



FLUXO DO CONHECIMENTO EM INTERNET DE TODAS AS COISAS
NAS CIDADES INTELIGENTES: UMA ABORDAGEM NO CONTEXTO
DA SAÚDE

Vitor de Castro Paes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Sistemas e Computação.

Orientadores: Jano Moreira de Souza
Viviane Cunha Farias da Costa

Rio de Janeiro
Agosto de 2023

FLUXO DO CONHECIMENTO EM INTERNET DE TODAS AS COISAS
NAS CIDADES INTELIGENTES: UMA ABORDAGEM NO CONTEXTO
DA SAÚDE

Vitor de Castro Paes

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO
ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE
ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E
COMPUTAÇÃO.

Orientadores: Jano Moreira de Souza
Viviane Cunha Farias da Costa

Aprovada por: Prof. Jano Moreira de Souza
Prof. Viviane Cunha Farias da Costa
Prof. Geraldo Bonorino Xexéo
Prof. Jonice Oliveira Sampaio
Prof. Ana Cristina Bicharra Garcia

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
AGOSTO DE 2023

Paes, Vitor de Castro

Fluxo do conhecimento em Internet de Todas as Coisas nas cidades inteligentes: Uma abordagem no contexto da saúde/Vitor de Castro Paes. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2023.

XI, 86 p.: il.; 29, 7cm.

Orientadores: Jano Moreira de Souza

Viviane Cunha Farias da Costa

Dissertação (mestrado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, 2023.

Referências Bibliográficas: p. 85 –99

1. Fluxo do conhecimento. 2. Cidades inteligentes.
3. Saúde inteligente. I. Moreira de Souza, Jano *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação. III. Título.

*"A tecnologia move o mundo."
Steve Jobs, inventor e fundador
da Apple.*

Agradecimentos

Primeiro, gostaria de agradecer à minha mãe, Augusta, por seu apoio constante ao longo deste projeto, por me apoiar, ser minha fã fervorosa e pelos seus conselhos tão apreciados.

Agradeço igualmente a João e Mel, cujo apoio incondicional e incentivo constante me mantiveram motivado durante todo o percurso. Seus encorajamentos e palavras de ânimo foram essenciais para superar os desafios e dificuldades encontrados ao longo do caminho.

Quero agradecer ao meu amigo Otto, que anos atrás me apresentou e motivou a entrar no PESC. Sem ele, não estaria aqui hoje.

Devo agradecer aos meus orientadores Jano e Viviane pela sua orientação excepcional, paciência e dedicação ao longo deste processo. Suas sugestões valiosas e visão crítica foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Minha gratidão também vai aos meus colegas do PESC por suas inúmeras contribuições para esta dissertação: nas pesquisas, nas muitas discussões, sua inestimável ajuda e, por último, mas não menos importante, por sua presença ao longo dessa jornada acadêmica.

Agradeço à minha família, amigos e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o sucesso deste trabalho, direta ou indiretamente.

Finalmente, gostaria de homenagear meu pai. É impossível expressar com palavras a falta que sinto e o quanto ele me inspirou em minha jornada.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

FLUXO DO CONHECIMENTO EM INTERNET DE TODAS AS COISAS
NAS CIDADES INTELIGENTES: UMA ABORDAGEM NO CONTEXTO
DA SAÚDE

Vitor de Castro Paes

Agosto/2023

Orientadores: Jano Moreira de Souza

Viviane Cunha Farias da Costa

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

O crescimento acelerado da população urbana nas últimas décadas tem gerado uma crescente demanda por recursos essenciais, como energia, água, transporte, entre outras necessidades. A Internet das Coisas (IoT) ganhou destaque desde seu surgimento, permitindo a interconexão de dispositivos e circulação de informações. Iniciativas de cidades inteligentes somadas a tecnologias e paradigmas apoiadas em IoT ou Internet de Todas as Coisas (IoE) (envolvendo pessoas, sensores, dados e processos) ganham notoriedade e a cada dia se expandem nas mais diversas aplicações. Essa pesquisa se concentra no desenvolvimento de um modelo de fluxo de conhecimento específico para o contexto da IoE em cidades inteligentes e sua instanciação e evolução para o setor de saúde. A pesquisa investiga como o conhecimento é disseminado, considerando as interações homem-máquina, e explora a colaboração entre agentes humanos e não humanos para a implementação eficaz de soluções tecnológicas de IoE na área de saúde. O principal objetivo deste trabalho é propor uma abordagem para o fluxo do conhecimento no contexto de IoE com foco na colaboração entre sensores inteligentes humanos e não humanos para a criação de conhecimento. Este estudo apresenta dois modelos de fluxo de conhecimento no contexto das cidades inteligentes que visam a obtenção de maior valor agregado nas interações homem-máquina apoiado numa abordagem holística para melhoria dos resultados obtidos com tecnologias disruptivas para promover saúde em ambientes de IoE.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

IOE KNOWLEDGE FLOW IN SMART CITIES: AN APPROACH IN THE CONTEXT OF HEALTH

Vitor de Castro Paes

August/2023

Advisors: Jano Moreira de Souza

Viviane Cunha Farias da Costa

Department: Systems Engineering and Computer Science

The rapid growth of the urban population in recent decades has generated a growing demand for essential resources such as energy, water, and transportation, among other needs. In this context, the Internet of Things (IoT) has gained prominence since its inception, enabling the interconnection of devices and the circulation of information. Smart city initiatives combined with IoT or Internet of Everything Things (IoE) technologies and paradigms (involving people, sensors, data, and processes), have gained notoriety and are expanding every day in diverse applications. This research focuses on the development of a specific knowledge flow model for the context of IoE in smart cities and its instantiation and evolution for the healthcare sector. The research investigates how knowledge is disseminated, considering human-machine interactions, and explores the collaboration between human and non-human agents for the effective implementation of IoE technological solutions in the health area. The main objective of this work is to propose an approach for the flow of knowledge in the context of IoE with a focus on the collaboration between human and non-human intelligent sensors for the creation of knowledge. This study presents two knowledge flow models in the context of smart cities that aim to obtain greater value added in human-machine interactions supported by a holistic approach in improving the results obtained with disruptive technologies to promote health in IoE environments.

Sumário

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
1. Introdução	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Motivação	6
1.3 Objetivos.....	7
1.4 Metodologia.....	7
1.5 Contribuições	10
1.6 Organização e estrutura do estudo	11
2. Revisão Bibliográfica	13
2.1 Internet de Todas as Coisas (<i>Internet of Everything - IoE</i>)	13
2.2 Cidades Sustentáveis e Inteligentes	16
2.3 Aplicações IoE na Saúde	21
2.4 Morfologia do Conhecimento	24
2.4.1 Conhecimento e informação.....	24
2.4.2 Conhecimento tácito, explícito e implícito.....	25
2.4.3 Fontes de conhecimento nas cidades inteligentes.....	26
2.4.4 Conversão do conhecimento	27
2.4.5 Conhecimento dos Sensores e Atuadores	28
2.5 Gestão do Conhecimento	30
2.6 Fluxo do Conhecimento.....	33
3. Proposta: Uma Abordagem do Conhecimento IoE nas Cidades Inteligentes	35
3.1 Cidades sustentáveis e inteligentes: Revisão da literatura.....	35
3.2 Tendências nas cidades inteligentes.....	37
3.2.1 Quais são os cenários e abordagens para a implementação de cidades inteligentes em diferentes contextos urbanos, considerando o paradigma de IoE?.....	37

3.2.2	Como a pesquisa sobre o fluxo do conhecimento, ainda no planejamento de cidades inteligentes, pode ajudar a identificar pontos críticos na implementação de novas soluções tecnológicas	42
3.3	Camadas arquitetônicas da IoE	45
3.4	Modelo de fluxo do conhecimento IoE para cidades inteligentes...	48
3.5	Exercício de avaliação do modelo para as cidades inteligentes.....	51
3.5.1	<i>NeuroPlace</i> (AL-BARRAK <i>et al.</i> , 2017)	52
3.5.2	<i>Smart Campus</i> (ANAGNOSTOPOULOS <i>et al.</i> , 2021).....	53
3.5.3	<i>CANARIN II</i> (AGUIARI <i>et al.</i> , 2018).....	53
3.6	Modelo proposto de Fluxo do Conhecimento IoE no contexto da saúde	55
3.6.1	Explicitação.....	56
3.6.2	Confiabilidade.....	57
3.6.3	Resultado.....	58
4.	Proposta: Uma abordagem do modelo do conhecimento IoE na saúde	59
4.1	Abordagem metodológica aplicado ao contexto da saúde: Revisão da literatura.....	59
4.2	Fases de processamento da informação na Saúde Inteligente.....	61
4.2.1	Prevenção	61
4.2.2	Diagnóstico.....	62
4.2.3	Tratamento	62
4.2.4	Monitoramento.....	63
4.3	Mapeamento das aplicações para Saúde Inteligente em fases.....	63
4.4	Exercício de avaliação do conhecimento aplicado ao contexto da saúde.....	68
4.5	Avaliação do conhecimento nas aplicações voltadas para a saúde e bem-estar.....	75
4.5.1	Resultado.....	75
4.5.2	Ação: conhecimento acionável em IoE	76
4.5.3	Funcionalidade (Sensor ou Atuador).....	77
5.	Conclusões	78
5.1	Cenários para futuras cidades sustentáveis e inteligentes	79
5.1.1	Abordagens para adoção de IoE nas cidades inteligentes	80
5.1.2	Desafios específicos para adoção de IoE na saúde	81
5.2	Limitações	82
5.3	Trabalhos Futuros	83

Lista de Figuras

1.1	Linha evolutiva da interconexão digital de objetos até os dias atuais .	3
1.2	Fluxo da informação com as diferentes fases da revisão baseado no PRISMA.....	8
2.1	Modelo dos pilares centrais de gerenciamento de dados para a Internet de Todas as Coisas.....	14
2.2	Componentes IoE em cidades inteligentes.....	20
2.3	Serviços de saúde e bem-estar para os cidadãos com apoio da tecnologia IoE.....	23
2.4	Pirâmide de conhecimento	25
2.5	Modos de conversão de conhecimento	28
2.6	Taxonomia IoE.....	29
2.7	Modelo genérico da gestão do conhecimento.....	33
3.1	Etapas realizadas na Revisão da Literatura.	37
3.2	Principais áreas que serão impactadas com uso da IoE.	39
3.3	Serviços de saúde e bem-estar para os cidadãos com apoio da tecnologia IoE.....	48
4.1	Etapas realizadas na revisão da literatura para estudar o setor da saúde...60	

4.2	Serviços de saúde e bem-estar para os cidadãos com apoio da tecnologia IoE.....	69
4.3	Ilustração do fluxo do conhecimento na perspectiva de um paciente com apoio da tecnologia IoE	71

Lista de Tabelas

1.1	Contribuições	11
2.1	Os tipos da cidade e suas definições.....	17
3.1	Pontos críticos relacionados às cidades inteligentes sustentáveis	43
3.2	Camadas IoE.....	46
3.3	Descrição das aplicações IoT/IoE	52
4.1	Aplicações IoE voltadas para saúde.....	64

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

As iniciativas de cidades inteligentes e o surgimento da Internet das Coisas (IoT), têm ganhado importância para lidar com os novos desafios enfrentados pelo mundo contemporâneo, que são caracterizados pelo aumento exponencial da população e recursos escassos. As cidades têm seu desenvolvimento vinculado com a evolução da civilização humana, desempenhando um papel fundamental no comércio, segurança pública, na saúde e na qualidade de vida dos cidadãos. Estima-se que, até 2025, 60% do PIB mundial será gerado por 600 cidades, além disso mais da metade da população mundial vivia em áreas urbanas em 2008 e espera-se que esse número aumente para 70% até 2050 (COSTALES, 2022, VALDEZ *et al.*, 2018, MARTÍNEZ-BELLO *et al.*, 2021).

O crescimento acelerado das populações urbanas tem gerado uma pressão crescente sobre a infraestrutura e os serviços que as cidades fornecem, incluindo áreas como saúde, energia, água, transporte, dentre outras. Além de contribuir para o aumento das emissões globais de gases do efeito estufa (VALDEZ *et al.*, 2018, MARTÍNEZ-BELLO *et al.*, 2021). A economia e o comportamento do século XXI, se distinguem do século XX, marcado pela suburbanização residente, devido ao surgimento de novas tecnologias e maior conectividade entre as pessoas (COSTALES, 2022).

O termo IoT foi cunhado em 1999, e vem oferecendo serviços com suas interações com humanos e objetos cotidianos, criando muitas aplicações em diferentes domínios para as cidades (ERIS *et al.*, 2015, CABRERA *et al.*, 2017), sendo definida como uma rede de “coisas” conectadas ao redor do mundo, incluindo objetos cotidianos, dispositivos, sensores, atuadores, controladores e demais dispositivos conectados pela internet a outros objetos, seja no mundo físico ou virtual para alcançar um objetivo específico (DA COSTA, 2022, LIM *et al.*, 2018). Em síntese, apresenta dois termos “internet” e “coisas”, é a combinação de fatores físicos com conectividade para o mundo público através da internet (SACHIDANANDA *et al.*, 2017, DA COSTA, 2022).

IoT é um paradigma de conectividade (ERIS *et al.*, 2015) que permite compor sistemas de *software* a partir de objetos endereçáveis de forma única, as coisas, equipados com a identificação, detecção ou atuação de comportamentos e capacidades de processamento que podem se comunicar e cooperar para atingir um objetivo (DE SOUZA *et al.*, 2019, DE MATOS *et al.*, 2017), incentivando a construção de soluções inteligentes e autônomas, portanto, possuindo grande valor tecnológico e estratégico (DE MATOS *et al.*, 2017, DA COSTA, 2022). A evolução dessa tecnologia, resultou em mais conectividade e ubiquidade nos mais vários contextos (DA COSTA, 2022), possibilitando o surgimento de novos paradigmas, como *Internet of Everything (IoE)*.

IoE é um conceito muito mais amplo, expandindo para pessoas, processos e dados, além das coisas (ALSUWAIDAN, 2019), tornando as conexões de rede mais relevantes e valiosas, com grande potencial a ser explorado para extração de valor, devido a grande quantidade de dados (DE MATOS *et al.* (2017)), conforme será explicado na seção 2.1.

Este paradigma disruptivo permite que as coisas determinem serviços apropriados de acordo com as circunstâncias e troquem informações, fornecendo assim um novo tipo de serviço (YU *et al.*, 2017). Esse paradigma, torna a internet intrínseca à vida das pessoas e onipresente por meio de dispositivos em rede, sendo uma fonte grande de dados, informações e criação de conhecimento (DA COSTA, 2022).

A evolução das tecnologias até o paradigma de IoE pode ser considerada como tendo início ainda na década de 90, muito antes de ser conhecida como é atualmente. O surgimento de tecnologias de comunicação, impulsionaram a pesquisa e o comportamento humano até os dias atuais para uma maior adesão e dependência dos dispositivos, conforme mostra a Figura 1.1.

A Figura 1.1 representa a evolução da interconexão digital de objetos até os dias atuais, e podemos caracterizá-la em 4 importantes marcos que estão levando à realização do paradigma de IoE em sua amplitude, sendo eles: computador fixo, mobilidade, era da IoT e de IoE (MIRAZ *et al.*, 2015, DE MATOS *et al.*, 2017). Cada marco possui características e recursos que agregam maior conectividade de rede. Além disso, é importante destacar a evolução das gerações de comunicação. Para cada nova, há uma melhoria significativa de capacidade em comparação com a última geração, introduzindo novos tipos de serviços, bem como novas filosofias de *design* nas redes de acesso, por exemplo, desde as chamadas de voz, passando pelo Serviço de Mensagens Curtas (*Short Message Service, SMS*) e realidade virtual (VR), até tecnologias de exibição holográfica. (CHEN *et al.*, 2020, MISHRA *et al.*, 2021).

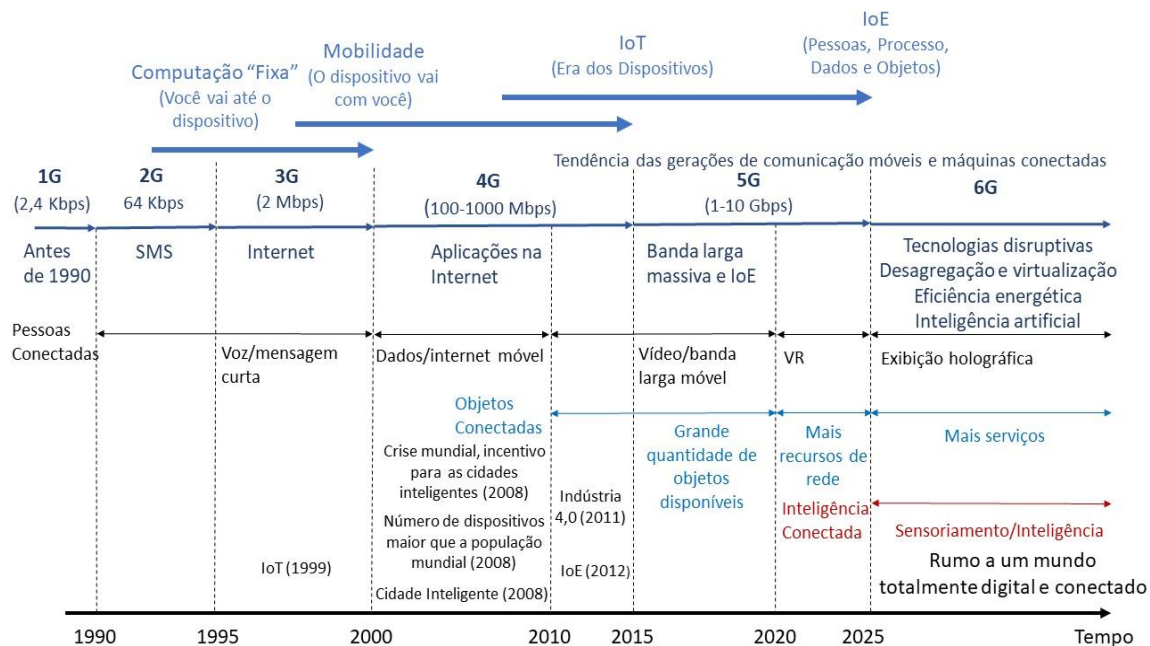


Figura 1.1: Linha evolutiva da interconexão digital de objetos até os dias atuais. Fonte: Elaboração própria, adaptado de MISHRA *et al.*, 2021, MIRAZ *et al.*, 2015, DE MATOS *et al.*, 2017, CHEN *et al.* 2020.

Ao longo do tempo, cada geração vai amadurecendo com mais objetos conectados, cercando as cidades e sua população com mais e mais dispositivos inteligentes com diversas aplicações e recursos, que visam tornar os dias cotidianos mais fáceis. (CHEN *et al.*, 2020). É evidente que a evolução das tecnologias de comunicação e a disponibilidade de objetos avançam impulsionadas por uma quantidade cada vez maior de dados, resultando em uma inteligência conectada mais robusta e na expansão de serviços de sensoriamento e inteligência para os usuários (CHEN *et al.*, 2020).

Em 1999, a IoT abre o caminho para as pessoas viverem e trabalharem de maneira mais inteligente. Seu crescimento é devido ao seu potencial uso para automatização e controle (OGONJI *et al.*, 2020, KHAJENASIRI *et al.*, 2017). No ano de 2008 o mundo foi atingido pela crise financeira, promovendo uma discussão entre a sociedade para um novo modelo sustentável para as cidades, preservando a qualidade de vida de seus cidadãos. Foi o ponto de partida para o surgimento do termo cidade inteligente (LOM *et al.*, 2016), que será abordado, explicado e contextualizado na seção 2.2.

O termo Indústria 4.0 foi usado pela primeira vez em 2011, sendo definido como um termo coletivo para tecnologias e conceitos de uma organização de cadeia de valor que criam juntos Sistemas Ciber-Físicos (CPS), IoT, Internet de Serviços, Internet de Pessoas (IoP) e Internet da Energia. Marcando o fim da terceira revolução industrial e sinalizando o ponto de partida da quarta (LOM *et al.*, 2016). Em 2012, o termo

IoE foi definido pela primeira vez (DA COSTA *et al.*, 2021) ganhando destaque nos últimos anos. Sua relevância pode ser vista em algumas projeções a seguir rumo a um mundo digital e conectado:

- O número de objetos que estão anexados à Internet ultrapassou o número de pessoas na Terra ainda em 2008 (ABDEL-BASSET *et al.*, 2019).
- Uma previsão do Fundo de População das Nações Unidas sugere que 60% da população mundial habitará em ambientes urbanos em apenas 10 anos (AL-TURJMAN e LEMAYIAN, 2020).
- Estima-se que 13,4 bilhões de dispositivos foram conectados em 2015, o que representa mais do que o total da população da Terra na época (ALDOWAH *et al.*, 2017). De acordo com uma pesquisa realizada em 2023, há cerca de 16,7 bilhões de dispositivos conectados. Além disso, estima-se que esse número aumente para 22,2 bilhões até 2025, representando um crescimento próximo de 16% em relação ao ano anterior (SINHA, 2021). Esses dados indicam uma tendência de rápido crescimento no uso e adoção das tecnologias nos próximos anos.

Dentre as diversas aplicações que a IoE e outros paradigmas possibilitaram, o setor da saúde foi bastante beneficiado (YU *et al.*, 2017), tanto os profissionais de saúde e pacientes, como também, a indústria e academia, como será abordado mais adiante na seção 2.3. As informações proporcionadas pela IoE alimentam a pesquisa científica, permitindo o desenvolvimento de novas teorias e modelos que impulsionam a inovação tecnológica. A academia tem sido capaz de aprofundar seus estudos e pesquisas, buscando compreender melhor as interações entre os dispositivos conectados e seus impactos em diversas áreas. Para a indústria, a IoE é utilizada como uma ferramenta estratégica para gerar valor para as empresas, como: coletar e analisar dados em tempo real provenientes dos dispositivos, melhorar a compreensão dos processos produtivos, apoiar a identificação de gargalos e oportunidades, em síntese, maior eficiência e produtividade. Além disso, a IoE oferece a possibilidade de criar novas soluções e modelos de negócios, impulsionando a inovação e a competitividade das organizações. A integração dos dispositivos por meio da IoE também permite o desenvolvimento de produtos e serviços personalizados, atendendo às necessidades específicas dos consumidores e proporcionando uma experiência mais completa. A produção desse conhecimento tem potencial benéfico para os humanos, sendo utilizada na gestão da saúde de um paciente, desde medidas de prevenção à tratamentos de doenças, ou ajudando os profissionais de saúde para melhores tomadas de decisões. Estas iniciativas colocam as máquinas como uma forte aliada ao desenvolvimento humano e no crescimento da economia das iniciativas das cidades inteligentes.

Na prática, os sensores e atuadores, humanos e não humanos, são a base desses

paradigmas apoiados na rede global de computadores, tornando-se difusores de conhecimento derivados de dados coletados e experiências vividas, que incluem experiência práticas e aquisição de conhecimento teórico. Devido à expansão da conectividade e custos, qualquer pessoa se torna uma fonte e/ou consumidor desse conhecimento (PAES *et al.*, 2022, DORAN *et al.*, 2013).

Com o aumento inevitável da quantidade de informações circulando na internet e o uso cada vez mais frequente de sensores e atuadores, o interesse por tomadas de decisões inteligentes tem ganhado destaque, sobretudo devido aos fatores sociais e econômicos envolvidos, bem como aos objetivos de política industrial com foco em sustentabilidade ecológica e nos mais variados setores, como energia, saúde, agricultura, manufatura e distribuição, onde a abordagem tecnológica de IoE é empregada sem restrições (SRINIVASAN *et al.*, 2019, YU *et al.*, 2017). No entanto, a grande quantidade de informações disponíveis também pode conter dados inúteis ou falsos, o que torna difícil extrair conhecimento preciso desses dados ambíguos (YU *et al.*, 2017, MAHDAVINEJAD *et al.*, 2018). Por isso, é necessário gerir o conhecimento de forma eficiente.

O conhecimento é um recurso valioso, importante para competitividade, que pode ser utilizado para promover inovação, melhorias, assim como, gerar *insights* para resolução de problemas, entre outros (BALCO e DRAHOOVÁ, 2016, ARIFIANI *et al.*, 2019), como será detalhado na seção 2.4.

A gestão do conhecimento é fundamental para melhoria da inovação e do desempenho organizacional e traz benefícios importantes, tais como: possibilitar a otimização de processos organizacionais baseados em conhecimento, aplicar informações úteis de forma estratégica, gerenciar, criar e aprimorar ativos intelectuais (GAO *et al.*, 2017, CHEVALLIER *et al.*, 2016, ARIFIANI *et al.*, 2019). Somados a isso, uma maior utilização de sensores humanos e não humanos, conectados na era da IoE pode trazer diversos benefícios e vantagens para a gestão do conhecimento em diferentes áreas, em especial, na medicina.

Nesse contexto, é fundamental aprofundar os estudos relacionados à gestão do conhecimento, a fim de compreender plenamente a transformação do conhecimento em ambientes disruptivos. As pesquisas existentes têm direcionado seu foco para a gestão do conhecimento em organizações, visando aproveitar ao máximo o valor do conhecimento (GAO *et al.*, 2017, ARIFIANI *et al.*, 2019). A prática de empregar sensores e atuadores, em aplicações de IoE, em conjunto com seres humanos na área médica, tende a se expandir. No entanto, é imprescindível entender como o conhecimento é criado entre esses agentes e como podem colaborar na transformação do conhecimento de forma mais eficaz nesse contexto. Portanto, torna-se necessário realizar mais pesquisas sobre a colaboração entre humanos e agentes não humanos

nas iterações de IoE.

1.2 Motivação

Com o crescimento da população urbana, aliado à redução de custos, acessibilidade e disseminação de dispositivos eletrônicos conectados, as cidades estão recorrendo cada vez mais à tecnologia para enfrentar os desafios atuais. As tecnologias apoiadas na internet têm um grande potencial de criar, utilizar e transformar conhecimento em serviços que estão sendo amplamente adotados em vários setores.

Os governos que buscam um desenvolvimento sustentável estão investindo em tecnologias inteligentes para melhorar a eficiência da cidade e a qualidade de vida dos cidadãos, com destaque no setor da saúde. Isso porque a colaboração das tecnologias de IoE, sensores e atuadores humanos e não humanos, podem ser utilizadas para criar conhecimento e minimizar os efeitos negativos de atividades internas e externas à cidade, como poluição, estresse, acidentes e doenças.

A partir da evolução do paradigma de IoT, para lidar com o conhecimento das pessoas, dados e processos de IoE, esta dissertação foi motivada por buscar uma abordagem centrada em conhecimento para as seguintes questões no contexto das cidades inteligentes.

- Quais são os desafios e abordagens para a implementação de cidades inteligentes em diferentes contextos urbanos, considerando o paradigma de IoE?
- Como a pesquisa sobre o fluxo do conhecimento, ainda no planejamento de cidades inteligentes, pode ajudar a identificar tendências futuras e desafios na implementação de novas soluções tecnológicas?

A partir dessa contribuição, e em uma abordagem sobre o desenvolvimento sustentável nos centros urbanos, esta pesquisa segue investigando como o conhecimento flui entre os sensores humanos e não humanos. Adicionalmente, buscando melhores práticas na saúde e bem-estar para os cidadãos, apoiados nas tecnologias de IoE.

Visando, também, aprimorar a gestão do conhecimento na adoção das tecnologias de IoE, esta dissertação propõe o estudo e a condução do fluxo do conhecimento nas cidades inteligentes e no contexto da saúde, com uma abordagem colaborativa e sinérgica entre seres humanos e máquina em benefício da saúde dos cidadãos em cidades inteligentes.

Em resumo, esta pesquisa foi impulsionada por diversos fatores convergentes que

despertaram o interesse no uso de sensores e atuadores e nos paradigmas apoiados na internet e suas implicações no uso cotidiano. O amplo escopo da *IoE* abrange vários domínios interconectados nas cidades, como saúde inteligente, ambientes inteligentes, entre outros, despertando a necessidade de investigar o conhecimento gerado na interação entre homem e máquinas nesses domínios. Essa colaboração está intrinsecamente relacionada à gestão do conhecimento e ao sucesso, com o conhecimento servindo de matéria-prima essencial para os serviços inteligentes em diversas áreas.

1.3 Objetivos

Este estudo tem como objetivo analisar cenários sustentáveis, transformação do conhecimento e desenvolver um fluxo do conhecimento em cidades e na área da saúde, com ênfase na colaboração entre homens e máquinas. Além disso, o estudo visa analisar os desafios e oportunidades para viabilizar soluções tecnológicas de *IoE* que possam contribuir para a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

O principal objetivo deste trabalho é propor uma abordagem para o fluxo do conhecimento no contexto de *IoE* com foco na colaboração entre atores inteligentes (humanos e não humanos) para a criação de conhecimento. Nesse sentido, a contribuição desta dissertação consiste em:

- Entender as abordagens existentes para implementação das cidades inteligentes em diferentes contextos urbanos de *IoE* em todo o mundo, com foco na colaboração homem-máquina;
- Identificar os cenários e pontos críticos para a implementação das cidades inteligentes no contexto de *IoE*, por meio de estudos sobre o fluxo do conhecimento entre humanos e máquinas de forma a ainda durante a fase de planejamento das soluções tecnológicas;
- Desenvolver um modelo de fluxo do conhecimento em cidades inteligentes, com ênfase na colaboração homem-máquina em aplicações no domínio da saúde.

1.4 Metodologia

Nesta seção, serão apresentados os detalhes da metodologia utilizada neste estudo, visando estimar o fluxo de conhecimento nas cidades inteligentes, abrangendo o uso de sensores e atuadores inteligentes (humanos e não humanos). Além disso, será realizada a caracterização do conhecimento relacionado a esses temas, com foco especial no contexto da saúde.

Foi utilizado um conjunto de atividades planejadas, e o método de

desenvolvimento utilizado nessa pesquisa é uma adaptação da metodologia chamada de itens de Relatório Preferidos para Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – PRISMA*) proposta por (MOHER *et al.*, 2009). A Figura 1.2 resume visualmente o processo de condução desta pesquisa, as atividades foram executadas em quatro etapas.

Esta metodologia visa atender vários avanços conceituais e práticos na ciência das revisões e consiste em um conjunto de verificações e um fluxograma de quatro etapas que descrevem as fases do processo de revisão de forma transparente e completa. Seu objetivo é ajudar os autores a melhorar o relato de revisões e facilitar a avaliação crítica das publicações (MOHER *et al.*, 2009).

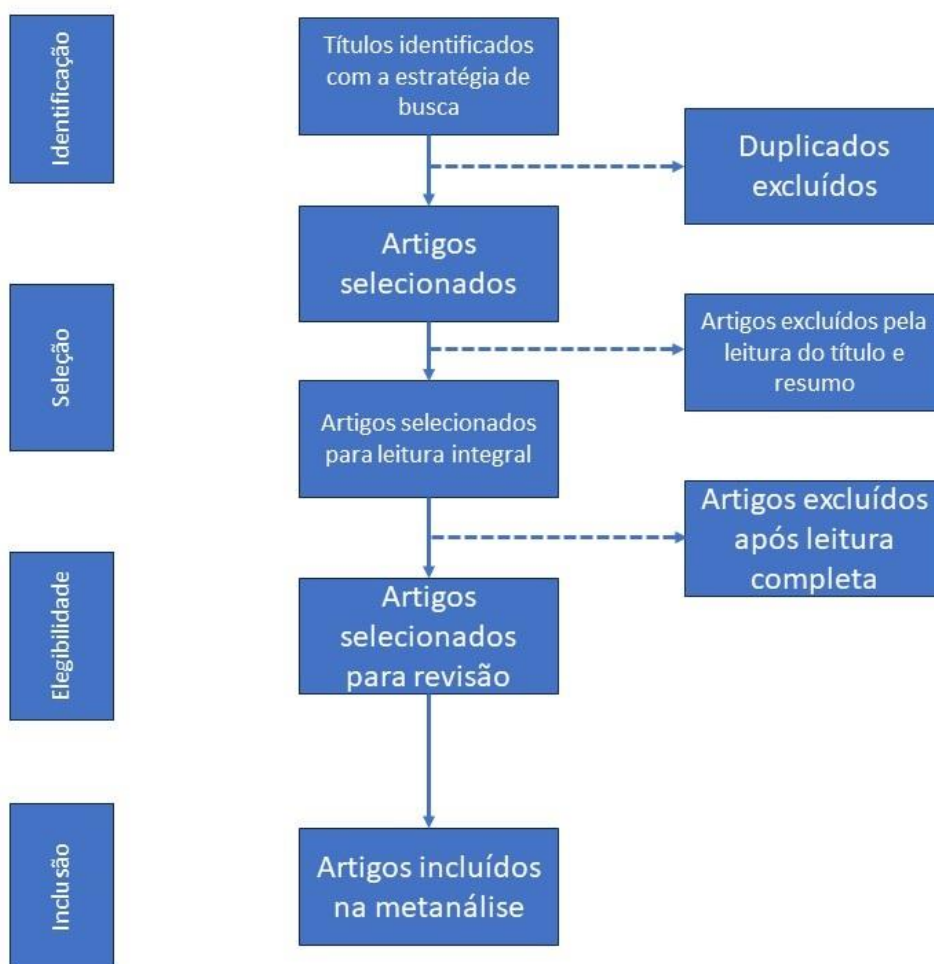


Figura 1.2: Fluxo da informação com as diferentes fases da revisão baseado no PRISMA.

Fonte: Adaptado de (MOHER *et al.*, 2009).

Na identificação, o problema prático a ser respondido é estabelecido e a estratégia para resolução é definida, sendo dividido em três partes:

1. Envolvendo os desafios das cidades inteligentes e sustentáveis;

2. Identificando o fluxo do conhecimento em cidades inteligentes e o conhecimento em medicina, explorando a colaboração entre homem e máquina; e
3. A transformação desse conhecimento.

Os objetivos da pesquisa de cada parte são definidos e o protocolo de Revisão Sistemática da Literatura para suportar a proposta desta dissertação que será utilizado para obter os dados usados nas próximas fases. Neste estudo foram aplicadas duas revisões da literatura, apresentadas nas seções 3.1 e 4.1, seguindo as diretrizes sugeridas por Kitchenham e Charters (KITCHENHAM *et al.*, 2010). A primeira revisão está direcionada na identificação dos desafios e abordagens das cidades inteligentes e sustentáveis. Enquanto a segunda revisão busca estudar o contexto da saúde.

As perguntas que a Revisão da Literatura buscaram resolver, foram:

1. Quais são os cenários e abordagens para a implementação de cidades inteligentes em diferentes contextos urbanos?
2. Como a pesquisa sobre planejamento de cidades inteligentes pode ajudar a identificar os pontos críticos na implementação?
3. Como os processos de gestão do conhecimento melhoram a colaboração homem-máquina em cenários de saúde inteligente?
4. Como otimizar o uso de sensores inteligentes (humanos e não humanos) em aplicações de saúde e bem-estar, considerando o conhecimento que eles fornecem?
5. Como os problemas de saúde podem ser mitigados pela transferência efetiva de conhecimento em diferentes demandas de saúde dos cidadãos (prevenção, diagnóstico, monitoramento ou tratamento), comprovando a criação de valor de aplicativos de saúde inteligentes.

Também foi realizada a leitura de artigos iniciais para construir a base teórica da pesquisa e entender as definições, taxonomias e aplicações do fluxo do conhecimento em IoE e IoT, em cidades inteligentes e no setor da saúde.

Este estudo faz uma análise e modelagem do fluxo do conhecimento nos processos de colaboração homem-máquina e, em especial, o estudo dos processos de fluxo do conhecimento no contexto da saúde inteligente. Com foco nos desafios e tendências no uso de sensores ou outros facilitadores apoiados na IoE para os humanos ou outros dispositivos para o desenvolvimento de aplicações IoE no contexto de cidades inteligentes e sustentáveis, a fim de aprofundar a compreensão no tema central de pesquisa abordado.

Após isso, é investigado o uso do conhecimento em IoE, o uso de sensores e atuadores humanos e não humanos na medicina e a caracterização do conhecimento.

Por fim, definimos uma estratégia que consiste na escolha e aplicação dos critérios de seleção referentes ao título, resumo e às palavras-chave, para sintetizar os trabalhos mais próximos à ideia central da busca.

Na seleção de pesquisa, foram colocados em prática as atividades iniciais do estudo sendo realizada a extração das informações dos trabalhos selecionados com base nos critérios definidos para cada parte estabelecida e em cada protocolo do estudo. Foram identificados os trabalhos através de dois filtros:

- i. Foi realizada a seleção das fontes de produção científica e, por meio de critérios de seleção relacionados ao título, resumo e palavras-chave, e foram escolhidos os trabalhos que mais se aproximam da ideia central da busca.
- ii. A partir disso, é iniciada a leitura completa dos trabalhos visando responder às questões de pesquisa de cada parte. Os dados coletados foram separados para análise.

Na etapa de elegibilidade, os dados identificados são minuciosamente analisados, sintetizados e apresentados nos resultados do estudo. Esta etapa conta também com a elaboração da proposta de fluxograma do conhecimento para a área da saúde. Em seguida, um exercício de avaliação é realizado para analisar a aplicação do fluxograma com base nas aplicações encontradas na literatura.

Por fim, foi realizado um relatório de pesquisa e a inclusão de artigos pertinentes aos objetivos de pesquisa, visando compor lacunas de pesquisas. Com base nos resultados obtidos nas etapas anteriores, foi iniciada uma fase adicional no conjunto de atividades. Nessa fase, os resultados foram minuciosamente discutidos, seguidos pela escrita, discussão e estudo visando a publicação dos achados. Além disso, foi realizada uma pesquisa sobre conferências relevantes e elaborado trabalhos científicos para cada uma das partes divididas. Esses trabalhos desenvolvidos foram posteriormente utilizados como base para a elaboração desta dissertação.

1.5 Contribuições

As contribuições que este estudo apresenta são as seguintes:

- Foram delineadas as tendências para implementação de cidades sustentáveis e inteligentes considerando o paradigma de IoE, que será detalhado na seção 3.2;
- A proposta deste estudo é avaliar as tecnologias de IoE para os serviços inteligentes e destaca a colaboração com os seres humanos para maximizar os benefícios desses serviços nas cidades, conforme discutido na seção 3.3;
- Mapeamento do conhecimento das aplicações para saúde com o objetivo de

direcionar a adoção de soluções de IoE para cidades inteligentes que agregam valor à sociedade, que é apresentado na seção 4.2; e

- Nas seções 3.4 e 4.4, foram propostos dois fluxos de conhecimento: o primeiro modelo voltado para as cidades inteligentes e o segundo para o processo do conhecimento no setor da saúde.

Com base nos resultados parciais obtidos, foram produzidos trabalhos acadêmicos relevantes, que tiveram suas contribuições divulgadas em fóruns científicos de 2021 a 2023, por meio de publicações científicas, descritas abaixo e sintetizadas na Tabela 1.1 abaixo.

As tendências e desafios para cidades inteligentes (PAES *et al.*, 2023) foram estudadas e apresentadas no *Journal MDPI Sustainability 2023* e serão apresentados no capítulo 3 na seção 3.2.

A partir dessa dissertação, também foi criado um artigo intitulado como Modelo de Fluxo do Conhecimento apresentado na conferência da IEEE, *2022 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics – SMC*, descrita na seção 3.4 desta dissertação.

Além disso, um terceiro trabalho vem sendo realizado com foco no contexto da saúde, visando promover também a disseminação dos resultados em periódicos acadêmicos, garantindo a solidez deste trabalho.

Tabela 1.1: Contribuições

Proposta	Título da Publicação	Conferência
Fluxo do conhecimento em cidades inteligentes (PAES <i>et al.</i> , 2022)	IoE Knowledge Flow Model in Smart Cities	2022 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)
Tendências e desafios para cidades inteligentes (PAES <i>et al.</i> , 2023)	Analyzing the Challenges for Future Smart and Sustainable Cities	MDPI Sustainability 2023
Fluxo do conhecimento em IoE no contexto da saúde	An IoE knowledge flow model to power human-machine collaboration in Smart Health	Em desenvolvimento.

Fonte: Elaboração própria

1.6 Organização e estrutura do estudo

A estrutura desta dissertação é composta por cinco capítulos. Após a introdução no Capítulo 1, o segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica que inclui explicações sobre os paradigmas baseados na internet, conceitos de cidades inteligentes, saúde inteligente, gestão do conhecimento, entre outros.

O terceiro capítulo detalha a proposta, abrangendo a colaboração entre os atores humanos e não humanos e o fluxo do conhecimento voltado às cidades inteligentes. No Capítulo 4, é discutida a instânciação do fluxo do conhecimento para a saúde

inteligente juntamente com a discussão do modelo. Por fim, no Capítulo 5, as considerações finais são apresentadas, incluindo os objetivos alcançados, limitações do trabalho e pesquisas futuras.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Este capítulo apresenta fundamentação teórica sobre os principais conceitos de IoE, às diversas definições das cidades inteligentes, compreendendo as aplicações de saúde inteligente e no conhecimento e suas nuances que influenciam tendências da gestão do conhecimento. Assim, busca-se fundamentar a posterior elaboração de um modelo do fluxo de conhecimento em IoE no contexto das cidades inteligentes e, especificamente, no domínio da medicina.

2.1 Internet de Todas as Coisas (*Internet of Everything - IoE*)

O conceito de IoE é recente, sendo definido pela primeira vez pela CISCO em 2012 (DA COSTA, 2022), sendo a conexão inteligente entre sensores e atuadores humanos, não humanos ou virtuais (GHOSH *et al.*, 2018). A IoE pode ser considerada uma evolução natural do conceito de IoT expandindo as "coisas" para "tudo", agregando pessoas, processos, dados e objetos para tornar as conexões em rede mais relevantes e transformando informações em ações na academia e na indústria, gerando recursos, experiências e oportunidades (CHAUHAN e JAY KUMAR JAIN, 2019, DE MATOS *et al.*, 2017, BELLINI *et al.*, 2021, PLIATSIOS *et al.*, 2020).

A IoE amplia o conceito IoT por incluir uma entidade humana inteligente, permitindo que tudo, elementos humanos e não humanos ou seres vivos e não vivos (objetos), interajam uns com os outros (GHOSH *et al.*, 2018). As conexões podem ser humano-humano, máquina-máquina, humano-máquina, em ambientes reais ou virtuais (GHOSH *et al.*, 2018). Em outras palavras, essas conexões são os sistemas máquina a máquina (M2M), pessoa a máquina (P2M) e pessoa a pessoa (P2P) (MIRAZ *et al.*, 2015). A Figura 2.1 ilustra o modelo de gerenciamento de dados em IoE, reunindo pessoas, processos, dados e coisas para tornar as conexões em rede valiosas.



Figura 2.1: 4 pilares de gerenciamento de dados para a Internet de Todas as Coisas.

Fonte: Adaptado de CHAUHAN e JAIN, 2019, DA COSTA *et al.*, 2021, ALSUWAIDAN, 2019, DE MATOS *et al.*, 2017.

IoE é caracterizada com quatro elementos-chave, também conhecidos como seus pilares (MIRAZ *et al.*, 2015, CHAUHAN e JAIN, 2019), sendo eles:

- **Pessoas:** As pessoas são consideradas os nós/terminais, que conectados à *Internet* são fontes de conhecimento, informação, decisões, comportamentos e contribuem com um sistema de atividades em constante transformação e uso (DE MATOS *et al.*, 2017, BELLINI *et al.*, 2021). As pessoas se conectam à *Internet* por meio de dispositivos e mídias sociais, utilizando por exemplo, PCs, *tablets*, TVs, *smartphones* e dispositivos vestíveis como óculos ou mesmo relógios inteligentes. Poderão utilizar sensores na pele ou costurados em roupas que fornecerão informações sobre os sinais vitais de uma pessoa para o compartilhamento de informações (DE MATOS *et al.*, 2017, SHILPA *et al.*, 2019).

- **Coisas:** Composto por itens físicos (máquinas) como sensores e/ou atuadores, dispositivos de consumo e ativos corporativos que estão conectados à *Internet* e entre si, cuja capacidade computacional está limitada a dispositivos inteligentes (por exemplo, *smartphones*). São capazes de gerar e processar uma grande quantidade de dados fornecendo mais informações experimentais para ajudar pessoas e máquinas a tomar decisões mais relevantes e valiosas (DE MATOS *et al.*, 2017, BELLINI *et al.*, 2021). As coisas possuem um importante papel quanto ao compartilhamento de

informações valiosas quando conectadas à Internet (SHILPA *et al.*, 2019).

- **Dados:** Os dados são coletados e transmitidos pelos dispositivos através da internet para uma fonte central, onde são analisados e processados (DE MATOS *et al.*, 2017). Na IoE, os recursos das coisas conectadas à Internet se tornarão mais inteligentes e o enorme fluxo de dados brutos se tornam valiosos, permitindo formular decisões confiáveis, mais rápidas e inteligentes e, também, mecanismos de controle que agreguem eficiência nos processos envolvidos (BELLINI *et al.*, 2021, DE MATOS *et al.*, 2017).

- **Processos:** O processo desempenha um papel importante nas metodologias e mecanismos de automação que visam alavancar e auxiliar nos modelos de conectividade entre dados, coisas e pessoas para agregar maior valor (BELLINI *et al.*, 2021, DE MATOS *et al.*, 2017). O processo é a etapa que converte os dados em inteligência, conectando as entidades, garantindo que informações adequadas sejam entregues à pessoa certa, no momento oportuno e pelos meios corretos (SHILPA *et al.*, 2019, DE MATOS *et al.*, 2017).

As conexões da IoE são fundamentais para a qualidade de vida das pessoas, visando apoiar o desenvolvimento humano e estendem os processos de negócios e industriais (MIRAZ *et al.*, 2015). Consistem em bilhões de entidades conectadas constantemente trocando e processando dados (DE MATOS *et al.*, 2017, CHAUHAN e JAIN, 2019, MACCARI *et al.*, 2018). Com um elevado potencial para revolucionar muitas das atividades diárias, devido ao volume de informações valiosas adquiridas para diversos tipos de serviços, como bases científicas para a compreensão e tratamento de doenças (DE MATOS *et al.*, 2017).

Em um contexto hiper conectado, permitirá comunicações pessoais rápidas e com menor tempo para a tomada de decisões. Por exemplo, as informações do paciente chegarão aos médicos e enfermeiros, viabilizando uma resposta imediata com base em dados altamente personalizados, tornando capaz de administrar cuidados de saúde em casa, com lembretes de remédios, cuidados preventivos ou ações incisivas. Além disso, mudará a compreensão em diversas áreas com tantos sensores e outros dispositivos de coleta de informações, sendo essencial para essas transformações das cidades, comportamento e qualidade de vida de seus habitantes (DE MATOS *et al.*, 2017, MACCARI *et al.* 2018).

Em síntese, o paradigma de IoE gerencia um ecossistema completo de conectividade centrado nas pessoas, seus relacionamentos, colaborações sociais e dinâmicas de agrupamento em comunidades conectadas, dentro da cidade inteligente, permitindo uma participação proativa dos cidadãos (BELLINI *et al.* (2021)).

Os serviços baseados em tecnologia são classificados em IoE de uso pessoal, que oferece suporte à qualidade de vida e conveniência dos indivíduos, IoE industrial,

que visa fortalecer a competitividade industrial, e IoE pública, que visa resolver problemas sociais e públicos (YU *et al.*, 2017).

A IoE proporciona uma série de tecnologias para tornar cidades mais inteligentes e sustentáveis. Na próxima seção, serão exploradas algumas dessas tecnologias e suas aplicações. Em particular, a IoE possibilita o desenvolvimento de iniciativas como cidades inteligentes, que será detalhado a seguir, promovendo sua manutenção e integrando pessoas e tecnologias para enfrentar os desafios modernos.

2.2 Cidades Sustentáveis e Inteligentes

O desenvolvimento dos dispositivos de IoE aumentou a eficiência operacional na gestão dos recursos das cidades, qualidade dos serviços governamentais e o bem-estar do cidadão, aliando a tecnologia, governo e sociedade (CHAUHAN e JAIN, 2019). Impulsionado pelas disponibilidades dos dispositivos e do custo reduzido no armazenamento de dados após a invenção da tecnologia de computação em nuvem e avanço nas capacidades de análise (MARJANI *et al.*, 2017), evoluindo de cidades tradicionais para cidades inteligentes que oferecem novas oportunidades para enfrentar os desafios modernos, como o aumento populacional, desperdícios e disseminação de doenças.

Para suprir a necessidade de transformar cidades tradicionais em cidades inteligentes em decorrência do processo de urbanização, é preciso adotar boas práticas para desenvolver, aprimorar e otimizar todos os aspectos urbanos, levando em conta os valores e princípios da atualidade, como a governança. A integração de tecnologia e processos é essencial para promover o crescimento inteligente e substituir a configuração dispendiosa de cidades tradicionais (CAMBOIM *et al.*, 2019).

O processo de tornar as cidades inteligentes é feito através de uma governança inteligente (relacionada à participação), pessoas inteligentes (relacionadas ao capital social e humano), ambientes inteligentes (relacionados aos recursos naturais), mobilidade inteligente (relacionada aos transportes e TIC), economia inteligente (relacionada à competitividade) e vida inteligente (relacionada à qualidade de vida) (ZHU, 2020). Esses componentes são baseados na inteligência da tecnologia da informação com a sabedoria humana, onde a sociedade, economia e meio ambiente vão se tornar sustentáveis.

O estudo das cidades inteligentes é recente (IAIONE *et al.*, 2019), e está atrelado ao papel vital da coleta de dados dos sensores humanos e não humanos no ambiente da cidade (MAHDAVINEJAD *et al.*, 2018).

Normalmente, as definições de cidade inteligente destacam a importância da

sustentabilidade, inovação, eficiência e qualidade de vida, sendo uma área urbana que combina infraestrutura tradicional com objetos conectados na rede para promover economia sustentável, melhoria na qualidade de vida, crescimento, gestão sábia dos recursos naturais e governança participativa (WAMBA e QUEIROZ, 2019). Essa integração requer uma mudança no planejamento urbano, engenharia e *design* da cidade, envolvendo várias disciplinas e tecnologias para promover o crescimento econômico inclusivo e sustentável (MARCO e MANGANO, 2021). As cidades inteligentes visam mitigar complicações decorrentes do rápido crescimento populacional e urbanização, otimizando o uso eficiente de recursos (HONNURVALI *et al.*, 2019). No entanto, a compreensão de cidade inteligente é controverso e ambíguo, resultando em diferentes tipos de cidades e conceitos relacionados, devido à falta de uma definição geral clara (MIN *et al.*, 2019, HONNURVALI *et al.*, 2019, PARLINA *et al.*, 2021), conforme mostra a Tabela 2.1. A Tabela 2.1 evidencia o surgimento de vários conceitos e categorias de cidade, sendo os mais persistentes e eminentes são as cidades inteligentes e as cidades sustentáveis. É importante destacar que os tipos de cidade não são intercambiáveis, pois possuem diferenças de idealização significativas, embora as categorias estejam relacionadas (PARLINA *et al.*, 2021).

Tabela 2.1: Os tipos da cidade e suas definições (PARLINA *et al.*, 2021).

Tipo de cidade	Definição
Cidade Inteligente	“Cidades inteligentes são todos os assentamentos urbanos que fazem um esforço consciente para capitalizar o novo cenário de tecnologia da informação e comunicação (TIC) de forma estratégica, visando (i) sustentabilidade ambiental, (ii) funcionalidade do sistema urbano, (iii) qualidade de vida para todos, (iv) desenvolvimento baseado no conhecimento e (v) desenvolvimento orientado para a comunidade. Nesse sentido, seus componentes básicos são o ambiente urbano, as TICs, as pessoas e comunidades e uma abordagem estratégica para um ou mais dos objetivos anteriores. Sem um desses componentes, uma cidade não pode ser considerada uma cidade ‘inteligente’ de pleno direito”.
Cidade Digital	"Uma cidade digital tem pelo menos dois significados plausíveis: uma cidade que está sendo transformada ou reorientada por meio da tecnologia digital; e uma representação digital ou reflexo de alguns aspectos de uma cidade real ou imaginada".
Eco Cidade	"A ecocidade é considerada como um processo de transição rural-urbano, para desenvolver um sistema integral e preocupação com os aspectos sociais, econômicos e ambientais. Questões rurais também devem ser levadas em consideração nesse processo, de forma a melhorar a harmonia e a equidade entre moradores do campo e da cidade".

Tabela 2.1 Continuação

Tipo de cidade	Definição
Cidade Verde	"Cidades verdes são definidas como aquelas que respeitam o meio ambiente. O esverdeamento das cidades requer alguns, ou preferencialmente todos, dos seguintes itens: (1) controle de doenças e seu ônus para a saúde; (2) redução de perigos químicos e físicos; (3) desenvolver ambientes urbanos de alta qualidade para todos; (4) minimização das transferências de custos ambientais para áreas fora da cidade; e (5) garantir o progresso em direção ao consumo sustentável".
Cidade da Informação	"A cidade da informação é definida como um grande site baseado na Internet que oferece uma variedade de serviços online, incluindo acesso a ambientes sociais, serviços comunitários, informações municipais e e-commerce para seus habitantes. Seus limites são potencialmente ilimitados, escalando até onde a computação disponível e a capacidade de armazenamento permitirem para gerenciar grandes volumes de conteúdo e milhões de usuários simultaneamente".
Cidade do Conhecimento	"As cidades do conhecimento podem ser referidas como cidades em que tanto o setor privado como o público valorizam o conhecimento, cultivam o conhecimento, ganham dinheiro no apoio à disseminação do conhecimento e descobrem e aproveitam o conhecimento para criar produtos e serviços que acrescentam valor e criam riqueza".
Cidade Sustentável	"As cidades sustentáveis trabalham para um habitat ambiental, social e economicamente saudável e resiliente para as populações existentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de experimentar o mesmo".

As organizações de padronização como a *International Telecommunication Union (ITU)*, a *International Standards Organization (ISO)* e a *British Standards Institution (BSI)* apresentam definições distintas, porém complementares:

A ITU define uma cidade inteligente usando algumas características, como Inovadora, Competitiva, Sustentável, Tecnológica e Provedora de melhor qualidade de vida (ITU, 2014).

A ISO considera cidade inteligente uma cidade que integra novas tecnologias de informação, que facilitam o planejamento, construção e gestão, visando maior comodidade e inteligência nos serviços prestados à população (ISO-IEC-JTC1, 2015).

O BSI define uma cidade inteligente como integrando efetivamente sistemas físicos, digitais e humanos em seu ambiente, oferecendo a seus habitantes um futuro

sustentável, próspero e inclusivo (BSI, 2014).

A inclusão da sustentabilidade ambiental na ideia de cidade inteligente inclui pesquisas sobre geração e consumo de energia, bem como estudos de engenharia sobre o impacto de dispositivos inteligentes na eficiência energética urbana (CARAGLIU e BO, 2016). A relação intrínseca entre desenvolvimento sustentável e cidade inteligente é evidenciada pelas próprias definições de cidade inteligente descritas pelas organizações de padronização, que buscam promover a economia sustentável, o uso eficiente dos recursos naturais, a inclusão e a democracia, bem como a melhoria do bem-estar de seus habitantes, exigindo o enfrentamento de problemas como crescimento lento, aumento da desigualdade e degradação ambiental (COSTALES, 2022).

Cidades sustentáveis, por sua vez, é um termo amplo que engloba as dimensões ecológica, econômica e social dos pilares do desenvolvimento sustentável, e pode ser considerado um dos conceitos emergentes de cidade, proporcionando benefícios e qualidade de vida para seus habitantes e futuras gerações sem ultrapassar as limitações ambientais locais (PARLINA *et al.*, 2021, BIBRI, 2021a).

As cidades inteligentes, na perspectiva deste estudo, em uma definição estrita, significa **ser uma cidade sustentável onde a comunidade, instituições, infraestrutura e dispositivos são interconectados e integrados pela tecnologia para uma solução inteligente dos desafios que possa enfrentar** (IAIONE *et al.*, 2019). Em linhas gerais, é uma cidade bem planejada e automatizada, incumbida com todas as tecnologias e serviços mais recentes, para que sejam fornecidos serviços cada vez mais eficientes, confiáveis, inteligentes e autodeterminados aos seus residentes (Dr. R. Nidhya, 2020), ou vários dispositivos que se conectam à Internet em um ambiente inteligente que compartilham informações (MARJANI *et al.*, 2017).

Para MAHDAVINEJAD *et al.* (2018) o objetivo das cidades inteligentes é transformar áreas rurais e urbanas em locais de inovação, em concomitância, visa melhorar serviços como gerenciamento de tráfego, gerenciamento de água e consumo de energia, além de melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. A Figura 2.2 mostra uma visão expandida dos componentes da IoE em cidades inteligentes.

Embora seja possível que uma cidade seja sustentável sem ser inteligente, se seu foco estiver na sustentabilidade sem combinar tecnologia e capital humano, uma cidade não pode ser considerada verdadeiramente inteligente sem incorporar a sustentabilidade. Isso ocorre porque o crescimento desordenado e o consumo excessivo de tecnologia pela população são prejudiciais ao desenvolvimento sustentável (PARLINA *et al.*, 2021). Os termos cidades inteligentes e cidades sustentáveis podem ser usados de forma intercambiável, mas uma cidade

verdadeiramente inteligente e sustentável é aquela que aproveita os benefícios ecológicos, econômicos e sociais da sustentabilidade combinados com as tecnologias da informação e comunicação das cidades inteligentes, sendo comumente denominada como cidades inteligentes sustentáveis.

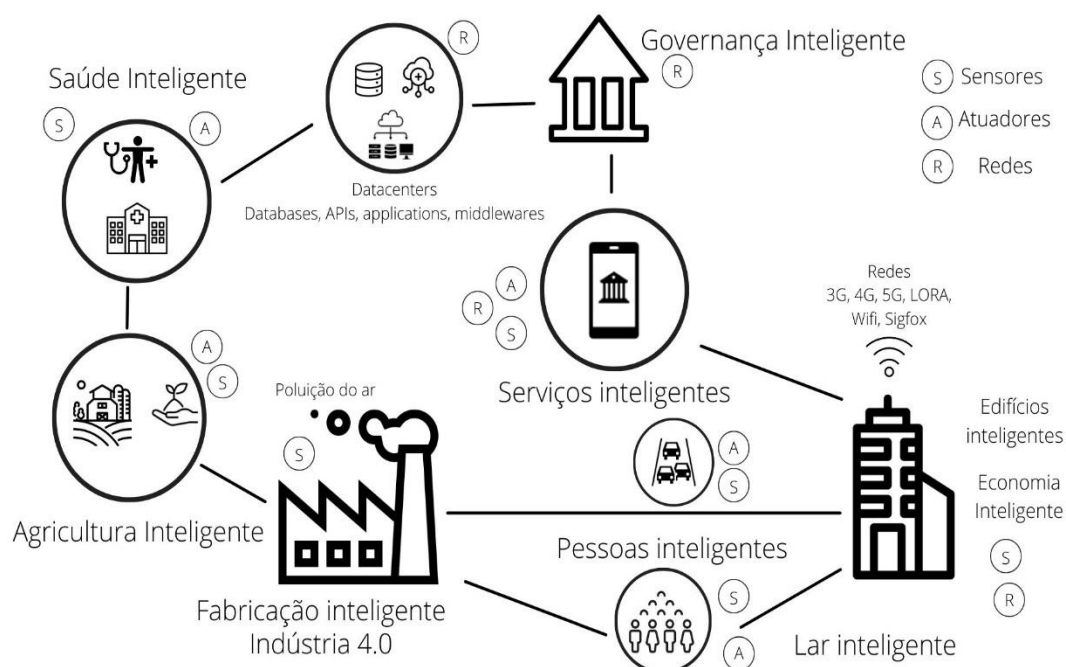


Figura 2.2: Componentes IoE em cidades inteligentes.

Fonte: Adaptado de PAES *et al.*, 2022.

Este estudo destaca que a cidade inteligente e o desenvolvimento sustentável andam de mãos dadas e devem ser considerados como objetivos interdependentes na busca de cidades mais habitáveis e equitativas. Juntos, esses elementos permitem tomadas de decisão melhores, mais rápidas e mais baratas, permitindo que as cidades se desenvolvam de forma mais sustentável e integrada. Há diversos modos de uso das tecnologias nas cidades; essa habilidade é devido à IoE propiciar um ecossistema expandido e conectado (CHAUHAN e JAIN, 2019), isto é, consistindo em diferentes áreas de atuação. A natureza da IoE se aplica a domínios interdisciplinares indicando que elas possuem diversas aplicações para a cidade, assim sendo, fornecem vários serviços em setores como energia, mobilidade, planejamento urbano e saúde (MAHDAVINEJAD *et al.*, 2018).

Entre as diversas aplicações nas cidades inteligentes e sustentáveis, a saúde é uma das áreas mais promissoras. Na próxima seção, vamos apresentar como as tecnologias podem ser utilizadas para melhorar a saúde pública em cidades inteligentes.

2.3 Aplicações de IoE na Saúde

A adoção de um sistema de saúde inteligente fornecerá serviços com o potencial para transformar diversos setores da economia (MARJANI *et al.*, 2017), impactando a qualidade de vida do cidadão, devido à grande quantidade de dados gerados, como mencionado nas seções anteriores. A incorporação dos dispositivos e dados permitirá a integração de médicos, profissionais de saúde, clínicas e pacientes criando um modelo de saúde para obter diagnósticos mais precisos e melhorar a eficácia do tratamento de doenças (VELASQUEZ *et al.*, 2018).

A análise de dados em tempo real pode resultar na melhoria nos resultados médicos para os pacientes, eficiência na gestão dos hospitais, em concomitância com a inteligência artificial (IA) é capaz de revelar padrões ocultos a partir de grandes quantidades de dados e ajudar as empresas farmacêuticas no desenvolvimento e personalização de medicamentos (YAQOOB *et al.*, 2016). Podem ser usados para monitorar os medicamentos atuais e avaliar o risco de novos medicamentos em termos de reações alérgicas e interações adversas e nas cadeias de fornecimento dos medicamentos. Na verdade, uma grande análise de dados tem o poder de ajudar as empresas farmacêuticas a personalizar um medicamento para cada paciente para garantir uma recuperação melhor e mais rápida. (YAQOOB *et al.*, 2016, WHITMORE *et al.*, 2015).

Para fornecer esses serviços inteligentes são necessários sensores e atuadores que podem medir a frequência cardíaca, pressão sanguínea, nível de saturação de oxigênio e assim por diante além de gerar e armazenar dados históricos dos pacientes podendo ajudar a um diagnóstico eficiente desde o atendimento clínico até o monitoramento remoto da saúde, possibilitando a intervenção ou prevenção precoce (ROY e CHOWDHURY, 2017). As aplicações na área da saúde em cidades inteligentes consistem em fornecer serviços de saúde por meio de dispositivos inteligentes e redes (AHAD *et al.*, 2019) para a população e setores como casa inteligente, meio ambiente, transporte, indústria, etc.

Os sensores e atuadores trazem benefícios para as pessoas comuns, profissionais da saúde e indústria, onde são utilizadas aplicações para monitoramento, diagnóstico e para o gerenciamento de pessoas e recursos médicos. Os dispositivos permitem, também, que as pessoas que utilizam as tecnologias sejam cidadãos inteligentes, quando podem coletar e monitorar seus dados visando um objetivo, atividade física ou saúde (VELASQUEZ *et al.*, 2018).

O *smartphone* é um poderoso aliado e oferece uma maneira de coletar dados biométricos, acompanhar as atividades físicas, dieta, exercícios e estilo de vida para determinar o nível de condicionamento físico e dar sugestões de acordo. Eles são capazes também de avaliar a saúde mental geral e o seu desempenho (SETHI e

SARANGI, 2017, SMUTNÝ, 2016). Para esses usuários, as aplicações podem monitorar de forma local ou remoto os fenômenos químicos e físicos do corpo humano, usados para medir temperatura, a frequência cardíaca (eletrocardiograma), atividade elétrica muscular (eletromiografia), pressão arterial, nível de colesterol, quantidade de oxigênio e açúcar no sangue, umidade e para detecção de agentes tóxicos (gás) em serviços de monitoramento do bem-estar e saúde de um paciente em sua própria casa (ROZSA *et al.*, 2016).

Em concomitância aos serviços para os cidadãos, essas aplicações visam facilitar os cuidados, diagnósticos e tratamento fornecendo indicadores de saúde para os pacientes e profissionais de saúde. Para as empresas, permite a identificação e rastreamento de equipamentos em uma instituição médica (gerenciamento de instituições médicas, através do monitoramento e rastreamento de pacientes, pessoal e equipamentos médicos (ROZSA *et al.*, 2016). Um determinado produto de saúde inteligente monitora o ritmo cardíaco do paciente e alerta os membros próximos da família e o médico autorizado em caso de emergência (SHOLLA *et al.*, 2017).

A análise também pode ser aplicada na forma de prognóstico, a ciência de prever a condição médica futura de um paciente, para ajudar os profissionais de saúde a tomar decisões mais informadas. Os indicadores de saúde coletados dos sensores de um paciente podem ser comparados com os dados de pacientes similares e combinados com o conhecimento de domínio e a pesquisa médica para fazer conjecturas (SIOW *et al.*, 2018).

Na indústria, o uso dos sensores podem ser usados para detectar níveis de radiação em usinas nucleares, sensores de gás são usados para identificar vazamentos em ambientes industriais, e sensores de fluidos são usados para detectar vazamentos em centros de dados e armazéns de dados, evitando danos e perdas resultantes destes vazamentos (ROZSA *et al.*, 2016). A Figura 2.3 ilustra alguns serviços que as tecnologias IoE podem fornecer e ajudar no desenvolvimento de serviços de saúde para os moradores das cidades.

Devido à redução do custo e o tamanho dos dispositivos (sensores), somados aos avanços significativos em comunicação sem fio e tecnologias de rede, os dispositivos possibilitam aplicações que abrem o caminho para prever e projetar serviços inovadores de saúde que não poderiam ser pensados antes para as cidades do futuro. Para as cidades do futuro, o sistema de saúde será apoiado em paralelo com um sistema inteligente que se aproveitará da infraestrutura de sensores das cidades inteligentes. Esse sistema de saúde terá como objetivo avaliar o risco de cada indivíduo, através de tecnologias como genótipos, monitoramento biométrico, microcirculação e testes baseados em *chips* em laboratórios, a fim de prevenir doenças ou estimular mudanças de comportamento.

Para reduzir a carga de cuidados de saúde de longo prazo, as cidades do futuro deverão integrar um sistema de saúde com fábricas baseadas em sensores e bancos de dados privados de saúde baseados em IA. Além disso, é provável que tecnologias como terapia genética, drogas pessoais e drogas inteligentes sejam cada vez mais utilizadas como parte do tratamento (HONG e ANH, 2020).

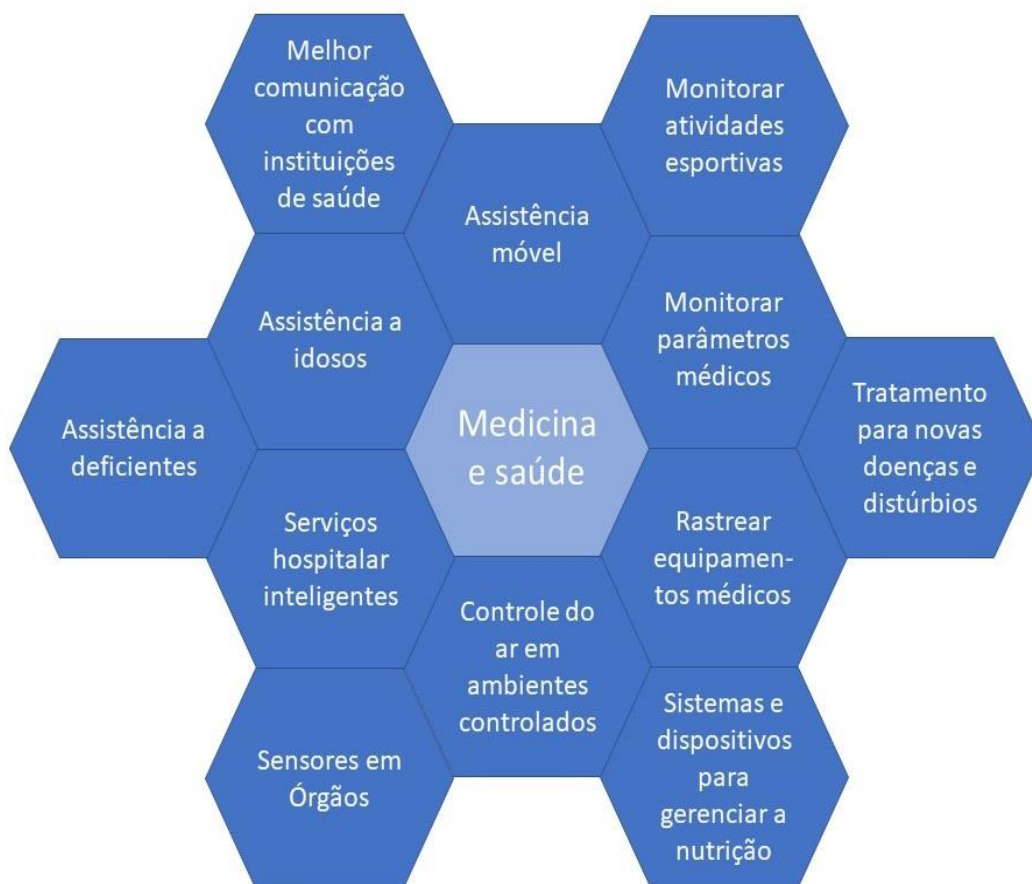


Figura 2.3: Serviços de saúde e bem-estar para os cidadãos com apoio da tecnologia IoE.

Fonte: Adaptada de: BANSAL e KUMAR, 2020, BALAJI *et al.*, 2019, ALAA *et al.*, 2017, GIL *et al.*, 2016.

Ainda sobre a medicina nas cidades do futuro, as aplicações baseadas no paradigma Internet de nano coisas (IoNT), como nanomedicina, nanoimplantes, nanobiosensores, tem potencial para trazer um avanço revolucionário no campo da medicina e dos serviços de saúde. A vantagem das aplicações da IoNT está na miniaturização dos sensores, ou seja, o tamanho em nanoescala das nanomáquinas permitindo que elas sejam implantadas dentro do corpo humano de forma não invasiva, a nível molecular. Seus benefícios vão além da medição de parâmetros como glicose, colesterol e sódio, como também podem ser usados para detectar tumores causadores de doenças, melhorar o transporte de medicamentos dentro do

corpo humano e materiais biocompatíveis que podem ser utilizados para fazer implantes medicinais (PRAMANIK *et al.*, 2020).

O conhecimento gerado é um tema crucial para entender como os sensores e atuadores humanos e não humanos podem ser utilizados de forma mais eficiente na saúde. Na próxima seção, iremos estudar o conhecimento e vamos explorar a gestão do conhecimento e os processos de criação do conhecimento na área da saúde inteligente.

2.4 Morfologia do Conhecimento

A definição de conhecimento é uma questão de debate permanente entre os filósofos no campo da epistemologia (GAO *et al.*, 2017). O conhecimento é uma abstração e pode se referir a uma compreensão teórica ou prática de um assunto capaz de ser um dos ativos competitivos mais cruciais e tornou-se o fator chave para melhorar o crescimento econômico e o desenvolvimento da sociedade.

O conhecimento, também pode ser visto como uma combinação de valores, reflexões, julgamentos e *insights* que fornece uma estrutura para avaliar e incorporar novas experiências e informações. Para as organizações, está incorporado em documentos, repositórios, rotinas organizacionais, práticas de processos e normas. O conhecimento é um recurso estratégico que permite aos gerentes se adaptarem ao mundo dinâmico dos negócios, tomando decisões eficazes (HARLOW, 2018) . Segundo GAO *et al.* (2017), é dito que o conhecimento reside na mente das pessoas e precisa de algumas ferramentas para gerenciá-lo e fazê-lo funcionar.

Na indústria, o conhecimento é a força motriz para uma vantagem competitiva nos concorrentes. Está atrelado a inovação, o sucesso da empresa no desenvolvimento de novas e melhores soluções de serviços para atender às expectativas e necessidades dos clientes e usuários (ARIFIANI *et al.*, 2019).

O presente trabalho, considera a divisão do conhecimento em três tipos: conhecimento tácito, explícito e implícito. Sendo baseado no trabalho de NONAKA (1994) , onde o conceito de conhecimento pode ser dividido e explicado nas seguintes categorias que serão discutidas nas seções mais adiantes.

2.4.1 Conhecimento e informação

O conhecimento é um conceito multifacetado com significados em multicamadas, com os termos "informação" e "conhecimento" sendo frequentemente utilizados de forma intercambiável. Sendo a informação um dado bruto, um fluxo de mensagens, enquanto o conhecimento é criado e organizado pelo próprio fluxo de informações, ancoradas no compromisso e crenças de seu portador. A informação pode ser

transmitida por uma fonte emissora, um indivíduo por exemplo, para uma fonte receptora que pode então usar esse conhecimento na tomada de decisões. Este entendimento enfatiza um aspecto essencial do conhecimento que se relaciona com a ação humana. A informação é um meio ou material necessário para iniciar e formalizar o conhecimento e pode ser vista de uma perspectiva "sintática" e "semântica" (NONAKA, 1994, CHEVALLIER *et al.*, 2016).

A Figura 2.4 apresenta a pirâmide de conhecimento, evidencia como os humanos processam e aprendem (SHAHID e ANEJA, 2017). De baixo para cima, a pirâmide começa com dados, que são a matéria-prima processada para se tornarem informações. Embora dados individuais tenham pouco valor por si só, grandes volumes de dados podem revelar tendências e padrões por meio de técnicas de mineração de dados. Essas informações, juntamente com outras fontes relevantes, se combinam para formar conhecimento. No sentido mais simples, o conhecimento é a informação da qual alguém está ciente e depende do contexto que está inserido. A sabedoria, por sua vez, surge da combinação do conhecimento com a experiência e as tendências anteriores. Embora o conhecimento possa evoluir com o tempo, a sabedoria é atemporal, e tudo começa com a aquisição de dados e sua transformação ao longo das camadas da pirâmide do conhecimento (DA COSTA, 2022, SHAHID e ANEJA, 2017).



Figura 2.4: Pirâmide de conhecimento
Fonte: Adaptada de: SHAHID e ANEJA, 2017, DA COSTA, 2022.

2.4.2 Conhecimento tácito, explícito e implícito

O conhecimento pode ser dividido em três tipos, tácito, explícito e implícito. O conhecimento tácito é o conhecimento pessoal e específico do contexto de uma pessoa que reside na mente humana, comportamento e percepção, sendo difícil de formalizar e compartilhar, mas fornece uma importante vantagem competitiva. Está também relacionado à cultura, estrutura organizacional e filosofia de negócios de uma

empresa. É adquirido através da experiência e *know-how*.

O conhecimento explícito significa informação ou conhecimento que é apresentado de forma tangível. Promove a troca de processos particulares entre parceiros de uma mesma estrutura. É codificado, estruturado, acessível e facilita a transferência de conhecimento, mas gera vantagem competitiva menos importante.

Conhecimento implícito vem da inteligência artificial e é inferido a partir dela por meio de aprendizado de máquina e tecnologias de IA, principalmente em serviços de aprendizado de máquina (GAO *et al.*, 2017, CHEVALLIER *et al.*, 2016, DA COSTA *et al.*, 2021). Embora o conhecimento gerado pelas máquinas possa ser explicitado com o uso do código-fonte e das técnicas algorítmicas empregadas nos modelos, é importante ressaltar que, nesse trabalho, esse conhecimento é considerado em outra categoria de conhecimento. Isso ocorre porque, mesmo que esse conhecimento esteja contigo nas proposições dos modelos e sistemas de IA, ele não é expresso formalmente nem manifestamente declarado em termos compreensíveis por humanos. Podendo considerar o conhecimento implícito como aquele que reside na “mente” das máquinas, tornando-se um terceiro tipo de conhecimento que se assemelha ao conhecimento tácito, mas de origem das máquinas.

2.4.3 Fontes de conhecimento nas cidades inteligentes

As iniciativas de cidades inteligentes estão centradas na capacidade de monitorar e responder às trocas de informação em tempo real, os sensores e atuadores são importantes no cenário de uso dos dados e visam fornecer suporte às diversas demandas, sendo considerados habilitadores de IoE, pois visam serviços de inteligência e criação de conhecimento crítico em aplicativos de IoE (DA COSTA *et al.*, 2021).

O sensoriamento proporciona a troca de conhecimento entre o homem e o dispositivo, e é um importante instrumento no contexto da IoE para atender as expectativas e demandas da sociedade. Os atuadores e algoritmos que tomam decisões são dispositivos que realizam movimentos físicos, desempenham tarefas específicas e são essenciais para o funcionamento de sistemas, como no uso automático de medicamentos para controle de convulsões (SAYEED *et al.*, 2020).

Os sensores e atuadores são responsáveis por gerar *insights* para o apoio de certas ações ou decisões, havendo grande apreço pelas habilidades cognitivas humanas, destacadas pelas habilidades de observação e reação diferenciadas das entidades de sistemas. Existem duas fontes que geram o conhecimento para as aplicações nas cidades inteligentes. São dois tipos de agentes que apoiam a base de conhecimento integrado aos sistemas de IoE, sendo eles: humanos e não humanos (PAES *et al.*, 2022).

Os agentes humanos são descritos como sensores ou atuadores que coletam medições e produzem ações no ambiente, respectivamente, geradas ou identificadas por humanos. Os sensores e atuadores não humanos são divididos em três tipos, sendo eles: físico, virtual e uma combinação deles. Podem ser dispositivos tangíveis que geram dados ou realizam ações que alteram o ambiente, podem ser também, entidades de informação abstrata que invocam funções de sensores ou atuadores, mas não interagem diretamente com o mundo físico, como programas e sistemas de computadores, ou uma combinação dos outros tipos, são objetos autônomos com grande capacidade de detecção, atuação, processamento e armazenamento, usando serviços da web para enviar e receber dados e assim interagir com o mundo físico (PAES *et al.*, 2022, DA COSTA, 2022).

2.4.4 Conversão do conhecimento

Esta dissertação considerou o modelo de conversão do conhecimento proposto por NONAKA, (1994), conforme ilustrado na Figura 2.5. A criação do conhecimento ocorre através da conversão do conhecimento tácito (a partir de sensores e atuadores humanos), implícito (inteligência artificial) e explícito (codificado em fontes de dados), e é resultado de quatro processos de conversão: socialização, combinação, externalização e internalização.

A socialização é o compartilhamento de conhecimento tácito por meio da experiência compartilhada. A combinação é a fusão do conhecimento explícito com o conhecimento explícito codificado nas fontes de dados, resultando na reconfiguração do conhecimento existente. A externalização é a conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito, enquanto a internalização é o processo de aprendizado, no qual o conhecimento explícito é convertido em conhecimento tácito. Existem quatro modos de conversão de conhecimento: de conhecimento tácito para tácito, de explícito para explícito, de tácito para explícito e de explícito para tácito. É importante notar que, em alguns casos, a conversão de conhecimento pode envolver conhecimento implícito, que pode ser facilitado por meio do uso de inteligência artificial (DA COSTA *et al.*, 2021, PAES *et al.*, 2022, NONAKA, 1994).



Figura 2.5: Modos de conversão de conhecimento

Fonte: Adaptado de NONAKA, (1994)

2.4.5 Conhecimento dos Sensores e Atuadores

O trabalho de (DA COSTA *et al.*, 2021) utiliza a taxonomia baseada em conhecimento de IoE para avaliar e verificar qualitativamente o grau de inteligência de sensores inteligentes. As preocupações em termos de serviços de inteligência e criação de conhecimento impulsionam o desenvolvimento de uma taxonomia para identificação de conhecimento crítico em aplicações de IoE. Essa taxonomia aprofundada classifica os habilitadores de IoE, como sensores e atuadores, em quatro categorias distintas: Conhecimento, Tipo, Observação e Capacidade. Cada categoria é composta por diferentes subcategorias ou dimensões que ajudam a entender e caracterizar o conhecimento fornecido pelos habilitadores IoE, conforme ilustrado na Figura 2.6.

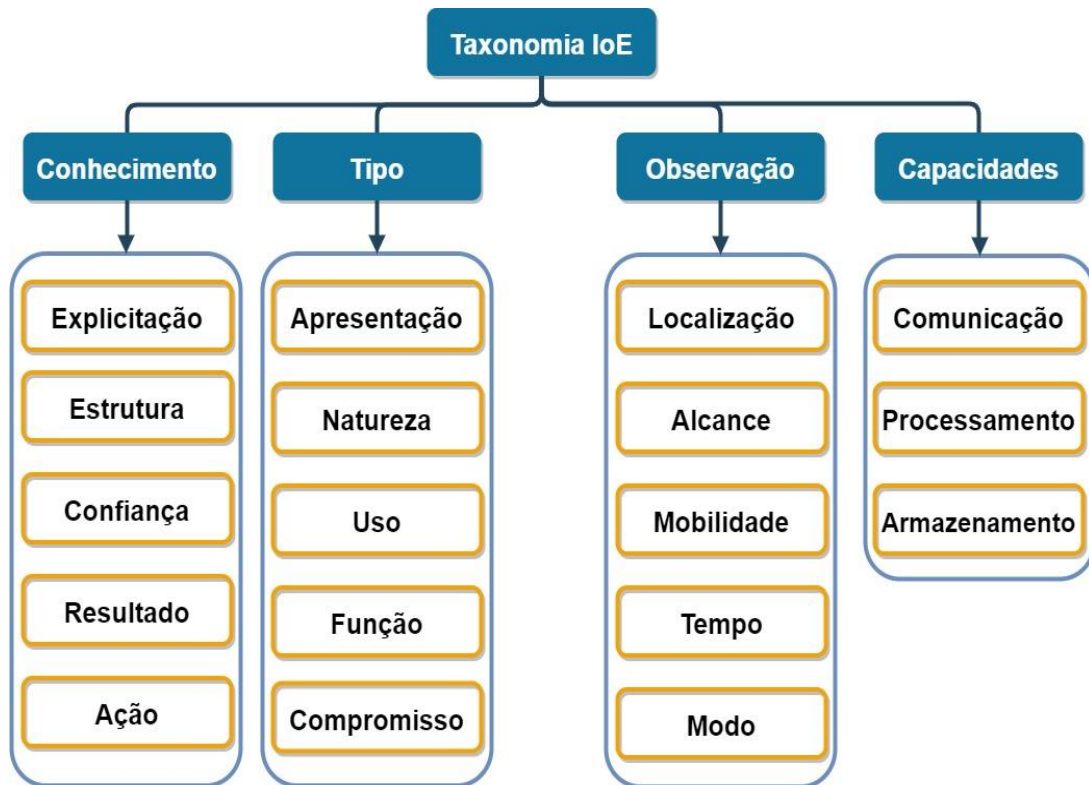


Figura 2.6: Taxonomia IoE.

Fonte: DA COSTA *et al.*, 2021

Por exemplo, a categoria *Conhecimento* contém dimensões relacionadas à criação de conhecimento e ao fluxo de informações, como a apresentação do conhecimento, o grau de estrutura de dados, o grau de confiança, o grau de criação de valor e a automação de processos ou transformação do estilo de vida. Já a categoria *Tipo* contém subcategorias para classificar sensores e atuadores de acordo com a apresentação cibernética ou física, sua natureza baseada em eletrônica, *software* ou em humanos, relacionado ao uso do sensor, função de sensor ou atuador e engajamento oportunista ou participativo. A categoria *Observação* está relacionada ao contexto dos aplicativos IoE, com a localização, o alcance, mobilidade, tempo e modo. Já a categoria *Capacidade* refere-se a diferentes níveis de interoperabilidade, poder de processamento e capacidade de armazenamento.

Essa taxonomia é essencial para identificar e gerenciar os facilitadores de IoE, como coisas, pessoas, dados e recursos tecnológicos, e apoiar a adoção de soluções para cidades inteligentes. Ela também é crucial para a governança das interações de conhecimento em sensores e atuadores de cidades inteligentes. Através dessa estratégia baseada em conhecimento, é possível compreender como os habilitadores de conhecimento contribuem para a criação de conhecimento em IoE nas cidades inteligentes (PAES *et al.*, 2022).

Depois de entender os diferentes tipos e modelos de conhecimento, vamos agora falar sobre como gerir esse conhecimento de forma eficiente. Na próxima seção, vamos explorar diferentes estratégias de gestão do conhecimento e seus benefícios.

2.5 Gestão do Conhecimento

A gestão do conhecimento tornou-se um termo amplamente utilizado no século XXI, uma vez que tem sido aplicado a um vasto espectro de atividades e áreas com o objetivo de gerenciar, criar e aprimorar ativos intelectuais (MANESH *et al.*, 2021, GAO *et al.*, 2017). É um campo interdisciplinar que se concentra na criação, disseminação e aplicação de conhecimentos dentro de uma organização, entre eles, destacam-se os campos da filosofia, ciência cognitiva, ciências sociais, ciência da administração, ciência da informação, engenharia do conhecimento, inteligência artificial e economia (SCHNIEDERJANS *et al.*, 2020, GAO *et al.*, 2017). Envolve um processo contínuo de acúmulo de conhecimento, seja ele tácito ou explícito, seguido de filtragem, estruturação ou reestruturação, armazenamento e, por fim, disseminação por meio de informações e experiências para aprimorar a eficácia da organização (BALCO e DRAHOVÁ, 2016).

Através da gestão do conhecimento, busca-se viabilizar a troca de informações entre as diversas áreas de uma organização, promovendo assim a aprendizagem contínua e contribuindo para aprimorar o desempenho global da empresa. (SCHNIEDERJANS *et al.*, 2020). A importância da gestão do conhecimento reside no fato de que as organizações precisam enfrentar uma competição global crescente, mudanças tecnológicas rápidas e a necessidade de inovação constante. O desempenho econômico, estratégico e inovador geral da organização depende de sua capacidade de utilizar todo o conhecimento criado e transformá-lo em atividades de valor agregado (ARIFIANI *et al.*, 2019, HARLOW, 2018).

O conhecimento é um recurso essencial para obter vantagem competitiva sustentável por meio de processos de negócio mais eficientes e melhoria da qualidade, além de capacitar as empresas a identificar novas soluções e desenvolver produtos que atendam às necessidades dos clientes, também pode ajudar as organizações a aproveitar os conhecimentos e habilidades de seus funcionários, clientes e parceiros, aumentando sua capacidade de inovar, melhorar a qualidade e eficiência, e assim alcançar uma vantagem competitiva significativa (MANESH *et al.*, 2021).

A interação entre tecnologia, pessoas e processos é essencial para os três pilares fundamentais da gestão do conhecimento: adquirir, gerenciar e transferir conhecimento (SCHNIEDERJANS *et al.*, 2020). Existem diferentes abordagens para a gestão do conhecimento, como a baseada em tecnologia, que está fortemente integrada às tecnologias de informação e comunicação (GAO *et al.*, 2017). A gestão

do conhecimento baseada em pessoas, que se concentra nas interações sociais para criar e compartilhar conhecimento, que poderá melhorar a comunicação interna, entre clientes e entre a equipe de liderança e a equipe, além de promover uma cultura de compartilhamento de conhecimento (ARIFIANI *et al.*, 2019). Já a gestão do conhecimento baseada em processos se concentra na criação de processos formais para capturar e compartilhar conhecimento e mobilizar recursos baseados em conhecimento para obter uma vantagem competitiva (ARIFIANI *et al.*, 2019).

Embora ainda não tenha sido estabelecida uma definição amplamente aceita para gestão do conhecimento (MANESH *et al.*, 2021), há muitas definições e descrições escritas por diferentes estudiosos de vários campos. Essas definições podem ser um tanto obscuras e ter significados diferentes, dependendo da perspectiva dos autores (GAO *et al.*, 2017). Existem muitas definições diferentes para conhecimento e sistemas de gestão do conhecimento.

Pode-se definir um modelo de gestão do conhecimento como uma tentativa formal ou semiformal de sistematizar artefatos e atividades focadas no conhecimento, cuja lógica subjacente é derivada de diferentes perspectivas epistemológicas e observacionais (TINZ *et al.*, 2019). Para HARLOW, (2018) a definição de gestão do conhecimento consiste em um processo formal que visa identificar quais informações mantidas internamente são passíveis de serem utilizadas em benefício da empresa, bem como assegurar que essas informações sejam disponibilizadas de maneira fácil e sistemática para aqueles que necessitam delas. É notório que o desempenho geral econômico, estratégico e de inovação de uma empresa está diretamente relacionado à sua habilidade de utilizar todo o conhecimento gerado e transformá-lo em atividades de criação de valor.

Uma definição ampla é a seguinte: trata-se do conjunto de atividades que englobam a criação, representação, armazenamento, transferência, transformação, aplicação, incorporação e projeção do conhecimento em grupo e organizacional. Em outras palavras, a gestão do conhecimento se refere a uma série de processos que coordenam e exploram o conhecimento acumulado de uma empresa, visando garantir sua sustentabilidade e capacidade de adaptação às mudanças que surgem no ambiente (MANESH *et al.*, 2021).

Já para GAO *et al.*, (2017), a essência da gestão do conhecimento reside em auxiliar os indivíduos a aprimorar sua eficiência de aprendizado e integrar diversos recursos de informação. Ela proporciona ao indivíduo as ferramentas e técnicas necessárias para superar o volume excessivo de informações disponíveis, capacita-o a melhorar sua eficácia de aprendizado e ampliar sua vantagem competitiva.

Os benefícios da gestão do conhecimento incluem fornecer ao indivíduo as ferramentas e técnicas necessárias para superar as informações avassaladoras que

encontra e capacitá-lo a melhorar a qualidade e eficiência de uso, a redução de custos, a inovação e a vantagem competitiva (GAO *et al.*, 2017). No entanto, a gestão do conhecimento também apresenta desafios, como a dificuldade em identificar e capturar conhecimentos relevantes, a resistência dos funcionários à mudança e a necessidade de investir em sistemas de informação e tecnologia (SCHNIEDERJANS *et al.*, 2020).

Existem seis principais desafios gerenciais na era da digitalização: (1) estratégia e análise, (2) planejamento e implementação, (3) cooperação e redes, (4) modelos de negócios, (5) recursos humanos e (6) mudança e liderança. Para superar esses desafios, as empresas devem combinar os três pilares da gestão do conhecimento (SCHNIEDERJANS *et al.*, 2020).

A gestão do conhecimento é fundamental para o sucesso de tecnologias emergentes, como o paradigma de IoE que abrange pessoas, processos, dados e inteligência na rede, e o conhecimento gerado a partir dos dados que adiciona valor e fornece *insights* em um contexto dinâmico. Apesar de ser um tema amplo, ainda há espaço para novas pesquisas e abordagens inovadoras de gestão do conhecimento, a fim de promover fluxos de conhecimento e criar ecossistemas abertos e colaborativos aplicados a humanos e objetos inteligentes. Além disso, a colaboração entre as fontes de dados e os objetos inteligentes requer uma abordagem efetiva de gestão do conhecimento para lidar com o compartilhamento de informações explícitas e implícitas, o que é essencial para o sucesso de iniciativas de gestão do conhecimento em IoE (DA COSTA, 2022).

Em resumo, a gestão do conhecimento é uma abordagem essencial para a criação de uma organização mais eficiente, inovadora e competitiva, apesar das várias versões da definição e descrições sobre GC, sua essência é ajudar os indivíduos a melhorar a eficiência do aprendizado e integrar diferentes recursos de informação para melhorar as vantagens competitivas (GAO *et al.*, 2017). A Figura 2.7 ilustra um modelo genérico de GC proposto por Stollenwerk (2001) evidenciando os processos de conhecimento nas organizações. A implementação bem-sucedida da gestão do conhecimento requer uma abordagem estratégica, o comprometimento da liderança e uma cultura de aprendizado contínuo dentro da organização.

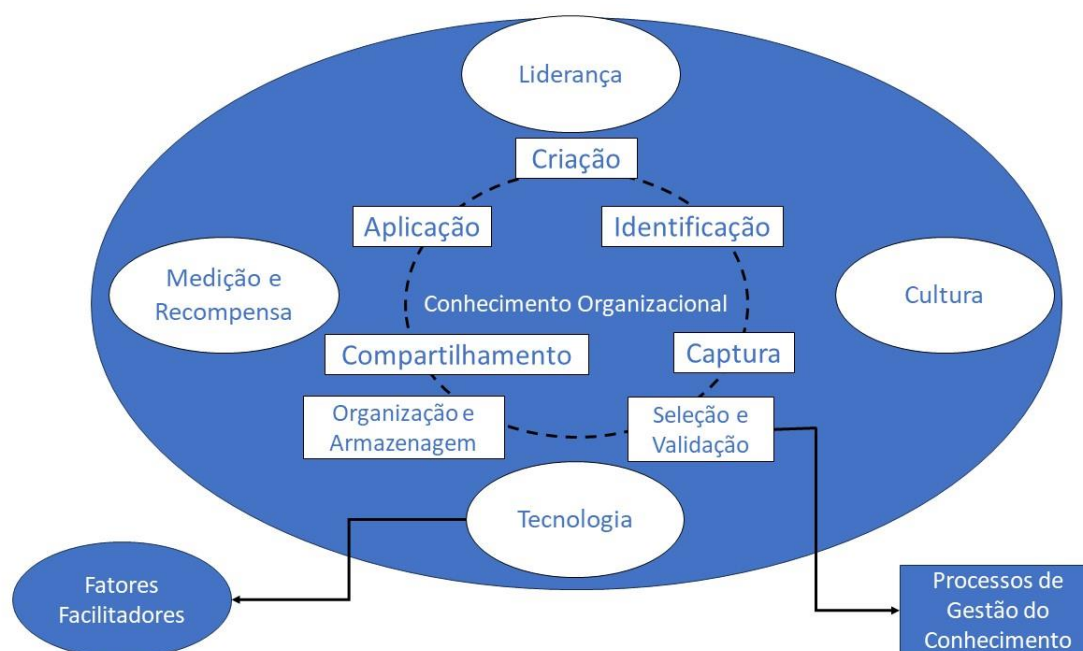


Figura 2.7: Modelo genérico da gestão do conhecimento.

Fonte: (Stollenwerk, 2001).

2.6 Fluxo do Conhecimento

O fluxo de conhecimento é um mecanismo ou processamento de conhecimento composto pela produção e disseminação de informações entre organizações ou indivíduos e objetos. É um conceito fundamental que se refere ao movimento dessas informações dentro e entre organizações, permitindo identificar, compartilhar e aplicar o conhecimento (ZHUGE, 2006, LIN *et al.*, 2008, ØSTERGAARD, 2009).

É o processo de passagem de informações e conhecimentos entre diferentes nós, que podem ser membros ou funções da equipe, portais ou processos de conhecimento. Cada nó tem a capacidade de gerar, aprender, processar, entender, sintetizar e entregar conhecimento. O fluxo de conhecimento é regido por regras e princípios que garantem a qualidade e a confiabilidade do conhecimento compartilhado. Esse processo começa e termina em um nó, que serve como ponto de origem e destino do conhecimento transmitido (ZHUGE, 2006).

A dinâmica do fluxo de conhecimento é vital para as empresas se adaptarem às mudanças no ambiente de negócios e criarem uma vantagem competitiva sustentável. As pessoas podem aumentar a eficácia do trabalho em equipe projetando adequadamente a rede de comunicação e controlando o processo de execução para garantir que o conhecimento seja transmitido de forma oportuna e eficaz (NISSSEN, 2002, ZHUGE, 2002).

Um fluxo de conhecimento é caracterizado por três atributos cruciais: direção, conteúdo e portador. A direção se refere aos nós emissor e receptor, ou seja, quem

fornece e quem recebe o conhecimento. O conteúdo diz respeito ao conhecimento em si, o que está sendo compartilhado. Já o portador é o meio pelo qual o conhecimento é transmitido (ZHUGE, 2006, ZHUGE, 2002).

Seu principal propósito é possibilitar a transferência de habilidades e *expertise* de onde elas estão presentes para onde são necessárias, independentemente do tempo, espaço ou organizações envolvidas (NISSEN, 2002).

O fluxo de conhecimento oferece uma vantagem importante ao evitar a transferência desnecessária de informações entre os membros da equipe. Além disso, as pessoas não precisam perder tempo e esforço procurando por informações específicas em um repositório centralizado de conhecimento, que pode não estar disponível ou não ser suficientemente preciso para atender às suas necessidades durante a execução de tarefas (ZHUGE, 2002).

Contudo, o fluxo do conhecimento pode enfrentar desafios, como a falta de incentivos para compartilhar conhecimento, falta de confiança entre os membros da organização e uma infraestrutura inadequada para a gestão e compartilhamento de informações. Esses obstáculos podem prejudicar a cooperação quando o conhecimento não é uniformemente distribuído em toda a empresa, o que pode dificultar o fluxo do conhecimento e a colaboração entre os membros da equipe.

Esta pesquisa investigou o fluxo do conhecimento em aplicações de IoE em cidades inteligentes. O foco foi avaliar e direcionar a colaboração entre sensores (humanos e máquinas) na criação de inteligência coletiva e na eficiência das aplicações dos sensores, tanto humanos quanto não humanos, em uma abordagem centrada em conhecimento.

Na próxima seção, será descrito, em detalhes, qual é a proposta e a contribuição desta dissertação, e como ela pode contribuir para o desenvolvimento das cidades inteligentes e no uso de tecnologia disruptivas em IoE em benefício da saúde dos cidadãos em uma sociedade hiperconectada.

Capítulo 3

Proposta: Uma Abordagem do Conhecimento IoE nas Cidades Inteligentes

Neste capítulo, a partir do referencial teórico do Capítulo 2, serão estudados os desafios, abordagens e tendências futuras das tecnologias envolvidas. A seção 3.2 apresenta uma visão geral sobre as tendências e desafios enfrentados pelas cidades inteligentes, com foco na implementação em diferentes contextos urbanos. Além disso, serão discutidos a colaboração homem-máquina e a gestão do conhecimento, com foco em mapear o fluxo do conhecimento em cidades inteligentes. Será apresentado um modelo conceitual integrado de transferência de conhecimento em IoE, que oferece suporte às estratégias de gestão do conhecimento. O objetivo é fornecer um panorama geral do papel das tecnologias em cidades inteligentes e sustentáveis, assim como suas implicações, com uma abordagem na gestão do conhecimento e na promoção da colaboração entre humanos e máquinas.

3.1 Cidades sustentáveis e inteligentes: Revisão da literatura

A tecnologia vem transformando as cidades em todos os aspectos, desde sua infraestrutura até suas relações sociais. O papel das tecnologias nas cidades sustentáveis e inteligentes é fundamental para gerar dados e organizar a gestão do conhecimento. Por essa razão, é importante estudar como as cidades evoluem e como suas essências e relações territoriais afetam a criação de conhecimento para a cidade.

Neste contexto, este estudo teve como objetivo investigar as cidades do futuro, a fim de identificar possíveis projeções para o desenvolvimento de cidades inteligentes e sustentáveis. Para isso, será utilizada uma abordagem em torno de métodos

prospectivos, apresentados como uma estratégia promissora para vislumbrar o futuro das cidades contemporâneas. A compreensão dos desafios das cidades no futuro apoiará a compreensão da gestão do conhecimento, como elas são combinadas e usadas em diferentes domínios de aplicação e como problemas com capacidades e as observações podem afetar a qualidade dos serviços. Portanto, o objetivo deste capítulo é estabelecer o papel crucial da tecnologia na criação de cidades sustentáveis e inteligentes, apresentando assim a importância do estudo proposto.

A metodologia aplicada para este estudo envolveu as diretrizes do processo de revisão de literatura sugeridos por Kitchenham e Charters (KITCHENHAM *et al.*, 2010) para entender e abordar as principais tendências e desafios relacionados ao papel da tecnologia nas cidades inteligentes e sustentáveis. Essa estratégia adotada revela-se pertinente devido à natureza dinâmica e em constante mudança das cidades.

A revisão da literatura incluiu contribuições da base de dados *Scopus*, que é relevante para encontrar estudos específicos em periódicos e conferências em inglês. Sendo selecionada com base no seu destaque e relevância como motor de busca, que integra no seu acervo uma vasta gama de literatura de diversas bibliotecas digitais (MOTTA *et al.*, 2019).

A análise da revisão da literatura resultou na seleção de artigos relevantes que forneceram subsídios para a elaboração dos objetivos e das hipóteses deste estudo. Além disso, foram realizadas análises qualitativas e quantitativas para identificar as principais tendências, tecnologias e práticas relacionadas ao tema. A partir dessas análises, foi possível identificar lacunas na literatura e responder questões de pesquisa para guiar a investigação das cidades do futuro, que serão respondidas na seção 3.2. As questões que essa Revisão da Literatura visa responder foram:

1. Quais são os cenários e abordagens para a implementação de cidades inteligentes em diferentes contextos urbanos, considerando o paradigma de IoT?

2. Como a pesquisa sobre o fluxo do conhecimento, ainda no planejamento de cidades inteligentes, pode ajudar a identificar tendências futuras e desafios na implementação de novas soluções tecnológicas?

A string de busca utilizada foi a seguinte: TITLE ("Smart" AND ("City" OR "Cities")) AND ("FUTURE" OR "ROADMAP" OR "RESEARCH AVENUE" OR "RESEARCH AGENDA" OR "TREND")) AND (PUBYEAR > 2015) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "cp")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")). Usando a string de busca, foram encontrados 249 documentos na base de dados Scopus. Após a avaliação de filtro de título e resumo, o número de documentos selecionados foi reduzido para 74. Posteriormente, aplicamos o filtro de leitura completa, reduzindo-o para 33 documentos para extração e análise de informações relevantes para o estudo, conforme apresentado na Figura

3.1.

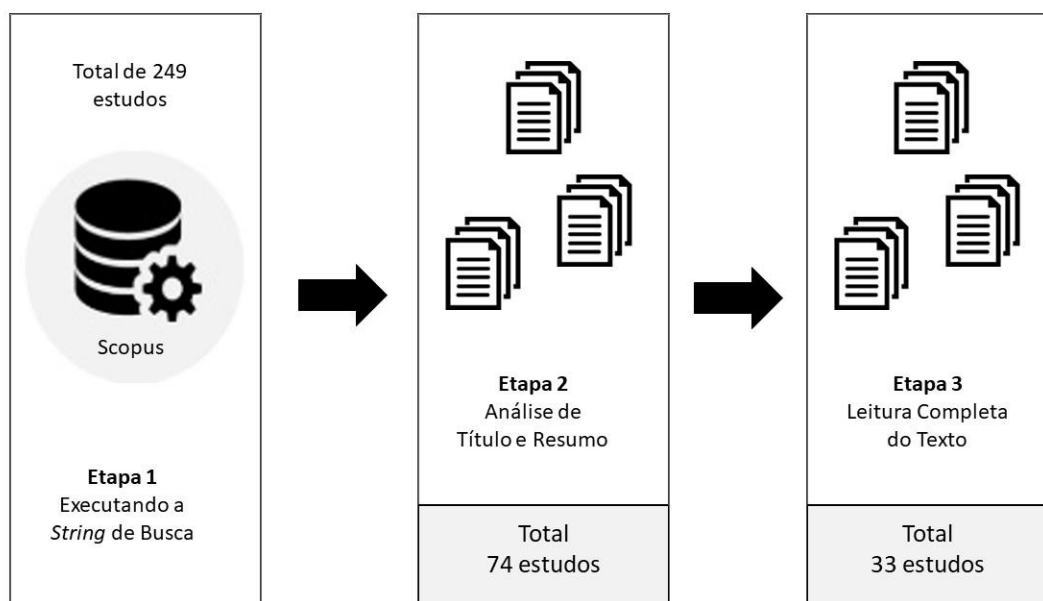


Figura 3.1: Etapas realizadas na Revisão da Literatura.

Fonte: PAES *et al.*, 2023.

3.2 Tendências nas cidades inteligentes

Esta seção apresenta uma visão geral sobre as tendências para as cidades inteligentes, com foco na implementação em diferentes contextos urbanos.

As cidades inteligentes têm o potencial de promover melhorias significativas na qualidade de vida de seus habitantes, otimizando o uso de recursos e serviços. Entretanto, a implementação dessas cidades apresenta desafios distintos, visto que cada caso é único e depende de interesses locais e nacionais. Por isso, identificar as dificuldades com precisão é uma tarefa complexa.

Além disso, é importante destacar que a pesquisa tende a enfatizar principalmente as possibilidades tecnológicas relacionadas às cidades inteligentes.

3.2.1 Quais são os cenários e abordagens para a implementação de cidades inteligentes em diferentes contextos urbanos, considerando o paradigma de IoE?

O crescente interesse nas cidades inteligentes e o próspero mercado de IoT intensificam a competição entre corporações do setor público e privado. Os governos

visam maximizar seu retorno econômico e seu interesse político, sem se preocupar com o aumento crescente das atividades de monitoramento humano e resultados negativos nas relações comerciais com países rivais. Paralelamente, as corporações estabelecem as diretrizes das cidades inteligentes no lugar dos cidadãos e independentemente dos valores sociais. Essa competição pode gerar impactos desfavoráveis em diversas esferas sociais e políticas, como fica evidente no caso da China e dos Estados Unidos (SCHIMA *et al.*, 2019, ALLAM e JONES, 2021). Por exemplo, no contestamento da tecnologia chinesa de 5G da Huawei por parte do do governo americano que afeta negativamente nas relações comerciais entre esses países gerando tensões nas relações bilaterais (SCHIMA *et al.*, 2019, ALLAM e JONES, 2021).

A implementação bem-sucedida e planejada de cidades inteligentes pode trazer benefícios significativos para a população. O crescimento populacional não ordenado traz consequências negativas para a cidade, como aumento da demanda por recursos de energia e água, custos na logística com despesas para construir, operar e manter a infraestrutura funcionando, redução da qualidade de vida de seus habitantes, com a expansão da pobreza, escassez de recursos naturais e poluição urbana. Portanto, nunca houve tanta necessidade de as cidades se tornarem mais inteligentes no consumo de recursos (VALDEZ *et al.*, 2018, HE e HAASIS, 2020, IBRAHIM *et al.*, 2018, WAMBA e QUEIROZ, 2019).

Diversas áreas, ilustradas na Figura 3.2, serão afetadas pelas tecnologias de cidades inteligentes, impactando a vida dos cidadãos. Os estudos identificaram diversos cenários e linhas de pesquisa que vêm ganhando destaque em trabalhos voltados para solucionar uma variedade de desafios, como no meio ambiente, saúde, mobilidade, gerenciamento, energia, emergência, redução da poluição, conectividade de rede e casas inteligentes.

- Ambiente Inteligente e Redução da Poluição

Os ambientes inteligentes se tornarão cada vez mais importantes e serão acompanhados pelo monitoramento climático em tempo real e da qualidade interna do ar com vários sensores (SCHIMA *et al.*, 2019, UGOLINI e SMITH, 2019, TASTAN e GÖKOZAN, 2019, MARQUES e PITARMA, 2019a). Novas tecnologias podem ser projetadas para serem compactas e conectadas a dispositivos móveis, ajudando os municípios a monitorar os níveis de poluição e reduzir os custos relacionados à saúde e bem-estar da população (HONG e ANH, 2020). Além disso, ainda para a redução da poluição, novos tipos de dispositivos purificadores de água para residências ou para a comunidade podem eliminar a maioria dos produtos químicos e parasitas perigosos. As cidades inteligentes também podem manter o equipamento necessário em caso de poluição da água devido a desastres naturais e causados pelo

homem. Materiais inteligentes e nanotecnologia nos permitirão criar um sistema de filtragem eficiente que limpa o ar e a água com um investimento muito menor do que o de hoje (HONG e ANH, 2020).



Figura 3.2: Principais áreas que serão impactadas com uso da IoE.

Fonte: (PAES *et al.*, 2023).

- Saúde Inteligente

Os sistemas de saúde inteligentes aproveitarão os sensores da cidade inteligente. Frequência cardíaca, pressão arterial, nível de saturação de oxigênio e assim por diante podem ser medidos em tempo integral (MEADOWS e KOUW, 2017, HAQUE *et al.*, 2021). Poderão fornecer serviços remotos e nas casas dos moradores, diminuindo a ocupação de clínicas e hospitais, na seção 4.2 mostrará aplicações IoE na saúde. Além disso, outras áreas beneficiam indiretamente a saúde dos moradores, no transporte, com a redução de gases nocivos e redução do estresse no tempo do trânsito.

- Mobilidade Inteligente, Transporte Inteligente e Sistemas de Tráfego

Inteligentes

Com avanços em sensores, óptica e processadores integrados, a segurança de pedestres será melhorada (HONG e ANH, 2020). O transporte trará benefícios para a população, incentivando ao uso de transporte público, redução de congestionamento, resposta a emergências e detecção de atividades ilegais nas estradas. Os veículos serão conectados à rede ao longo da estrada e diretamente uns aos outros. A conectividade do veículo facilitará a análise de tráfego em tempo real (MEADOWS e KOUW, 2017, HAQUE *et al.*, 2021).

- Gestão Inteligente e Governança Inteligente

Novas tecnologias irão melhorar a transparência e a eficiência dos governos e do planejamento urbano. O planejamento será mais colaborativo com a população do que conduzido exclusivamente pelo governo. A participação das pessoas através de dispositivos inteligentes será indispensável. As avaliações serão cada vez mais realizadas por cidadãos e atores locais e será compartilhada, discutida e valorizada no contexto específico através de redes sociais e plataformas digitais. Sendo importante em medidas governamentais de orçamento participativo com apoio da tecnologia para inclusão do cidadão nas decisões políticas (HONG e ANH, 2020, SCHIMA *et al.*, 2019, UGOLINI e SMITH, 2019).

- Sistemas inteligentes de eletricidade

O futuro sistema de rede inteligente implementará sensores em rede e dispositivos de medição para coletar dados em tempo real dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia (HONG e ANH, 2020).

- Sistemas inteligentes de água

O sistema inteligente de gerenciamento de água integra sensores, controladores e elementos analíticos para garantir que a água circule somente quando e onde for necessário, realizando o monitoramento da qualidade da água em tempo real (HONG e ANH, 2020).

- Energia Inteligente

Para uma cidade inteligente e sustentável, é crucial contar com sistemas de gerenciamento de energia altamente eficientes. Os potenciais sistemas alternativos de energia para futuras cidades inteligentes incluem redes de distribuição, sistemas de produção de células de combustível, pequenos reatores modulares de tório, renovação de edifícios altos com baterias solares transparentes e cidades costeiras com aterros sanitários capazes de produzir energia a partir das forças das marés (SCHIMA *et al.*, 2019, UGOLINI e SMITH, 2019).

- Sistemas inteligentes de resposta a emergências

As cidades inteligentes podem enfrentar emergências, o que exigirá que as agências relevantes tenham dispositivos inteligentes com alta resiliência para lidar com os riscos. As cidades inteligentes já usam modelos preditivos para alertar os líderes da cidade sobre problemas iminentes. O sistema pode ser pré-programado para enviar notificações, habilitar tarefas, enviar automaticamente ordens e listas de tarefas para organizações relevantes, bem como verificar a recepção, processamento e conclusão dessas tarefas. Além disso, o sistema receberá mensagens e outras informações dos cidadãos sobre o estado de emergência, o que permite que qualquer cidadão contribua ativamente para a segurança e o funcionamento da cidade (HONG e ANH, 2020). Algumas dessas tecnologias podem ajudar a combater epidemias, evitar a disseminação de novos casos, como a COVID-19 (MARQUES e PITARMA, 2019a, TRIPATHY *et al.*, 2020).

- Infraestrutura de conectividade de rede inteligente

A conectividade é hoje a espinha dorsal de qualquer cidade inteligente. As redes de sensores sem fio são uma das conexões mais utilizadas para redes baseadas em IoT. A infraestrutura de rede deve agir de forma inteligente por meio de balanceamento de carga, medição automática de rede, detecção de tráfego malicioso, análise de ameaças, provisionamento de *backup* de rede, manutenção remota e tomada de decisões de emergência, entre outros (SCHIMA *et al.*, 2019, UGOLINI e SMITH, 2019). Esta infraestrutura é conectada para construir interconexões, e todos os dispositivos ajudam os residentes da cidade a desfrutar de diferentes tipos de serviços.

- Casa inteligente

Uma casa inteligente é baseada em sensores, dispositivos IoT, GPS, sistemas de alarme e conexões de rede dedicadas, entre outros. A energia solar está agora integrada em casas inteligentes. Como uma casa inteligente está conectada à Internet, os dados produzidos devem ser armazenados e processados em um ambiente seguro e confiável (MALIK e SHAH, 2017, SCHIMA *et al.*, 2019).

Além disso, outro desafio importante para a implementação das cidades inteligentes é a gestão do conhecimento. Para garantir o sucesso desses projetos, é necessário que haja uma ampla colaboração entre os diferentes setores envolvidos, incluindo governo, empresas, academia e cidadãos. É importante que haja uma troca de conhecimentos e experiências entre esses setores para que as cidades inteligentes possam ser implementadas de maneira eficaz e sustentável.

A gestão do conhecimento é crucial na área da medicina, especialmente em áreas urbanas com alta demanda por serviços de saúde. As cidades inteligentes podem ser uma solução, permitindo o compartilhamento eficiente e seguro de informações de

saúde entre profissionais e hospitais, levando a uma melhoria significativa na qualidade do atendimento médico e na prevenção de doenças. Portanto, a gestão do conhecimento é fundamental para a implementação das cidades inteligentes e para a área da saúde. A colaboração entre diferentes setores e a incorporação de sensores humanos e não humanos na saúde são abordagens promissoras para melhorar a qualidade de vida nas cidades inteligentes.

3.2.2 Como a pesquisa sobre o fluxo do conhecimento, ainda no planejamento de cidades inteligentes, pode ajudar a identificar os pontos críticos na implementação de novas soluções tecnológicas?

Identificar os pontos críticos que precisam ser superados na implementação de soluções inteligentes e sustentáveis em contextos das cidades inteligentes é fundamental para promover uma melhor qualidade de vida aos cidadãos das áreas urbanas. As cidades inteligentes enfatizam a importância da integração ciberfísica dos distritos, sejam eles novos ou reformados, planejamento urbano sustentável, uso eficiente do espaço existente e monitoramento da cidade por meio de análise de dados e tecnologias de nuvem. Contudo, é importante ressaltar que cada cidade tem suas próprias necessidades e prioridades. Apesar dessas diferenças, todas as cidades almejam resultados similares, tais como atrair novos residentes, empresas e visitantes, estabelecer parcerias entre as cidades e o setor privado e promover o crescimento econômico (ANTHOPOULOS, 2017).

A partir das perspectivas dos cenários identificados na revisão da literatura, é possível categorizá-los em quatro dimensões específicas relevantes para o contexto de iniciativas sustentáveis nos cenários de cidades inteligentes: ambiental, econômica, social e tecnológica. Segundo BIBRI (2021a), as cidades sustentáveis se transformam constantemente para enfrentar desafios internos e externos, como mudanças climáticas, urbanização, mudanças tecnológicas, crises econômicas, pandemias e mudanças demográficas.

Para alcançar o desenvolvimento sustentável, a gestão da cidade precisa da interconectividade das diversas áreas de pesquisa, embasando-se nos três pilares da sustentabilidade: ambiental, econômica e social (BIBRI, 2021a, BIBRI, 2021b, MOHAMED *et al.*, 2020). Além desses pilares, propomos a inclusão de uma quarta dimensão, a tecnológica, que também desempenha um papel essencial nesse contexto da IoE e cidades inteligentes, conforme evidenciado nas seções do capítulo 2.

Os pontos críticos identificados nos estudos mapeados foram agrupados em cada uma das dimensões especificadas, proporcionando uma visão dos principais a serem enfrentados na implementação de soluções inteligentes nos cenários de sustentabilidade da cidade inteligente, destacados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Pontos críticos relacionados às cidades inteligentes sustentáveis.
(Adaptada de Paes *et al.*, 2023)

Dimensão	Pontos Críticos
Ambiental	Adoção de energias alternativas Redução do uso de veículos Preservação de ecossistemas Redução de resíduos
Social	Governança Cultura e hábitos dos cidadãos Participação cidadã Qualidade de vida dos cidadãos – Saúde pública
Econômico	Infraestrutura Investimentos em energias alternativas Cooperação entre governo, indústria e academia
Tecnológico	Dispositivos eletrônicos e sensores Adoção de materiais sustentáveis Uso da tecnologia de Big Data Segurança de recursos e privacidade de dados do cidadão

A dimensão ambiental engloba a gestão dos recursos naturais renováveis e não renováveis e suas limitações e visa o uso consciente, a preservação dos ecossistemas e a redução do impacto ecológico (HE e HAASIS, 2020, MOHAMED *et al.*, 2020). Em outras palavras, a dimensão ambiental procura meios de preservar os espaços e corredores verdes, a diversidade de habitats ecológicos e funções temporárias de armazenamento de água (para mitigar as alterações climáticas e inundações), bem como a qualidade do ar e da água, protegendo a saúde dos seus habitantes reduzindo a contaminação química e a poluição (BIBRI, 2021a, BIBRI e KROGSTIE, 2021).

Há diversos elementos importantes a serem levados em consideração ao buscar um equilíbrio na dimensão ambiental, muitos deles referentes à qualidade do ar, diminuição do aterro de lixo doméstico e outros resíduos, proporcionando uma redução no desenvolvimento de doenças e no acúmulo irregular de detritos que afetam negativamente o ambiente. O principal desafio nesse cenário está em aumentar a eficiência de recursos locais com o mínimo de impacto no ecossistema e maior utilização de materiais sustentáveis.

A dimensão econômica busca resultados positivos na utilização de recursos disponíveis, acessíveis nas empresas públicas e privadas da cidade, aumentando assim a renda e o padrão de vida dos habitantes (HE e HAASIS, 2020, WEY e CHING, 2018). Essa dimensão também busca formas de potencializar e otimizar o uso dos

recursos da cidade, por exemplo, implementando infraestrutura adequada, impactando positivamente sua economia e gerando novas oportunidades de negócios (WEY e CHING, 2018, BIBRI e KROGSTIE, 2020). Além disso, visa proporcionar novos empregos, desenvolvimento intelectual da força de trabalho e maior produtividade (BIBRI, 2021a, BIBRI e KROGSTIE, 2020, MONREAL 2018, BIBRI e KROGSTIE, 2019a).

As cidades enfrentam problemas com sua infraestrutura, devido à transformação rápida nas tecnologias e a integração de dispositivos antigos e novos. Por exemplo, a evolução das comunicações sem fio desde seu surgimento, cada evolução sua capacidade aumenta drasticamente, como ilustrado na Figura 1.1. Esse crescimento faz com que ocorram mudanças tecnológicas em curto período de tempo, sobrecarregando a infraestrutura local e forçando uma atualização. Os principais desafios estão no planejamento para substituição, tempo para execução dos projetos e custos elevados.

A dimensão social engloba governança, pessoas e comunidades, dialogando diretamente com outras dimensões, como ambiental e econômica. O governo visa fazer planos e políticas para resolver os problemas da cidade e desenvolver práticas e serviços, impactando diretamente nas diferentes dimensões (MALIK e SHAH, 2017, HE e HAASIS, 2020, MOHAMED *et al.*, 2020, BIBRI e KROGSTIE, 2019a, BIBRI e KROGSTIE, 2019b). A governança também é responsável por iniciativas que tornam os moradores da cidade participantes ativos na gestão de suas cidades. A governança é caracterizada pela busca de uma sociedade justa, inclusiva e democrática, visando maior justiça e equidade social e, portanto, melhor qualidade de vida para os cidadãos (BIBRI, 2021a, HE e HAASIS, 2020, WEY e CHING, 2018, BIBRI e KROGSTIE, 2021).

A dimensão social é vital para a construção de uma cidade sustentável inteligente, sendo uma ferramenta importante para uma governança inclusiva, responsável, e com melhores práticas de justiça social e equidade. Porém, o principal desafio é a dependência dos participantes perante alguns obstáculos, como a vontade de participar ativamente na política, adoção de novas tecnologias devido ao custo de equipamentos novos, mudanças de comportamentos e hábitos para redução de consumo desordenado.

A dimensão tecnológica da cidade oferece soluções completas e suporte de serviços para decisões inteligentes. Apresentando *hardware*, *software* e tecnologias de rede, eles buscam a interoperabilidade e heterogeneidade de seus componentes para serviços de monitoramento e controle (MALIK e SHAH, 2017, BIBRI, 2021a, HE e HAASIS, 2020, MOHAMED *et al.*, 2020, BIBRI e KROGSTIE, 2020, MONREAL, 2018, BIBRI e KROGSTIE, 2019a, BIBRI e KROGSTIE, 2019b).

Um dos principais desafios nessa dimensão é tornar as novas tecnologias acessíveis para o uso nas cidades e harmonizar o diálogo com as outras dimensões.

Essas tecnologias têm o potencial de reduzir significativamente o consumo e desperdício de recursos tanto nas áreas urbanas quanto nas industriais. É fundamental investir no desenvolvimento para viabilizar o acesso a essas novas tecnologias, permitindo, por exemplo, adoção de fontes de energia alternativa, dispositivos eficientes para o cidadão e práticas de reciclagem, interagindo com as outras dimensões.

Os pontos críticos identificados nos estudos mapeados foram agrupados em cada uma das dimensões especificadas, proporcionando uma visão dos principais a serem enfrentados na implementação de soluções inteligentes nos cenários de sustentabilidade da cidade inteligente, destacados na Tabela 3.1.

3.3 Camadas arquitetônicas da IoE

Nesta seção, propõe-se o modelo de fluxo do conhecimento IoE para cidades inteligentes. Este modelo considera uma arquitetura de cinco camadas para dar suporte às ações recomendadas para cenários inteligentes de cidade inteligente em IoE, estendendo sua estrutura para dar suporte a agentes inteligentes (sensores e atuadores) e situações (ambientes inteligentes distintos) apresentados no contexto do paradigma IoE para cidades inteligentes.

Destacadas na Tabela 3.2 estão as categorias e dimensões selecionadas e as ações recomendadas para a base arquitetônica de IoE de cinco camadas integrada à taxonomia de IoE baseada em conhecimento.

Ao relacionar categorias distintas baseadas em conhecimento de IoE e dimensões relevantes no contexto de cidade inteligente com as cinco camadas arquitetônicas de cidade inteligente propostas no presente trabalho, uma estratégia de conhecimento específica para cada camada é revelada como um componente primordial para impulsionar o valor de cidades inteligentes.

A estratégia de conhecimento tem como objetivo integrar sensores humanos como facilitadores de IoE em cidades inteligentes, desenvolvendo interfaces adequadas com base no tipo de dados a serem trocados entre humanos e as conexões de IoE (SAHINEL *et al.*, 2019). Neste contexto, os dados são detectados a partir de sensores físicos e virtuais, em sensoriamento participativo oportunista ou sensoriamento de multidão móvel, em que as pessoas coletam e compartilham dados detectados (BAMGBOYE *et al.*, 2018).

A camada de **Percepção** tem sido um importante elemento no desenvolvimento de soluções para a IoT. Recentemente, houve uma mudança em relação à fonte de conhecimento utilizada nesta camada, que não está mais restrita aos dispositivos IoT, mas pode resultar da integração de percepções humanas e aprendizado contínuo

utilizando as aplicações das cidades inteligentes, com dispositivos, máquinas ou pessoas atuando na vanguarda da aquisição e processamento de dados.

A dimensão de apresentação da taxonomia IoE (ver Fig 2.6) é especialmente destacada nesta camada, com diferentes tipos de sensores, através da distinção entre aspectos físicos, cibernéticos e sensores ciberfísicos. A camada de **Aplicação** da cidade inteligente e o compartilhamento de conhecimento humano-máquina são igualmente importantes para fornecer *insights* valiosos sobre a interpretação dos dados coletados (análise de dados) para criar valor para aplicativos de cidade inteligente IoE. Os sensores humanos e não humanos trabalham juntos para perceber e compartilhar conhecimento, potencializando a internalização do conhecimento percebido pelos sensores e integrando-o à camada de **Percepção** e socialização por meio do compartilhamento do conhecimento em aplicações de cidades inteligentes.

Tabela 3.2: Camadas IoE. (PAES *et al.*, 2022)

Camada IoT/IoE	Taxonomia IoE baseada no conhecimento		Atividades recomendadas
	Categoria	Dimensões	
Negócios	Conhecimento	Ação	Fornecer mecanismos de governança para dar suporte a uma rede de conhecimento ativa, pois as atividades e os perfis dos sensores inteligentes observados mudam com o tempo devido à dinâmica do ambiente de IoE
Aplicação	Conhecimento	Explicitação, Estrutura, Confiança e Resultado	Oferece serviços personalizados e conteúdo customizado de acordo com o contexto social do usuário e domínios de aplicação de cidades inteligentes
Serviço	Observação	Hora, Local, Alcance e Modo	Apoia a colaboração e cooperação entre sensores e atuadores e interoperabilidade de serviços em nome dos humanos
Rede	Capacidades	Comunicação	Integra as tecnologias de comunicação e processamento próximas aos dispositivos do usuário final e melhora o desempenho da rede
Percepção	Tipo	Apresentação, Natureza, Uso, Papel e Engajamento	Aprende com os dados gerados pelos dispositivos IoT (sensores e atuadores, humanos e não humanos) como uma rica fonte de conhecimento do contexto das cidades inteligentes

A camada de **Rede** é responsável pela comunicação e disseminação de informações. Ela utiliza diferentes protocolos de comunicação, tais como *WiFi*, *Bluetooth*, *ZigBee* e outros, para permitir a comunicação entre dispositivos e sistemas.

Além disso, a camada de rede gerencia as comunicações IoE entre humanos e máquinas, máquinas e máquinas e humanos e humanos (KHAJENASIRI *et al.*, 2017).

A camada de **Serviço** é responsável pelo uso dos recursos de rede para fornecer serviços e permitir a abstração de plataformas de *hardware* específicas, com o principal desafio de fornecer serviços de escalabilidade e interoperabilidade (FRAGA-LAMAS *et al.*, 2016). É nesta camada que se encontram os mecanismos de controle e gerenciamento das camadas anteriores. Nesta fase, destacam-se serviços inteligentes, como os processos de comunicação P2P, P2M e M2M, que são essenciais para a operação eficaz de sistemas de IoT. A entrega desses serviços é crucial para a realização dos objetivos de cidades inteligentes, pois suporta a interação entre sistemas e usuários finais.

Na camada de **Aplicação**, são fornecidos serviços personalizados para vários domínios, como saúde, indústria e meio ambiente (FRAGA-LAMAS *et al.*, 2016), bem como para a logística, gerenciamento de produtos, agricultura, pecuária, processamento industrial, cenário de cidade inteligente em residências/edifícios, segurança pública e sustentabilidade ambiental (KHAJENASIRI *et al.*, 2017). Esta camada é fundamental para a integração da informação fornecida por sensores humanos e não humanos, e para a criação de conhecimento por meio do processamento e análise de dados, que podem ser utilizados em aplicações específicas.

A integração de informações de sensores humanos e não humanos permite a criação de soluções personalizadas para diferentes necessidades e domínios de aplicativos, gerando valor para a sociedade como um todo. Essa camada desempenha um papel importante na criação de serviços personalizados e na geração de *insights* a partir do processamento de dados coletados de sensores inteligentes, permitindo a tomada de decisões mais eficazes e a melhoria da qualidade de vida das pessoas. É importante que os serviços oferecidos pelas aplicações sejam adaptados às necessidades específicas de cada cidade inteligente e que a interface com o usuário seja intuitiva e fácil de usar.

A camada de **Negócio** é responsável pelo gerenciamento das atividades empresariais e governança de regras, regulamentos e aplicativos, conduzidos pelos governos em relação à entrega de serviços sociais (NIDHYA *et al.*, 2020). Nesta camada, é possível observar a combinação de conhecimentos, onde os conceitos derivados do conhecimento percebido são utilizados para consolidar as lições aprendidas, as quais podem ser reutilizadas como base para a formulação de estruturas (políticas, leis e regulamentos) que apoiem o desenvolvimento sustentável necessário para as cidades inteligentes. No contexto de IoE, o padrão não possui um controle centralizado, e a aplicação, seleção e modificação das regras são realizadas pelos próprios participantes (DA COSTA *et al.*, 2021).

3.4 Modelo de fluxo do conhecimento em IoE para cidades inteligentes

O modelo proposto por esta dissertação representa uma abordagem que se concentra em entender e descrever o fluxo de conhecimento por meio do ambiente de IoE. O modelo de fluxo de conhecimento em IoE proposto para o cenário de cidades inteligentes é expresso na Figura 3.3. Com base nessas conversões de conhecimento, integramos cada camada da base arquitetônica de IoE proposta, descrevendo como o conhecimento interage com o ambiente dentro das camadas arquitetônicas de IoE do modelo, conforme a conversão de conhecimento (NONAKA e KONNO, 1998).

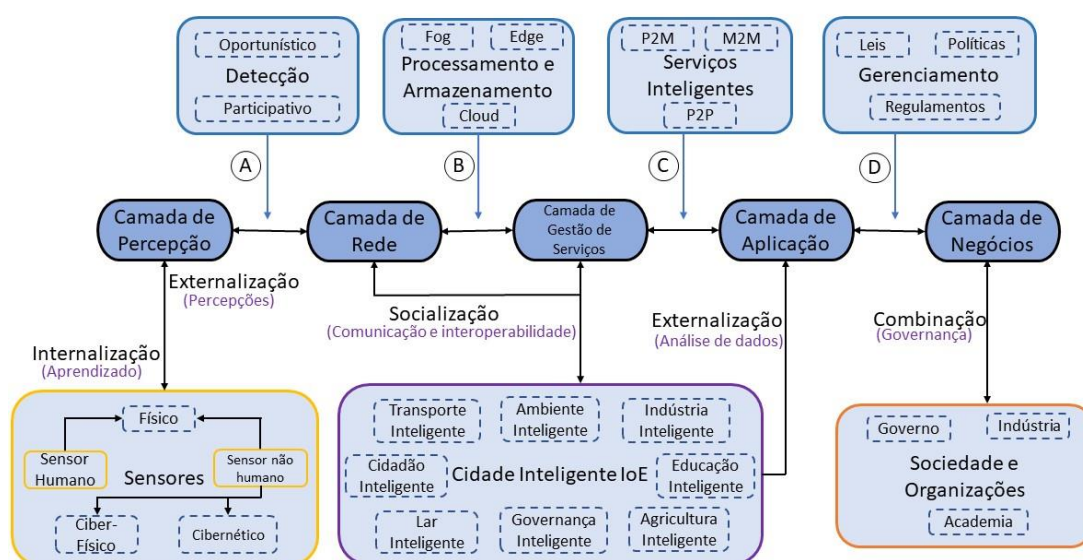


Figura 3.3: Serviços de saúde e bem-estar para os cidadãos com apoio da tecnologia IoE. (PAES *et al.*, 2022)

A princípio destacamos a camada de **Percepção**, que compreende os elementos responsáveis pelo sensoriamento e coleta dos dados, sendo eles humanos ou não-humanos, ou seja, é nesta camada onde encontramos os dispositivos, máquinas ou pessoas sentindo e atuando na vanguarda de aquisição e processamento dos dados. Os sensores e atuadores têm seu desenvolvimento impulsionado pela facilidade de acesso ao mercado, a maior eficiência quanto ao uso de energia, a capacidade de processamento e o custo.

Em termos de IoE é a camada onde são dispostos e compartilhados o conhecimento percebido pelos sensores e atuadores inteligentes integrados aos sistemas complexos. Sensores esses categorizados de duas formas, humanos e não humanos, ambos trabalhando em conjunto a fim de fornecer e integrar informações válidas às aplicações a elas acopladas nos ambientes que a IoE pode proporcionar, físico, cibernético ou ciber-

físico. É importante que o conhecimento percebido por estratégias de sensoriamento e atuação estejam apoiadas no bem-estar social dos indivíduos pertencentes ao ambiente, para que assim, o pilar de sustentabilidade social no qual a IoE está fundamentada seja satisfeita.

Neste cenário inicial dos dispositivos, temos uma passagem de conhecimento fundamentada através da internalização do conhecimento percebido pelos sensores, e assim, integrado à camada de percepção. O modo de internalização é integrado a esta fase por conta do conhecimento explícito que é observado e capturado pelos sensores que atuam no ambiente, sejam eles humanos ou não, e então formalizados e atribuídos à camada de percepção do ambiente, oriundo dos sensores.

Após o conhecimento ser percebido e captado, é necessário que ele seja então disseminado para as demais dimensões do modelo, para que o conhecimento possa então ser compartilhado e colaborar com futuras estratégias de serviços disponibilizadas pelos ambientes inteligentes. A princípio, o conhecimento capturado deve passar da camada de percepção para a camada de redes, tornando o conhecimento acessível às camadas posteriores, neste processo é possível identificar dois tipos de sensoriamento providos da internalização desse conhecimento, que são o sensoriamento participativo e o oportunístico (Destacados no item A na Figura 3.3). O primeiro é caracterizado pelo envolvimento direto do participante humano na ação do sensoriamento, ou seja, a pessoa está incluída nas principais decisões no fluxo de conhecimento, impulsionando ativamente no que estará sendo compartilhado. E o segundo, é caracterizado pelo não envolvimento direto do usuário nas tomadas de decisões importantes sobre coleta e compartilhamento de dados, deixando isso a cargo do próprio dispositivo (KHAN *et al.*, 2013, LANE *et al.*, 2008).

É fundamental que a camada de **Rede** possibilite a disseminação de conhecimento para além dos componentes sensoriais, permitindo que as estruturas de decisão relevantes sejam apoiadas para as demais etapas do fluxo de conhecimento. As arquiteturas de nuvem (*Fog*), borda (*Edge*) e nuvem (*Cloud*) (Ver item B na Figura 3.3) são responsáveis por garantir a efetividade do fluxo e armazenamento de informações. A computação de borda, em particular, é um modelo que visa aproximar as aplicações das fontes de dados do usuário, gerando *insights* mais rápidos, menor tempo de resposta e melhor largura de banda (OMONIWA *et al.*, 2019). Essa camada é fundamental para a eficácia do sistema de IoE, uma vez que suporta a transferência de informações, possibilitando a tomada de decisões eficientes e aprimorando a qualidade das soluções.

A camada de **Serviço** é o ambiente onde a lógica de serviço é implementada e os recursos de rede são utilizados, exigindo o salvamento e o processamento de uma grande quantidade de informações. Informações essas providas de dispositivos conectados com diferentes níveis de recursos de processamento, nos quais eles armazenam, processam e

recuperam esse conhecimento compartilhado. A estratégia de *Big Data* por exemplo, precisa de grandes bases de dados inteligentes e eficientes para dispor de informações suficientes para assim gerar conhecimento (KHAJENASIRI *et al.*, 2017). Nesta etapa de disseminação do conhecimento para a próxima camada, alguns serviços inteligentes se destacam, como os processos de comunicação P2P, P2M e M2M (Ver item C na Figura 3.3), por integrarem a forma como o conhecimento é estruturado tanto pelo lado humano quanto pelos dispositivos inteligentes, que juntos conseguem explorar uma porção maior de conhecimento disposto no ambiente e tornam sua disseminação a nível de usuário mais satisfatória.

Como destaque a ser tratado neste estudo, a camada de **Aplicação** do modelo foca em aplicações destinadas ao cenário das cidades inteligentes, integrando componentes básicos da chamada cidade sustentável. Esta camada possui forte apoio dos sensores e atuadores responsáveis pela percepção do ambiente, isso dado o fato de serem eles os responsáveis pela coleta dos dados do mundo real, suportando e adaptando-se aos mais variados contextos. Utilizam ainda, como estratégia de apoio ao sensoriamento e extração de informações do ambiente, o próprio sensor humano, conferindo espaço aos ideais de IoE, onde o conhecimento ganha suporte ao integrar informações providas tanto por sensores humanos quanto por não-humanos (SHILPA *et al.*, 2019).

O conhecimento exteriorizado na camada de **Aplicações** — dos usuários de aplicações inteligentes — passa então a fazer parte do contexto das aplicações de cidades inteligentes, nas quais, por meio de um processo cíclico de integração contínua do conhecimento, pode-se observar uma outra modalidade de conhecimento: a Socialização (em P2M e P2P interações). Como o conhecimento trabalha de forma contínua dentro desses ambientes inteligentes, ele não se atém apenas a chegar às aplicações, ele é refinado e reintegrado com novas atualizações derivadas dos sensores e atuadores que agem diretamente na observação desses ambientes, a fim de reintegrar esse novo conhecimento e assim fundamentar a ideia da integração contínua do conhecimento que o modelo do estudo propõem apresentar.

Há ainda a última, mas, ainda assim, importante camada para o cenário de IoE, em que a combinação de conhecimento fornece *feedback* para a camada de **Negócios**, para aprimorar os mecanismos de governança e formalizar leis, regulamentos e políticas (Ver item D na Figura 3.3) que, a partir do conhecimento, agregam o valor criado no contexto de sistemas de cidades inteligentes IoE.

A camada de negócios é responsável pela gestão de negócios, é nesta camada que ocorre a governança das aplicações e do conhecimento advindo das demais camadas do modelo, realizadas pelo governo ou por empresas prestadoras de serviços para a sociedade. É onde são polidas as leis, regulamentos e políticas locais, além de ser responsável por analisar grandes quantidades de informações, apoiando por meio da gestão e do monitoramento do conhecimento percebido no ambiente inteligente,

processos de tomada de decisão baseados na quantidade massiva das informações derivados dos sensores (KHAJENASIRI *et al.*, 2017). Esta camada é totalmente dependente do conhecimento derivado do ambiente inteligente, das estratégias de percepção e coleta das informações pertinentes ao cenário da cidade inteligente, pois, delas serão criadas estratégias tanto de engajamento das pessoas com o ambiente, quanto para assuntos direcionado à resolução de possíveis conflitos dentro do ambiente, buscando um nirvana de sustentabilidade entre o ambiente e o ser humano através de estratégias de percepções inteligentes.

Nesta camada é possível observar a saída de um outro modo de conhecimento, a Combinação, onde são utilizados conceitos derivados do conhecimento percebido para a consolidação de lições aprendidas, que podem ser reutilizados como base para a formulação de estruturas (políticas, leis, regulamentos, etc) que apoiem o progresso sustentável necessário para as cidades inteligentes. As organizações recebem este engajamento para que elas forneçam serviços rentáveis e derivados das necessidades das pessoas das cidades. O processo de combinação fundamenta os modelos e práticas de negócios dessas organizações que, por meio da externalização do conhecimento, atuam dentro dos setores das cidades que lhes demandam serviços, fornecendo uma infraestrutura de serviço adequada com base nas informações adquiridas dentro das próprias cidades inteligentes.

Baseado na conversão do conhecimento, o modelo busca integrar-lo ao contexto de disseminação do conhecimento para os cenários inteligentes, de modo a apoiar a forma como o conhecimento é descrito dentro do fluxo do modelo IoE proposto. Para isso, cada camada descrita na seção anterior, foi associada a forma como o conhecimento interage com o ambiente. Dentro das camadas do fluxo do modelo, fornecendo uma base mais sólida quanto à forma como o conhecimento pode ser observado e descrito pelo modelo. Como descrito na seção 3.2, há diversas áreas onde as aplicações de IoE terão impactos significativos. Na próxima seção, será analisada uma abordagem do modelo do conhecimento proposto para o cenário da saúde inteligente.

3.5 Exercício de avaliação do modelo para as cidades inteligentes

O presente trabalho considerou três aplicações distintas (ver Tabela 4.1 abaixo – (ANAGNOSTOPOULOS *et al.*, 2021, AL-BARRAK *et al.*, 2017, AGUIARI *et al.*, 2018) fundamentadas no contexto de cidades inteligentes, que incluem os seguintes tipos de conhecimento: o conhecimento tácito das pessoas, o conhecimento implícito gerado por dispositivos inteligentes e o conhecimento explícito disponível em várias fontes de dados. Todos esses tipos de conhecimento colaboram entre si para apoiar a

prestação de serviços inteligentes no cenário de cidades inteligentes.

Tabela 3.3: Descrição das aplicações IoT/IoE

Aplicação	Descrição
NeuroPlace: (AL-BARRAK <i>et al.</i> , 2017)	Este artigo apresenta uma nova abordagem de recomendação de local urbano baseada na modelagem de dados providos por fones de ouvido de eletroencefalograma (EEG). As investigações de pesquisa aproveitam os novos fones de ouvido de EEG por terem a capacidade de detectar estados mentais, como meditação e níveis de atenção. Esses dispositivos emergentes foram utilizados na compreensão de como os cérebros humanos são afetados pelos ambientes que os cercam.
Smart Campus: (ANAGNOSTOPOULOS <i>et al.</i> , 2021)	Neste trabalho foi projetado e desenvolvido um sistema, denominado Smart Campus, composta por uma infraestrutura feita de sensores para coletar dados em tempo real em um campus universitário, e um aplicativo baseado na <i>web</i> para interagir com esses dados de espaço-temporais, disponível em um monitor de toque interativo liberado para o público.
Canarin II: (AGUIARI <i>et al.</i> , 2018)	Este artigo apresenta um protótipo de ecossistema de bicicletas inteligentes, projetado com o objetivo de coletar, agregar e compartilhar dados sobre a poluição do ar e sobre o ambiente urbano, que podem ser explorados em um contexto de mobilidade inteligente graças a sensores e redes veiculares. Onde equiparam as bicicletas com um kit de sensores dedicados a valores de amostra de poluição particulada, juntamente com dados e detalhes sobre as condições do ambiente (ou seja, pressão do ar, temperatura, umidade, etc.)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os trabalhos listados acima, além de serem aplicações que se enquadram no cenário de cidades inteligentes, fornecendo suporte a áreas específicas das cidades, como Ambiente, Transporte, Saúde e Educação. O que demonstra a pluralidade de demandas específicas em que o cenário de IoE está inserido, e o impacto que o mesmo tem a agregar a cada um deles, por focar no envolvimento não só de coisas, mas também de pessoas.

O estudo busca analisar como o conhecimento é gerido dentro das aplicações, e quais os agentes responsáveis por tal, buscando dessa forma avaliar o nível de participação dos sensores humanos como componente agregador de conhecimento. Cada aplicação possui uma demanda de serviço específica, utilizando de facilitadores específicos para atendê-las.

O conhecimento transformado será explicado nas seções a seguir.

3.5.1 NeuroPlace (AL-BARRAK *et al.*, 2017)

Esse sistema categoriza lugares urbanos de acordo com estados mentais e fornece um sistema de recomendação no qual dispositivos inteligentes são usados para entender como o cérebro humano é afetado pelos ambientes que o cercam. Sensores humanos (cidadãos) são usados para fornecer passivamente conhecimento às aplicações inteligentes, por meio de sensoriamento oportunista. Este é o caso da

maioria dos dispositivos vestíveis, nos quais o agente humano é utilizado apenas como um componente chave para obter informações relevantes para o sistema inteligente. A aplicação NeuroPlace monitora as ondas cerebrais de indivíduos por meio de sensores vestíveis (*headsets*), uma solução pré-desenvolvida que atua no sensoriamento cerebral dos usuários. Os resultados fornecem dados de aplicativos que são usados para confirmar se um local é mais tranquilo do que outro.

3.5.2 Smart Campus (ANAGNOSTOPOULOS *et al.*, 2021)

Este sistema suporta a conscientização da comunidade em ambientes inteligentes. A infraestrutura de sensores coleta dados em tempo real sobre o campus da universidade e um aplicativo baseado na *web* interage com esses dados espaço-temporais. Nesta aplicação, o conhecimento do sensor humano é exteriorizado e combinado dentro do cenário inteligente, explorando dados e contribuindo com informações locais compartilhadas. No entanto, a participação do usuário como “sensor inteligente” para o aplicativo ainda é bastante limitada.

3.5.3 Canarin II (AGUIARI *et al.*, 2018)

Este é um e-Bike Eco-System inteligente, projetado para coletar, agregar e compartilhar dados sobre a poluição do ar e outros aspectos do ambiente urbano. Nesta aplicação, o componente humano atua como uma fonte de conhecimento relevante para a aplicação de cidade inteligente. A aplicação utiliza sensores humanos e eletrônicos, cujo objetivo é recolher e partilhar dados sobre a qualidade do ar em ambientes urbanos, explorando a área da mobilidade inteligente. Nesse tipo de aplicativo, o agente humano desempenha um papel importante, não apenas recebendo informações, mas também atuando como parte crucial do aplicativo, coletando informações, aprendendo com o ambiente e fornecendo feedback para melhorar a experiência da cidade inteligente da IoE.

Com base nas análises realizadas em torno das três aplicações, é possível estender suas características e intercalá-las ao modelo de arquitetura básico proposto neste estudo, investigando ainda mais a fundo as estratégias de agregação do conhecimento fomentadas pelo modelo.

Cada aplicativo possui uma tecnologia integrada que detecta o ambiente, fornecendo a criação de conhecimento em determinados graus, onde os sensores humanos e não humanos compartilham conhecimento por meio da experiência em um ambiente inteligente. Em alguns casos, o usuário atua como sensor humano em um engajamento participativo, como em Canarin II, em que o usuário é responsável pelo percurso percorrido e pelo dispositivo complementar. Ou, às vezes, na detecção oportunista, o usuário atua apenas como um marcador de localização, um agente passivo, como no NeuroPlace. Para o aplicativo Smart Campus, os usuários e dispositivos suportam o monitoramento do ar da seguinte forma: as pessoas usam

dispositivos vestíveis (*smartphones*) para otimizar sua capacidade de detecção, colaborando com dispositivos inteligentes (câmeras) colocados em espaços da cidade para monitorar e controlar a experiência ambiental. A criação de valor para aplicações Smart Campus é obtida através do conhecimento humano-sensorial e do conhecimento gerado por sensores inteligentes na aplicação, através da coleta de observações do ambiente.

Dentre os elementos base para o entendimento do cenário de IoE, destaca-se a utilização do conhecimento tácito como suporte aos cenários inteligentes. Por ser um dos pontos vitais do entendimento e disseminação do conhecimento, de forma a apresentar algumas das necessidades e desafios que certas aplicações encontram antes de estarem realmente fomentando conhecimento dentro do cenário dito inteligente. Ao analisar o fluxo de disseminação de conhecimento dentro de modelo proposto, junto a forma como é identificado a exploração do conhecimento dentro das aplicações, são destacados dois pontos de vistas acerca da contribuição e compartilhamento das informações, uma onde a atuação do conhecimento se intercala diretamente entre a camada de percepção e de aplicação, e outra onde a informação segue o fluxo do modelo, da camada de percepção à camada de negócios.

Para o primeiro ponto de vista, observa-se a aplicação Canarin II (AGUIARI *et al.*, 2018), onde temos o conhecimento humano intercalado com o não humano, mas não acoplados em uma única dimensão, ou seja, o conhecimento tácito do ser humano está focado em apenas conhecer e perceber os elementos do caminho a ser percorrido com a bicicleta, enquanto o conhecimento de coleta e análise dos sensores trabalha em paralelo enviando as informações para a aplicação. Por conta disso, pode-se ser nomeado de conhecimento colaborativo indireto trabalhando em cima da aplicação, já que os elementos de percepção trabalham em conjunto, mas não se encontram em um mesmo ponto de explicitação quando transferidos a nível de transparência na camada de aplicação, ou seja, a percepção do elemento humano fica implícita enquanto as dos sensores ficam disponíveis aos usuários. Por isso, seguindo o modelo proposto, nesse cenário, há uma intercalação direta entre a camada de percepção e a de aplicação, já que o conhecimento, em conjunto das percepções, não percorre diretamente as demais camadas.

Para o segundo ponto de vista, a aplicação destacada é a Smart Campus (ANAGNOSTOPOULOS *et al.*, 2021), onde observa-se uma maior tentativa em incluir o agente humano como um importante componente agregador de conhecimento à aplicação. Por conta do potencial estratégico que a aplicação proporciona para a inclusão real do conhecimento humano, com o usuário utilizando a plataforma disponibilizada não apenas para visualização, mas para inserção de informações pertinentes a determinado espaço do campus, já que dessa forma o potencial da IoE torna-se mais visível, explorando assim o conhecimento colaborativo direto. Dessa

forma, percebendo a demanda da aplicação e assumindo que ela adota tal funcionalidade, tem-se uma aplicação que está dentro dos parâmetros de engajamento para o cenário de IoE, e que segue o fluxo de conhecimento do modelo proposto neste estudo, pois tem-se nesse caso, informações que são absorvidas do ambiente pelos sensores humanos e não humanos, sendo distribuídos/compartilhadas na rede, passando pelo devido armazenamento e tratamento dessas informações, que são então disseminadas para as pessoas por meio do acesso à aplicação, culminando em possíveis estratégias de governança em torno do ambiente monitorado.

Na governança, a camada de negócios apesar de não ser tão explorada em termos de descrição nos estudos pelas aplicações avaliadas, possui grande relevância e impacto quando observada com base na absorção do conhecimento coletado para a criação de estratégias que visem facilitar a vida das pessoas, utilizando como base certas regulamentações ou regras fundamentadas na real complexidade envolvida entre a associação dos ambientes inteligentes e o agente humano inteligente, ambos trabalhando em conjunto para uma vida mais sustentável.

Ressalta-se ainda, que a perspectiva do conhecimento difundida por NONAKA e KONNO (1998), é formulada a partir de princípios organizacionais, direcionado para uma gestão mais eficiente do conhecimento dentro do mundo corporativo, o que não descarta seu impacto dentro de outros cenários onde o conhecimento também pode ser trabalhado, havendo uma relação de abstração junto ao modelo do fluxo de conhecimento proposto neste estudo.

Com base nas discussões realizadas, é avaliado o modelo proposto no estudo como um importante instrumento de apoio ao entendimento quanto ao fluxo do conhecimento que percorre as camadas específicas do cenário de ambientes inteligentes, colaborando diretamente com a visão de abstração do conhecimento por parte do contexto específico de IoE, onde as percepções dos agentes inteligentes, sejam eles humanos ou não, trabalham colaborativamente para prover decisões mais concretas e fundamentadas nas necessidades de pontos de vistas mais abrangentes.

3.6 Avaliação do conhecimento nas aplicações nas cidades inteligentes

Esta seção faz uma análise com foco no conhecimento dos facilitadores IoE, segundo a taxonomia adotada nesta pesquisa, elaborada por DA COSTA *et al.*, (2021). A categoria de conhecimento, relacionada à criação de conhecimento e ao fluxo de informações, foram selecionadas três dimensões consideradas importantes pelas características de aplicação pelo autor para maior aprofundamento: explicitação,

confiança e resultado.

Sendo a explicitação relevante para entender se o conhecimento está enraizado em ações, experiências e envolvimento em contextos específicos, se este conhecimento é o codificado e articulado, ou se o conhecimento não é explicitamente representado na base de conhecimento, mas é inferido a partir dela usando várias suposições. Já a confiança se baseia na proteção dos precedentes de privacidade do usuário e do provedor de serviços ou se podem ter dados falsos ou enganosos culminam em decisões erradas e consequências críticas e levam à incerteza em todos os níveis de transformação do conhecimento. Por último, o resultado é referente ao compartilhamento de conhecimento entre sensores e atuadores de IoE humanos e não humanos para fornecer *insights* e novas interpretações da realidade.

3.6.1 Explicitação

Acerca deste ponto, é possível observar que durante o processo de explicitação do conhecimento tácito no uso das aplicações, a forma como os agentes humanos são utilizados para agregar conhecimento ao dispositivo ocorre, em alguns casos, de forma muito mais passiva, ou seja, ele serve como elemento base de sensoriamento, que é o caso de grande parte dos dispositivos vestíveis, onde o agente humano é utilizado apenas como componente chave para se obter as informações pertinentes ao dispositivo, como é o caso da aplicação *NeuroPlace* (AL-BARRAK *et al.*, 2017). Nesta aplicação, as ondas cerebrais dos indivíduos são monitoradas para que com base nos resultados dos sensores a aplicação tenha dados que possam ser refinados e utilizados para afirmar se um local transmite mais tranquilidade que outro.

Por outro lado, outras aplicações como o *Smart Campus* (ANAGNOSTOPOULOS *et al.*, 2021), por exemplo, tentam aliar o fator humano como agente ativo dentro do cenário inteligente, explorando os dados e contribuindo com as informações locais compartilhadas. Entretanto, a participação do usuário com “sensor inteligente” para a aplicação ainda é bastante limitada, a interação que a aplicação fornece é estritamente qualitativa, ou seja, os usuários apenas servem como parâmetros do rendimento da aplicação, avaliando o tempo de interação dos mesmos com o sistema e como os mesmos avaliam o desempenho da aplicação. Uma forma mais “inteligente” de integrar o conhecimento humano dentro da aplicação, seria utilizar informações que certo usuário possui sobre determinado espaço do *campus*, como por exemplo, os profissionais responsáveis pela limpeza, informando se alguma área específica está temporariamente fechada para manutenção, ou outras informações contextuais que pudessem ser compartilhadas com as demais pessoas do *campus*, auxiliando na rápida disseminação de informações. Dessa forma, o agente humano teria muito mais autonomia dentro do sistema, atuando realmente como um dos componentes vitais do ambiente inteligente.

Um caso em que o componente humano age como um importante fator de decisão para a aplicação tanto quanto os dispositivos de sensoriamento eletrônico, ocorre na aplicação *Canarin II*, cujo objetivo é coletar e compartilhar dados sobre a qualidade do ar em ambientes urbanos, explorando a área de mobilidade inteligente. O usuário desta aplicação atua como disseminador do potencial sustentável da aplicação, utilizando como veículo de transporte uma bicicleta elétrica, que carregada de sensores monitora certos parâmetros de qualidade do ar, onde as rotas de coleta e análise ficam à mercê das rotas de conhecimento do próprio agente humano. Neste tipo de aplicação, o agente humano possui um importante papel, não apenas receptor de informações, mas agindo como parte crucial da aplicação para a coleta das informações.

3.6.2 Confiabilidade

Outro precedente avaliado é a confiabilidade dos dados coletados e gerados pelos sensores de cada aplicação. Considerando a confiabilidade de dados, as aplicações mencionadas não fazem uso de dados pessoais para posterior aproveitamento, como parte da inteligência que será provida por tais dispositivos. Para cada um dos casos das aplicações, os dados gerados culminam em informações para acesso público, que integra certo nível de conhecimento ao mapear e fornecer tais informações, o que implica a não utilização de dados pessoais. Das aplicações mencionadas, a que atribuiu um certo nível de desconforto/preocupação em alguns participantes por conta dos dados coletados pelos sensores, foi a *NeuroPlace* (AL-BARRAK *et al.*, 2017), por conta de ser um dispositivo que faz uma leitura do estado mental apresentado pelo usuário, e como mencionado no próprio trabalho, alguns imaginavam que a aplicação poderia conter um certo nível de leitura da mente, e que informações pessoais pudessem ser captadas pelos sensores, mas os autores explicam que o dispositivo não é tão evasivo e informações como essas não poderiam ser capturadas pelos sensores.

Toda as 3 aplicações realizam atividades de sensoriamentos do ambiente, como é o caso do *smart campus* (ANAGNOSTOPOULOS *et al.*, 2021) e *e-bike* (AGUIARI *et al.*, 2018), e também do bem-estar mental dos seus usuários, a *NeuroPlace* (AL-BARRAK *et al.*, 2017), onde os dados coletados são os responsáveis pelo conhecimento agregado pelas aplicações, e por conta disso, os dados que são fornecidos devem estar livre de possíveis ruídos, o que pode culminar em informações distorcidas e conhecimento falho. Os autores do *NeuroPlace* (AL-BARRAK *et al.*, 2017) asseguram o nível de confiabilidade de sua aplicação através da verificação dos registros e posterior filtragem e retirada de dados falhos ou incompletos, implementando até mesmo algoritmos de classificação para melhores resultados.

3.6.3 Resultado

Cada aplicação possui uma tecnologia embutida que atua no sensoriamento do comportamento seja humano ou ambiental, implicando nos resultados complementares do conhecimento, onde o agente humano utiliza de alguma tecnologia em particular para agregar informações e observações sobre o próprio ambiente, complementando o conhecimento humano sobre a aplicação.

De forma complementar, os dispositivos que contribuem com a participação humana para as aplicações mencionadas são os smartphones que, de forma geral, auxiliam nas observações advindas dos sensores, agindo como receptor dos dados ou mesmo como ponto de acesso remoto, para o caso do *Canarin II*. Outra tecnologia acoplada na aplicação de forma complementar é o fone de ouvido *NeuroSky EEG*, no *NeuroPlace*, que é uma solução pré-desenvolvida que age no sensoriamento cerebral dos usuários.

O conhecimento gerado por esses complementos é de suma importância para as aplicações e seus usuários onde, em alguns casos, o usuário da aplicação passa a ser um agente atuador, como no *Canarin II* em que o usuário é o responsável pela rota traçada e o dispositivo complementar atua apenas como marcador da localização, e em outros casos o usuário é apenas agente passivo, como no *NeuroPlace*. Os complementos integrados na aplicação *Smart Campus* derivam da aplicação *Canarin II*, apenas no suporte ao monitoramento do ar, não utilizando, neste cenário, o *smartphone*, além da utilização também de câmeras acopladas em alguns espaços para monitoramento, tornando o agente humano apenas passivo de sensoriamento, se interligando ao conhecimento gerado pela aplicação por meio da coleta de observações do ambiente.

Capítulo 4

Proposta: Uma abordagem do modelo do conhecimento IoE na saúde

Neste capítulo, a partir do modelo de fluxo do conhecimento apresentado no Capítulo 3, será aprofundado a análise do conhecimento para a saúde inteligente. Será investigado mais profundamente as aplicações IoE e incorporar diversos sensores e atuadores, tanto humanos quanto não humanos, no modelo do fluxo do conhecimento. A intenção é criar uma instânciação mais abrangente, especificamente adaptada para o setor da saúde.

4.1 Abordagem metodológica aplicado ao contexto da saúde: Revisão da literatura

Nesta seção, o objetivo é apresentar uma segunda revisão literatura sobre aplicativos inteligentes de saúde e colaboração entre atores humanos (médicos e pacientes) e atores não humanos (sensores e atuadores) para fornecer serviços inteligentes aprimorados em cidades inteligentes. As diretrizes metodológicas aplicadas para esta revisão seguiu a mesma estrutura utilizada seção 3.1, sugeridas por Kitchenham e Charters (KITCHENHAM *et al.*, 2010).

A pesquisa usou uma *string* de pesquisa que foi projetada para recuperar o maior número possível de estudos relevantes. Além disso, a maioria das contribuições foram artigos relacionados a sensores humanos e não humanos como atores de saúde da IoT, o que indica uma maturidade crescente no campo da IoE em cenários de saúde imaginativos. A pesquisa teve como objetivo responder a três questões:

1. Como os processos de gestão do conhecimento melhoram a colaboração homem-máquina em cenários de saúde;
2. Como otimizar o uso de sensores inteligentes (humanos e não humanos) em aplicações de saúde e bem-estar, considerando o conhecimento que eles fornecem;

3. Como os problemas de saúde podem ser mitigados pela transferência efetiva de conhecimento em diferentes demandas de saúde dos cidadãos (prevenção, diagnóstico, monitoramento ou tratamento) comprovando a criação de valor de aplicativos de saúde inteligentes.

A pesquisa foi realizada em bibliotecas digitais bem conhecidas, incluindo *Scopus*, *IEEE Xplore*, *ISI Web of Science*, *ACM Digital Library* e *Pubmed*. A utilização de um conjunto maior de bases foi devido a necessidade de se obter mais trabalhos consistentes ao contexto da saúde. A *string* de pesquisa usada foi ("*Smart Health*" OR "*Medical Things*") AND ("*Internet of Everything*" OR "*IoE*") nos campos "Título", "Resumo" ou "Palavras-chave".

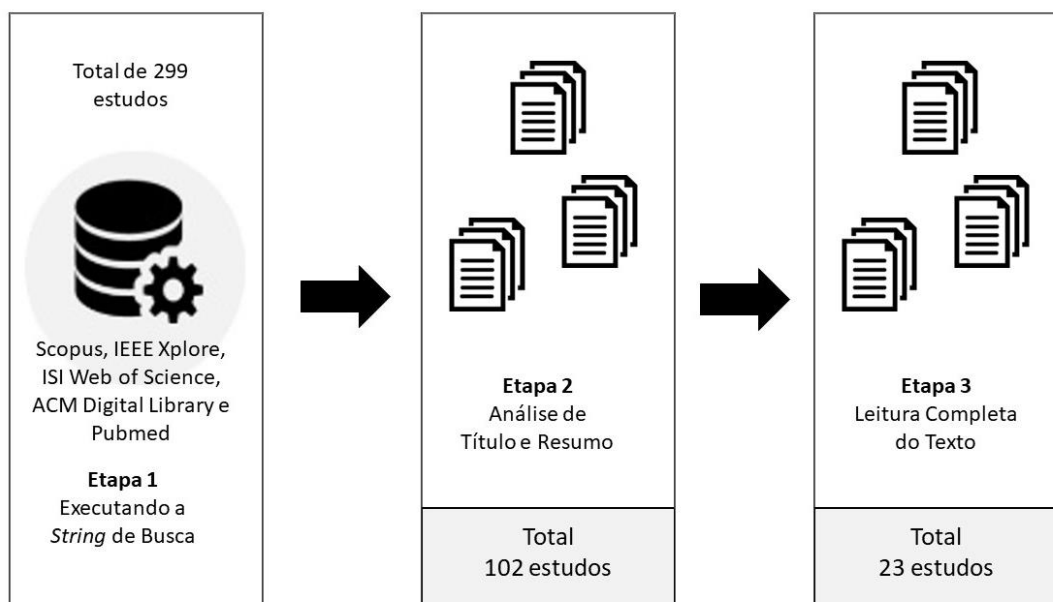


Figura 4.1: Etapas realizadas na revisão da literatura para estudar o setor da saúde

Fonte: Elaborado pelo autor.

A pesquisa limitou-se às publicações disponíveis a partir de 2017. Inicialmente, foram encontrados 299 artigos. Após a eliminação de artigos duplicados, inacessíveis ou indisponíveis, foram selecionados 102 artigos. Após a leitura dos artigos, este trabalho avaliou criticamente a qualidade das contribuições considerando parâmetros como o grau de adesão às aplicações para saúde inteligente IoE e a relevância da contribuição para a colaboração homem-máquina no contexto disruptivo. Finalmente, após a aplicação da análise, 23 artigos relevantes (ver Tabela 4.1) puderam responder satisfatoriamente às questões de pesquisa, apresentando aplicações de sensores na área da saúde e seus desafios associados. Os 23 estudos selecionados promoveram

diferentes abordagens de uso de sensores inteligentes para a criação de conhecimento.

4.2 Fases de processamento da informação na Saúde Inteligente

O conceito de Saúde Inteligente está se tornando cada vez mais popular em áreas urbanas, aproveitando tecnologias como sensores inteligentes e a IoE para melhorar os resultados da saúde. A abordagem proposta nesta dissertação visa otimizar a geração de valor em cenários de Saúde Inteligente, definindo quatro fases de processamento da informação: Prevenção, Diagnóstico, Tratamento e Monitoramento. Cada fase visa alinhar o paradigma da Saúde Inteligente, usando sensores inteligentes e apoiados por estratégias de gestão do conhecimento para melhorar a saúde do paciente em cada etapa. As quatro fases refletem diferentes estágios nas jornadas do médico e do paciente e várias maneiras pelas quais a tecnologia pode melhorar os resultados das aplicações.

As quatro fases de processamento da informação (Prevenção, Diagnóstico, Tratamento e Monitoramento) apresentadas nas próximas seções são contribuições desta dissertação e visam alinhar o paradigma da Saúde Inteligente, usando sensores inteligentes e apoiados por estratégias de gestão do conhecimento para melhorar a saúde do paciente:

4.2.1 Prevenção

A Prevenção refere-se a evitar a ocorrência de problemas em sua origem, incluindo medidas como promoção da saúde, prevenção de doenças por meio de mudanças comportamentais, vacinação e identificação precoce de problemas de saúde (WOOLF, 2008). Representa a internalização e o aprendizado como o principal processo de conversão do conhecimento. Alguns exemplos práticos de prevenção incluem evitar novos casos de COVID-19 (RAFA *et al.*, 2022, TRIPATHY *et al.*, 2020), a utilização de um sistema de aprendizado de máquina para prever a dependência de álcool (DHILLON *et al.*, 2022), monitoramento da qualidade do ar (MARQUES e PITARMA, 2019a, TASTAN e GÖKOZAN, 2019, MARQUES e PITARMA, 2019b) e rastreamento de movimentos para prevenir artrite (TANWAR *et al.*, 2020). Um exemplo específico é o sistema E-Nose, descrito em (TASTAN e GÖKOZAN, 2019), que tem como objetivo monitorar a qualidade do ar em tempo real e notificar os usuários por meio de um aplicativo móvel com informações como CO₂, CO, PM₁₀, NO₂, temperatura e umidade. Como é sabido que a poluição do ar pode causar diversos problemas de saúde em humanos, como doenças respiratórias, cardiovasculares e de pele (TASTAN e GÖKOZAN, 2019), compartilhar essas informações e notificações com os usuários permite que eles internalizem o

conhecimento e ajam como atuadores para melhorar a qualidade do ar em seu ambiente, contribuindo para um ambiente mais saudável.

4.2.2 Diagnóstico

Um diagnóstico preciso e oportuno é fundamental para resultados de saúde positivos em pacientes (HOLMBOE e DURNING, 2014). Para a fase de diagnóstico, foram selecionados estudos que exploram a capacidade dos sensores de detectar padrões nos parâmetros medidos para o diagnóstico de doenças, por exemplo, batimentos cardíacos, temperatura, níveis de estresse, etc. Dentre os exemplos estão a detecção de convulsões na epilepsia (SAYEED *et al.*, 2020, OLOKODANA *et al.*, 2020), a detecção de câncer de laringe por meio da análise da voz do paciente (ALDHIEF *et al.*, 2020) e outros. O sistema *IoT Pulse* (DHILLON *et al.*, 2022) é um exemplo disso, utilizando *Enterprise Health Information Systems* (EHIS) para prever a dependência de álcool. Sensores detectam diferentes medidas e mudanças no corpo humano em tempo real e esses dados são processados e enviados para um *software* que abstrai as informações para os pacientes e profissionais de saúde. A internalização do conhecimento explícito codificado nos dados coletados pelos sensores é combinada com o conhecimento implícito dos modelos de aprendizado de máquina (ML). A partir disso, esse sistema envia informações para pessoas (pacientes e médicos) e relatórios (para profissionais de saúde e pesquisas acadêmicas). A criação de conhecimento ocorre quando médicos e pacientes aprendem usando o sistema, e o sistema aprende com o ambiente. O sistema é capaz de armazenar informações explícitas com base no contexto e, assim, a socialização do conhecimento tácito de humanos entrelaçado no sistema com o conhecimento implícito de aplicativos e sensores é um processo de criação de valor.

4.2.3 Tratamento

Para tratamento, foram incluídos artigos abordando o uso de tecnologias de sensores para combater uma doença. Um exemplo é o sistema de administração de medicamentos baseado em Internet das Coisas Médicas (IoMT), para tratar a epilepsia (iIDDs)(SAYEED *et al.*, 2020). Esse sistema usa um conjunto unificado de entrega de drogas (DDS) para detectar e tratar convulsões com controle automático. Na fase de tratamento, a conversão do conhecimento é uma combinação dos conhecimentos explícitos envolvidos em cada unidade. A primeira unidade, detecção de convulsões, vem por meio de eletrodos no couro cabeludo do paciente; os sinais de atividade neural (Eletroencefalografia, EEG) são coletados e analisados, monitorando o paciente em tempo real. Assim que a convulsão é detectada, a segunda unidade é ativada. Um atuador fornece a dosagem de medicamento necessária à área

alvo por meio de uma microbomba. As duas unidades trabalham juntas, combinando conhecimentos explícitos para fornecer uma solução abrangente para a epilepsia e aproveitando os benefícios da IoE para oferecer serviços inteligentes. A conversão de conhecimento nesse sistema envolve a combinação de conhecimentos explícitos em cada unidade para criar um tratamento eficaz para a epilepsia.

4.2.4 Monitoramento

Na fase de monitoramento, os sensores desempenham um papel importante na coleta de dados como frequência cardíaca, pressão arterial, temperatura corporal, temperatura ambiente e poluição ambiental. Essas informações são essenciais nas fases de prevenção, diagnóstico e tratamento. Em um estudo recente (WANG e GAO, 2021), foi desenvolvido um sistema de monitoramento de saúde para atletas, que utilizou dispositivos vestíveis e sensores de frequência cardíaca para coletar informações durante as atividades físicas e prever a saúde dos jogadores em tempo real. Além disso, um novo método de sensor vestível foi proposto, utilizando um sistema baseado em IoT para monitorar padrões de eletrocardiograma (ECG) e aceleração corporal através de um *smartphone* e classificar os dados obtidos. O conhecimento explícito dos sensores é acoplado ao conhecimento implícito do serviço de dados distribuído na nuvem para estimar melhores aproximações estatísticas para prever o batimento cardíaco anormal e a condição do indivíduo. Os aplicativos e serviços de IoE externalizam conhecimento para dar suporte a atividades de saúde inteligentes. Através do uso de aplicativos e serviços de IoE, é possível externalizar o conhecimento e oferecer suporte para atividades de saúde inteligentes.

4.3 Mapeamento das aplicações para Saúde Inteligente em fases

Na Tabela 4.1 a estratégia de conhecimento para cada fase é revelada: impulsionando a criação de valor de aplicativos de saúde inteligentes que integram sensores humanos e não humanos como facilitadores de IoE, de acordo com a Taxonomia de IoE baseada no conhecimento (DA COSTA *et al.*, 2021).

A abordagem proposta define as quatro fases de processamento da informação, que visam otimizar a geração de valor em cenários de saúde inteligente. Ao integrar sensores humanos e não humanos como facilitadores da IoT, essa abordagem contribui para a criação de novos conhecimentos que podem ser internalizados e usados por pacientes e médicos para melhorar os resultados da saúde.

Tabela 4.1: Aplicações IoE voltadas para saúde

Referência	Aplicações	Sensores e atuadores inteligentes	Fases	Taxonomia IoE baseada no conhecimento (DA COSTA <i>et al.</i> , 2021)
				Categoria (Dimensões)
NASR <i>et al.</i> , 2021	Aprendizado de máquina (<i>Machine learning</i> - ML) para diagnóstico de COVID-19, doenças cardíacas, diabetes e dispositivos para monitoramento de saúde ambiente de vida assistida	Dispositivos vestíveis, sensores biomédicos, microcontrolador e smartphones	Diagnóstico e Monitoramento	Conhecimento (Resultado, Ação), Observação (Modo) e Tipo (Função)
WANG e GAO, 2021	Monitorar os batimentos cardíacos dos atletas pode auxiliar nas atividades físicas	Dispositivos vestíveis, sensores de frequência cardíaca e microcontrolador	Monitoramento	Conhecimento (Resultado), Observação (Modo) e Tipo (Função)
ELANKAVI <i>et al.</i> , 2018	Monitoramento do bem-estar humano no sistema de saúde	EEG(eletroencefalograma), temperatura, pulso, sensores de pressão arterial em microcontrolador	Monitoramento	Conhecimento (Resultado), Observação (Modo) e Tipo (Função)
RAFA <i>et al.</i> , 2022	Evitar a gravidade do COVID-19 em pacientes com asma por meio de sistemas remotos de monitoramento de saúde e ambiente	Sensores Biomédicos e Microcontrolador	Prevenção e Monitoramento	Conhecimento (Resultado, Ação), Observação (Modo) e Tipo (Função)
SAYEED <i>et al.</i> , 2020	Administração de medicamentos (iDDS) para epilepsia e detecção de crises	Sensores EEG (eletroencefalograma)	Diagnóstico e Tratamento	Conhecimento (Resultado, Ação) e Tipo (Função)
CARCHIOLO <i>et al.</i> , 2020	Sistemas vestíveis de monitoramento de saúde (<i>Wearable Health Monitoring Systems</i> - WHMS) e monitoramento de autosaúde para prevenir doenças	Sensores de saúde vestíveis	Prevenção e Monitoramento	Conhecimento (Resultado, Ação) e Tipo (Função)

Tabela 4.1 Continuação

Referência	Aplicações	Sensores e atuadores inteligentes	Fases	Taxonomia IoE baseada no conhecimento
				Categoria (Dimensões)
TRIPATHY <i>et al.</i> , 2020	Prevenção do crescimento de novos casos positivos de COVID-19 e rastreamento de contatos COVID- 19	Sensores biomédicos	Prevenção e Monitoramento	Conhecimento (Resultado, Ação), Observação (Modo) e Tipo (Função)
TANWAR <i>et al.</i> , 2020	Rastreamento do movimento da mão para prevenir artrite, problemas relacionados à artrite e monitoramento regular da saúde das articulações	Sensores biomédicos e Microcontroladores	Prevenção, Diagnóstico, Tratamento e Monitoramento	Conhecimento (Resultado), Observação (Modo) e Tipo (Função)
MARQUES e PITARMA, 2019b	Monitoramento de dados do ambiente de vida do paciente para dar suporte ao diagnóstico médico e Monitoramento de qualidade ambiental interna em tempo real AirPlus	Sensores de poluição do ar, microcontrolador e smartphones	Prevenção, Diagnóstico e Monitoramento	Observação (Modo) e Tipo (Função)
DHILLON <i>et al.</i> , 2022	Sistema de saúde baseado em aprendizado de máquina (ML) para prever dependência de álcool	Dispositivos vestíveis, microcontroladore smartphone	Prevenção e Diagnóstico	Conhecimento (Resultado, Ação), Observação (Modo) e Tipo (Função)
TASTAN e GÖKOZAN, 2019	Monitoramento em tempo real da qualidade do ar interno	Sensores de poluição do ar, microcontrolador e smartphones	Prevenção e Monitoramento	Observação (Modo) e Tipo (Função)
AL-DHIEF <i>et al.</i> , 2020	Deteção de câncer de laringe por meio da voz do paciente e vigilância da patologia vocal	Dispositivos vestíveis smartphones e	Diagnóstico e Monitoramento	Conhecimento (Resultado, Ação), Observação (Modo) e Tipo (Função)

Tabela 4.1 Continuação

Referência	Aplicações	Sensores e atuadores inteligentes	Fases	Taxonomia IoE baseada no conhecimento
				Categoria (Dimensões)
OLOKODANA <i>et al.</i> , 2020	Detecção automática de convulsões em tempo real	Sensor de Electroencefalografia (EEG)	Diagnóstico	Conhecimento (Resultado, Ação), Observação (Modo) e Tipo (Função)
ABDULBAQI <i>et al.</i> , 2021	Vigilância Inteligente Profissional	Temperatura, sensor de pulso e microcontrolador	Monitoramento	Observação (Modo) e Tipo (Função)
BALAKRISHNAN e KRISHNAVENI, 2021	Sistema de Monitoramento Remoto de Pacientes (<i>Remote Patient Monitoring System - RPMS</i>)	Sensores biomédicos, nível de temperatura ambiente, sensor de qualidade do ar e microcontrolador	Monitoramento	Observação (Modo) e Tipo (Função)
SHARIPUDIN e ISMAIL, 2019	Sistema de monitoramento de saúde para garantir a continuidade dos cuidados entre casa e hospital	Sensor de temperatura, taxa de pulso e microcontrolador	Monitoramento	Observação (Modo) e Tipo (Função)
MARQUES <i>et al.</i> , 2020	Sistema de monitoramento remoto de saúde e meio ambiente	Sensores de poluição do ar, microcontroladores e smartphones	Monitoramento	Observação (Modo) e Tipo (Função)
GEORGI e JEANNÈS, 2017	Vários sistemas de monitoramento de saúde	Sensores de peso, pressão arterial, frequência cardíaca, saturação de oxigênio no sangue, número de etapas físicas, calorias queimadas e distância percorrida	Monitoramento	Conhecimento (Resultado, Ação), Observação (Modo) e Tipo (Função)

Tabela 4.1 Continuação

Referência	Aplicações	Sensores e atuadores inteligentes	Fases	Taxonomia IoE baseada no conhecimento
				Categoria (Dimensões)
BANERJEE <i>et al.</i> , 2018	Medição de Atividade em idosos para gerenciamento de demência	Sensor vestível e smartphone	Monitoramento	Observação (Modo) e Tipo (Função)
KHOWAJA <i>et al.</i> , 2021	Uso de tecnologias integradas para ajudar a lidar com COVID-19 e futuras pandemias.	Sensores vestíveis e smartphone	Monitoramento Prevenção	Observação (Modo) e Tipo (Função)
ALMALKI <i>et al.</i> , 2022	Uso de drones multifuncionais com IA para fornecer serviços sem fio que ajudarão na luta contra a pandemia do Coronavírus.	Drones, inteligência artificial, câmeras para imagens térmicas	Monitoramento Prevenção	Conhecimento (Resultado, Ação), Observação (Modo) e Tipo (Função)
FOTOUHI-GHAZVINI e ABBASPOUR <i>et al.</i> , 2020	Monitoramento do condicionamento físico e do contínuo da saúde.	acelerômetro e um sensor de fotopletismografia	Monitoramento	Observação (Modo) e Tipo (Função)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Exercício de avaliação do conhecimento aplicado ao contexto da saúde

Esse modelo é um exemplo de aplicação do Modelo de Fluxo de Conhecimento de IoE, que foi inicialmente proposto para cidades inteligentes (PAES *et al.*, 2022), mas agora é aplicado especificamente para processos simplificados no cenário de saúde inteligente. Tanto os agentes humanos, como os médicos e cidadãos, quanto os agentes não humanos, incluindo sensores e atuadores, são importantes na contribuição para essa abordagem.

É proposto um modelo de processos de conhecimento guiado para o setor de saúde, que enfatiza a colaboração essencial entre humanos e máquinas na criação de uma abordagem holística para a saúde e na melhoria dos resultados dos pacientes, conforme ilustrado na Figura 4.2.

Os profissionais de saúde com sua experiência, *know-how* e conhecimento usam os agentes não humanos, como sensores e tecnologias de inteligência artificial, a realizar testes e obter informações adicionais para tomar decisões clínicas precisas. Esses testes utilizam sensores e tecnologias de inteligência artificial para fornecer resultados adequados à situação do paciente (AL-DHIEF *et al.*, 2020). Ao longo do fluxo de conhecimento, é identificado e descrito os processos de conversão do conhecimento propostos por (NONAKA e KONNO, 1998), que incluem socialização, combinação, exteriorização e internalização.

A Figura 4.2 ilustra a troca de conhecimento e informação entre diferentes elementos no contexto da saúde em processos simplificados. O modelo de um fluxo do conhecimento IoE tem foco na colaboração homem-máquina e evidencia como os sensores e atuadores desempenham um papel essencial na coleta e transmissão do conhecimento.

Essa interação colaborativa está presente em diferentes partes, onde esses ambientes são divididos em duas categorias: cibernéticos e físicos. Os cibernéticos agregam elementos virtuais, onde as máquinas têm maior responsabilidade na extração de valor no conhecimento, com participação mínima dos humanos para coleta e criação desse conhecimento, enquanto os físicos envolvem uma maior colaboração dos seres humanos.

Dentro da categoria com maior atuação dos seres humanos, há uma divisão entre os profissionais da saúde (médicos) e os cidadãos (pacientes), onde o conhecimento que cada um possui é agregado ao modelo, apesar de ser similar em alguns casos, se destacam devido a perspectiva de cada um. Os médicos possuem conhecimentos especializados na área da saúde, enquanto os pacientes têm o conhecimento sobre sua própria condição e experiência pessoal.

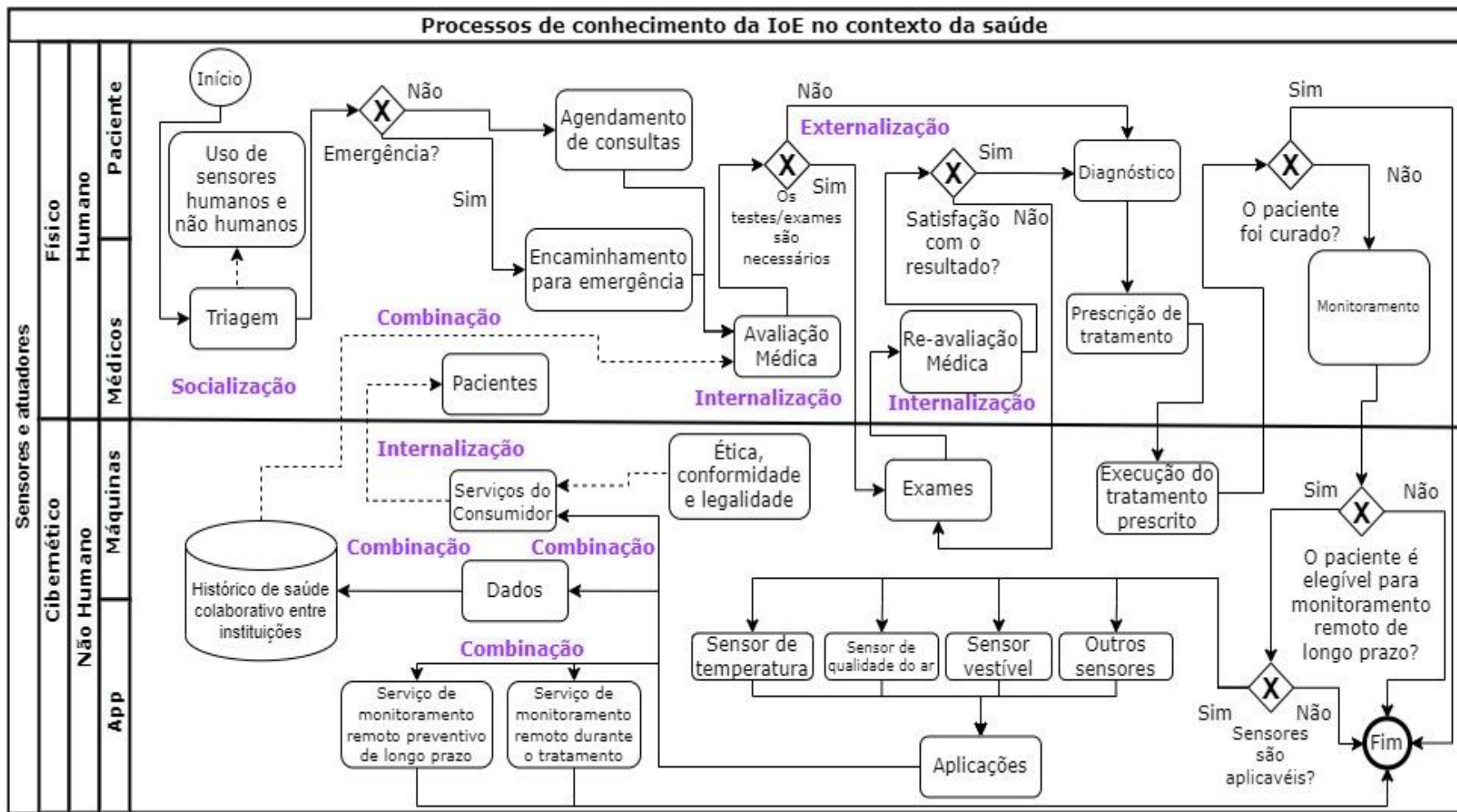


Figura 4.2: Serviços de saúde e bem-estar para os cidadãos com apoio da tecnologia IoE.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No âmbito cibernético, o conhecimento está centrado nos sensores em si, como já foi destacado. Separados em dois tipos: um voltado aos serviços que a IoE proporciona para as cidades inteligentes, conforme destacado na Tabela 3.2. Além disso, há também serviços que as máquinas desempenham para o contexto da saúde, que inclui o uso de exames, banco de dados e dispositivos individuais que fornecem suporte à população e aos profissionais de saúde.

Inicialmente, o fluxo e a transformação do conhecimento foi mapeado analisando três atores: profissionais da saúde, cidadãos e máquinas. Em seguida, analisamos os habilitadores de IoE de acordo com a Taxonomia de IoE baseada em conhecimento (DA COSTA *et al.*, 2021) com visão apenas nos sensores e aplicações usadas.

O fluxo do conhecimento médico é um processo complexo que envolve várias etapas. Para exemplificar, analisamos as aplicações estudadas (ver Tabela 4.1), ao longo do fluxo de trabalho da Figura 4.2. Como dito anteriormente, o objetivo deste trabalho foi analisar os processos de atendimento médico genérico a partir da perspectiva de um paciente que busca um serviço de saúde dentro do modelo proposto, conforme ilustrado na Figura 4.3.

Através da Figura 4.3, é possível ter uma visão simplificada das etapas que um paciente percorre no contexto da saúde em uma cidade inteligente, com o apoio do paradigma IoE. Nesse processo, os sensores e atuadores desempenham um papel crucial para promover a saúde e bem-estar do paciente, facilitando a coleta de dados e a interação entre os elementos envolvidos.

É importante ressaltar que existem diferentes motivos e circunstâncias que levam as pessoas a procurarem apoio médico, e que o fluxo do conhecimento nas fases de *prevenção, monitoramento, diagnóstico e tratamento, propostas nesta dissertação*, podem variar de acordo com cada caso, tanto para os pacientes quanto para os profissionais de saúde. Além disso, é considerado que o uso da tecnologia pode influenciar na disponibilidade e na ordem de execução das fases propostas, contendo todas ou pulando alguma. Isso é devido a fatores como: projeto de cidade inteligente, se é apoiada a tecnologia; fatores socioeconômicos; disponibilidade dos sensores e aplicações; e adesão dos cidadãos. Portanto, foi elaborado um exercício de avaliação que visa abranger todas as fases possíveis no fluxo e tentar contemplar o maior número de situações reais de acordo com as aplicações estudadas.



Figura 4.3: Ilustração do fluxo do conhecimento na perspectiva de um paciente com apoio da tecnologia IoE.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A fase de prevenção é evidenciada inicialmente para evitar problemas de saúde. Atuando em situações que possam causar ou agravar problemas de saúde a curto ou a longo prazo. As aplicações MARQUES e PITARMA, (2019a), MARQUES e PITARMA, (2019b) e TASTAN e GÖKOZAN, (2019) se destacam ao analisar a qualidade do ar de um ambiente, evitando assim problemas respiratórios. Uma outra aplicação é prevenção do crescimento de novos casos positivos de COVID-19 e rastreamento de contatos para o COVID-19 (TRIPATHY *et al.*, 2020). Nessa solução, há benefícios tantos para os cidadãos quanto para a cidade, incluindo autodeteção de prováveis indivíduos contaminados, listagem automática de contatos, visualização do estado atual de contaminação da cidade e recomendação de auto isolamento para indivíduos visando mobilidade consciente da segurança durante o surto de uma pandemia, devido a razões como sustentabilidade econômica e suprimentos de alimentos. Sendo comum a internalização do conhecimento, quando o conhecimento explícito converge para o conhecimento pessoal e específico nas aplicações que os humanos atuam, ou combinação, quando na conversão do conhecimento explícito para explícito na prevenção dos casos de COVID-19.

A jornada na assistência médica das cidades inteligentes de um cidadão começa quando o paciente decide procurar atendimento médico, seja para um *check-up* de rotina ou se o indivíduo apresentar sintomas. As aplicações na fase de prevenção e monitoramento ganham destaque nessa etapa. Algumas aplicações são capazes de detectar sinais e apresentar sintomas que indicam a necessidade de acompanhamento

médico. Em outros casos, podem alertar sobre situação de risco, como exposição ao ar insalubre em um ambiente, e sugerir a consultar um médico para avaliação, como as aplicações de prevenção destacadas anteriormente. Nessa primeira etapa, o médico precisa saber as motivações do paciente e se há alguma reclamação sobre sua saúde. Em (WANG e GAO, 2021) foi desenvolvido um modelo para regular a saúde de atletas em tempo real usando um sensor vestível para coletar dados em tempo real sobre padrões de eletrocardiograma. Este modelo pode ser incorporado, no futuro, em diversos esportes e jogos para monitorar diferentes atividades humanas e diagnosticar as anormalidades na função corporal que podem ser relatadas ao médico em situações de emergência.

O primeiro contato com os estabelecimentos de saúde é feito por triagem, que representa o ponto inicial de interação entre os sensores e atuadores, tanto humanos quanto não humanos. Nesse estágio, dependendo das diretrizes e protocolos do estabelecimento, os agentes podem assumir papéis destacados, avaliando a gravidade do paciente e orientando os passos subsequentes do processo de atendimento. Durante a pandemia do COVID-19, tornou-se comum a colaboração entre sensores humanos e não humanos para avaliar a temperatura e o estado dos indivíduos ao entrar nos estabelecimentos. Nesta fase ocorre a socialização do conhecimento. Os profissionais de saúde avaliam o estado atual do paciente com base em sua experiência e processos que extraem medidas de temperatura, pressão, frequência cardíaca, entre outras, com conhecimento pessoal e específico sobre o estado de saúde do paciente.

Se o caso for de emergência, o paciente é levado ao pronto-socorro; caso contrário, eles podem agendar uma consulta. Ao chegar à consulta, ocorre a internalização do conhecimento, onde o conhecimento estruturado das etapas anteriores e da troca de processos é transformado com o conhecimento pessoal e específico do médico. Mesmo sendo impossível substituir todo o sistema médico por tecnologia, sistemas de consulta remota podem ser utilizados para garantir serviços de saúde de qualidade a um custo reduzido em comparação aos hospitais ou centros de vida assistida (NASR *et al.*, 2021).

A avaliação médica determina se o paciente precisa de exames. Se o fizerem, o conhecimento é exteriorizado, e o conhecimento tácito do médico torna-se explícito e codificado a partir dos exames para obter as informações necessárias. A informação adquirida neste processo é combinada com o histórico médico do paciente se disponível, com o conhecimento codificado e acessível.

As informações adquiridas nessas fases iniciais são importantes nessa etapa, assim como, o processo de armazenamento e processamento do histórico. Essas informações permitem identificar os riscos potenciais e as medidas de mitigação

adequadas para cada situação. Do ponto de vista dos profissionais da saúde, o uso de ferramentas tecnológicas adequadas pode facilitar esse processo e aumentar sua eficiência, para os pacientes, a qualidade do serviço. As tecnologias de neblina ou névoa (*Fog*), borda (*Edge*) e nuvem (*Cloud*), desempenham um papel fundamental para gestão com uma melhor análise preditiva, oferecendo uma estrutura eficiente para o armazenamento e processamento de dados, possibilitando análises avançadas e respostas rápidas em diferentes contextos (NASR *et al.*, 2021).

O aprendizado de máquina é outra ferramenta com um papel significativo no contexto da saúde. Possibilita para os médicos e aplicações IoE, os recursos para inferência de informações, análise de dados e inteligência artificial, sendo o conjunto de dados processados e trabalhados para as soluções que são extraídas através das tecnologias de névoa, borda e nuvem (NASR *et al.*, 2021). Em (DHILLON *et al.*, 2022) é proposto um sistema de informações de saúde corporativa chamado *IoTPulse* para prever o vício em álcool, fornecendo dados em tempo real usando aprendizado de máquina em ambiente de computação em névoa.

Após os exames, o conhecimento estruturado e codificado é internalizado com o conhecimento tácito para uma segunda avaliação médica. Caso o médico fique insatisfeito com o exame, o processo é repetido; caso contrário, com os resultados em mãos, faz-se o diagnóstico e prescreve-se o tratamento, onde é definida a melhor conduta para o paciente.

A fase de **diagnóstico** é importante elemento no fluxo do conhecimento e uma etapa crucial no apoio na avaliação médica. Os trabalhos levantados usam os padrões para auxiliar as decisões, ganhando tempo e minimizando riscos ou danos à saúde do paciente. Em AL-DHIEF *et al.* (2020) apresentam técnicas que usam IoT e métodos de aprendizado de máquina em vários campos da saúde, particularmente nos sistemas de avaliação de patologia da voz, para diferenciar a voz normal (saudável) ou voz patológica. Em NASR *et al.* (2021) discutem possíveis métodos e dispositivos vestíveis e smartphones para monitoramento de sinais básicos, aprendizado de máquina para o diagnóstico de três doenças significativas (COVID-19, doenças cardíacas e diabetes).

A próxima fase é a execução do tratamento, podendo ser utilizada em estabelecimentos de saúde, nos casos mais graves, ou em casa. Nela, é prescrito medicamentos, intervenções cirúrgicas, mudança de hábitos ou outros serviços de saúde. Esta fase, pode ser usada aliada a medidas para melhorar a qualidade de vida e reduzir complicações, controlando ou aliviando doenças de acordo com a situação. Se o paciente estiver curado, todo o processo termina; caso contrário, eles precisarão de monitoramento de sua condição.

Para a fase de monitoramento, principalmente se for elegível para assistência

remota de longo prazo, o apoio das tecnologias é fundamental para garantir a continuidade dos cuidados entre o domicílio e o hospital. Assim, os sensores e atuadores podem ser usados como um poderoso aliado, fornecendo recursos para as aplicações na saúde.

Na aplicação ELANKAVI *et al.* (2018), as pessoas usam luvas inteligentes com sensores, como acelerômetros, para investigar a artrite. O monitoramento, neste exemplo, consiste em analisar o movimento rotacional e translacional do punho do paciente captado por sensores e identificar diversos tipos de anomalias por meio de classificadores.

Os sensores e atuadores geram informações combinando conhecimento explícito de aplicações para serviços ao consumidor, que internalizam o conhecimento para os pacientes. Nesse panorama da saúde, a ética, conformidade e legalidade emergem como alicerce crucial, destacados para os serviços inteligentes na Figura 4.2, mas devem ser considerados em todo o processo do conhecimento. Enquanto a ética orienta as ações, garantindo integridade e respeito pelos pacientes e profissionais, a conformidade com normas e regulamentos é essencial para manter a qualidade e segurança dos serviços. A legalidade, por sua vez, assegura que todas as práticas estejam dentro dos limites estabelecidos pelas leis. Esses princípios não apenas moldam os serviços inteligentes, mas também permeiam cada estágio do processo de saúde e bem-estar. Esses princípios não foram encontrados nos trabalhos analisados, mas é importante destacar que eles estabelecem bases para um ecossistema que integra os elementos da IoE para a saúde nas cidades inteligentes.

Os dados coletados podem alimentar um banco de dados de informações históricas entre instituições, gerando informações para história da saúde colaborativa, combinando conhecimentos estruturados e acessíveis para facilitar a transferência. Pode voltar à fase inicial do fluxo de processos em que o paciente fornece as informações da triagem junto do histórico de saúde para ajudar na avaliação médica.

É importante ressaltar que diversos sensores são utilizados para diversas aplicações e finalidades na área da saúde, possibilitando serviços de monitoramento preventivo do paciente ou monitoramento ao tratamento.

Nossa proposta considera as dimensões das aplicações pesquisadas e suas implicações para dar suporte ao nosso modelo, percorrendo cada etapa sugerida no modelo. A seção seguinte discutirá o conhecimento dos sensores descritos no estudo.

4.4 Avaliação do conhecimento nas aplicações voltadas para a saúde e bem-estar

As 23 aplicações foram analisadas, e foi escolhida as categorias de conhecimento e tipo, as dimensões para serem avaliadas quanto à Resultados, Ação e Função devido à quantidade de vezes que apareceram na Tabela 4.1.

A dimensão Ação se destaca pela aptidão para tomar decisões cognitivas relacionadas a uma determinada situação, a automação de tarefas e a dependência de máquinas podem reduzir as habilidades humanas. Além disso, se combinada com IA e aprendizado de máquina, novas aplicações se beneficiarão da tomada de decisão automatizada, com uso eficiente de recursos de rede, minimização de custos operacionais, coordenação de recursos computacionais e mecanismos de gerenciamento de dados eficientes e eficazes associados com a qualidade da experiência.

Também há abstrações de nível superior que são significativas para processos humanos ou automatizados de tomada de decisão, quando uma solução de IoE fornece transformação, as coisas inteligentes agem de forma independente, com mínima ou nenhuma intervenção humana. A dimensão função está relacionada ao emprego do dispositivo, se ele sente, atua ou ambos no local que está inserido. Em outras palavras, o sensor pode observar e sentir, fazendo uma leitura sobre a área ao seu redor para apoiar o processo de tomada de decisão e controlar os atuadores; os atuadores afetam um domínio particular do espaço físico, executando as ações e mudanças no recinto; ou uma combinação de ambos ou este dispositivo é um híbrido das duas categorias anteriores e pode coletar dados e agir em seu ambiente (DA COSTA *et al.*, 2021).

É importante destacar que a maior parte dos sensores trabalhados nas aplicações eram vestíveis, dispositivos que podem ser usados ou fixados no corpo de uma pessoa. Esses sensores trabalharam em conjunto com dispositivos circundáveis; objetos autônomos próximos ao usuário, úteis no contexto de doenças altamente infecciosas, como a COVID-19, permitindo a detecção de informações sem a necessidade de toque físico; e incorporáveis, como os *smartphones*, utilizando seus sensores embutidos, tornando-se um dispositivo global de detecção móvel e amplamente utilizado.

4.5.1 Resultado

O compartilhamento de conhecimento entre sensores e atuadores na IoE desempenha um papel crucial na dimensão de resultados. Essa sinergia ocorre quando os indivíduos utilizam dispositivos móveis como sensores para coletar observações e informações do ambiente e infraestruturas, na aplicação TRIPATHY *et*

al. (2020) que visa o controle da disseminação de doenças ou políticas de permanência em casa. Atua na autodetecção de prováveis indivíduos contaminados, listagem automática de contatos, visualização do estado atual de contaminação da cidade e recomendação de autoisolamento para indivíduos. Além disso, a inteligência artificial também desempenha um papel importante ao complementar o conhecimento humano, como observado em AL-DHIEF *et al.* (2020), onde apresenta aplicações, desafios e questões-chave de algoritmos de IoT e aprendizado de máquina na área da saúde, em particular, na patologia de voz.

A obtenção de *insights* e novas interpretações da realidade desempenha um papel fundamental na melhoria da qualidade de vida. Nesse contexto, a aquisição de conhecimento é o elemento central, permitindo que o conhecimento adquirido possa promover avanços significativos, como no caso WANG e GAO (2021) que pode ser incorporado em diversos esportes e jogos para monitorar diferentes atividades humanas e diagnosticar as anormalidades na função corporal que podem ser relatadas ao médico em situações de emergência. Por meio dessa abordagem, é possível obter uma compreensão mais profunda e abrangente da condição de saúde, o que contribui para o aprimoramento das condições de vida e bem-estar. Outro exemplo, é TANWAR *et al.*, (2020) para o monitoramento da saúde em tempo real de pacientes com problemas relacionados à artrite, os resultados da avaliação de desempenho obtidos indicam que essa abordagem é mais eficaz para os médicos monitorar eficientemente os pacientes em comparação com as tradicionais.

4.5.2 Ação: conhecimento acionável em IoE

A capacidade de tomar decisões é fundamental para garantir a ação correta diante de uma determinada situação, como nas aplicações de detecção de convulsões SAYEED *et al.* (2020) e OLOKODANA *et al.*, (2020). O uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina, novas aplicações podem se beneficiar da automação da tomada de decisão, resultando em um uso eficiente dos recursos de rede, redução de custos operacionais, coordenação eficaz dos recursos computacionais e implementação de mecanismos de gerenciamento de dados eficientes. A aplicação de SAYEED *et al.* (2020) é um sistema automatizado e unificado de entrega de medicamentos, consistindo em duas unidades: uma unidade de detecção de convulsões e uma unidade de entrega de drogas, com injeção da droga sendo realizada por microbomba. Com um grande volume de informações circulando nas soluções de IoE, os processos de tomada de decisão se tornam mais rápidos e precisos, e os dispositivos inteligentes são capazes de agir de forma autônoma, exigindo intervenção mínima ou nula por parte dos seres humanos.

A aplicação ABDULBAQI *et al.* (2021) monitora os sinais vitais, como temperatura e taxa de pulso em tempo real, e informa imediatamente a equipe médica

em caso de emergências, se ultrapassar os valores críticos predeterminados. Outro exemplo é o DHILLON *et al.* (2022) sistema de informações de saúde corporativa baseado em IoT chamado *IoTPulse* para prever o vício em álcool, fornecendo dados em tempo real usando aprendizado de máquina em ambiente de computação em névoa.

4.5.3 Funcionalidade (Sensor ou Atuador)

Os sensores são dispositivos responsáveis por coletar, armazenar e processar dados do ambiente, para inferir e fornecer suporte ao processo de tomada de decisão. Em TANWAR *et al.* (2020) os médicos monitorarem eficientemente os pacientes com artrite através luvas inteligentes, as aplicações com supervisão da qualidade do ar são exemplos no uso dos sensores MARQUES e PITARMA (2019a), MARQUES e PITARMA (2019b) e MARQUES *et al.* (2020).

Por outro lado, um atuador é um dispositivo capaz de afetar um domínio específico do espaço físico ou uma combinação deles. Sua função principal é executar ações decididas com base nas informações coletadas pelos sensores. Nos trabalhos estudados, não foram encontradas aplicações com apenas atuadores, isso é devido porque os sistemas usados também coletavam dados do ambiente ou das pessoas que usavam os dispositivos.

Esses sensores e atuadores podem combinar as funcionalidades, sendo assim, tendo a capacidade de coletar dados do ambiente em que estão inseridos, ao mesmo tempo em que podem agir e realizar ações nesse ambiente. Um exemplo é o SAYEED *et al.* (2020) com uma unidade de detecção de convulsões e uma unidade de entrega de drogas. Eles desempenham um papel versátil, sendo capazes de coletar informações relevantes e, ao mesmo tempo, executar ações para interagir com o ambiente de maneira efetiva.

Capítulo 5

Conclusões

O presente trabalho buscou compreender o papel das tecnologias nas cidades sustentáveis e inteligentes, focando na colaboração entre pessoas e objetos voltados a aplicações em IoE. Apoiando em estratégias de gestão do conhecimento, esta pesquisa objetivou modelar um fluxo do conhecimento entre atores humanos e não humanos no contexto da IoE. Além disso, buscou entender as abordagens existentes para implementação das cidades inteligentes em diferentes cenários e identificar futuras tendências e desafios para a implementação.

Com o potencial de contribuir para o desenvolvimento de modelo de fluxo de conhecimento relacionada a aplicações IoE que melhore os processos e tomadas de decisões, em concordância a implementação de novas tecnologias e serviços disponíveis para os cidadãos. Inicialmente, foi explorado um modelo amplo e abrangente, com foco nas cidades urbanas, e posteriormente foi concentrado o estudo em uma área específica, mais precisamente, o setor da saúde.

Este trabalho é um pontapé de partida que orientará tanto pesquisadores interessados neste campo, quanto desenvolvedores de aplicações, para a gestão do conhecimento nesses setores e no desenvolvimento de projetos, serviços e aplicações para as cidades inteligentes no futuro.

Com a grande demanda por tecnologias que forneçam soluções inteligentes, novas estruturas são geradas com o objetivo de auxiliar e suprir tais demandas, tais como a própria IoE, que apesar de derivar da IoT, possui uma forte visão que a destaca no cenário de coisas inteligentes (*smart things*), agregando o elemento humano como um importante sensor a ter sua participação avaliada na geração de conhecimento, ao formar um ciclo de coisas, dados, processos e pessoas que juntas convergem em soluções ainda mais inteligentes e sustentáveis.

O contexto avaliado em relação ao impacto da IoE, foram as cidades inteligentes, isso por conta do grande impacto que o elemento humano possui nesse cenário, contribuindo na construção de soluções inteligentes viáveis para o atendimento de suas próprias necessidades.

5.1 Cenários para futuras cidades sustentáveis e inteligentes

Os centros urbanos tradicionais estão apresentando limitações em atender às diversas demandas atuais e futuras da sociedade, o que aumenta a necessidade de aplicar ideias e novas iniciativas para as cidades inteligentes.

Essas cidades têm potencial de impactar significativamente em várias esferas, incluindo saúde, transporte, lazer e indústria. Este trabalho explora o papel crucial das cidades inteligentes na sociedade atual, analisando estudos relevantes e mapeando o fluxo do conhecimento. Por meio dessa análise, foram identificadas as dimensões e atividades importantes que formam os alicerces das cidades inteligentes, como o engajamento das pessoas, o custo de implementação, o consumo de recursos e a preservação da biodiversidade e do ecossistema.

Este estudo lança luz sobre os obstáculos e dificuldades associados à implementação de conceitos de cidades inteligentes em larga escala, assim como sua importância para o desenvolvimento futuro das cidades. Ao entender esses desafios, pode-se aproveitar melhor o potencial dos avanços tecnológicos em cidades inteligentes para criar ambientes urbanos mais sustentáveis e habitáveis para os residentes.

Com a incorporação dos dispositivos, as futuras cidades inteligentes serão cobertas por sensores que enviarão constantemente sinais para outros dispositivos, os quais responderão aos dados recebidos. Os dispositivos serão integrados a uma rede de alta velocidade, permitindo a transferência eficiente de grandes volumes de dados. Assim, as cidades inteligentes oferecem novas oportunidades de mudança de paradigmas, como o surgimento de novos modelos de negócios e abordagens inovadoras para atividades comerciais, além de impulsionar a melhora da qualidade de vida e bem-estar, ao mesmo tempo que acompanham as preocupações com a cibersegurança resultando em novas agendas políticas dos governos.

A contribuição nessa primeira etapa, é proporcionar uma compreensão completa do estado atual das cidades inteligentes, abrangendo e destacando a importância do desenvolvimento sustentável e os desafios ambientais, econômicos e sociais que elas enfrentam. Adicionalmente, o uso do método revisão da literatura fornece informações valiosas sobre as principais áreas de pesquisa para o avanço do campo das cidades inteligentes.

Esta etapa também oferece uma contribuição à literatura sobre cidades inteligentes e sustentáveis, analisando de forma ampla as tendências futuras, os desafios e oportunidades associados ao seu planejamento. Os resultados podem auxiliar as cidades a planejar e tomar decisões para adotar novas tecnologias, garantindo a sustentabilidade de suas comunidades.

5.1.1 Abordagens para adoção de IoE nas cidades inteligentes

Inicialmente é apresentada uma formulação idealizada de como seria a arquitetura em camadas da IoE, isso pelo fato de não haver uma padronização quanto à sua estrutura, mudando como resultado do contexto em que está inserida. A partir dessa idealização é proposta uma visão arquitetural da IoE no cenário de cidades inteligentes, atribuindo estruturas de camadas que formalizam e atendem de forma ainda genérica um padrão arquitetural derivado da literatura, e que forneça uma visão em torno da atuação do conhecimento nesse ambiente.

Com o objetivo de compreender a criação de conhecimento em diferentes aplicações nos cenários inteligentes de IoE, esta etapa desempenha um papel fundamental na identificação dos fluxos de conhecimento relacionados às camadas da arquitetura IoE. Ao analisar três aplicativos de cidade inteligente, pode-se destacar dois pontos de vista sobre a contribuição e compartilhamento de informações. No caso do aplicativo *Canarin II* (AGUIARI *et al.*, 2018), nota-se uma interação entre o conhecimento humano e o conhecimento não humano, em que o conhecimento tácito dos humanos está focado apenas na compreensão e percepção do ambiente enriquecido por sensores adaptados às bicicletas, enquanto o conhecimento implícito dos sensores fornece análises e *insights*. Já o aplicativo *Smart Campus* considera o agente humano como um agregador de conhecimento.

Como parte essencial deste trabalho, o fluxo do conhecimento foi avaliado e mapeado considerando aplicações destinadas ao cenário de cidades inteligentes, duas focadas na percepção do ambiente e uma para a mobilidade. Essas aplicações foram analisadas quanto ao impacto do conhecimento em suas atividades, avaliando por meio dos facilitadores de IoE (*IoE enablers*, DA COSTA *et al.*, 2021) utilizados para a execução de suas tarefas de sensoriamento e monitoração, integrando nas observações o impacto gerado pela participação do agente humano neste meio. Uma tabela taxonômica de IoE foi utilizada para o suporte à análise, restringindo a observação a três pontos de conhecimento, a explicitação, confiabilidade e resultado.

Os modelos de arquitetura IoE para cidades inteligentes enfatizam a camada de negócios para apoiar as diretrizes e regulamentações de governança, pois tem influência significativa ao considerar o conhecimento coletado de aplicativos de cidade inteligente para orientar a criação de estratégias destinadas a facilitar a vida das pessoas. Este trabalho contribui para o desenvolvimento de um modelo de fluxo de conhecimento arquitetônico, baseado em conhecimento relacionado a aplicativos de IoE para cidades inteligentes, que orientará pesquisadores interessados neste campo, bem como a governança de aplicativos de cidades inteligentes em benefício da sociedade digital. O modelo permite a identificação do conhecimento dos facilitadores da IoE em relação à inteligência e eficiência na realização do estilo de

vida da IoE. Ele fornece ideias para desenvolver um modelo de conhecimento básico que pode ajudar a gerenciar e interconectar sensores inteligentes em cidades inteligentes. Assim, vincula as áreas de foco da cibernética e da engenharia de sistemas.

Com base na análise dessas aplicações, é visível ainda a falta de uma maior integração do componente humano na composição do conhecimento fornecido por essas soluções inteligentes.

Apesar de algumas aplicações apresentarem o agente humano como componente ativo no fornecimento de informações relevantes à aplicação, esse agente, na verdade, apenas agregava com avaliações qualitativas do rendimento da aplicação, ou seja, sua participação ainda era de certa forma indireta.

5.1.2 Desafios específicos para adoção de IoE na saúde

Foi investigado o uso da tecnologia em saúde que melhora a comunicação entre pacientes, profissionais de saúde e máquinas. Servindo como ponto de partida para o desenvolvimento de novas tecnologias que possam integrar dados de várias fontes para fornecer uma visão mais abrangente da saúde do paciente. O estudo também auxilia no desenvolvimento de novas aplicações baseadas para estabelecer parcerias mais estreitas entre as partes interessadas para a implementação de soluções tecnológicas em saúde.

Esta etapa contribui para o desenvolvimento de um modelo de fluxo de conhecimento para aplicativos IoE na área da saúde, que incorpora a colaboração homem-máquina para soluções médicas. Este modelo é sustentado pelas aplicações analisadas nos trabalhos relevantes selecionados na revisão da literatura, que forneceram subsídios para o estudo das fases e sensores mais utilizados em saúde.

A análise de 23 estudos relevantes identificou as fases mais usadas na área da saúde, o que pode ajudar no desenvolvimento de novas aplicações para prevenção, monitoramento, diagnóstico e tratamento de doenças. É possível observar que os trabalhos atuais visam um maior acompanhamento dos usuários e atuam mais no monitoramento de pessoas, mas com o avanço das tecnologias de comunicação, os trabalhos que envolvem prevenção, diagnóstico e tratamento começam a ter mais destaque.

Também apresentamos os sensores mais frequentes nos estudos analisados e os classificamos com uma taxonomia IoE baseada em conhecimento (DA COSTA *et al.* (2021)). Considerando a categoria conhecimento (*Knowledge*), da taxonomia, este estudo analisou três dimensões: (resultados, ação e função (*outcomes, action, role*)).

5.2 Limitações

A partir de uma análise crítica sobre o modelo proposto apresentado nesta dissertação e na abordagem de sua metodologia, puderam ser identificadas diversas limitações. É destacado três dessas limitações que foram consideradas as mais importantes, pois se relacionam com a adoção e implementação das tecnologias nas cidades inteligentes:

- Confiança, segurança e privacidade dos dados

Garantir a confiança, segurança e privacidade dos dados dos pacientes é uma preocupação fundamental no contexto dos serviços e aplicações que utilizam IoE. É de extrema importância de implementar medidas robustas para proteger as informações sensíveis dos usuários.

No futuro, estruturas mais seguras e visando preservar a privacidade usando diferentes protocolos de garantia de segurança como *Blockchain* (NASR *et al.*, 2021) são recomendadas para fornecer comunicação segura de dados entre os usuários (pacientes e suas famílias, especialistas médicos e cuidadores) (NASR *et al.*, 2021).

Portanto, adotar práticas de criptografia, autenticação e controle de acesso adequados, a fim de minimizar riscos de vazamento ou uso indevido de dados.

Nos exercícios de avaliação elaboradas neste trabalho, foram tomadas medidas para obter consentimento informado dos participantes e fornecer transparência sobre como os dados são coletados, armazenados e utilizados.

Embora a confiança, segurança e privacidade dos dados sejam preocupações essenciais na tecnologia de saúde, esta dissertação se concentra em aplicações no setor de saúde, sem considerar a confiança nas aplicações estudadas.

- Baixo consumo de energia e eficiência energética

Considerar o baixo consumo de energia e a eficiência energética é uma preocupação para sistemas de saúde inteligentes baseados em dispositivos vestíveis e *smartphones*, especialmente para monitoramento de pacientes a longo prazo. Estudos com foco em otimizar os algoritmos e processos envolvidos, a fim de reduzir a carga computacional e minimizar o uso de recursos energéticos podem apoiar os sensores ao gerir o recurso da energia. Esses problemas podem ser resolvidos usando equipamentos de baixa potência, baterias de longa duração e técnicas de coleta de energia em pesquisas futuras (NASR *et al.*, 2021). Essas abordagens visam promover a sustentabilidade e reduzir o impacto ambiental do presente trabalho.

- Dados ausentes ou incompletos

A presença de dados ausentes ou incompletos pode representar um desafio significativo no uso de dados na saúde, especialmente na fase de monitoramento, em

especial, no monitoramento remoto. A perda de energia elétrica pode causar a perda de alguns dados que estão sendo coletados. Em situações, como um terremoto ou evento relacionado ao clima, pode causar perda de dados antes de arquivá-los em um local central na nuvem. Isso seria particularmente problemático para pacientes com doenças graves que podem ter o acompanhamento do seu tratamento em casa. Também é desafiador quando vários pacientes têm condições graves que requerem assistência além do que as equipes de saúde podem responder rapidamente (NASR *et al.*, 2021).

Para lidar com essa limitação, adotar estratégias de tratamento de dados faltantes, protocolos de segurança e garantia no fornecimento de energia são fundamentais. Além disso, buscar realizar uma análise cuidadosa dos dados disponíveis, identificando possíveis limitações decorrentes de amostras incompletas.

5.3 Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, evoluir os estudos sobre sistemas inteligentes em IoE para a saúde em cidades inteligentes, partindo dos resultados apresentados neste estudo, com observações mais abrangentes da literatura, além é claro de realizar a análise do conhecimento aplicado à camada de aplicação.

Em adição, acrescentar uma maior abrangência nas observações com aplicações advindas de diferentes pontos de vista, como dos profissionais de saúde ou em ambientes específicos, como hospitais, clínicas ou em casas inteligentes, fornecendo informações valiosas para análise de dados e gestão do conhecimento na indústria e na academia.

Pode-se citar algumas sugestões:

- Um estudo de caso sobre do ponto de vista dos profissionais da saúde para validar o modelo do fluxo do conhecimento;
 - Um modelo de gestão do conhecimento baseado em IoE para apoiar a colaboração entre cidadãos e governos na resolução de problemas urbanos em cidades inteligentes;
 - Uma abordagem de aprendizagem colaborativa entre humanos e máquinas para melhorar a qualidade e a eficiência dos serviços de saúde em cidades inteligentes;
 - Uma análise comparativa dos benefícios e desafios da colaboração homem-máquina em diferentes setores da indústria 4.0;
 - Estudar o impacto da IoE no setor da saúde das cidades inteligentes, considerando os aspectos éticos e legais da coleta e do uso de dados nesse setor;
- e

- Um estudo de caso sobre como a IoE pode facilitar a participação cidadã na elaboração e implementação de políticas públicas em cidades inteligentes, usando ferramentas de visualização e simulação interativas.

Referências Bibliográficas

- ABDEL-BASSET, M., MANOGARAN, G., MOHAMED, M., et al. “Internet of things in smart education environment: Supportive framework in the decision-making process”, *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, v. 31, n. 10, pp. e4515, maio 2019.
- ABDULBAQI, A. S., OBAID, A. J., ALAZAWI, S. A. H. “A Smart System for Health Caregiver Based on IoMT: Toward Tele-Health Caregiving”, *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, v. 17, n. 7, pp. 70–87, jul. 2021.
- AGUIARI, D., DELNEVO, G., MONTI, L., et al. “Canarin II: Designing a smart e- bike eco-system”. In: *2018 15th IEEE Annual Consumer Communications Networking Conference (CCNC)*, pp. 1–6, Las Vegas, NV, USA, jan. 2018.
- AHAD, A., TAHIR, M., YAU, K.-L. A. “5G-Based Smart Healthcare Network: Architecture, Taxonomy, Challenges and Future Research Directions”, *IEEE Access*, v. 7, pp. 100747–100762, jul. 2019.
- AL-BARRAK, L., KANJO, E., YOUNIS, E. M. G. “NeuroPlace: Categorizing urban places according to mental states”, *PLOS ONE*, v. 12, n. 9, pp. e0183890, set. 2017.
- AL-DHIEF, F. T., LATIFF, N. M. A., MALIK, N. N. N. A., et al. “A Survey of Voice Pathology Surveillance Systems Based on Internet of Things and Machine Learning Algorithms”, *IEEE Access*, v. 8, pp. 64514 – 64533, abr. 2020.
- AL-TURJMAN, F., LEMAYIAN, J. P. “Intelligence, security, and vehicular sensor networks in internet of things (IoT)-enabled smart-cities: An

overview”, *Computers Electrical Engineering*, v. 87, pp. 106776, out. 2020.

ALAA, M., ZAIDAN, A. A., BAHAA, B., et al. “A review of smart home applications based on Internet of Things”, *Journal of Network and Computer Applications*, v. 97, set. 2017.

ALDOWAH, H., REHMAN, S. U., GHAZAL, S., et al. “Internet of Things in Higher Education: A Study on Future Learning”. In: *Journal of Physics Conference Series*, p. 012017, Langkawi, Malaysia, nov. 2017.

ALLAM, Z., JONES, D. S. “Future (post-COVID) digital, smart and sustainable cities in the wake of 6G: Digital twins, immersive realities and new urban economies”, *Systematic Reviews*, v. 101, pp. 105201, fev. 2021.

ALMALKI, F.A, ALOTAIBI, A. A., ANGELIDES, M.C. “Coupling multifunction drones with AI in the fight against the coronavirus pandemic”, *Computing*, v. 104, pp. 1033-1059, nov. 2022.

ALSUWAIDAN, L. “Data Management Model for Internet of Everything”. In: *Mobile Web and Intelligent Information Systems*, pp. 331–341, Istanbul, Turkey, jul. 2019.

ANAGNOSTOPOULOS, T., KOSTAKOS, P., ZASLAVSKY, A., et al. “Challenges and Solutions of Surveillance Systems in IoT-Enabled Smart Campus: A Survey”, *IEEE Access*, v. 9, pp. 131926–131954, set. 2021.

ANTHOPOULOS, L. G. “Understanding Smart Cities - A tool for Smart Government or an Industrial Trick?” In: Reddick, C. G. (Ed.), *Understanding Smart Cities - A tool for Smart Government or an Industrial Trick?*, 2 ed., New York, USA, Springer Nature, 2017.

ARIFIANI, L., BUDIASTUTI, I. D., KOSASIH, W., et al. “The Effect of Disruption Technology, and the Future Knowledge Management Toward Service Innovation for Telecommunication Industry 4.0 in Indonesia”, *International Journal of Engineering and advanced Technology (IJEAT)*, v.8, n. 2249-8958, pp.247-257, set. 2019.

BALAJI, S., NATHANI, K., SANTHAKUMAR, R. “IoT Technology, Applications and Challenges: A Contemporary Survey”, *Wireless Personal Communications*, v. 108, n. 1, pp. 363–388, set. 2019.

BALAKRISHNAN, L., KRISHNAVENI. “An Internet of Things (IoT) Based

- Intelligent Framework for Healthcare – A Survey”. In: *2021 3rd International Conference on Signal Processing and Communication (ICPSC)*, pp. 243–251, Coimbatore, India, maio 2021.
- BALCO, P., DRAHOVÁ, M. “Knowledge Management as a Service (KMaaS)”. In: *2016 IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops (FiCloudW)*, pp. 57–62, Vienna, Austria, ago. 2016.
- BAMGBOYE, O., LIU, X., CRUICKSHANK, P. “Towards Modelling and Reasoning About Uncertain Data of Sensor Measurements for Decision Support in Smart Spaces”. In: *2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, pp. 744–749, Tokyo, Japan, jul. 2018.
- BANERJEE, T., PETERSON, M., OLIVER, Q., et al. “Validating a Commercial Device for Continuous Activity Measurement in the Older Adult Population for Dementia Management”, *Smart Health (Amsterdam, Netherlands)*, v. 5-6, pp. 51–62, jan. 2018.
- BANSAL, S., KUMAR, D. “IoT Ecosystem: A Survey on Devices, Gateways, Operating Systems, Middleware and Communication”, *International Journal of Wireless Information Networks*, v. 27, n. 3, pp. 340–364, set. 2020.
- BELLINI, E., BELLINI, P., CENNI, D., et al. “An IoE and Big Multimedia Data Approach for Urban Transport System Resilience Management in Smart Cities”, *Sensors*, v. 21, n. 2, pp. 435, jan. 2021.
- BIBRI, S. E. “A novel model for data-driven smart sustainable cities of the future: the institutional transformations required for balancing and advancing the three goals of sustainability”, *Energy Informatics*, v. 4, n. 1, pp. 4, mar. 2021a.
- BIBRI, S. E. “Data-driven smart sustainable cities of the future: An evidence synthesis approach to a comprehensive state-of-the-art literature review”, *Sustainable Futures*, v. 3, pp. 100047, jan. 2021b.
- BIBRI, S. E., KROGSTIE, J. “Generating a vision for smart sustainable cities of the future: a scholarly backcasting approach”, *European Journal of Futures Research*, v. 7, n. 1, pp. 5, ago. 2019b.
- BIBRI, S. E., KROGSTIE, J. “A scholarly backcasting approach to a novel model for smart sustainable cities of the future: strategic problem orientation”,

City, Territory and Architecture, v. 6, n. 1, pp. 3, ago. 2019a.

BIBRI, S. E., KROGSTIE, J. “Data-Driven Smart Sustainable Cities of the Future: A Novel Model of Urbanism and Its Core Dimensions, Strategies, and Solutions”, *Journal of Futures Studies*, jun. 2020.

BIBRI, S. E., KROGSTIE, J. “A Novel Model for Data-Driven Smart Sustainable Cities of the Future: A Strategic Roadmap to Transformational Change in the Era of Big Data”, *Future Cities and Environment*, v. 7, fev. 2021.

BSI. *PAS 180 – Smart Cities Vocabulary*. In: Report, UK, 2014.

CABRERA, C., PALADE, A., CLARKE, S. “An evaluation of service discovery protocols in the internet of things”. In: *SAC '17: Proceedings of the Symposium on Applied Computing*, pp. 469–476, Marrakech, Morocco, abr. 2017.

CAMBOIM, G. F., ZAWISLAK, P. A., PUFAL, N. A. “Driving elements to make cities smarter: Evidences from European projects”, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 142, pp. 154–167, maio 2019.

CARAGLIU, A., BO, C. F. D. “Do Smart Cities Invest in Smarter Policies? Learning From the Past, Planning for the Future”, *Social Science Computer Review*, v. 34, n. 6, pp. 657–672, 2016.

CARCHIOLO, V., LONGHEU, A., TINELLA, S., et al. “Data Collection via Wearable Medical Devices for Mobile Health”. In: *13th International Conference on Health Informatics*, pp. 586–592, Malta, jan. 2020.

CARTAXO, B., PINTO, G., SOARES, S. “The Role of Rapid Reviews in Supporting Decision-Making in Software Engineering Practice”. In: *EASE'18: Proceedings of the 22nd International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering 2018*, p. 24–34, Christchurch New Zealand, jun. 2018.

CHAUHAN, D., JAY KUMAR JAIN. “A Journey from IoT to IoE”, *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, v. 8, n. 11, pp. 966–969, 2019.

CHEN, Y., ZHU, P., HE, G., et al. “From Connected People, Connected Things, to Connected Intelligence”. In: *2020 2nd 6G Wireless Summit (6G SUMMIT)*, pp. 1–7, Levi, Finland, mar. 2020.

CHEVALLIER, C., LAARRAF, Z. LACAM, J., S., et al. “Competitive intelligence, knowledge management and coepetition: The case of European

- high-technology firms”, *Business Process Management Journal*, v. 22, n. 6, pp. 1192–1211, nov. 2016.
- COSTALES, E. “Identifying sources of innovation: Building a conceptual framework of the Smart City through a social innovation perspective”, *Cities*, v. 120, n. 0264-2751, pp. 103459, jan. 2022.
- DA COSTA, V. C. F. *A Knowledge-based Approach to Support Internet Of Everything (IoE) Lifestyle*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2022.
- DA COSTA, V. C. F., OLIVEIRA, L., DE SOUZA, J. “Internet of Everything (IoE) Taxonomies: A Survey and a Novel Knowledge-Based Taxonomy”, *Sensors*, v. 21, n. 2, pp. 568, jan. 2021.
- DE MATOS, E., AMARAL, L. A., HESSEL, F. P. “Context-Aware Systems: Technologies and Challenges in Internet of Everything Environments”. In: *Beyond the Internet of Things: Everything Interconnected*, v. Eds, *Internet of Things*, Springer International Publishing: Cham, pp. 1–25, 2017.
- DE SOUZA, B. P., MOTTA, R. C., TRAVASSOS, G. H. “Towards the Description and Representation of Smartness in IoT Scenarios Specification”. In: *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*, p. 511–516, Salvador, Brazil, 2019.
- DHILLON, A., SINGH, A., VOHRA, H., et al. “IoT Pulse: machine learning-based enterprise health information system to predict alcohol addiction in Punjab (India) using IoT and fog computing”, *Enterprise Information Systems*, v. 16, n. 7, pp. 1820583, jul. 2022.
- DORAN, D., GOKHALE, S., DAGNINO, A. “Human Sensing for Smart Cities”. In: *2013 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM 2013)*, pp. 1323–1330, Niagara Falls, Canada, ago. 2013.
- ELANKAVI, D. R., KRISHNAMOORTHY, P., JOSE, J. J., et al. “Smart IoT based Human Well-being Monitoring in Health Care System”. In: *2022 3rd International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*, pp. 1775–1782, Coimbatore, India, ago. 2018.
- ERIS, O., DRURY, J., ERCOLINI, D. “A collaboration-focused taxonomy of the Internet of Things”. In: *2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, pp. 29–34, Milan, Italy, 2015.

- FOTOUHI-GHAZVINI, F., ABBASPOUR, S. “Wearable wireless sensors for measuring calorie consumption”, *Journal of medical signals and sensors*, v. 10, n. 1, pp. 19, fev. 2020.
- FRAGA-LAMAS, P., FERNÁNDEZ-CARAMÉS, T. M., SUÁREZ-ALBELA, M., et al. “A Review on Internet of Things for Defense and Public Safety”, *Sensors*, v. 16, n. 10, pp. 1644, 2016.
- GAO, T., CHAI, Y., LIU, Y. “A review of knowledge management and future research trend”. In: *ICCSE'17: Proceedings of the 2nd International Conference on Crowd Science and Engineering*, p. 82–92, Beijing, China, jul. 2017.
- GEORGI, N., JEANNÈS, R. L. B. “Proposal of a health monitoring system for continuous care”. In: *2017 Fourth International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME)*, pp. 1–4, Beirut, Lebanon, out. 2017.
- GHOSH, A., CHAKRABORTY, D., LAW, A. “Artificial Intelligence in Internet of Things”, *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, v. 3, n. 4, pp. 208–218, out. 2018.
- GIL, D., FERRÁNDEZ, A., MORA-MORA, H., et al. “Internet of Things: A Review of Surveys Based on Context Aware Intelligent Services”, *Sensors*, v. 16, pp. 1069, jul. 2016.
- HAMEL, C., MICHAUD, A., THUKU, M., et al. “Defining Rapid Reviews: a systematic scoping review and thematic analysis of definitions and defining characteristics of rapid reviews”, *Journal of Clinical Epidemiology*, v. 129, pp. 74–85, jan. 2021.
- HAQUE, A. K. M. B., BHUSHAN, B., DHIMAN, G. “Conceptualizing smart city applications: Requirements, architecture, security issues, and emerging trends”, *Expert Systems*, v. 39, n. 5, jun. 2021.
- HARLOW, H. D. “Developing a knowledge management strategy for data analytics and intellectual capital”, *Meditari Accountancy Research*, v. 26, n. 3, pp. 400–419, jul. 2018.
- HE, Z., HAASIS, H.-D. “A Theoretical Research Framework of Future Sustainable Urban Freight Transport for Smart Cities”, *Sustainability*, v. 12, n. 5, pp. 1975, jan. 2020.

- HOLMBOE, E. S., DURNING, S. J. “Assessing clinical reasoning: moving from in vitro to in vivo”, *Diagnosis (Berlin, Germany)*, v. 1, n. 1, pp. 111–117, jan. 2014.
- HONG, V. N. H., ANH, L. T. “Development Trends of Smart Cities in the Future – Potential Security Risks and Responsive Solutions”, *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, v. 5, n. 4, pp. 548–556, maio 2020.
- HONNURVALI, M. S., GUPTA, N., GOH, K., et al. “Can Future Smart Cities Powered by 100 Renewables and Made Cyber Secured-A Analytical Approach”. In: *2019 IEEE 12th International Conference on Global Security, Safety and Sustainability (ICGS3)*, pp. 206–212, London, UK, jan. 2019.
- IAIONE, C., NICTOLIS, E. D., SUMAN, A. B. “The Internet of Humans (IoH): Human Rights and Co-Governance to Achieve Tech Justice in the City”, *The Law Ethics of Human Rights*, v. 13, n. 2, pp. 263–299, nov. 2019.
- IBRAHIM, M., EL-ZAART, A., ADAMS, C. “Smart sustainable cities roadmap: Readiness for transformation towards urban sustainability”, *Sustainable Cities and Society*, v. 37, pp. 530–540, fev. 2018.
- ISO-IEC-JTC1. *Smart cities Preliminary Report 2014*. In: Report, Switzerland, 2015.
- ITU. *Smart sustainable cities: An analysis of definitions*. In: Report, Focus Group on Smart Sustainable Cities, 2014.
- KHAJENASIRI, I., ESTEBSARI, A., VERHELST, M., et al. “A Review on Internet of Things Solutions for Intelligent Energy Control in Buildings for Smart City Applications”, *Energy Procedia*, v. 111, pp. 770–779, Mar. 2017.
- KHAN, W.Z., XIANG, Y., AALSALEM, M., Y., ARSHAD., Q. “Mobile phone sensing systems: A survey”. In: *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, v. 15, n. 1, pp. 402-427, Apr. 2013.
- KHOWAJA, S.A., KHUWAJA, P., DEV, K., D’ANIELLO., G. “VIRFIM: an AI and internet of medical things-driven framework for healthcare using smart sensors”. In: *Neural computing and applications*, pp. 1-18, set. 2021.

- KITCHENHAM, B. et al. Systematic literature reviews in software engineering – A tertiary study. *Information and Software Technology*, v. 52, n 8, p. 792-805, ago. 2010.
- LANE, N., D., EISENMAN, S., B., MUSOLESI, M., et al. “Urban sensing systems: opportunistic or participatory?” In: *Proceedings of the 9th workshop on Mobile computing systems and applications*, p. 11-16, New York, USA, 2008.
- LIM, T.-Y., CHUA, F.-F., TAJUDDIN, B. B. “Elicitation Techniques for Internet of Things Applications Requirements: A Systematic Review”. In: *Proceedings of the 2018 VII International Conference on Network, Communication and Computing*, p. 182–188, Taipei City, Taiwan, 2018.
- LIN, C., TAN, B., CHANG, S. “An exploratory model of knowledge flow barriers within healthcare organizations”, *Information Management*, v. 45, n. 5, pp. 331–339, jul. 2008.
- LOM, M., PRIBYL, O., SVITEK, M. “Industry 4.0 as a part of smart cities”. In: *2016 Smart Cities Symposium Prague (SCSP)*, pp. 1–6, Prague, Czech Republic, maio 2016.
- MACCARI, L., KARALIOPOULOS, M., KOUTSOPOULOS, I., et al. “5G and the Internet of EveryOne: Motivation, Enablers, and Research Agenda”. In: *2018 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*, pp. 429–433, Ljubljana, Slovenia, jun. 2018.
- MAHDAVINEJAD, M. S., REZVAN, M., BAREKATAIN, M., et al. “Machine learning for internet of things data analysis: a survey”, *Digital Communications and Networks*, v. 4, n. 3, pp. 161–175, ago. 2018.
- MALIK, F., SHAH, M. A. “Smart city: A roadmap towards implementation”. In: *2017 23rd International Conference on Automation and Computing (ICAC)*, pp. 1–6, Huddersfield, UK, 2017.
- MANESH, M. F., PELLEGRINI, M. M., MARZI, G., et al. “Knowledge Management in the Fourth Industrial Revolution: Mapping the Literature and Scoping Future Avenues”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 68, n. 1, pp. 289-300, fev. 2021.
- MARCO, A. D., MANGANO, G. “Evolutionary trends in smart city initiatives”, *Sustainable Futures*, v. 3, pp. 100052, jan. 2021.
- MARJANI, M., NASARUDDIN, F., GANI, A., et al. “Big IoT Data Analytics: Architecture, Opportunities, and Open Research Challenges”, *IEEE*

Access, v. 5, pp. 5247 – 5261, mar. 2017.

MARQUES, G., MIRANDA, N., BHOI, A. K., et al. “Internet of Things and Enhanced Living Environments: Measuring and Mapping Air Quality Using Cyber-physical Systems and Mobile Computing Technologies”, *Sensors*, v. 20, n. 3, pp. 720, jan. 2020.

MARQUES, G., PITARMA, R. “A Cost-Effective Air Quality Supervision Solution for Enhanced Living Environments through the Internet of Things”, *Electronics*, v. 8, n. 2, pp. 170, fev. 2019a.

MARQUES, G., PITARMA, R. “mHealth: Indoor Environmental Quality Measuring System for Enhanced Health and Well-Being Based on Internet of Things”, *Journal of Sensor and Actuator Networks*, v. 8, n. 3, pp. 43, 2019b.

MARTÍNEZ-BELLO, N., CRUZ-PRIETO, M. J., GÜEMES-CASTORENA, D., et al. “A Methodology for Designing Smart Urban Living Labs from the University for the Cities of the Future”, *Sensors*, v. 21, n. 20, pp. 6712, jan. 2021.

MEADOWS, M., KOUW, M. “Future-making: inclusive design and smart cities”, *Sustainable Cities and Society*, v. 24, n. 2, pp. 52-56, fev. 2017.

MIN, K., YOON, M., FURUYA, K. “A Comparison of a Smart City’s Trends in Urban Planning before and after 2016 through Keyword Network Analysis”, *Sustainability*, v. 11, n. 11, pp. 3155, jan. 2019.

MIRAZ, M. H., ALI, M., EXCELL, P. S., et al. “A review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT)”. In: *2015 Internet Technologies and Applications (ITA)*, pp. 219–224, Wrexham, UK, 2015.

MISHRA, S., TRIPATHI, A. R., SINGH, R., et al. *Design and Implementation of Internet of Everything’s Business Platform Ecosystem*. Research Square, 2021.

MOHAMED, N., AL-JAROODI, J., JAWHAR, I., et al. “Unmanned aerial vehicles applications in future smart cities”, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 153, pp. 119293, abr. 2020.

MOHER, D., LIBERETI, A., TELZLAFF, J., et al. “Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement”, *Systematic Reviews*, v. 6, n. 7, pp. e1000097, Jul. 2009.

- MOHER, D., STEWART, L., SHEKELLE, P. “All in the Family: systematic reviews, rapid reviews, scoping reviews, realist reviews, and more”, *Systematic Reviews*, v. 4, n. 1, pp. 183, Dez. 2015.
- MOTTA, R., C., OLIVEIRA, K., TRAVASSOS, G., H. “A conceptual perspective on interoperability in context-aware software systems”, *Information and Software Technology*, v. 114, pp. 231-257, Out. 2019.
- MONREAL, C. O. “Future Urban Mobility Group: Smart Cities Research Institute Swinburne University of Technology, Melbourne Australia [ITS Research Lab]”, *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, v. 10, n. 2, pp. 203–205, abr. 2018.
- NASR, M., SHEHATA, M. M. I. S., KARRAY, F., et al. “Smart Healthcare in the Age of AI: Recent Advances, Challenges, and Future Prospects”, *IEEE Access*, v. 9, pp. 145248–145270, out. 2021.
- NIDHYA, R., KUMAR, M., RAVI, R. V., et al. “Enhanced Route Selection (ERS) algorithm for IoT enabled smart waste management system”, *Environmental Technology Innovation*, v. 20, pp. 101116, Nov. 2020.
- NISSEN, M. E. “An Extended Model of Knowledge-Flow Dynamics”, *Communications of the Association for Information Systems*, v. 8, n. 1, pp. 251–266, jan. 2002.
- NONAKA, I. “A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation”, *Organization Science*, v. 5, n. 1, pp. 14–37, fev. 1994.
- NONAKA, I., KONNO, N. “The Concept of “Ba”: Building a Foundation for Knowledge Creation”, *California Management Review*, v. 40, n. 3, pp. 40–54, abr. 1998.
- OGONJI, M. M., OKEYO, G., WAFULA, J. M. “A survey on privacy and security of Internet of Things”, *Computer Science Review*, v. 38, pp. 100312, nov. 2020.
- OLOKODANA, I. L., MOHANTY, S. P., KOUGIANOS, E., et al. “Real-Time Automatic Seizure Detection Using Ordinary Kriging Method in an Edge- IoMT Computing Paradigm”, *SN Computer Science*, v. 1, n. 5, pp. 258, ago. 2020.
- OMONIWA, B., HUSSAIN, R., JAVED, M. A., et al. “Fog/Edge Computing-Based IoT (FECIoT): Architecture, Applications, and Research Issues”,

- IEEE Internet of Things Journal*, v. 6, n. 3, pp. 4118–4149, jun. 2019.
- ØSTERGAARD, C. R. “Knowledge flows through social networks in a cluster: Comparing university and industry links”, *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 20, pp. 196–210, 2009.
- PAES, V. C., PESSOA, C. H. M., COSTA, V. C. F. D., et al. “IoE Knowledge Flow Model in Smart Cities”. In: *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)*, pp. 982–987, Prague, Czech Republic, nov. 2022.
- PAES, V. C., PESSOA, C. H. M., PAGLIUSI, R. P., et al. “Analyzing the Challenges for Future Smart and Sustainable Cities”, *Sustainability*, v. 15, n. 10, pp. 7996, 2023.
- PARLINA, A., RAMLI, K., ENDRI MURFI. “Exposing Emerging Trends in Smart Sustainable City Research Using Deep Autoencoders-Based Fuzzy C-Means”, *Sustainability*, v. 13, n. 5, pp. 2876, jan. 2021.
- PLIATSIOS, A., GOUMOPOULOS, C., I., K. “A Review on IoT Frameworks Supporting Multi-Level Interoperability -The Semantic Social Network of Things Framework”, *International Journal on Advances in Internet Technology*, v. 13, n. 1, pp. 46–64, jul. 2020.
- PRAMANIK, P. K. D., SOLANKI, A., DEBNATH, A., et al. “Advancing Modern Healthcare With Nanotechnology, Nanobiosensors, and Internet of Nano Things: Taxonomies, Applications, Architecture, and Challenges”, *IEEE Access*, v. 8, pp. 65230–65266, abr. 2020.
- RAFA, N. S., AZMAL, B. B., DHRUBA, A. R., et al. “IoT-Based Remote Health Monitoring System Employing Smart Sensors for Asthma Patients during COVID-19 Pandemic”, *Wireless Communications and Mobile Computing*, v. 2022, pp. e6870358, jun. 2022.
- ROY, S., CHOWDHURY, C. “Integration of Internet of Everything (IoE) with Cloud”. In: *Beyond the Internet of Things: Everything Interconnected*, Internet of Things, Springer International Publishing, pp. 199–222, 2017.
- ROZSA, V., DENISCZWICZ, M., DUTRA, M., et al. “An Application Domain-Based Taxonomy for IoT Sensors”. In: *Transdisciplinary Engineering: Crossing Boundaries*, v. 4, *Advances in Transdisciplinary Engineering*, IOS Press, pp. 249 – 258, 2016.

- SACHIDANANDA, V., SIBONI, S., SHABTAI, A., et al. “Let the Cat Out of the Bag: A Holistic Approach Towards Security Analysis of the Internet of Things”. In: *IoTPTS '17: Proceedings of the 3rd ACM International Workshop on IoT Privacy, Trust, and Security*, pp. 3–10, Abu Dhabi, United Arab, Emirates, abr. 2017.
- SAHINEL, D., AKPOLAT, C., GÖKÜR, O. C., et al. “Integration of Human Actors in IoT and CPS Lands- cape”. In: *2019 IEEE 5th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, pp. 485–490, Limerick, Ireland, abr. 2019.
- SAYEED, M. A., MOHANTY, S. P., KOUGIANOS, E., et al. “iDDS: An Edge-Device in IoMT for Automatic Seizure Control using On-Time Drug Delivery”. In: *2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pp. 1–6, Las Vegas, NV, USA, jan. 2020.
- SCHIMA, R., PASCHEN, M., DIETRICH, P., et al. “City of the Future: Urban Monitoring based on Smart Sensors and Open Technologies”. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Sensor Networks*, p. 116–120, Prague Czech Republic, fev. 2019.
- SCHNIEDERJANS, D. G., CURADOB, C., KHALAJHEDAYATI, M. “Supply chain digitisation trends: An integration of knowledge management”, *International Journal of Production Economics*, v. 220, pp. 107439, fev. 2020.
- SETHI, P., SARANGI, S. R. “Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications”, *Journal of Electrical and Computer Engineering*, v. 2017, pp. 1–25, jan. 2017.
- SHAHID, N., ANEJA, S. “Internet of Things: Vision, application areas and research challenges”. In: *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, pp. 583–587, Palladam, India, fev. 2017.
- SHARIPUDIN, A., ISMAIL, W. “Internet of Medical Things (IoMT) for Patient Healthcare Monitoring System”. In: *2019 IEEE 14th Malaysia International Conference on Communication (MICC)*, pp. 69–74, Selangor, Malaysia, dez. 2019.
- SHILPA, A., MUNEESSWARAN, V., RATHINAM, D. D. K., et al. “Exploring the Benefits of Sensors in Internet of Everything (IoE)”. In: *2019 5th International Conference on Advanced Computing Communication Systems (ICACCS)*, pp. 510–514, Coimbatore, India, mar. 2019.

- SHOLLA, S., NAAZ, R., CHISHTI, M. A. “Ethics Aware Object Oriented Smart City Architecture”, *China Communications*, v. 14, n. 5, pp. 160–173, maio 2017.
- SINHA. State of IoT 2023: Number of connected IoT devices growing 16% to 16.7 billion globally. May., 2023. Disponível em: < <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/> >. Acesso em Julho 13, 2023.
- SLOW, E., TIROPANIS, T., HALL, W. “Analytics for the Internet of Things: A Survey”, *ACM Computing Surveys*, v. 51, n. 4, pp. 1–36, jul. 2018.
- SMUTNÝ, P. “Different perspectives on classification of the Internet of Things”. In: *2016 17th International Carpathian Control Conference (ICCC)*, pp. 692–696, High Tatras, Slovakia, maio 2016.
- SRINIVASAN, C., BODDUNA, R., SAIKALYAN, P., et al. “A review on the different types of internet of things (IoT)”, *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, v. 11, n. 1, pp. 154–158, jan. 2019.
- STOLLENWERK, M.F.I. “Gestão do conhecimento: conceitos e modelos”. In: TARAPANOF, K. (Org.), *Inteligência organizacional e competitiva.*, Brasília: UNB, p. 143-163, 2001.
- TANWAR, S., VORA, J., KANERIYA, S., et al. “Human Arthritis Analysis in Fog Computing Environment Using Bayesian Network Classifier and Thread Protocol”, *IEEE Consumer Electronics Magazine*, v. 9, n. 1, pp. 88–94, jan. 2020.
- TASTAN, M., GÖKOZAN, H. “Real-Time Monitoring of Indoor Air Quality with Internet of Things-Based E-Nose”, *Applied Sciences*, v. 9, n. 16, pp. 3435, jan. 2019.
- TINZ, P., TINZ, J., ZANDER, S. “Knowledge Management Models for the Smart Factory: A Comparative Analysis of Current Approaches”. In: *11th International Conference on Knowledge Management and Information Systems*, pp. 398–404, Vienna, Austria, jan. 2019.
- TRICCO, A. C., ANTONY, J., ZARIN, W., et al. “A scoping review of rapid review methods”, *BMC Medicine*, v. 13, n. 1, pp. 224, 2015.
- TRIPATHY, A. K., MOHAPATRA, A. G., MOHANTY, S. P., et al. “EasyBand:

- A Wearable for Safety-Aware Mobility During Pandemic Outbreak”, *IEEE Consumer Electronics Magazine*, v. 9, n. 5, pp. 57–61, 2020.
- UGOLINI, M., SMITH, E. “A Closer Look to the Future of Smart Cities”. In: *2019 CTTE-FITCE: Smart Cities Information and Communication Technology (CTTE-FITCE)*, pp. 1–6, Ghent, Belgium, 2019.
- VALDEZ, A.-M., COOK, M., POTTER, S. “Roadmaps to utopia: Tales of the smart city”, *Urban Studies*, v. 55, n. 15, pp. 3385–3403, fev. 2018.
- VELASQUEZ, K., ABREU, D. P., ASSIS, M. R. M., et al. “Fog orchestration for the Internet of Everything: state-of-the-art and research challenges”, *Journal of Internet Services and Applications*, v. 9, n. 1, pp. 14, jul. 2018.
- WAMBA, S. F., QUEIROZ, M. “A Bibliometric Analysis and Research Agenda on Smart Cities”. In: *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, v. 558, *ICT Unbounded, Social Impact of Bright ICT Adoption*, Springer International Publishing, pp. 325–335, 2019.
- WANG, Z., GAO, Z. “Analysis of real-time heartbeat monitoring using wearable device Internet of Things system in sports environment”, *Computational Intelligence*, v. 37, n. 3, pp. 1080–1097, jul. 2021.
- WEY, W.-M., CHING, C.-H. “The Application of Innovation and Catapult Research Techniques to Future Smart Cities Assessment Framework”. In: *2018 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, pp. 1–6, New Taipei, Taiwan, jun. 2018.
- WHITMORE, A., AGARWAL, A., XU, L. D. “The Internet of Things—A survey of topics and trends”, *Information Systems Frontiers*, v. 17, n. 2, pp. 261–274, abr. 2015.
- WOOLF, S. H. “The Power of Prevention and What It Requires”, *JAMA*, v.299, n. 20, pp. 2437–2439, maio 2008.
- YAQOUB, I., HASHEM, I. A. T., GANI, A., et al. “Big data: From beginning to future”, *International Journal of Information Management*, v. 36, n. 6, Part B, pp. 1231–1247, 2016.
- YU, J., KIM, Y.-M., KWON, S., et al. “A Study on the Virtuous Circle Self-Learning Methods for Knowledge Enhancement”. In: *2017 International Conference on Platform Technology and Service (PlatCon)*, pp. 1–6, Busan, Korea (South), 2017.

ZHU, X. “Teaching Mode of “Integration of Theory and Practice” of NC Machining Technology and Programming in Application-Oriented Universities”, *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1578, n. 1, pp. 012187, jul. 2020.

ZHUGE, H. “A knowledge flow model for peer-to-peer team knowledge sharing and management”, *Expert Systems with Applications*, v. 23, n. 1, pp. 23–30, jul. 2002.

ZHUGE, H. “Knowledge flow network planning and simulation”, *Decision Support Systems*, v. 42, n. 2, pp. 571–592, nov. 2006.