- YU, K-M.; CHENG, S-T.; HSU, H-P.; YU, C-S.; LEI, M-Y.; TSAI, N.; LIEN, C-C. Intelligent Evacuation System Integrated with Image Recognition Technology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON UBI-MEDIA COMPUTING (UMEDIA), 8, 2015, Colombo, **Anais...** Colombo: IEEE xplore, 2015, p. 23–28.

ZHANG, Y.; BROWN, D. Police patrol district design using agent-based simulation and GIS. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENCE AND SECURITY INFORMATICS, 2012, Arlington, **Anais...** Arlington: IEEE Xplore, 2012, p. 54–59.

ZHI-YAN, G.; JIAN-ZHEN, W. Research on coverage and connectivity for heterogeneous wireless sensor network. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE & EDUCATION (ICCSE), 7, 2012, Melbourne, **Anais...** Melbourne, 2012, p. 1239–1242.

ZIEGLER, H. G. Privacy-preserving and IoT-capable crowd analysis and detection of flow disturbances for enhancing public safety. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART CITIES AND GREEN ICT SYSTEMS (SMARTGREENS), 5, 2016, Rome, **Anais...** Rome: IEEE Xplore, 2016, p. 1-8.