

**CISSA: Modelo Conceitual de Cidade Inteligente e Segura Baseado em Sistema  
Autoadaptativo**

**CISSA: Intelligent and Safe City Conceptual Model Based on a Self-Adaptive System**

**CISSA: Modelo Conceptual de Ciudad Inteligente y Segura Baseado en um Sistema  
Autoadaptativo**

Recebido: 30/07/2020 | Revisado: 11/08/2020 | Aceito: 18/08/2020 | Publicado: 23/08/2020

**Pablo Ignacio Marambio Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3409-006X>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [inaciomarambio@gmail.com](mailto:inaciomarambio@gmail.com)

**Márcio Nannini da Silva Florêncio**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5557-4181>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [marcio\\_nannini@hotmail.com](mailto:marcio_nannini@hotmail.com)

**Rogério Patrício Chagas do Nascimento**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8760-3506>

Universidade Federal de Sergipe, Brasil

E-mail: [rogerio@dcomp.ufs.br](mailto:rogerio@dcomp.ufs.br)

**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. 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 e bibliográfica com abordagem metodológica qualitativa. O modelo CISSA está 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. Essas camadas 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. Com os resultados obtidos percebeu-se que o modelo CISSA pode guiar os administradores das cidades.

**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. 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). For that, an exploratory and bibliographic research with a qualitative methodological approach was used. 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. 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.

### **Resumen**

Las ciudades inteligentes representan entornos urbanos innovadores que hacen uso intensivo de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) que, junto con el paradigma de Internet de las Cosas (IoT), tienen como objetivo aumentar la eficiencia en la prestación de servicios públicos y permitir que los ciudadanos cumplan sus demandas casi en tiempo real. Uno de los principales desafíos de la gobernanza urbana es la seguridad pública, que emerge como un

componente indispensable para que la ciudad logre su objetivo estratégico de mejorar las condiciones de vida de la población. En vista de lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo desarrollar un modelo conceptual llamado Ciudad inteligente y Segura basado en un Sistema Autoadaptativo (CISSA). Para ello, se utilizó una investigación exploratoria y bibliográfica con un enfoque metodológico cualitativo. La construcción del modelo CISSA está organizada en tres capas: concepto, demandas e infraestructura. El concepto y la capa de demanda abordan una definición específica de la ciudad inteligente y presentan una estructura para la identificación y clasificación de las demandas de seguridad pública. Contribuyen a proporcionar pautas sobre las cuales la capa de infraestructura a través del sistema autoadaptativo monitorea el entorno y gestiona de manera autónoma el proceso de selección de soluciones, adaptando su comportamiento cuando sea necesario para resolver los desafíos de seguridad pública en la ciudad. Con los resultados obtenidos, se percibió que el modelo CISSA puede guiar a los administradores de la ciudad en proyectos que buscan establecer planes para hacer que las ciudades sean más inteligentes y seguras.

**Palabras clave:** Ciudad inteligente; Seguridad pública; Sistema autoadaptativo; Soluciones computacionales.

## 1. Introdução

De acordo com as projeções das Nações Unidas 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 (UN, 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 cidades, representando 6,8 bilhões de pessoas (ONU, 2015).

Para atingir essas taxas de crescimento estimou-se que a região da América Latina e o Caribe alcancem um crescimento de 18%, em relação a outras regiões do orbe (UN, 2018). 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, as aglomerações urbanas estarão cercadas 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).

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 (Risidiana & Susanto, 2019). Nesse ponto, o presente 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 duas maneiras. Primeiro, ao definir uma nova taxonomia para classificar as demandas de segurança pública em cidade inteligentes. E segundo, o estudo apresenta as contribuições que os sistemas autoadaptativos podem oferecer para que a cidade se torne mais inteligente e segura.

Diante do contexto apresentado, definiu-se a questão de pesquisa: como tornar uma cidade mais inteligente e segura usando sistema autoadaptativo? Dessa forma, o estudo tem o objetivo de desenvolver um modelo conceitual de cidade inteligente e segura baseado em sistema autoadaptativo.

## **2. Cidade Inteligente e Segura**

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 (Edge *et al.*, 2020).

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).

Lacinák & 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 & 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. Enquanto que Risdiana & 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.

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

## **2.1. Sistema Autoadaptativo**

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 & Tahvildari (2009) o sistema autoadaptativo possui a autoadaptabilidade e a auto-organização como propriedades gerais que são decompostas em propriedades principais e propriedades primitivas. 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.

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

Salehie & 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 & 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.

Assim, o sistema autoadaptativo apresenta-se como uma solução promissora para uma cidade inteligente e segura. 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, & Consentino, 2018).

### **3. Metodologia**

Este trabalho caracteriza-se uma pesquisa exploratória e qualitativa com finalidade de desenvolver um modelo conceitual de cidade inteligente e segura baseado em sistema autoadaptativo. Prodanov & 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, 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) e Florêncio *et al.* (2020) 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 científicos, documentos, entre outros.

A construção do modelo conceitual deste estudo seguiu o método CESM proposto por Bunge (2003). Para o autor, 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.

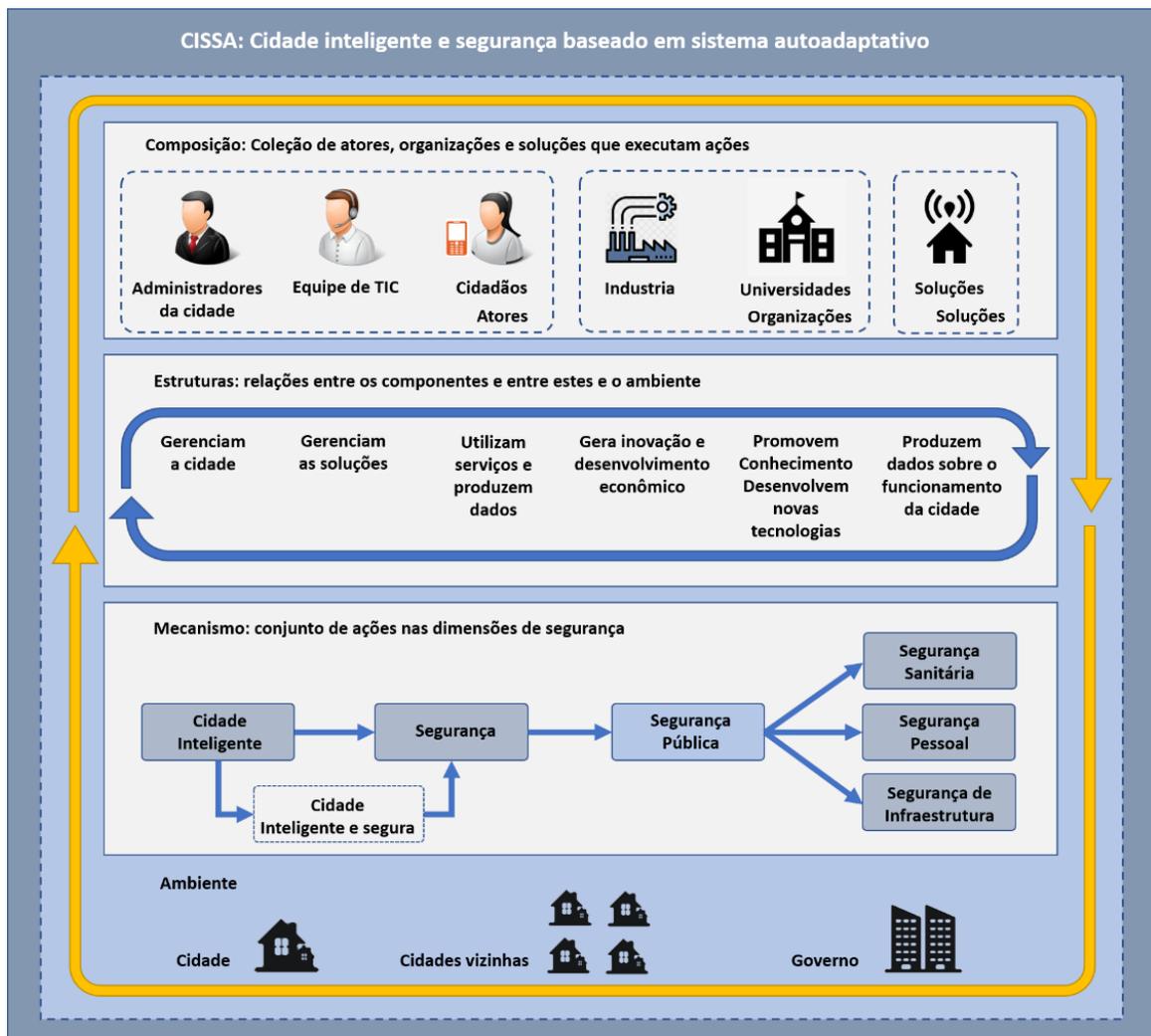
De acordo com Kern (2011), o sistemismo de Bunge representa uma abordagem sistêmica como fundamento ontológico-metodológico para a concepção e estudo de sistema de informação, por exemplo. O sistemismo ontológico mostra que o sistema não é simplesmente uma coleção de indivíduos ou bloco sem estrutura, 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).

#### 4. Resultados e Discussão

O modelo de Cidade Inteligente e Segura baseado em Sistema Autoadaptativo (CISSA) está estruturado a partir da modelagem CESM proposta por Bunge (2003). Esse modelo está baseado em soluções computacionais e demandas de segurança pública. 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 1.

**Figura 1** – Estrutura do CISSA.



Fonte: Autores.

A Figura 1 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, universidades 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.

**Composição:** este elemento compreende a coleção de atores (administradores da cidade, equipe de TIC e cidadãos), organizações (indústria e universidades) 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:

- 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;
- 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.
- 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 utiliza-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;
- Indústria: essa organização refere-se à indústria de tecnologia de informação e comunicação, fornecendo soluções computacionais, que ao serem organizadas pela equipe de TI contribuem para aprimorar os serviços públicos e a segurança. A indústria desenvolve soluções computacionais que fomentam o desenvolvimento tecnológico e econômico da cidade;
- Universidades: são as instituições de ensino, pesquisa 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 universidades podem transferir tecnologia para a cidade, gerando inovações com o intuito de aumentar a competitividade e sustentabilidade;
- 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, universidades 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 universidades 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 universidade-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 solução 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. Por exemplo, o ambiente inteligente 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.

#### 4.1. Camadas do CISSA

Depois de conhecer a estrutura do modelo e aplicar o método CESM 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 2.

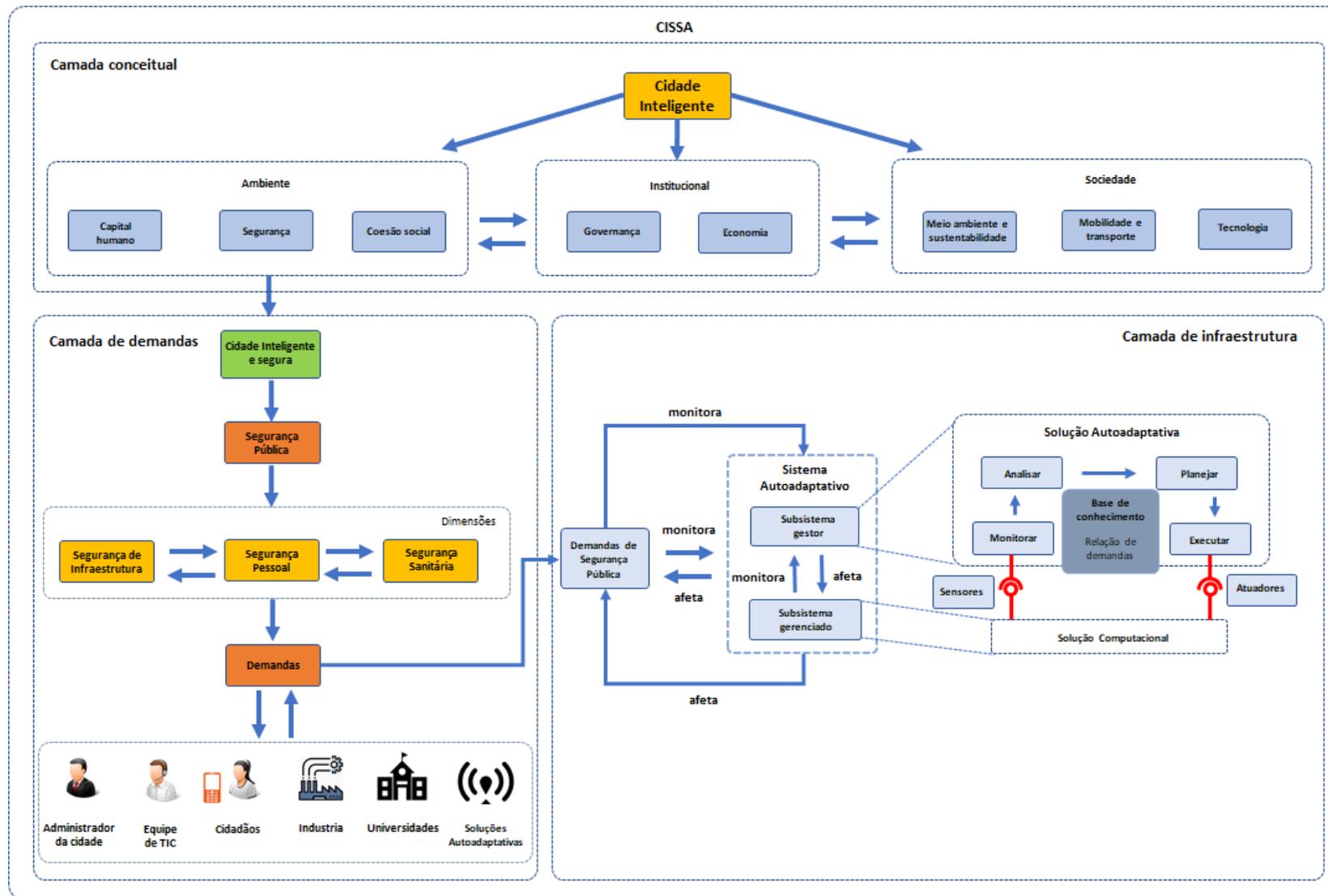
A partir da Figura 2, é possível perceber que o CISSA possui três camadas que se relacionam entre si. A camada conceitual contempla as dimensões (ambiente, sociedade e institucional) da cidade inteligente. Na camada de demandas estão dispostas as dimensões de segurança pública que envolve segurança de 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 conjunto de soluções computacionais 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 a seguir.

Figura 2 – Modelo conceitual CISSA



Fonte: Autores.

#### 4.1.1. Camada conceitual

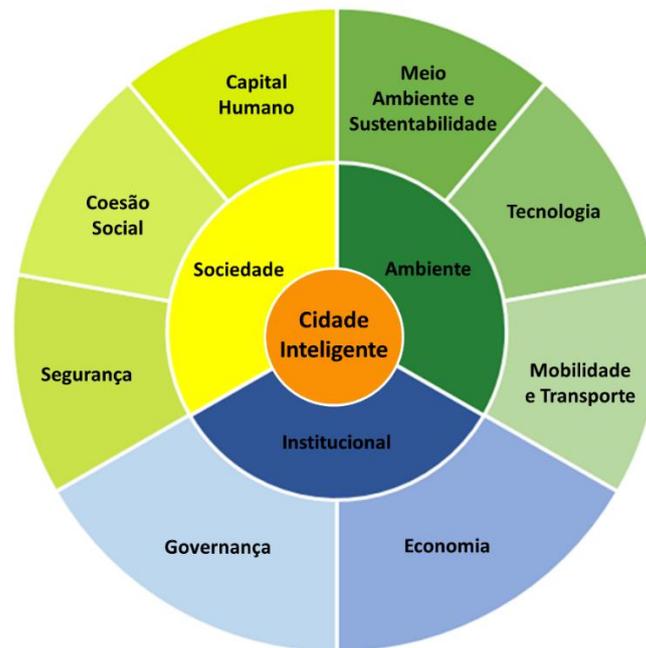
Nesta camada buscou-se definir o conceito de cidade inteligente a ser explorado pelo modelo, bem como as suas dimensões e componentes. Isto foi feito com o intuito de esclarecer o conceito e evitar erradas interpretações do mesmo.

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) que 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) com economia inteligente, governança inteligente, mobilidade inteligente, pessoa inteligente vida inteligente e ambiente inteligente; e, IESE (2019) com 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 sociedade (segurança, coesão social e capital humano) e na dimensão ambiente (meio ambiente e sustentabilidade, tecnologia e mobilidade e transporte), como apresentado na Figura 3.

**Figura 3** – Visão geral dos componentes da cidade inteligente.



Fonte: Autores.

**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. Esta dimensão 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. Esta dimensão 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. Ela 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. Ela 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.

Dessa forma, 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.

#### **4.1.2. 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. Essas dimensões são descritas a seguir:

- **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.
- **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.
- **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 1.

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.

**Quadro 1** – Associação entre dimensão e demandas de segurança pública.

<b>Componente</b>	<b>Dimensão</b>	<b>Demanda</b>
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
	Segurança Pessoal	Padrões climáticos e meteorológicos
		Vigilância e Monitorização
		Terrorismo

Fonte: Autores.

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 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.

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 universidades 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.

#### **4.1.3. 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 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. Por fim, as soluções executam através dos atuadores a adaptação como resposta mais apropriada à demanda.

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.

**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.

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.

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.

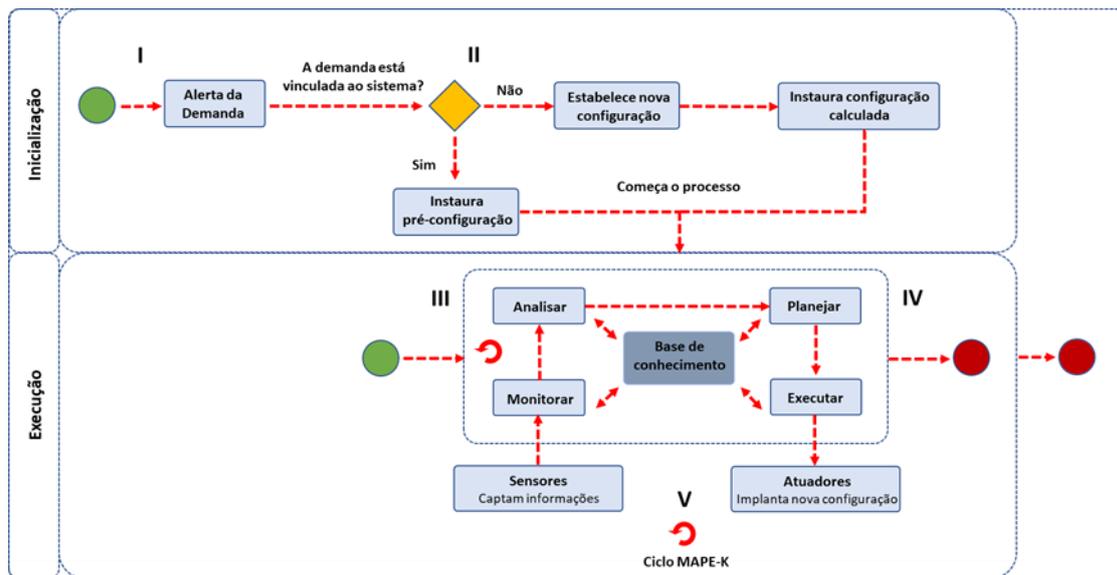
O subsistema gerenciado é um componente não consciente do restante do sistema autoadaptativo, com funções limitadas e de apoio para atender as demandas de segurança pública da cidade. O subsistema gerenciado compreende às soluções computacionais, as quais podem receber comportamento autônomo através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

As soluções computacionais são gerenciadas e adaptadas pelo subsistema gestor. Estas soluções 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 4 apresenta o fluxograma do processo de adaptação da camada de infraestrutura.

**Figura 4** – Fluxograma do processo de adaptação da camada de infraestrutura.



Fonte: Autores.

Este processo (Figura 4) 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.

De maneira geral, o CISSA possui três camadas: camada conceitual, camada de demandas e camada de infraestrutura. A camada conceitual envolve o conceito, dimensões e componentes da cidade inteligente. A camada de demandas trata da cidade inteligente e segura com ênfase na segurança pública, como tema central da pesquisa, abordando demandas de segurança pública classificadas em três dimensões (segurança sanitária, segurança de infraestrutura e segurança pessoal). Já a camada de infraestrutura envolve processos e soluções de IoT para atender demandas de segurança pública a partir de um sistema autoadaptativo.

## 5. Considerações Finais

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.

A contribuição teórica deste estudo 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 gerência 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.

O CISSA foi fundamentado 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.

Este trabalho obteve tanto contribuições acadêmicas quanto práticas. A contribuição acadêmica está relacionada ao mapeamento de soluções computacionais e demandas de segurança pública no contexto de cidades inteligentes. Além disso, o artigo contempla um modelo conceitual que apresenta uma nova taxonomia para abordar os componentes das cidades inteligentes e as demandas de segurança pública identificadas.

Em relação às contribuições práticas, o modelo CISSA 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.

Uma das limitações desse estudo é que 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 mais as pessoas e as organizações estão conectadas à *internet*. Esta limitação lança oportunidades de futuras pesquisas.

Como trabalhos futuros, sugerem-se novos modelos conceituais envolvendo outros componentes da cidade inteligente como mobilidade, 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. Sugerem-se, ainda, novos estudos que investiguem a dimensão de segurança digital no contexto de cidades inteligentes.

## Referências

Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C. & Facchina, M. (2016). Caminho para as Smart Cities: da gestão tradicional para a cidade inteligente. *Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)*.

Braun, T., Fung, B. C.M., Iqbal, F., & Shah, B. (2018). Security and privacy challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 39, 449-507.

Bunge, M. (2003). *Emergence and Convergence: Qualitative Novelty and the Unity of Knowledge*. Toronto: *National Library of Canada*.

Economist Intelligence Unit (EIU). (2019). *Safe Cities Index: Security in a rapidly urbanising world*. Recuperado de <https://www.eiu.com/en/global/ad/safecitiesindex2019/index.html>.

Edge, S., Boluk, K., Groulx, M., & Quick, M. (2020). Exploring diverse lived experiences in the Smart City through Creative Analytic Practice. *Cities*, 96, 102478.

European Union. *Mapping Smart Cities in the EU*. 2014. Recuperado de <https://www.europarl.europa.eu/portal/en>

Florêncio, M. N. S., Abud, A. K. S, Costa, B. M. G, & Oliveira Junior, A. M. (2020). Análise da produção e colaboração da Biotecnologia no Brasil. *Research Society and Development*, 9(7), 448974362. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4362>

Fontelles, M. J., Simões, M. G., Farias, S. H., & Fontelles, R. G. S. (2009). Metodologia da pesquisa científica: Diretrizes para elaboração de um protocolo de pesquisa. *Revista Paraense de Medicina*, 23(2), 1-8.

Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa*. 1 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS.

IESE (Business School University of Navarra). (2019) *IESE Cities in Motion Index*. Recuperado de <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0509-E.pdf>.

Kern, V. M. (2011). O sistemismo de Bunge: fundamentos, abordagem metodológica e aplicação a sistemas de informação. *Encontro Nacional De Pesquisa Em Ciência Da Informação*, Brasília, DF, Brasil, 12, 2693-2709.

Mahdavi-Hezavehi, S., Avgeriou, P., & Weyns, D. A (2017). Classification Framework of Uncertainty in Architecture-Based Self-Adaptive Systems With Multiple Quality

Requirements. MISTRİK, I *et al.* (eds.). *Managing Trade-Offs in Adaptable Software Architectures*. Burlington: Elsevier. 45-77.

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

Organisation Economic Cooperation Development (OECD). (2019). *Enhancing the contribution of digitalisation to the smart cities of the future*. Recuperado de [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).

Organização Das Nações Unidas (ONU). (2015). *Habitat III Issue Papers*. New York, 2015. Recuperado de [http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2015/04/Habitat-III-Issue-Paper-21\\_Smart-Cities-2.0.pdf](http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2015/04/Habitat-III-Issue-Paper-21_Smart-Cities-2.0.pdf).

Porto, A. G., Porto, A. F. D., Frees, C. V., & Campolargo, M. C. (2020). *O futuro é das CHICS: como construir agora as cidades humanas, inteligentes, criativas e sustentáveis*. Brasília: IBCIHS.

Prodanov, C. C., & Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. (2a ed.) Novo Hamburgo: Feevale.

Risdiana, D. M., & Susanto, T. D. (2019). The Safe City: Conceptual Model Development - A Systematic Literature Review. *Procedia Computer Science*, 161, 291-299.

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

Sabatucci, L, Seidita, V., & Cossentino, M. (2018). The Four Types of Self-adaptive Systems: A metamodel. De Pietro *et al.* (eds.) *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 79, Springer, Cham, 440-450.

Salehie, M., & Tahvildari, L. (2009). Self-Adaptive Software: Landscape and Research Challenges. *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems*, 4(2), 1 – 42.

Salehie, M., & Tahvildari. (2011). Towards a goal-driven approach to action selection in self-adaptive software. *Software: Practice and Experience*, 42(2) 211 – 233.

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

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

Silva, L. M., Vianna, W. B., & Kern, V. M. (2016). O sistemismo de Bunge como base teórico-metodológica para pesquisa em Ciência da Informação. *Em questão*, Porto Alegre, 22(2), 140 – 164.

Solanki, V. K., Katiyar, S., Bhashkarsemwal, V., Dewan, P., Venkatasen, M., & Dey, N. (2016). Advanced Automated Module for Smart and Secure City. *Procedia Computer Science*, 76, 367 - 374.

Talari, S., Shafie-Rá, M., Siano, P. L., Loiça, V., Tommasetti, A., & Catalão, J. P. S. (2017). A Review of Smart Cities Based on the Internet of Things Concept. *Energies*, 10(4) 421.

United Nations (UN). (2018). *Revision of World Urbanization Prospects*. Recuperado de <https://population.un.org/wup/>.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Pablo Ignacio Marambio Silva – 50%

Márcio Nannini da Silva Florêncio – 25%

Rogério Patrício Chagas do Nascimento – 25%