



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO

JÚLIO CESAR DOS SANTOS

CIDADE SABIDA: Uma proposta de integração de dados urbanos utilizando CIM-DL

Recife

2022

JÚLIO CESAR DOS SANTOS

CIDADE SABIDA: Uma proposta de integração de dados urbanos utilizando CIM-DL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Desenvolvimento Urbano. Área de concentração: Desenvolvimento Urbano.

Orientador: Prof. Dr. Max Lira Veras Xavier de Andrade

Recife

2022

Catálogo na fonte
Bibliotecária Jéssica Pereira de Oliveira – CRB-4/2223

S237c Santos, Júlio Cesar dos
Cidade SABIDA: uma proposta de integração de dados urbanos utilizando CIM-DL / Júlio Cesar dos Santos. – Recife, 2022.
142f.: il.

Sob orientação de Max Lira Veras Xavier de Andrade.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, 2022.

Inclui referências.

1. Gestão da informação. 2. Modelagem de dados. 3. Cidades inteligentes. 4. CIM. I. Andrade, Max Lira Veras Xavier de (Orientação). II. Título.

711.4 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2022-154)

JÚLIO CESAR DOS SANTOS

CIDADE SABIDA: Uma proposta de integração de dados urbanos utilizando CIM-DL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Desenvolvimento Urbano. Área de concentração: Desenvolvimento Urbano.

Aprovada em: 07/03/2022.

Banca Examinadora

Prof. Max Lira Veras Xavier de Andrade (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Daniel Ribeiro Cardoso (Examinadora Externa)
Universidade Federal do Ceará

Profa. Andrea Flavia Tenório Carneiro (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Iana Ludermir Bernardino (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

A todos os enlutados pela Covid19 no Brasil,
que a tragédia de um Governo contra o seu povo não se repita.

AGRADECIMENTOS

Embora o processo de pesquisa seja, na maioria das vezes, solitário e realizado nas madrugadas, nunca é um trabalho individual. Esta dissertação é fruto de muito esforço coletivo daqueles que me acolheram nesta jornada. Agradeço imensamente ao Professor Max Andrade, por ter me acolhido sob sua orientação nesse percurso, mesmo sem nunca termos nos encontrado pessoalmente devido a pandemia, agradeço pelos finais de semana e esforço contínuo para a realização deste trabalho. Aos amigos do LAC, pela troca de experiências e conselhos que sempre enriqueceram este trabalho. Nesse mesmo sentido, também é importante agradecer ao time do MDU, aos professores e especialmente a Renata que sempre foi solícita em tudo que foi preciso.

Agradeço as mulheres que sempre me acolheram, minha mãe, Dona Zélia, que me recebeu quando tive que desfazer os planos de morar em Recife, minhas irmãs Alexsandra, Juciela e Jucileia, que sempre me incentivaram e acolheram nos momentos em que a vontade de continuar diminuía, e Camila, grande amiga de UFPE que me acolheu durante minha mudança. Agradeço ao meu pai e irmãos pela presença nas minhas necessidades e compreensão nas minhas ausências, a Ítalo que desde a graduação é um amigo que me faz continuar tentando, mesmo quando as oportunidades se mostram contrárias, Ailma que é meu exemplo de determinação e todos os amigos que não citei aqui, mas que me apoiaram e acreditaram na ideia de que, mesmo contra todos os infortúnios, meu caminho era este.

Por fim, agradeço a CAPES pelo financiamento desta pesquisa, bem como aos pesquisadores e cientistas que permanecem firmes em tempos de negacionismo, que mesmo contra obstáculos colossais, continuam desobedientemente acreditando que a razão superará o fascismo, acreditando que, como já diria Chico Buarque, amanhã será outro dia.

“[...] é um erro capital teorizar antes de se ter dados. Insensivelmente, começa-se a torcer os fatos para se adequar às teorias, em vez de teorias para se adequar aos fatos” (DOYLE, 1981, p. 142, tradução nossa).

RESUMO

O crescimento populacional e a prospecção da urbanização no Brasil têm gerado novas necessidades para o planejamento e a gestão de cidades. Neste contexto, a utilização do pensamento conceitual contemporâneo, enxergando as cidades como sistemas que evoluem e são reativos flexíveis, faz uso dos avanços nas Tecnologias da Informação e Comunicação como recursos para auxiliar na melhoria da qualidade das cidades, principalmente sob a perspectiva da coleta de dados urbanos que agilizem e contribuam com a tomada de decisão para o desenvolvimento urbano. Este trabalho emprega o método *Design Science Research* para desenvolver um artefato denominado nessa pesquisa como Sistema de Armazenamento Baseado em Dados Informações e Análises da cidade (Cidade SABIDA). Este artefato, em vias da heterogeneidade das fontes de dados da cidade, busca utilizar o conceito de *City Information Modeling – Data Layers* (CIM-DL) para confeccionar um arranjo de dados qualitativo, que se adeque a estrutura político-administrativa dos municípios brasileiros de médio porte, visando auxiliar na tomada de decisões de planejamento e gestão dessas cidades. Como resultados, a pesquisa apresenta uma alternativa para gestão e integração de dados urbanos com foco no arranjo qualitativo de dados, sugerindo ainda aprimoramentos que podem ser desenvolvidos em pesquisas futuras.

Palavras-chave gestão da informação; modelagem de dados; cidades inteligentes; CIM.

ABSTRACT

Population growth and the prospect of urbanization in Brazil have created new needs for city planning and management. In this context, advances in Information and Communication Technologies appear as resources to help improve the quality of cities, mainly from the perspective of urban data collection that speed up and improve decision-making for urban development. This work employs the Design Science Research method to develop an artifact called the City Information and Analysis Data-Based Storage System (Cidade SABIDA). This artifact, due to the heterogeneity of the city's data sources, seeks to use the concept of City Information Modeling – Data Layers (CIM-DL) to create a qualitative data arrangement that fits the political-administrative structure of Brazilian municipalities medium-sized, aiming to assist in the decision making of planning and management of these cities. As a result, the research presents an alternative for the management and integration of urban data with a focus on the qualitative arrangement of data, also suggesting improvements that can be developed in future research.

Keywords: information management; data modeling; smart cities; CIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema de condução do Design Science Research.....	24
Figura 2 -	Esquema de condução do Design Science Research adaptado à presente pesquisa.....	26
Figura 3 -	Visualização de palavras-chave	32
Figura 4 -	Trabalhos por assunto abordado	33
Figura 5 -	Publicações por ano.....	33
Figura 6 -	Distribuição de artigos por país.....	34
Figura 7 -	Representação topológica dos estoques do mercado imobiliário GV-CREM (esquerda) e modelo VNG (direita)	44
Figura 8 -	Síntese da pesquisa.....	55
Figura 9 -	Modelo de construção em níveis de detalhes de 1 a 4	61
Figura 10 -	(a) Representação do modelo físico 3D preparado. (b) Representação do modelo jurídico definido	65
Figura 11 -	Integração entre dados alfanumérica e a componente espacial.....	66
Figura 12 -	Relações entre Tecnologia da Informação e a integração de sistemas urbanos	68
Figura 13 -	Ambiente de dados integrados	70
Figura 14 -	Fluxo de dados para interoperabilidade	74
Figura 15 -	Fluxo de estruturação de camadas de dados	79
Figura 16 -	Fluxo de interoperabilidade.....	81
Figura 17 -	Fluxo de estruturação de camadas de dados (Censo Escolar).....	82
Figura 18 -	Fluxo de estruturação de camadas de dados (CNES).....	82
Figura 19 -	Fluxo de estruturação de camadas de dados (Concessionárias).....	83
Figura 20 -	Fluxo de estruturação de camadas de dados (Associações)	84
Figura 21 -	Fluxo de estruturação de camadas de dados (completo).....	85

Figura 22 -	Diagrama de seleção de dados	86
Figura 23 -	Diagrama de seleção de dados (projeto de mobilidade).....	87
Figura 24 -	Diagrama de seleção de dados (educação no trânsito).....	87
Figura 25 -	Mapa de localização Arapiraca	90
Figura 26 -	Exemplo de aplicação da função Within.....	96
Figura 27 -	Código SQL para criação da tabela de Indexação	97
Figura 28 -	Visualização da tabela de indexação.....	98
Figura 29 -	Visualização de camadas indexadas.....	98
Figura 30 -	Processos de Usucapião (vermelho) e abertura de empresas (azul).....	100
Figura 31 -	Fluxo de Estruturação Usucapião e Facilita.....	101
Figura 32 -	Diagrama de arranjo de dados do artefato.....	101
Figura 33 -	Mapa de Taxa de adensamento comercial e serviços.....	105
Figura 34 -	Índice de Lote Usucapido.....	109
Figura 35 -	Mapa Taxa de Uso Residencial.....	112
Figura 36 -	Entrevista prévia realizada para alinhamento da avaliação em 18/11/2021	116
Figura 37 -	Participantes entrevista GTINFO	119
Figura 38 -	Satisfação com o artefato	123
Figura 39 -	Instanciação da pesquisa de acordo com modelo DSR.....	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Estruturação dos procedimentos do MSL.....	28
Quadro 2 -	Autores mais citados na etapa bola de neve	29
Quadro 3 -	Resultados da busca por Bola de Neve.....	30
Quadro 4 -	Busca em revistas brasileiras	31
Quadro 5 -	Protocolo CumInCAD	35
Quadro 6 -	Exemplos de Objeto Territorial Legal - OTL	63
Quadro 7 -	Critérios mínimos para um modelo CIM-DL	75
Quadro 8 -	Relação de categorias das componentes espaciais.....	76
Quadro 9 -	Relação de softwares utilizados.....	93
Quadro 10 -	Síntese de indicadores.....	103
Quadro 11 -	Perguntas realizados ao responsável pelo departamento	115
Quadro 12 -	Perguntas aplicadas aos grupos focais	117
Quadro 13 -	Resultado da discussão com Grupo Focal 1	120
Quadro 14 -	Aprimoramentos recomendados para o artefato	124

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Proteção Permanente
BI	Business Intelligence
BIM	Building Information Modeling
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CIM	City Information Modeling
CIM-BE	City Information Modeling - Built Environment
CIM-DL	City Information Modeling - Data Layers
CIM-SP	City Information Modeling - Shape Parameters
CMUV	Comitê Municipal de Uso Viário
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
CRMS	Collaborative Road Mobility System
CTM	Cadastro Territorial Multifinalitário
DSR	Design Science Research
EB/DSG	Diretoria de Serviços Geográficos do Exército
ERP	Enterprise Resource Planning
GIS	Geographic Information System
INDA	Infraestrutura Nacional de Dados Abertos
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
ITS	Intelligent Transportation Systems
LOD	Level of detail
MSL	Mapeamento Sistemático da Literatura
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OGC	Open Geospatial Consortium
OS	Organizações Sociais
OSCIPS	Organizações de sociedade Civil de Interesse Público
OTTC	Operadoras de Tecnologia de Transporte Credenciadas
PPP	Parcerias Público Privadas
RFID	Radio Frequency Identification
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
SABIDA	Sistema de Armazenamento Baseado em Informações Dados e Análises

SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SINTER	Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais
SIT	Sistema de Informações Territoriais
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Contextualização	16
1.2	Justificativa.....	17
1.3	Problema da pesquisa	18
1.4	Objetivos.....	21
1.4.1	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>21</i>
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	<i>21</i>
1.5	Estrutura da dissertação	22
2	MÉTODO DE PESQUISA	23
2.1	Método e amostra da Revisão Sistemática da Literatura.....	27
2.1.1	<i>Ampliação da busca de referências.....</i>	<i>34</i>
2.2	Resultados da RSL.....	37
3	CITY INFORMATION MODELING POR CAMADA DE DADOS.....	38
3.1	Tecnologias urbanas e governança	38
3.1.1	<i>Contradições das TICs no ambiente público.....</i>	<i>40</i>
3.2	CIM e CIM-DL – origens e conceito.....	42
3.3	<i>City Information System - Sistemas de Informação da Cidade</i>	<i>44</i>
3.4	Aplicações de Sistemas Urbanos	46
3.4.1	<i>Sistemas Urbanos - Transporte</i>	<i>46</i>
3.4.2	<i>Sistemas Urbanos - Infraestrutura</i>	<i>48</i>
3.4.3	<i>Sistemas Urbanos – Integração de dados</i>	<i>49</i>
3.5	Uma breve discussão sobre o uso de dados no Brasil	52
3.6	Resultados da Revisão Sistemática.....	54
4	MODELANDO A INFORMAÇÃO PARA UM CIM-DL	57
4.1	Modelagem e tratamento de dados	57

4.2	Cadastro municipal como arranjo de dados.....	62
4.3	Integração de dados	67
4.4	Interoperabilidade de dados.....	72
4.5	Interface proposta: Cidade SABIDA.....	75
4.5.1	<i>Exemplos de aplicação</i>	81
5	CIDADE SABIDA	89
5.1	A cidade de Arapiraca	89
5.2	Softwares elencados para modelagem do artefato.....	91
5.3	Modelagem de dados para confecção do Cidade SABIDA.....	94
5.3.1	<i>Procedimentos de estruturação de dados</i>	95
5.3.2	<i>Harmonização de dados para o Cidade SABIDA</i>	99
5.4	Exemplos de testagem	102
5.4.1	<i>Taxa de adensamento comercial e serviços</i>	104
5.4.2	<i>Índice de lote usucapido</i>	107
5.4.3	<i>Taxa de uso residencial</i>	109
5.5	Resultados da modelagem e testagem do artefato	112
6	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	114
6.1	Grupos focais escolhidos	114
6.2	Estruturação da avaliação	116
6.3	Resultados da avaliação.....	118
6.3.1	<i>Avaliação grupo focal GTNFO</i>	119
6.4	Conclusões da Avaliação.....	125
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	127
7.1	Conclusões.....	130
	REFERÊNCIAS.....	134

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O relatório da prospecção da urbanização mundial aponta que a população deve chegar ao número de 9,7 bilhões de pessoas até 2050 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, ONU, 2018). Esse mesmo relatório aponta para a tendência de que essa população emergente não irá para novas cidades, mas sim para as cidades que já existem. O crescimento contínuo das áreas urbanas não dá indícios de retorno ou desaceleração, o que faz necessitar uma urbanização eficiente e sustentável, e neste sentido, já são de amplo conhecimento os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da ONU, que para Dowbor (2020) são uma:

[...] excelente sistematização das prioridades, como redução das desigualdades e erradicação da pobreza, na visão ampla de uma sociedade economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente sustentável. O acesso generalizado ao conhecimento no sentido amplo, bem como o acesso aos recursos financeiros, constituem os meios básicos para que os ODS se materializem. Temos, como dizem, a faca e o queijo, mas eles estão em mãos erradas (DOWBOR, 2020, p. 107).

A perspectiva da urbanização sustentável está mais diretamente ligada ao ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, que visa especificamente tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Os esforços nesta direção estão cada vez mais se alinhando com a aplicação de tecnologias, principalmente as chamadas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para a otimização de recursos, diminuindo custos e aumentando a eficiência dos serviços urbanos. Os avanços nas TIC no que alguns autores têm chamado de “Revolução Digital” tem se mostrado especialmente alinhados com o surgimento desta problemática recente. Neste mundo contemporâneo a coleta de dados por meio de sensores, dispositivos responsivos, microcomputadores e smartphones conectados à internet pode auxiliar na tomada de decisões urbanas, o que pode levar a decisões que permitam tornar as cidades mais limpas, seguras e funcionais (MOROZOV; BRIA, 2020).

O aumento populacional cria uma pressão constante e ascendente na infraestrutura urbana, o que impulsiona a busca por maneiras mais rápidas e eficientes para a tomada de decisão, planejamento e gestão de cidades. Assim, o desenvolvimento de tecnologias, sistemas, ferramentas, modelos e padrões tem sido propostos e implementados para fazer frente às demandas das populações urbanas por novos serviços (AMORIM, 2016). A necessidade de melhor compreensão do espaço e a possibilidade de modelagem do ambiente urbano permite

ao planejador a apreensão mais explícita de um diagnóstico, sendo um fator importante para uma melhor proposição de estratégias e ações. Almeida (2018) aponta a necessidade de uma abordagem sistêmica, voltada para o estabelecimento de um modelo de informação da cidade mais integrada, possibilitando maior interoperabilidade entre as informações das soluções implantadas, melhor aproveitamento e integração de dados, permitindo assim tomadas de decisão mais bem fundamentadas.

1.2 Justificativa

Moreira e Cardoso (2017) apontam que já existe um movimento que assinala para uma transição de pensamento do planejamento urbano para uma ótica de cidades elaboradas como artefatos a serem projetados como sistemas que evoluem, em um urbanismo reativo e flexivo, centrado na aplicação de dispositivos evolutivos. Os autores ainda apontam que a operacionalização desse tipo de prática exige o uso de ferramentas especializadas que realizem uma análise constante, “reinformando” o planejamento através de soluções híbridas e múltiplas, incorporando as lógicas de múltiplos atores.

Principalmente a partir do final do século XX, com o surgimento de novas conceituações sobre as cidades e sua crescente complexidade, é possível perceber a influência do desenvolvimento das novas tecnologias da informação e comunicação em sistemas de suporte à decisão como ponto chave de interação entre diferentes setores (MOREIRA; CARDOSO, 2017). Assim, embora com certas ressalvas, as novas tecnologias de modelagem da informação já são um campo de pesquisa promissor dentro do planejamento urbano.

Diante dos fatores que acarretam o aumento das complexidades da vida contemporânea, também aumenta a importância do aperfeiçoamento de métodos e técnicas para gerir esse tecido, composto de elementos estáticos e dinâmicos, organizados e sobrepostos naquilo que se conhece por espaço urbano. Tal processo tem sido reforçado e condicionado de maneira contínua pelas TICs (PEREIRA, 2018). Desta forma, e ainda em vistas ao aumento da pressão nos sistemas urbanos pela crescente populacional, se faz necessária a modelagem das informações da cidade de uma forma adequada à realidade brasileira e, sobretudo, focada no ambiente público.

1.3 Problema da pesquisa

Ainda que o tratamento estruturado dos sistemas de informação da cidade permita uma maior efetividade nas mudanças urbanas, a própria estrutura federativa brasileira, especialmente após o pacto federativo de 1988, é moldada na construção de instituições que estabeleçam interdependência entre os níveis de governo com o intuito de criar um controle mútuo entre os pactuantes (ABRÚCIO; FRENZENSE, 2007). Os municípios brasileiros, pelo seu aparato administrativo guiado na distribuição das responsabilidades urbanas por secretarias, acabam também por formar ilhas administrativas, cada uma com dados próprios ao seu domínio, estabelecendo pouca ou nenhuma comunicação intersetorial. Essas ilhas formam um verdadeiro arquipélago de dados não conectados que deixam submerso um potencial latente para a gestão e o planejamento urbano, entre tantas outras aplicações. Essa lacuna é, portanto, um dos principais problemas enfrentados pela governança.

Buta e Teixeira (2020), ao abordarem as origens do conceito de governança, apontam que suas raízes remontam aos estudos da teoria da agência, que analisavam a separação entre as funções da propriedade e controle como forma de tornar a organização mais eficiente, ou seja, estas funções que antes eram atribuídas à mesma pessoa, passam a ser executada por pessoas separadas. Com o desdobramento deste conceito baseado no gerenciamento de relações entre partes interessadas, se chega à abordagem da governança pública. Mesmo afirmando que o conceito de governança possui diversos significados, sendo foco de várias abordagens teóricas Buta e Teixeira (2020) definem a governança pública como:

[...] arranjos de natureza pública que permitem a participação de todos os interessados, sob a coordenação do Estado, na solução dos problemas comuns, possibilitando assim a entrega de serviços públicos de qualidade, bem como o controle social (BUTA; TEIXEIRA, 2020, p.389).

Estes arranjos institucionais adicionam complexidade a esse ambiente que, além da compartimentação das autarquias que gerenciam a cidade (municipais, estaduais e federais), também se adere a esse modelo de gestão uma engenharia institucional que propõe um espaço público não estatal, as Organizações Sociais (OS) e as Organizações de Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIPS) que atuam por meio das Parcerias Público Privadas (PPP) (ABRUCIO, 2007). Essa composição de serviços pulverizados acrescenta complexidade ao trabalho dos planejadores e gestores de modo que, mesmo a elaboração de um diagnóstico urbano simples, durante a etapa de coleta de dados, se torna uma tarefa exigente. Ainda que

existam iniciativas regimentais, como a criação de Diretrizes para o Cadastro Territorial Multifinalitário¹ e do Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER)², estes dispositivos ainda estão distantes de se tornarem uma realidade funcional para os municípios brasileiros. Por outro lado, as TIC têm permitido, nos últimos anos, novas formas de coletar dados e gerar informações sobre a forma de se apropriar e consumir o espaço público (JAIME, 2019). Neste mesmo contexto, surgem novas formas de visualizar e planejar o espaço como o *City Information Modeling* - CIM (ou Modelagem da Informação da Cidade).

O CIM é ainda uma área de pesquisa emergente e um conceito ligado mais fortemente à academia, envolvendo diversas áreas de pesquisa ligadas ao urbanismo, tais como a geografia, cartografia, estatística, engenharias e ciências da computação (ALMEIDA, 2018). O entendimento mais comum a respeito deste conceito trata o CIM como uma união entre os conceitos de *Building Information Modeling* (BIM) e *Geographic Information System* (GIS). Contudo, ao realizar uma abordagem ontológica sobre CIM, Almeida (2018) investiga as diversas aproximações de CIM com outras variantes conceituais, estabelecendo categorias diante dos preceitos atuais.

Almeida (2018) conceitua 3 categorias que emergem dos trabalhos publicados a respeito de CIM, sendo duas com uma maior ênfase nos aspectos sintáticos e físicos (CIM por Ambiente Construído – CIM-BE³, e CIM por parâmetros da forma – CIM-SP⁴) quando tratam da modelagem da informação da cidade, e uma terceira mais abstrata que se aproxima dos aspectos semânticos dos dados da cidade e de seu arranjo qualitativo, o CIM por camada de dados ou CIM-DL⁵, que segundo o mesmo autor, é uma abordagem que se aproxima da modelagem dos eventos e sua manifestação no tecido urbano, a qual:

[...] observa a cidade sob a ótica dos eventos presentes e passados com o propósito de diagnosticar e prever determinadas situações. **Corresponde à faceta de CIM mais aproximada à gestão de políticas públicas, a qual lida com tomadas de decisão fundadas em relações multidisciplinares** e cuja territorialização por meio da representação digital contribui para uma compreensão mais específica de cada situação (ALMEIDA, 2018, p. 73, grifo nosso).

¹ Portaria 511/2009 – Ministério das Cidades (BRASIL, 2009).

² Decreto 8.764/2016 (BRASIL, 2016b).

³ BE como acrônimo de *Built Environment* (Ambiente Construído), nota de Almeida (2018).

⁴ SP como acrônimo de Shape Parameters (Parâmetros da Forma), nota de Almeida (2018).

⁵ DL como acrônimo de Data Layers (Camadas de Dados), nota de Almeida (2018).

Almeida (2018) também expõe que o principal desafio dessa abordagem está na modelagem e manutenção da integração dos dados intersetoriais, mantendo-os atualizados e podendo repercutir nos processos de criação desses dados. Porém, como resultado, esse modelo representa dados ou conjuntos de dados distribuídos geograficamente no território, tornando a representação tridimensional desejável, mas não obrigatória.

Ainda cabe ressaltar que, embora o CIM não seja um conceito restrito ao porte das cidades, suas implicações são melhor compreendidas em ambientes urbanos mais complexos. Para esta pesquisa, será adotada a sua aplicação em cidades médias. O conceito de cidade média é amplo. Para Villela (2019) as cidades médias:

[...] são o elo entre o Brasil urbano e rural (SANTOS, 1998), desempenhando o papel de intermediação “entre cidades maiores e menores no âmbito de diferentes redes urbanas e que, portanto, diferem das denominadas ‘cidades de porte médio’ cujo reconhecimento advém de seus tamanhos demográficos” (SPÓSITO, 2007, p. 9). Para Corrêa (2007) a compreensão destes territórios perpassa pela combinação articulada entre tamanho demográfico, funções urbanas e a organização do espaço urbanizado, procurando compreender a dinâmica estabelecida. Branco (2007) destaca ainda a importância de considerar nesta avaliação o fator econômico, o grau de urbanização e a qualidade de vida, que leva em consideração a oferta de infraestrutura urbana (VILLELA, 2019, p.19).

Ainda são bem conhecidas outras variações de categorização das cidades, entre elas as elaboradas pela pesquisa REGIC - Regiões de Influência das Cidades (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE, 2018). Contudo, com fins a facilitar o entendimento de qual categoria de cidade será abordado nesta pesquisa, é utilizado o critério mais aplicado para identificar as cidades médias, que podem ser consideradas aquelas cidades com tamanho populacional entre 100 mil até 500 mil habitantes⁶. Esta escolha se dá principalmente pelo fato de as cidades médias serem aquelas com o maior potencial de expansão urbana em comparação com as cidades grandes e já consolidadas (ONU, 2018), mas também pelo fato de normalmente serem cidades que já contam com um certo grau de complexidade e instrumentos para o planejamento urbano.

⁶ Disponível em:

https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=1002:catid=28>. Acesso

em: 10 de abril de 2022.

1.4 Objetivos

Visto a problemática relatada acima, este trabalho se debruça sobre a proposição de um modelo de integração de dados municipais baseado no conceito de CIM-DL. Este modelo será desenvolvido na forma de um artefato denominado neste trabalho como Cidade SABIDA (Sistema de Armazenamento Baseado em Informações, Dados e Análises da cidade). Como um modelo preliminar de sistema de integração de dados urbanos, este pretende auxiliar nos processos de decisão do planejamento urbano de municípios brasileiros de médio porte. A relevância do tema é dada tanto pela caracterização intrínseca do urbanismo como área de pesquisa transdisciplinar, quanto pela crescente complexidade do ambiente urbano, de tal forma que a integração de dados entre as ilhas administrativas que compõem a gestão das cidades seja facilitada e otimizada para o oferecimento de serviços melhores e mais eficientes, de uma tomada de decisão mais célere e assertiva, facilitando o processo decisório e o planejamento urbano.

1.4.1 Objetivo geral

Desenvolver um modelo de integração de dados intersecretarias que se adeque ao conceito de CIM-DL e que possa ser utilizado em municípios de médio porte brasileiros. Essa estrutura proposta se baseia no uso de geoprocessamento para criar um arranjo de dados que auxilie para uma maior assertividade e celeridade no processo decisório de planejamento e gestão das cidades.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Compreender o estado da arte acerca dos sistemas de informações da cidade através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) em indexadores de artigos e trabalhos acadêmicos, identificando na literatura os principais pontos acerca dos sistemas e técnicas para integração de dados urbanos;
- b) Identificar técnicas, métodos e conceitos para o cruzamento de dados de diversas fontes em um único ambiente, permitindo sua integração e aplicações multidisciplinares, de forma a propor um modelo de CIM-DL capaz de auxiliar no planejamento e gestão das

idades, criando um serviço orientado a sistemas que realize uma coreografia síncrona e assíncrona entre bases de dados diversas;

- c) Confeccionar um artefato, aplicável aos municípios brasileiros de médio porte, como prova de conceito para integração de dados do sistema SABIDA, a partir das tecnologias, métodos e conceitos identificados utilizando, como forma de avaliação, a Cidade de Arapiraca - AL;
- d) Identificar os principais resultados que podem ser extraídos do artefato desenvolvido, averiguando sua aplicabilidade e se a prova de conceito aplicada em Arapiraca – AL pode ser estendida à municípios de médio porte brasileiros, identificando também a possibilidade de usos futuros, considerando limitações e desenvolvimentos posteriores.

1.5 Estrutura da dissertação

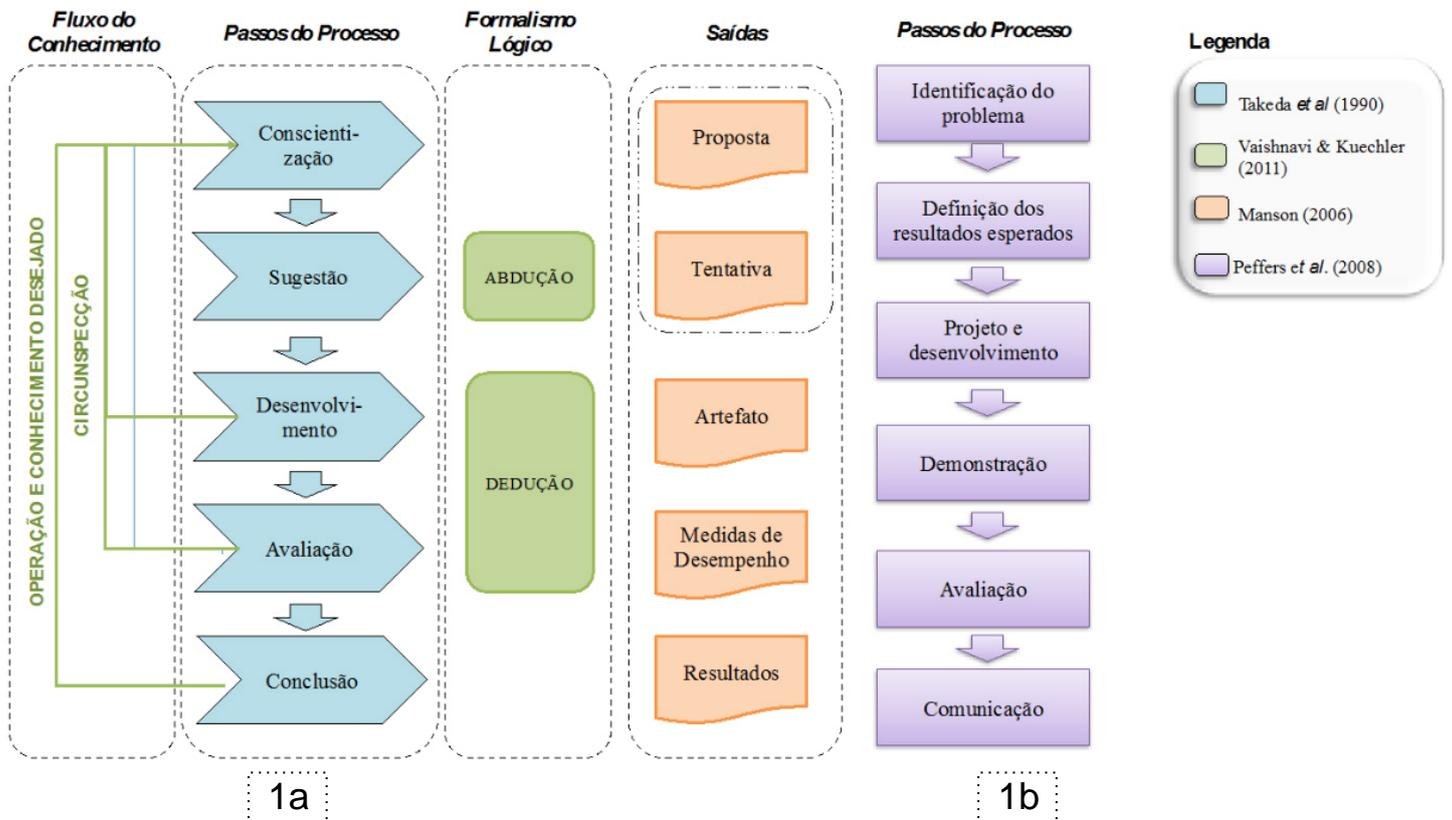
Esta dissertação está estruturada em mais 6 capítulos além da introdução, sendo eles: 2) Estrutura Metodológica do Trabalho: apresenta o método utilizado para a pesquisa e suas contribuições para a elucidação do problema; 3) *City Information Modeling* por Camada de Dados: apresenta os resultados da Revisão Sistemática da Literatura sobre o tema da pesquisa, a relação das tecnologias urbanas e governança, até o próprio conceito de CIM e CIM-DL, exemplificando com aplicações do CIM-DL encontradas na revisão da literatura; 4) Modelagem Conceitual do Artefato: capítulo em que se observam os diversos aspectos necessários para a construção do artefato, tais como o tratamento de dados, e a proposição de sua estruturação em níveis de detalhe, além de outras abordagens sobre a representação e interoperabilidade de dados que farão parte da interface proposta; 5) Confeção do Artefato: apresentação do artefato proposto, caracterizado por , uma modelagem da informação urbana que constitui-se de um subsistema que realiza a integração dos dados; 6) Aplicação e Avaliação do Artefato Proposto, e; 7) Considerações Finais: capítulo final em que são ressaltadas as contribuições do artefato para a gestão e o planejamento das cidades de médio porte brasileiras.

2 MÉTODO DE PESQUISA

O método escolhido para a realização desta pesquisa foi o *Design Science Research* (DSR). Este se trata de uma abordagem prioritariamente voltada à solução de um problema e que tende a elaborar propostas mais próximas de aplicação para a sociedade, o que se aproxima do conteúdo prático do material gerado por esse trabalho. Através desse método é possível consolidar os conhecimentos sobre determinado tema e desenvolver soluções para melhorar sistemas existentes ou resolver problemas pela criação de um novo artefato. O DSR é um método de pesquisa composto de sub etapas usadas para auxiliar o pesquisador a gerar produtos que permitam alcançar os objetivos propostos. Trata-se, portanto, segundo Oliveira (2019), de um método que possui como característica principal a orientação à solução de problemas específicos, não necessariamente buscando a solução ótima, mas a satisfatória para a situação.

O esquema de condução de uma pesquisa baseada em DSR pode ser observado na Figura 1, em que Lacerda *et al.* (2013) realizaram a divisão das etapas da pesquisa de acordo com diversos autores. Neste, o fluxo do conhecimento vai da conscientização do problema (1a) até a sua conclusão (1b), passando por um formalismo lógico de abdução ou dedução, esperando como saída desse procedimento algum constructo que resolva o problema inicial, e por fim, esse artefato recebe uma nova avaliação a fim de identificar em qual nível este soluciona o problema inicial, fechando o ciclo da DSR.

Figura 1 - Esquema de condução do Design Science Research



Fonte: Lacerda *et al.* (2013).

Para esta pesquisa, cada etapa da DSR corresponde a uma parte da dissertação e podem ser relacionadas em sua equivalência com os capítulos e atividades apresentadas, sendo eles:

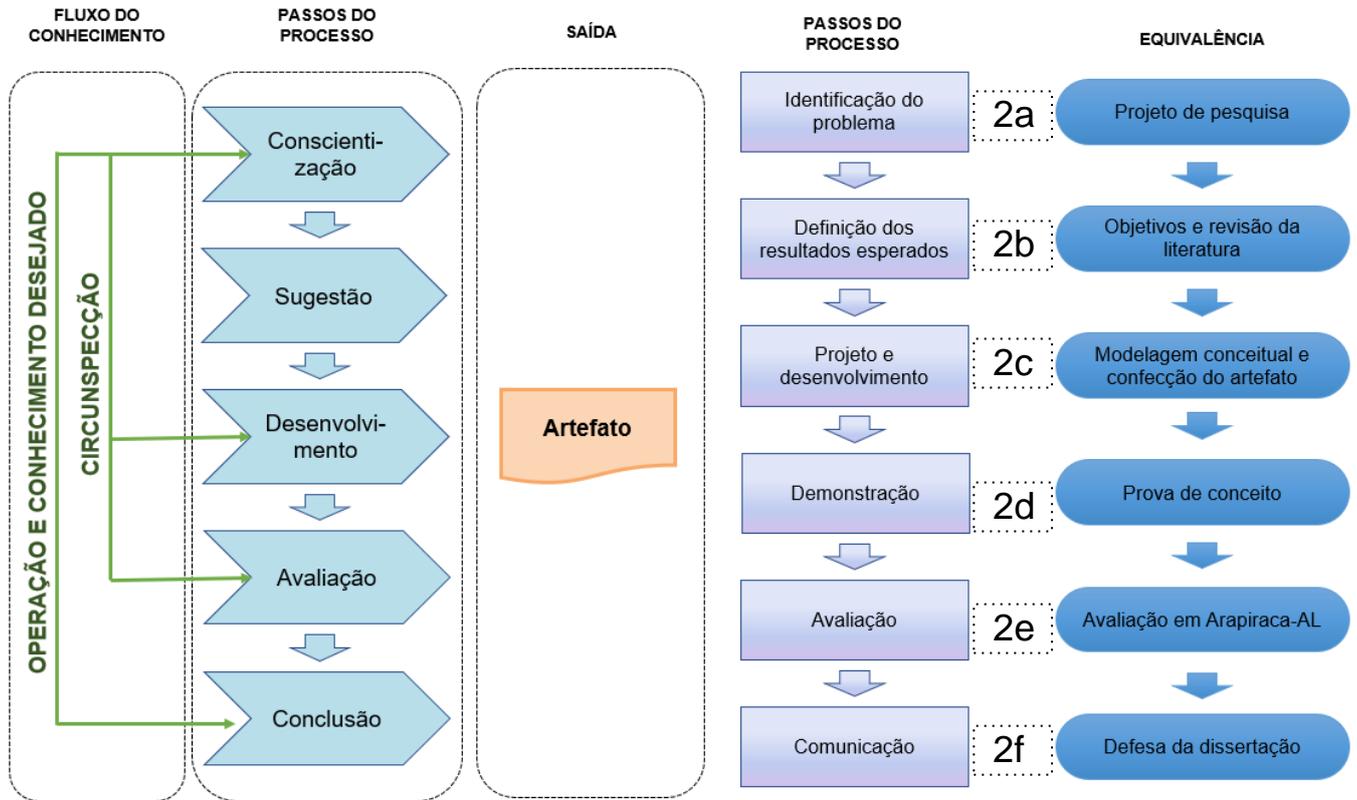
- 1. Conscientização:** Correspondendo a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) como forma de compreender o estado da arte sobre a temática, suas limitações e potencialidades. Deixando mais claro as necessidades e justificativas para a proposição da pesquisa. Esta etapa foi apresentada na defesa de projeto de dissertação e serviu como embasamento para construção do objetivo geral e específicos deste trabalho;
- 2. Sugestão:** Uma vez que o problema da pesquisa foi melhor esclarecido na etapa de conscientização, são estabelecidos os resultados esperados com o processo do DSR. A sugestão corresponde, neste trabalho, aos objetivos (geral e específicos) da pesquisa, que visam solucionar satisfatoriamente os problemas encontrados na etapa anterior;
- 3. Desenvolvimento:** Trata-se da construção do artefato em si, que por sua vez é dividida em duas sub etapas, a de projeto e a de desenvolvimento. A etapa de projeto corresponde ao capítulo da modelagem conceitual do artefato com seus critérios e protocolos, e a

partir destas definições, é realizada a confecção do artefato que servirá como prova de conceito;

4. **Demonstração:** Etapa do método em que o artefato é testado. Neste trabalho corresponde a uma prova de conceito aplicada na cidade de Arapiraca - AL. A demonstração servirá como fonte de análise para a etapa de avaliação;
5. **Avaliação:** Com base nas etapas de modelagem conceitual, desenvolvimento do artefato da prova de conceito e nos resultados obtidos pela etapa de demonstração, será realizada a análise de toda a estrutura esquemática do modelo proposto. Sendo está a etapa de identificação dos aspectos em que o modelo atende aos objetivos propostos e suas limitações.
6. **Comunicação:** Etapa final do método, correspondendo às considerações finais do trabalho e sua publicidade, que corresponderá ao ato de defesa da dissertação.

A partir do esquema representado na Figura 1, foi elaborada uma adaptação deste processo em sua equivalência ao que se realizou nesta pesquisa (Figura 2), ou seja, apresentando a cada passo do processo metodológico sua respectiva atribuição. A identificação do problema é apresentada no projeto de pesquisa proposto para essa dissertação (2a). Os resultados esperados surgem a partir da RSL (2b). O artefato é primeiramente projetado conceitualmente e posteriormente confeccionado (2c). A demonstração da validade do artefato se dá a partir de uma prova de conceito (2d), avaliada na cidade de Arapiraca, Alagoas (2e). Por fim, os resultados têm sua publicidade na defesa da dissertação e nas publicações à esta vinculadas (2f). A adaptação na figura teve o objetivo de demonstrar que o constructo esperado na saída do processo é um artefato, e que cada passo do processo tem sua equivalência em ao menos um capítulo desta dissertação.

Figura 2 - Esquema de condução do Design Science Research adaptado à presente pesquisa.



Fonte: Lacerda *et al.* (2013), adaptado pelo autor.

O método DSR foi escolhido devido aos objetivos deste trabalho envolverem a proposição de um modelo de CIM-DL, a ser aplicado, e, portanto, se encaixa em uma pesquisa orientada à solução de um problema. Entre as etapas que fazem parte da DSR, destaca-se como primeira etapa a conscientização do problema. Neste trabalho esta etapa se deu por meio de uma RSL. Com a revisão documental foi possível construir uma matriz de análise através da qual foram levantadas as percepções estratégicas necessárias para a construção de um artefato que prescreveu uma solução viável para o problema. O DSR seria então responsável por conceber e validar sistemas que ainda não existem, seja criando, recombinação, alterando produtos/processos/software/métodos para melhorar as situações existentes, atuando com uma visão pragmática e normativa (LACERDA *et al.*, 2013). Assim sendo, trata-se de um método cuja vocação está ligada à solução de problemas complexos e multidisciplinares, gerando um artefato que contribua efetivamente para a resolução da situação problema.

Ao seguir os passos indicados no método DSR, se espera construir um artefato capaz de ser aplicado nas cidades médias brasileiras e que seja conceitualmente adequado à estrutura do

arranjo político administrativo. Como prova de conceito, o artefato modelado será aplicado com dados abertos e/ou públicos na cidade de Arapiraca (AL).

A Revisão Sistemática da Literatura foi realizada como primeira etapa do método. A RSL será melhor descrita no próximo tópico, descrevendo em maiores detalhes quais critérios foram utilizados para definição do protocolo que constituiu a amostra da matriz bibliográfica.

2.1 Método e amostra da Revisão Sistemática da Literatura

Este subtópico se insere como parte da etapa do método proposto por esse trabalho. Corresponde à conscientização do problema, tratando especificamente do método utilizado para a melhor compreensão do debate acerca do tema, e ainda identificando os principais aspectos sobre o debate em torno da temática desta pesquisa de mestrado.

A RSL pode ser compreendida como uma forma de pesquisar determinado tema se munindo da literatura como fonte de dados, de maneira a integrar informações a partir de um conjunto de estudos realizados separadamente, coletando o resumo das evidências relacionadas, sejam elas coincidentes ou conflitantes (LINDE; WILLICH, 2003). Para a realização do RSL se procedeu inicialmente ao Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL). Essa etapa permitiu circunscrever o estado da literatura disponível acerca do tema.

A partir de leituras prévias para a compreensão do CIM por arranjo de dados, notou-se que havia uma forte relação do tema com a união de fontes de dados nos diversos sistemas que compõem a cidade, além da sua integração intrínseca aos Sistemas de Informação Geográfica, e, portanto, o MSL se deu a partir da busca dos termos “*City*”, “*Information*” e “*System*” em indexadores e bases de dados acadêmicos internacionais, e nacionalmente em revistas conceituadas na área, além do repositório de Teses e Dissertações da CAPES.

A escolha dos termos se deu com o objetivo de agregar aquelas publicações que tratassem de temas aderentes à temática da informatização das cidades mescladas aos sistemas de geoprocessamento. Portanto, informações que trouxessem a relação entre “*City Information Modeling*” e “*Geographic Information System*”, compondo um “*City Information System*”. Os termos de busca foram escolhidos e utilizados com o parâmetro “AND” de forma que as pesquisas que tratam do tema se aproximassem de uma abordagem mais ligada ao CIM-DL. O objetivo foi, portanto, mapear o estado da arte, de modo a contribuir com a discussão na área e a incentivar o desenvolvimento de pesquisas. O foco foi absorver o conteúdo desse debate de

modo a contribuir para a modelagem do artefato e considerações para sua implantação, tais como, casos existentes e principais tecnologias utilizadas para sua viabilização.

Os seguintes procedimentos foram adotados para o MSL:

1. Definição das palavras-chave como City, Information e System, refinadas pelo operador booleano “AND” no campo de busca geral, filtrando os resultados por artigos publicados em revistas, dissertações ou teses;
2. Delimitação do período de busca entre 2005 – 2020 como data de publicação dos trabalhos;
3. Elencadas publicações em revistas com áreas de concentração aderentes ao tema, tais como Ciências da Terra, Ciências Sociais, Ciências da Computação, Engenharias e Multidisciplinares;
4. Publicações disponíveis nos idiomas inglês, português e espanhol.

O período selecionado parte de 2005 em vistas ao lançamento do termo CIM por Khemlani como citado por Almeida (2018). Como critérios de exclusão, foram descartados artigos indisponíveis, aqueles que utilizavam os termos buscados no título, mas eram parcamente abordados em seu conteúdo, ou demasiado vinculados a outras áreas do conhecimento. Como parte do protocolo também foram avaliados os resumos e a busca por publicações repetidas entre as bases. Os resultados foram exportados e gerenciados pela plataforma de gerenciamento bibliográfico Mendeley⁷. O Quadro 1 sintetiza os procedimentos realizados de acordo com cada etapa do protocolo.

Quadro 1 - Estruturação dos procedimentos do MSL.

PARÂMETROS	REPOSITÓRIO DE BUSCA	
Base de dados	Scopus	Science Direct
Campo de busca	Article title/Abstract/Keywords	Terms
Tipo de publicação	Journal Article	Journal Article
Resultado primário	453	73
Critérios inclusão	Open Access Palavra-chave aderente	Open Access, temática aderente
Avaliação de resumos	60 publicações	2 publicações

⁷ Plataforma de gerenciamento bibliográfico disponível em: <https://www.mendeley.com/>

Avaliação por aderência	45 publicações	2 publicações
Total de publicações por base	45 publicações	2 publicações
Publicações resultantes em conformidade com o protocolo	47	
Amostra RSL	47	

Fonte: O autor (2020).

O processo de RSL contou com o acréscimo de referências que não apareceram na busca dos indexadores, tais como as encontradas na etapa Bola de Neve⁸, que ao mapear as 1.432 referências citadas na amostra identificou os autores mais produtivos dentro da temática, utilizando como critério aqueles citados ao menos 2 vezes (Quadro 2).

Quadro 2 - Autores mais citados na etapa bola de neve.

Autor	Citações	Autor	Citações	Autor	Citações	Autor	Citações
Amirebrahimi, S.	5	Botts, M	3	Becker, T	2	Aydin	2
Batty, M.	5	Di L	3	Brasebin, M	2	Azhar	2
Buchori I	5	Forrester, J.D.	3	Callon, M	2	Baranski B	2
Chen, N	5	Graham, S	3	Dablanc	2	Bizer, C	2
Isikdag, U	5	Pettit, C.	3	Devisch, O	2	Carlson R C	2
Lock, O.	5	SEJATI A. W	3	Gunay, A	2	El-Mekawy, M	2
Schleicher JM	5	Barns, S	2	Gyrard, A	2	Erhardt, G. D.	2
Shojaei, D	5	Bröring A	2	Halpern, O.	2	Kallinikos, J	2
Zhu, J	5	Cheng, J.C.P	2	Harrison, C.	2	Kim, J.H.	2
Aien, A	4	Cho	2	Hor, A.H	2	Kishino, Y	2
Chaturvedi	4	Cox, S	2	Huotari	2	Klauser, F	2
Deng, Y	4	Fernández-Ruiz	2	Ibraheem, A.T	2	Komninos, N.	2
Endsley, M.R	4	Ferreira A	2	Jang, I.W	2	Lazaroiu, G.C	2
Kang, T.W	4	Foucault, M.	2	Janssen, M	2	Shin, E.J	2
Kitchin, R.	4	Gatta, V	2	Lindholm, M.	2	Taylor, P.J	2
Luque-Ayala	4	Geiger, A	2	Muñuzuri, J.	2	Trubka, R	2
Chen, Y	3	Light, J.S	2	Pouliot, J	2	Villazon-Terrazas	2

⁸ Forma de amostra não probabilística, que utiliza cadeias de referência para fornecer ao pesquisador um conjunto cada vez maior de contatos potenciais, utilizada principalmente para fins exploratórios (VINUTO, 2014). Utilizada aqui para encontrar a cadeia de pesquisadores que tratam do tema.

D'Aniello, G	3	Meier, R.L.	2	Poveda Villalón, M	2	Wang, W	2
Guo, R	3	Pollefeys, M	2	Regis L	2	Wang, X	2
Nebiker, S.	3	Sheng H	2	Scott Tw	2	Xu Y	2
Sabri, S	3	Takeuchi, K	2	Townsend, A.M.	2	Yang Changhui	2
Stoter, J	3	Ueda, N	2	Wahul R.M	2	Zhang, J	2
Total autores					88		
Total de citações					229		

Fonte: O autor (2021).

Como critério para identificação das publicações mais relevantes foram escolhidos autores cuja universidade de vínculo apareceu repetidas vezes dentro da primeira amostra, buscando sua produção nos repositórios e repetindo o protocolo, sendo apontadas a partir desse critério a Universidade de Melbourne (Austrália) e a University College London (Reino Unido) (Quadro 3).

Quadro 3 - Resultados da busca por Bola de Neve.

PARÂMETROS	REPOSITÓRIO DE BUSCA				
Campo de busca	authors				
Tipo de publicação	Journal Article				
Autor buscado	Davood Shojaei	Michele Acuto	Tyler Agius	Michael Batty	Muki Haklay
Vínculo	University of Melbourne			University College London	
Resultado primário Scopus	22	69	1	342	98
Resultado primário Science direct	8	10	0	56	5
Publicações resultantes conforme protocolo	6	1	0	7	1
Amostra bola de neve	15				

Fonte: O autor (2021).

Para além da busca em bases internacionais e com a finalidade de encontrar publicações que tratassem do tema dentro da perspectiva nacional, também foi realizado o procedimento de mapeamento em revistas brasileiras, além do repositório de teses e dissertações da CAPES. Os artigos e trabalhos encontrados podem ser visualizados no Quadro 4.

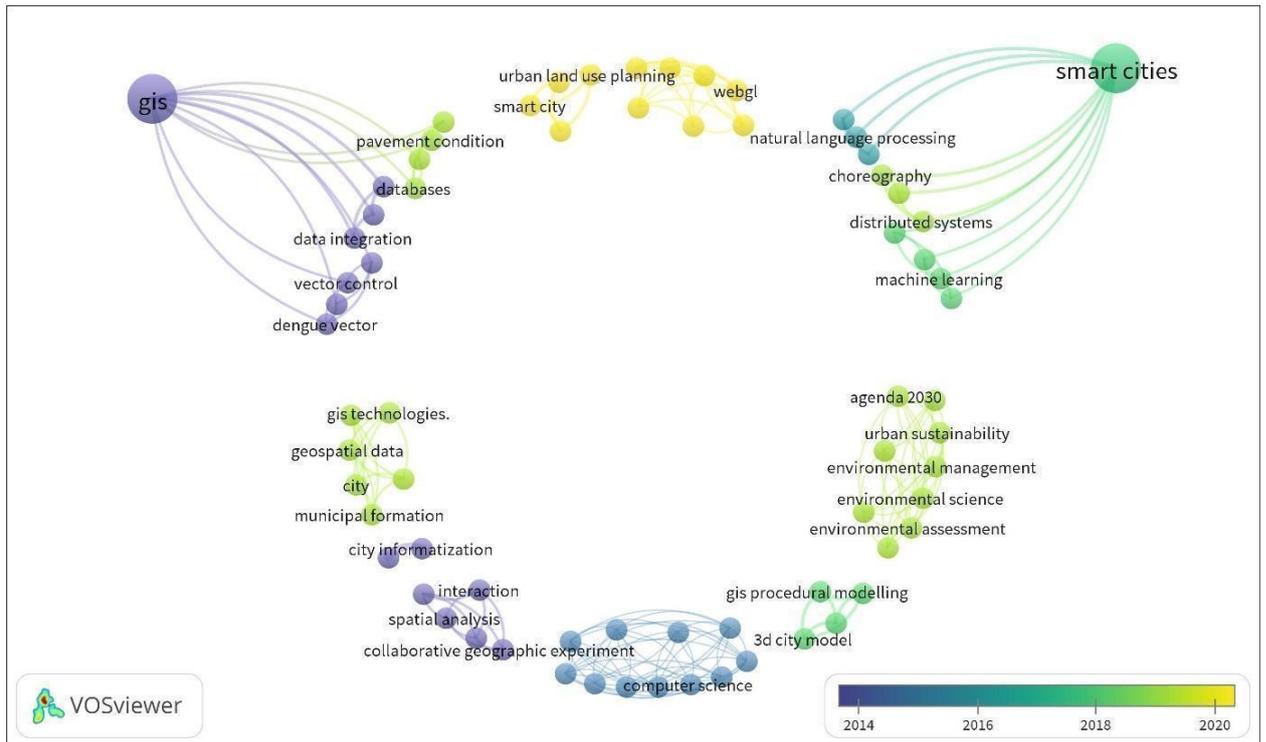
Quadro 4 - Busca em revistas brasileiras.

PARÂMETROS	REPOSITÓRIO DE BUSCA			
	Banco de teses CAPES	InSitu	Revista Gestão & Tecnologia	Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais
base de dados				
Tipo de publicação	Dissertações ou Teses		Artigo Completo	
Resultado primário	79	1	3	2
Avaliação por aderência	5	1	3	2
Publicações resultantes em conformidade com o protocolo	11			
Amostra RSL	11			

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Outra análise realizada a partir da amostra foi a visualização das palavras-chave mais utilizadas nos artigos (Figura 3) a partir da análise de *cluster* do *software VOSviewer*. A visualização revela a ocorrência das palavras-chave por ano (exibindo uma escala de cores), além do seu agrupamento por temática, ou seja, frequência com que se relacionam entre artigos. Fica evidente a forte relação entre a temática de Integração de dados e GIS, além da relação entre sistemas distribuídos e TIC com *Smart Cities*. Outros grupos e temáticas que emergem da análise são o urbanismo sustentável, gestão ambiental e ciências da computação, demonstrando o campo de abrangência da amostra.

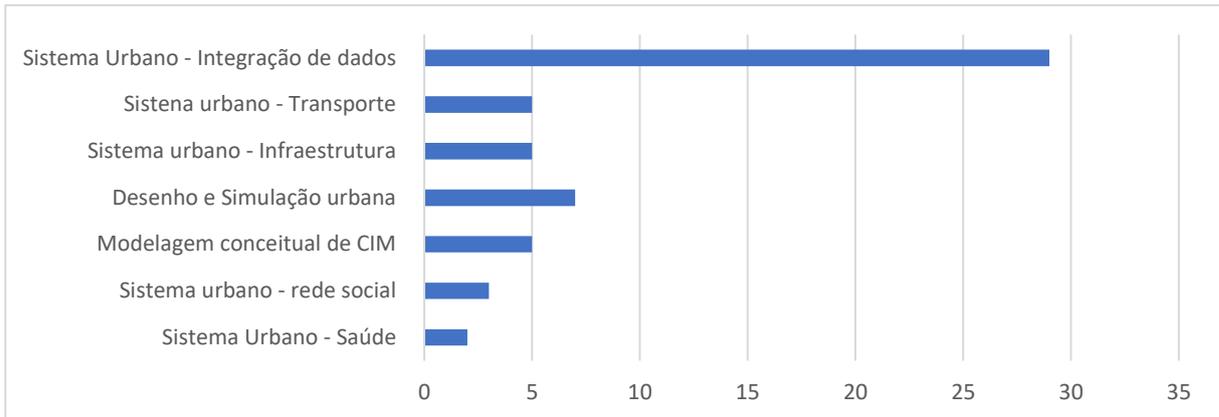
Figura 3 - Visualização de palavras-chave



Fonte: O autor (2022).

As abordagens encontradas nos trabalhos pesquisados são diversas e envolvem desde soluções para trânsito, infraestrutura urbana e meio ambiente, até simulação urbana e modelagem de CIM com um enfoque na alta tecnologia utilizada em cidades inteligentes. As temáticas predominantemente focam no aspecto de cruzamento de dados para o planejamento e gestão urbana. Para uma melhor compreensão da matriz bibliográfica foi realizado agrupamento dos trabalhos por assunto/abordagem principal, resultando em 7 categorias, sendo elas: 1) Sistemas Urbanos para integração de dados; 2) Sistemas Urbanos para Transporte; 3) Sistemas Urbanos para Infraestrutura; 4) Desenho e Simulação Urbana; 5) Modelagem Conceitual de CIM; 6) Sistemas Urbanos com Uso de Redes Sociais e; 7) Sistemas Urbanos para Saúde. Com o intuito de melhor demonstrar o agrupamento destas temáticas, foi realizado o quantitativo de trabalhos por categorias, que pode ser visualizado na Figura 4, em que fica evidente o maior interesse na integração de dados. Cabe ressaltar ainda que múltiplos trabalhos abordam temas transversais, como simulação urbana para transporte ou integração de dados para saúde, nestes casos, foi considerado o objetivo principal do trabalho para incluí-lo em sua respectiva categoria.

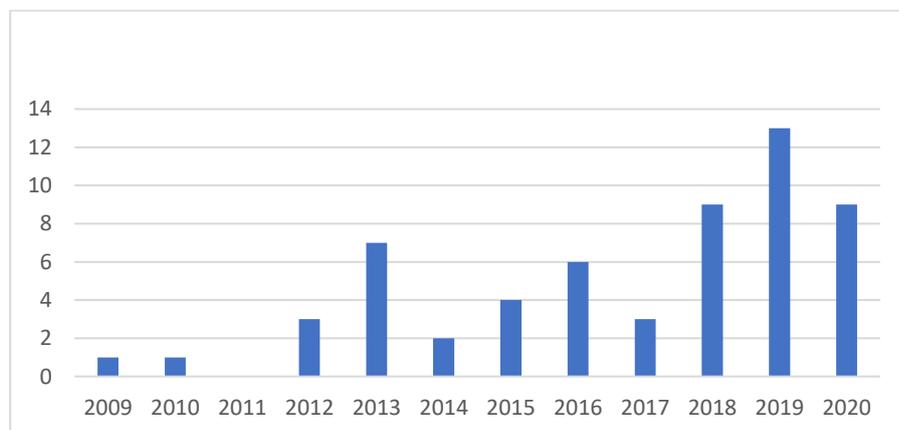
Figura 4 - Trabalhos por assunto abordado



Fonte: O autor (2022).

Embora o recorte dos trabalhos pesquisados tenha início em 2005, o primeiro trabalho com tema aderente é localizado em 2009. A Figura 5 exibe o histograma do quantitativo de publicações por ano, em que é facilmente percebido um interesse crescente a partir de 2018 e um leve decréscimo em 2020.

Figura 5 - Publicações por ano.

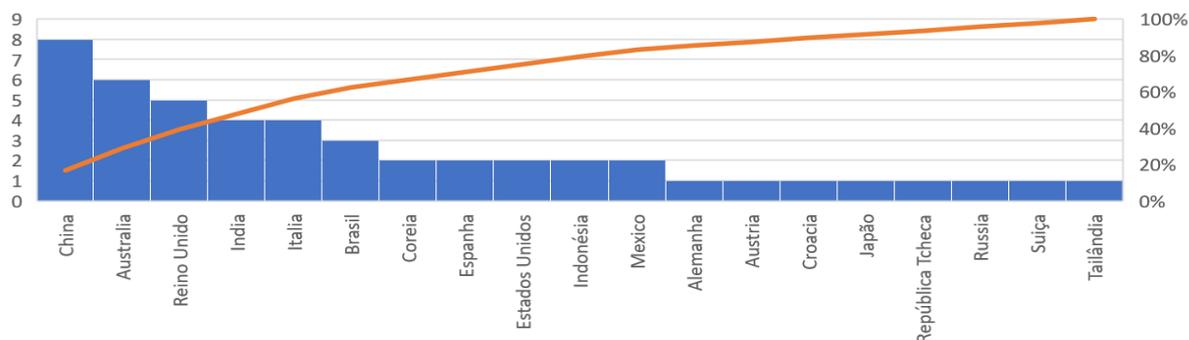


Fonte: O autor (2022).

Outra análise bibliométrica realizada sobre a amostra trata do país de origem da publicação. A pesquisa identificou trabalhos oriundos de 19 países. A Figura 6 exibe a distribuição quantitativa de publicações por país (barras verticais, escala à esquerda) ao tempo em que também exibe o percentual cumulativo (linha horizontal, escala à direita), demonstrando

que China, Austrália, Reino Unido e Índia possuem o maior número de publicações, respectivamente, e concentram quase 50% do total de publicações encontradas.

Figura 6 - Distribuição de artigos por país.



Fonte: O autor (2022).

2.1.1 Ampliação da busca de referências

Como resultado da qualificação desta dissertação, foi sugerido que a pesquisa bibliográfica fosse estendida para o repositório do CumInCAD⁹. Contudo, o mecanismo de busca avançada do portal CumInCAD não possui funções que permitam a reprodução do mesmo protocolo utilizado nas outras bases (filtrando por tipo de publicação, área do conhecimento etc.). O portal também não conta com a função de exportar a busca para o formato RIS¹⁰, o que permitiria a elaboração de análises bibliométricas desse volume de publicações. Em vista das dificuldades para a busca no repositório do CumInCAD, tanto o protocolo quanto as análises foram simplificadas.

A busca simples (sem qualquer filtro) pelos termos “City Information System” retornou 4.621 publicações. Como alternativa, ao realizar a busca avançada o protocolo foi alterado para:

1. Busca por “City Information System” (não existindo a possibilidade de utilizar o operador booleano “AND”) na busca geral;

⁹ Repositório sobre projeto arquitetônico auxiliado por computador (*computer aided architectural design*) que reúne publicações de periódicos e conferências como ACADIA, ASCAAD, eCAADe, SiGraDi, entre outras. Disponível em: <<http://papers.cumincad.org/about.html>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2022.

¹⁰ Formato padrão de arquivos para intercâmbio de bases bibliográficas entre plataformas de gerenciamento digital de bibliografia. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20170707033254/http://www.researcherid.com/resources/html/help_upload.htm>. Acesso em: 31 de janeiro de 2022.

2. Filtrando os resultados por ano de publicação maior ou igual a 2005 e;
3. Onde o resumo da publicação contivesse os termos City, Information e System

Após a alteração no protocolo, o sistema de busca retornou 69 resultados, que após as análises de título e resumo resultou em uma amostra com 23 artigos publicados entre 2006 e 2018. Após a leitura dos artigos, foram removidos aqueles que não abordavam claramente a temática ou que usavam os termos para tratar de outras temáticas, restando ao final do protocolo 15 publicações. O protocolo adaptado para o CumInCAD pode ser observado no Quadro 5.

Quadro 5 - Protocolo CumInCAD.

PARÂMETROS	REPOSITÓRIO DE BUSCA
Base de dados	CumInCAD
Campo de busca	Geral
Tipo de publicação	Não existente
Resultado primário	4.621
Critérios inclusão	ano maior que 2005
Resultado por critérios	Resumo com Palavra-chave aderente 69 publicações
Avaliação por título e resumo	23 publicações
Avaliação por conteúdo	15 publicações
total de publicações resultantes em conformidade com o protocolo	15
Amostra RSL	15

Fonte: O autor (2022).

Embora a amostra resultante da base do CumInCAD retorne no período de 2005 a 2018, a primeira aparição do termo CIM acontece apenas em 2011 (GIL; ALMEIDA; DUARTE, 2011). Contudo, existem publicações que abordam a temática utilizando outros termos, tais como “Banco de dados urbano compreensivo” (RAFI, 2005), “Urban Information System” (LAN; CHIU, 2006), “Web3d-GIS for city Models” (TAKASE et al., 2006), “Interdisciplinary Three-dimensional City” (RAMIREZ; RUSSELL, 2007), “geo-spatial Eco-city” (KIM; CHOI, 2008), ou até mesmo “GeoBIM” (RUA; FALCÃO; ROXO, 2013). A existência de termos distintos em artigos com a temática aderente provavelmente ocorre em razão do interesse no tema antes da popularização da temática sob a utilização do termo *City Information Modeling*.

Também se notou que muitos aspectos hoje consolidados nas propostas de um CIM estavam sendo estruturados neste período. Foram encontradas pesquisas como a de GINETTE *et al.* (2008) que tratam de modelos de visualização de design urbano que mais tarde seriam incorporadas as categorias de CIM definidas por Almeida (2018). Também foram localizadas pesquisas que elaboram modelos de classificação das informações da cidade a partir de unidades geoespaciais por meio de diversas fontes de dados (KIM; CHOI, 2009), ou mesmo que elaboram um modelo de informações de interações do edifício com o contexto urbano (PLUME; MITCHELL, 2011).

Outras contribuições que emergiram da amostra dos artigos estão ligadas a estudos de caso de modelagem urbana (JESUS *et al.*, 2018), estudos e propostas para modelagem paramétrica (CHOWDHURY; SCHNABEL, 2018; STOJANOVSKI, 2018) e modelagem das informações sintáticas de redes sociais (CHUNG; JENG, 2018) ou com enfoque na visualização de dados urbanos (ARRIAGADA, 2013).

A ampliação das buscas na base bibliográfica do CumInCAD contribui, dentre outros aspectos, para a compreensão da evolução da temática CIM antes da consolidação do termo no meio acadêmico. Um exemplo de conclusão que emergiu da leitura das publicações é o enfoque na utilização da modelagem de dados urbanos para ampliar o leque de análises urbanas possíveis, não necessariamente com uma modelagem tridimensional, mas regularmente com o uso de dados para aprimorar os serviços urbanos, normalmente vinculada ao conceito de *smart city*. Destaca-se, portanto, que a abordagem temática da amostra bibliográfica encontrada no repositório CumInCAD corrobora com os temas encontrados nas outras bases (Scopus, Science Direct, Capes).

A pesquisa feita no repositório do CumInCAD, mesmo que sintética e fora do protocolo estabelecido inicialmente, contribuiu para o melhor entendimento a respeito da questão dos sistemas de informação urbano. Ressalta-se aqui que, em vias do tempo e da ausência das funções de refinamento no mecanismo de busca avançada, talvez não tenha sido possível extrair toda a potencialidade deste repositório. Por fim, nota-se a relevância deste repositório no que se refere a temática desta dissertação e é pertinente, em outras pesquisas, realizar uma exploração mais detalhada.

2.2 Resultados da RSL

O resultado das leituras da RSL permitiu um melhor entendimento de como o arranjo de dados baseado no conceito de CIM-DL pode contribuir para o planejamento e gestão de cidades. A composição das diversas estratégias para a gestão urbana orientadas a criação e integração de sistemas dirigidos a camadas de informação urbana permitiram a melhor compreensão de CIM como arranjo de dados. E como observado, existe um interesse crescente a respeito da modelagem de informações da cidade, de tal modo que este tema se aproxima de áreas multi e interdisciplinares, que vão das disciplinas relativas ao urbanismo, planejamento e gestão, até aquelas próximas da computação e sistemas digitais (ALMEIDA, 2018; ESPINOZA-ARIAS *et al.*, 2020; GILBERT *et al.*, 2018; KHAN *et al.*, 2012; LONGO; ROSCIA; LAZAROIU, 2014; MARVIN; LUQUE-AYALA, 2017; PURITAT, 2019; SCHLEICHER *et al.*, 2017; YANG, 2013). Visto a heterogeneidade de pesquisas relacionadas ao CIM, este trabalho procurou estabelecer uma aproximação das tecnologias urbanas e a governança, como uma forma de estabelecer uma abordagem mais clara sobre CIM-DL, com seus benefícios principalmente para a gestão pública municipal.

A amostra da RSL possibilitou uma melhor compreensão do CIM-DL, auxiliando na concepção de uma modelagem da informação da cidade que se articulasse com a governança, com sistemas de controle urbano, e ainda, com as implicações para a sua implantação no Brasil. Os resultados da RSL e as contribuições para o desenvolvimento da estrutura conceitual de CIM, proposta neste trabalho, serão discutidos no próximo capítulo.

3 CITY INFORMATION MODELING POR CAMADA DE DADOS

Este capítulo de revisão da literatura faz parte da etapa de conscientização do DSR. Este buscou a compreensão do estado da arte sobre a temática, identificando limitações e potencialidades. Inicialmente é realizada uma abordagem sobre a relação entre tecnologias urbanas e governança, além de suas contradições no ambiente público. A seguir, são abordados as origens e o conceito de CIM e CIM-DL, os diversos sistemas de informação da cidade, bem como as categorias de aplicações que foram identificadas na bibliografia. O capítulo se encerra trazendo uma breve discussão sobre estas aplicações e o uso de dados no Brasil e apresentando os resultados da revisão da literatura.

3.1 Tecnologias urbanas e governança

A articulação das TICs no meio urbano, principalmente a partir das últimas décadas do século passado, teve seus efeitos entrelaçados com uma nova abordagem da governança. Essa abordagem se mostra intimamente próxima de uma liberalização econômica ampla e generalizada, uma dinâmica que difere substancialmente daquela que havia sido imposta após a grande crise de 1929 (MATTOS, 2010). Nesse sentido, o processo urbano tem sido moldado pela lógica de circulação e acumulação do capital, recebendo os impactos naturais das crises do capitalismo avançado e a cidade, enquanto mercadoria, recebe a lógica da instrumentalização tecnológica sob a ótica de produto (HARVEY, 2005).

Deste modo, o alinhamento das TICs no processo de urbanização, que segue a forma de uma lógica empreendedora, passa a conformar um instrumento de agregação de valor para a acumulação capitalista, servindo como ferramenta chave para atividades de controle, diminuição de custos e promoção de uma governança moderna, caracterizando uma evidente alteração na esfera das funcionalidades urbanas. Neste mesmo raciocínio, os processos de urbanização das cidades podem ser entendidos como os momentos de transição entre funcionalidades urbanas diferentes, sendo definidas em sua maior parte pelo regime de acumulação presente no meio urbano, ou seja, a maneira pela qual uma estrutura espacial urbana se associa à relação social de produção capitalista (ABRAMO, 1995). Outro aspecto relevante desse processo de integração entre a tecnologia e o ambiente urbano é dado pelo seu potencial adaptativo e replicável de maneira escalar. As TICs estão impregnando esse novo processo de urbanização, e estão longe de ter esgotado suas potencialidades. Segundo Ascher (2010):

Elas ocupam progressivamente, como já havia acontecido com a eletricidade anteriormente, uma posição genérica, penetrando em todos os setores econômicos e todas as esferas da vida social. Já não existe nenhuma indústria, ciência ou tecnologia cujo desenvolvimento não dependa do uso das TICs, particularmente nos novos campos, como o da genômica ou cognitiva (ASCHER, 2010 p.54).

Essa metamorfose, que tem se consolidado em ritmo acelerado e gerando novas formas de compreender e vivenciar as cidades, desencadeia transformações que superaram a esfera econômica e passam agora a alterar a realidade concreta na qual a cidade é percebida e se reproduz. Sendo o espaço constituído de uma estrutura de médio alcance que é constantemente construída e alterada pelos atores, emoldurando a política, influenciando as estratégias e a formação de visões de mundo. O espaço se apresenta como dimensão constitutiva das instituições e das práticas políticas, se apresenta como a dimensão espacial (espacialidade) dos processos que ocorrem a partir das políticas e instituições, sendo a dimensão onde as políticas e instituições se realizam enquanto força concreta (MARQUES, 2017).

Essa dimensão recebe diretamente os impactos das TIC, facilitando a mobilidade e comunicação, diminuindo constantemente a necessidade de proximidade espacial entre empresas, fornecedores e instituições, e conseqüentemente entre os cidadãos e a gestão pública. Os efeitos da difusão das TIC e intensificação da conectividade e mobilidade reduziu progressivamente o peso do fator distância nas decisões de localização de ambos os grupos de atores, permitindo a escolha de lugares mais distantes da parte central (MATTOS, 2010). A geração de conhecimento e cambialidade de conhecimento se torna então a orientação básica desse novo território, com um imenso potencial de apropriação generalizada, de modo que quanto mais conhecimento útil for compartilhado, maior será o bem comum e, ao considerar o conhecimento como bem comum, surge um eixo unificador de todos os recursos comuns que se encontram no seu uso compartilhado, gerido por grupos de várias dimensões e interesses (DOWBOR, 2020; HESS; OSTROM, 2007).

Entretanto, o uso das TICs não substitui em absoluto a função dos transportes, o ato presencial e os contatos diretos continuam sendo meios de comunicação privilegiados; a acessibilidade física e a possibilidade do encontro são mais do que nunca as principais riquezas das zonas urbanas (ASCHER, 2010). Estas duas abordagens para as TICs no ambiente urbano (afastando as atividades que podem ser feitas por teletrabalho ao passo que aproximam as que não podem ser substituídas) criam um embate entre forças contrastantes que alteram a forma das cidades.

Esse quadro cria novos paradigmas, levando os antigos modos de regulação a uma crise, o transporte público, por exemplo, criado aos moldes fordistas de uma repetição controlada pelo apito da fábrica, agora recebe o impacto de pessoas se deslocando em todas as direções em todas as horas, os indivíduos se apropriam das tecnologias para aumentar sua autonomia (celular como ferramenta de mobilidade, de conexão, deslocamento, trabalho, etc.) e a flexibilização se torna a noção-chave dentro e fora do trabalho, adequando-se a contextos variados, circunstâncias menos previsíveis, sendo necessários serviços urbanos cada vez mais individualizados (ASCHER, 2010). Esse aprimoramento digital, em sua maior parte promovida pelo mercado na forma de aplicativos para celulares e sistemas com sensores para a coleta de dados, é fortemente baseado numa lógica de representação digital da cidade e é utilizado como um mecanismo de promoção urbana, e, portanto:

[...] a lógica da implantação de tecnologias para o melhoramento de serviços urbanos é também um recurso propagandístico utilizado na relação mercado-estado como forma de valorização de determinados territórios às custas da desvalorização de outros a fim de aumentar o rendimento de seus utilizadores (ABRAMO, 1995).

A incorporação de tecnologias no meio urbano não deve ser ignorada, pois a inovação tecnológica e social ligadas à conectividade das pessoas e compreensão do meio urbano é de grande relevância. As tecnologias urbanas possuem um caráter social inovador inegável, otimizando a atividade de serviços urbanos nas áreas onde o poder público não consegue exercer uma efetividade prática. O uso destas tecnologias em uma abordagem mais próxima de um ambiente público parece uma forma viável de utilização de seus recursos e potencialidades para a promoção do bem comum.

3.1.1 Contradições das TICs no ambiente público

Dassen (2016) aponta que, enquanto aprimoramento digital, a cidade inteligente promete uma espécie de planejamento urbano inovador, utilizando-se de megadados para perceber comportamentos e afinar serviços, ao passo que transforma o planejamento urbano em uma experiência contínua. Tais discursos a respeito de cidades inteligentes orbitam coalizões que reproduzem uma forma de olhar para as cidades, nas quais empresas, governo e institutos do conhecimento, se encontram e organizam sob a luz de oportunidades predominantemente ligadas a parcerias público-privadas. Nesta, consumidores pagam por serviços urbanos em um

enfoque onde o cidadão (leia-se cliente) paga apenas pelos serviços públicos de seu interesse, em uma abordagem “*pay per*”¹¹.

O contexto de formação mais relevante para a maioria das cidades tem sido o neoliberalismo, ou em outras palavras, a transição do um compromisso keynesiano-fordista para um urbanismo empreendedor e financeirizado que emergiu a partir da década de 1970 (HARVEY, 2005; MOROZOV; BRIA, 2020). Diante de serviços urbanos aprimorados pelo uso continuado das TICs e sua abordagem cada vez mais entrelaçada a essa agenda neoliberal, se pode vislumbrar a criação de um paradigma social onde os serviços públicos são oferecidos em duas escalas. A primeira, oferecendo serviços urbanos diferenciados e personalizados, de menor custo e maior eficiência para um recorte da população que dispõe dos meios (tecnológicos e econômicos) para consumi-los, e a segunda, abrangendo todo o restante da população que não possui recursos para acessar estes serviços. Embora, por vezes, as TICs representem oportunidades para estes “não-cidadãos” combaterem a sua invisibilidade (tais como iniciativas de mapeamento de favelas e cartografia social), predominantemente trata-se de uma população que não é entendida como um público consumidor, e, portanto, não tem um valor suficiente para ser incluída.

Essa dicotomia possui aspectos preocupantes, seja por criar uma espécie de “cidadania precarizada”, seja por transformar o cidadão em um participante não significativo, aparecendo como no máximo um mero produtor de dados. Este espectro dos níveis de cidadania já foi elucidado por Milton Santos (2007) como sendo melhor percebido nos países subdesenvolvidos em que, em linhas gerais, existem cidadãos de classes diversas: há os que são mais cidadãos, os que são menos cidadãos e os que nem mesmo ainda o são. Esta perspectiva mercadológica em torno do tema vem ao encontro da produção de dados sofisticados em quantidade, para a compreensão e monitoramento da cidade, captando uma visão do seu funcionamento que permita tomadas de decisão mais assertivas e eficazes (SANTOS, 2019). É justificável a busca de saídas para o aprimoramento de serviços urbanos que partam da iniciativa pública, especificamente do poder executivo municipal, mitigando os impactos de uma abordagem exclusivamente voltada para as necessidades do mercado. Portanto, iniciativas como a modelagem de dados urbanos que atuem não somente nas atividades de planejamento e gestão, mas que cheguem ao nível da governança podem se tornar ferramentas promissoras para a

¹¹ Nesse termo Dassen (2016) faz referência ao modelo de serviços, normalmente de mídia, onde o cliente paga apenas pelo conteúdo que se propõe a acessar, “Pagar para ver”.

melhoria dos diversos aspectos da vida urbana. Uma das propostas deste trabalho é, portanto, utilizar o CIM como instrumento de aprimoramento.

3.2 CIM e CIM-DL – origens e conceito

A modelagem de dados da cidade tem sido alvo de pesquisa há anos, mas de maneira pulverizada, provavelmente em vias de não haver consenso na delimitação de seu conceito, existindo diversas aderências a outros temas. Embora o entendimento mais comum seja que o CIM surge do aprofundamento de estudos a respeito da modelagem e georreferenciamento da informação (BIM e GIS) a partir dos anos 2000 (PEREIRA, 2018), Almeida (2018) considera que a primeira aparição do acrônimo CIM remonta ao ano de 2005, tendo sido cunhada pelo *blog* especializado AECbytes, em um artigo¹² que trata da relação entre os paradigmas tecnológicos para o enfrentamento de crises urbanas¹³. O objetivo central desse primeiro conceito não se atinha especificamente à união entre BIM e GIS como forma de representar as construções em um território geográfico, seu foco estava em criar um modelo de informação urbana que permitisse o controle e colaboração de forma ágil, ou seja, uma plataforma que permitisse uma tomada de decisão mais rápida e assertiva.

Os avanços tecnológicos que permitem a construção de um espaço virtual possibilitam a troca de informação como meio de abordar novas questões e uma nova forma de produzir e consumir os espaços. De fato, esta migração de modelos físicos para modelos digitais mais dinâmicos e complexos tem sido bastante associada à modelagem tridimensional digital, pautada apenas pela representação gráfica (JAIME, 2019). Portanto, o CIM, enquanto modelagem da informação, tem potencialidades que vão muito além da mera representação gráfica, o que ressalta a necessidade de desenvolver metodologias e instrumentos que possibilitem uma utilização mais abrangente, com a integração de dados multidisciplinares que efetivamente apoiem as decisões dos planejadores e gestores territoriais. O cruzamento da informação obtida de diversas fontes da cidade aparece então como uma maneira eficiente de utilizar estas mesmas informações em favor do planejamento e da gestão urbana.

¹² Disponível em: <<https://goo.gl/vdcCUn>>.

¹³ No caso da publicação do artigo, relativas aos impactos do furacão Katrina naquele mesmo ano.

É sabido que o planejamento urbano faz uso das ferramentas computacionais antes mesmo destas serem utilizadas em experiências na área da arquitetura. Desde a década de 1950, instituições governamentais têm utilizado essas ferramentas para gerenciar os dados municipais. São sistemas que já armazenavam e utilizavam informações de uso do solo, infraestrutura urbana e dados de transporte (SILVA JÚNIOR, 2016).

Para o planejamento urbano, os dados a respeito da cidade são a origem de todo diagnóstico que auxiliará na tomada de decisão assertiva. Quanto mais informação, maior é a chance de alcançar soluções urbanas mais assertivas. Devido a isto, uma abordagem CIM que se aproxima mais da gestão de cidades, tal qual o modelo CIM-DL, tem lugar como um campo de pesquisa válido e promissor.

Ao pesquisar a ontologia que margeia o conceito de CIM, Almeida (2018) aborda dentre outras, a categoria a qual denomina de CIM-DL. O autor cita casos em que o arranjo dos dados primários não busca a geometria em si, mas foca em uma referência geoespacial (Figura 6) como o caso da *Geo-Visualising Commercial Real Estate Markets* (GV-CREM ou Geovisualização de Mercados Imobiliários Comerciais). Outro caso relatado, e este mais fortemente ligado à representação geométrica, é o *Virtual Newcastle Gateshead* (VNG), uma plataforma de modelagem tridimensional baseada no levantamento urbano por nuvem de pontos, cujos dados são interligados por banco de dados geográficos, dispensando um padrão ou norma específica. Existiu ainda a abordagem da plataforma Flux Metro, que possuía como propósito integrar informações qualificadas por meio do tratamento global de diversos dados da cidade utilizando inteligência artificial, integrando múltiplas bases de informação da cidade (geométricas, legais e tributárias) de modo que o acesso a essas informações seja imediato, ou seja, clicando em um lote todas estas informações apareceriam de imediato. Contudo, em março de 2018 a Flux Metro anunciou o encerramento de suas atividades alegando que a indústria ainda não estava pronta para revolucionar seus processos, relacionamentos e contratos, sendo muito cedo para oferecer uma solução de compartilhamento de dados de ponta-a-ponta¹⁴.

¹⁴ Ver mais em: <<https://builtworlds.com/news/breaking-news-flux-shifts-direction/>>.

Figura 7 - Representação topológica dos estoques do mercado imobiliário GV-CREM (esquerda) e modelo VNG (direita).



Fonte: Almeida (2018), adaptado pelo autor.

O estudo realizado sobre CIM-DL é amplo e demonstra as diversas aproximações e exemplos práticos no mundo, contudo este estudo não aborda uma aplicação prática e adequada aos municípios brasileiros, visto também que este não é seu objetivo primário, e para tanto se mostra necessária a criação de um conceito próprio para nossa realidade, um CIM que se adeque aos diversos sistemas de informação da cidade.

3.3 City Information System - Sistemas de Informação da Cidade

Considerando que as fontes de dados para o planejamento urbano são diversas, de imagens orbitais de alta resolução até dados de instituições e autarquias, além de pesquisas como as realizadas pelo IBGE, existe ainda o acervo massivo de dados do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) (SABOYA, 2007). Embora o CTM ainda não seja uma realidade na maioria dos municípios brasileiros, trata-se do inventário territorial oficial e sistemático do município¹⁵, um sistema de registros espaciais que representam a estrutura urbana composto por um elemento espacial (geometria) e outra descritiva (BLACHUT *et al.*, 1974 *apud* SABOYA, 2007). A base de dados para o aprimoramento das cidades que as prefeituras possuem ainda conta também com um largo acervo de dados oriundos de diversos processos (tais como diagnósticos para intervenção urbana, Plano Diretor, Estudos de Impacto Ambiental, licenciamentos, etc.). Portanto, pode-se observar que atualmente a maior parte das prefeituras

¹⁵ De acordo com artigo primeiro da Portaria 511/2009 do Ministério das Cidades.

brasileiras possui enormes repositórios de dados potenciais para o aprimoramento da gestão e da vida urbana (SASS *et al.*, 2014).

Fica evidente então, a partir do estudo de Almeida (2018), que a integração entre o CTM, com seu aspecto de inventário oficial e sistemático da cidade, em um modelo de integração de dados espaciais e descritivos entrelaçado com o conceito CIM-DL criaria um acervo de possibilidades para o planejamento urbano e promoção da cidadania, limitados apenas pela criatividade do urbanista, sendo esse na verdade uma nova espécie de desafio contemporâneo.

[...] o desafio dos urbanistas contemporâneos não está mais [...] na coleta e geração de dados atualizados, mas em como relacioná-los de modo a integrar um montante cada vez mais massivo de informações com a finalidade de servir mais eficientemente ao planejamento e governança das cidades (THOMPSON *et al.* 2016 *apud* ALMEIDA 2018. P.60).

Uma abordagem um pouco mais arrojada seria capaz de liberar o potencial de uma nova agenda para as cidades de uma forma integralizadora e socialmente mais justa. Uma cidade que se mostrasse inteligente para todos e não apenas para os cidadãos da primeira fila¹⁶. Neste trabalho, essa visão é consolidada na proposta de que os diversos sistemas que gerem as informações municipais integrem-se às visões de modelagem da informação.

Os benefícios dos arranjos de dados através de tecnologias urbanas na gestão das cidades aparecem na bibliografia pesquisada de maneiras diversas e em aplicações com enfoque na otimização de aspectos tais como o trânsito (BATTY, 2013; JIN; LIANG; LI, 2013; LI; ZHENG, 2016; XIONG *et al.*, 2012), a infraestrutura urbana (MOON *et al.*, 2016; RODRÍGUEZ-MOLINA *et al.*, 2013; SHARMA *et al.*, 2019; VATAN; SHARMA; GOYAL, 2019), dentre outros, conformando uma espécie de sistema operacional urbano que integra uma nuvem de sistemas em um ponto nodal que realiza uma forma de coreografia urbana através dos dados. Embora a ideia de Sistema Operacional Urbano receba críticas por seu estilo altamente tecnocrático (MARVIN; LUQUE-AYALA, 2017), sua aproximação aos preceitos participativos é um desafio que pode trazer benefícios concretos no que se refere à otimização da integração de dados urbanos.

¹⁶ Referência ao livro “Confiança e medo na cidade” (BAUMAN, 2005) onde o autor classifica uma espécie de polarização e estranhamento social entre ricos e pobres, incluídos e excluídos, entre o cidadão da primeira fila e da última fila.

3.4 Aplicações de Sistemas Urbanos

Atualmente, as cidades têm a sua forma definida pela incorporação de sistemas informacionais de controle. Estas tecnologias invisíveis controlam os sistemas de abastecimento, os fluxos de trânsito e energia. Neste contexto a cidade deixa de ser um sistema estático, constituída apenas pelas suas componentes físicas, e passa a ser um “organismo vivo” (VEREBES, 2009 *apud* SILVA JÚNIOR, 2016).

A busca por sistemas de informação que gerenciem aspectos urbanos nos repositórios de trabalhos acadêmicos retornou diversos trabalhos que relatam aplicações práticas destes sistemas nas mais diversas áreas (ver Figura 4, p. 27). Os principais benefícios estão ligados à área de transporte, infraestrutura e informatização, contudo também existem aplicações para saúde, educação, meio ambiente e o próprio cadastro fiscal. Grosso modo, as aplicações e sistemas que emergem destes casos sempre objetivam utilizar os dados existentes e gerados em um modelo de organização que incremente a eficiência dos processos já existentes, conformando um acervo que, quando incorporado aos processos decisórios, agregam diversos benefícios, seja pelo melhor conhecimento do problema em função da quantidade de dados, seja pela velocidade com que as informações são processadas e agilizam a tomada de decisão. A utilização deste acervo permite também o aperfeiçoamento das informações, diminuindo inconsistências causadas pela duplicidade de dados e pela confiabilidade que pode advir da transparência das informações. As principais aplicações identificadas na RSL estão apresentadas a seguir.

3.4.1 Sistemas Urbanos - Transporte

Os Sistemas de Transporte Inteligente (do inglês *Intelligent Transportation Systems – ITS*) são fortemente ligados às *smart cities*, principalmente por serem sistemas que buscam resolver os problemas causados pelos congestionamentos nas metrópoles. Estes sistemas vêm sendo amplamente estudados no mundo, sendo os Estados Unidos os pioneiros com o Sistema Eletrônico de Orientação de Rota¹⁷ em 1967. Na Europa com os avanços na informática do transporte rodoviário nos anos de 1970 como a Infraestrutura rodoviária dedicada para

¹⁷ Do inglês *electronic route guidance system* (ERGS), resultado da pesquisa do *Bureau of Public Roads of the US Department of Transportation*.

segurança de veículos¹⁸, e nos anos de 1970, o Japão inicia investimentos na área de ITS para construir um sistema de transportes seguro e amigável ao meio ambiente (XIONG *et al.*, 2012).

Para Xiong *et al.* (2012) a arquitetura de um ITS pode ser dividida em três partes: I) a percepção da informação do tráfego, que são o conjunto dos dados básicos que envolvem o sistema de transporte – veículos, estradas e pessoas – e como se dá a convergência da informação do tráfego, que depende das tecnologias aplicadas na ITS – que vão da fibra ótica até os sinais de GPS; II) aplicação de suporte para a informação de tráfego, que propicia o entendimento do comportamento do tráfego variando de acordo com o tempo, e; III) controle e gerenciamento do tráfego urbano, que são sistemas gerenciadores e controladores do tráfego que incluem a vigilância de tráfego, controle de tráfego, gestão de tráfego público, gestão de emergência e otimização do controle da organização de transporte.

Para Autili *et al.* (2019), a internet, no papel de infraestrutura essencial para a sociedade, economia e peça-chave para a produção e consumo de conteúdo digital, foi desenvolvida para terminais físicos e, portanto, é necessário adaptar conceitual e concretamente sua infraestrutura para aplicações móveis. Ao estudarem o desenvolvimento de aplicações para o trânsito na cidade de Áquila na Itália, os autores apontam a necessidade de implantar uma rede de internet distribuída em múltiplos servidores, dispositivos e serviços, sendo imperativo um serviço orientado baseado em reuso, ou seja, um serviço que realize uma coreografia para compor a nuvem de sistemas terceiros em um único serviço distribuído.

Autili *et al.* (2019) apresentam um estudo de caso sobre o Sistema de Mobilidade Rodoviária Colaborativa (*Collaborative Road Mobility System - CRMS*) que permite que veículos e infraestrutura de transporte se interconectem, compartilhando dados para coordenar suas ações para serviços, como um aplicativo móvel que auxilia motoristas na experiência de uma direção mais ecologicamente correta.

Outros autores argumentam que uma modelagem integradora entre bancos de dados geográficos para trânsito (JIN; LIANG; LI, 2013) aliadas a uma plataforma de análise visual (LOCK; BEDNARZ; PETTIT, 2020) permitem superar a lacuna criada pelos vários sistemas independentes que as cidades utilizam para gerenciar o trânsito. Grosso modo, criando uma plataforma e método que agreguem dados de múltiplos formatos em múltiplas fontes, inclusive fontes de dados abertos (GOLINI *et al.*, 2018). Tais canais de integração são complexos e

¹⁸ Do ingles Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe (DRIVE)

exigem a harmonização dos dados por diversos meios, seja na categorização por camadas (especialmente quando dados geográficos), seja pela realização de consultas que eliminem redundâncias, combinem fatores e permitam ao final do processo uma contribuição efetiva para a gestão do trânsito.

3.4.2 Sistemas Urbanos - Infraestrutura

O aumento da pressão sobre a infraestrutura urbana com a crescente populacional gera a necessidade de criar sistemas que otimizem estes serviços. Como já abordado, essa otimização passa frequentemente pelo uso de dados gerados pelos próprios sistemas através de sensores e oriundos da própria população que consome estes serviços, em que:

Os dados coletados a partir da interação entre os indivíduos e o espaço urbano são utilizados para gerenciar a cidade. Isso é possível graças ao uso de computadores que são capazes de manipular e processar esse grande volume de informações produzido. Essa informação é utilizada para definir políticas públicas de gestão e planejamento (SILVA JÚNIOR, 2016, p. 66).

O serviço de fornecimento de energia elétrica é uma das principais preocupações enquanto manutenção dos serviços urbanos digitais, desta forma, surge a ideia de um *Smart Grid* como ferramenta de otimização e gerenciamento da rede elétrica a fim de melhorar a gestão de energia. Os benefícios possíveis vão desde aspectos ambientais com a utilização de veículos elétricos para reduzir a pegada de carbono, até aspectos da própria gestão da rede como a distribuição da energia e provisionamento em horários de pico. As aproximações de um *Smart Grid* comumente estão associadas a integração com sensores e dispositivos que se integram a um sistema operacional, contudo sua definição ainda é debatida. Desta forma, Rodriguez-Molina *et al* (2013) afirma que:

O Smart Grid foi definido por vários autores de maneiras bastante diferentes. Por exemplo, em Gellings (2009) é afirmado ser “o uso de sensores, comunicações, capacidade computacional e controle de alguma forma para melhorar a funcionalidade geral do sistema de distribuição de energia elétrica. Um sistema burro torna-se inteligente ao detectar, comunicar, aplicar inteligência, exercer controle e, por meio de *feedback*, ajustar continuamente (RODRÍGUEZ-MOLINA *et al.*, 2013, p.1 tradução nossa)¹⁹

¹⁹ Do original: The Smart Grid has been defined by several authors in fairly different manners. For example, in [3] it is claimed to be “the use of sensors, communications, computational ability and control in some form to enhance the overall functionality of the electric power delivery system. A dumb system becomes smart by sensing, communicating, applying intelligence, exercising control and through feedback, continually adjusting.

Ao propor o *middleware*²⁰ SMArc²¹, Rodríguez-Molina e colaboradores (2013) indicam outros benefícios que a integração de dados traria para uma infraestrutura *Smart Grid*, tais como a aplicabilidade para dispositivos de baixa capacidade (como os que utilizam a tecnologia RFID²²) para coleta de dados, maior segurança e privacidade, arquitetura computacional distribuída pela rede de energia, organização semântica dos dados, entre outros.

Outras aplicações aderentes ao tema são o uso de tecnologias GIS para a criação de um sistema de gerenciamento de calçadas (ZAGVOZDA *et al.*, 2019) e a própria aplicação ao CIM dentro do contexto de modelagem paramétrica, citando-se aqui o trabalho de Silva Júnior (2016) na modelagem de uma aplicação para utilização de algoritmos generativos como ferramenta de suporte ao desenho urbano, permitindo então certas análises preditivas sobre o uso do solo, e, portanto, dimensionando os demais sistemas da infraestrutura urbana que serão projetados.

3.4.3 Sistemas Urbanos – Integração de dados

Os aspectos ligados à informatização das cidades foram os que retornaram com maior frequência na RSL. Essa visão da união de sistemas se adere a várias análises que vão da criação de um ecossistema urbano baseado na integração horizontal de informações entre entidades, passando pelo aumento da confiabilidade entre transações, análises de redes sociais e o compartilhamento de informações entre os setores público e privado.

A integração de inteligência ambiental pode ser descrita como a capacidade de um sistema de acessar, processar, visualizar e compartilhar dados, espaciais ou não, metadados e modelos de vários domínios relativos ao uso e cobertura do solo, biodiversidade, atmosfera como também aspectos socioeconômicos da cidade para vários propósitos, servindo para o monitoramento e identificação de alterações e tendências no ambiente. Esses dados estão distribuídos em sistemas proprietários e abertos, o que demanda a compilação de padrões, harmonização de dados e serviços de interoperabilidade para armazenamento e processamento em vias de responder questões políticas e científicas (KHAN *et al.*, 2012).

²⁰ Um *Middleware* pode ser entendido como um *software* que atua como ponte entre um sistema operacional ou banco de dados e aplicações, especialmente em rede.

²¹ Acrônimo para *Semantic Middleware Architecture* ou Arquitetura de Middleware Semântica.

²² Sigla para *Radio Frequency Identification*. Tecnologia que utiliza ondas de rádio passivas para identificação de objetos, como por exemplo um pagamento de cartão de crédito por aproximação.

A construção dessa cidade digital perpassa todo um processo de planejamento da cidade, sua construção e gerenciamento de seus serviços, em que o uso das TIC ajuda a promover a transformação das funções governamentais e gerir a inovação (YANG, 2013). Yang (2013) ainda aponta que o gerenciamento desta cidade digital pode ser dividido em subsistemas integrados que vão da aquisição de dados sem fio até o compartilhamento desses dados com diversos serviços urbanos.

Toda essa articulação ao redor da informatização da cidade e no uso de seus dados para diversos fins também se interliga a aspectos de confiabilidade e segurança dos dados e das transações realizadas. Nesse sentido, tecnologias como a *Blockchain* aparecem como novas alternativas para assegurar o compartilhamento de informações entre diversos serviços. *Blockchain* pode ser definido como um registro eletrônico imutável, transparente e descentralizado no qual os registros só podem ser adicionados em um consenso descentralizado entre pares (KUNDU, 2019). Em outras palavras, trata-se de uma espécie de livro de registros imutáveis que está sob o domínio de todos os usuários (distribuído em cadeia) mantendo sua pureza, de forma que todos têm direitos iguais para inserir transações, desde que seja validada entre os demais, sendo uma lógica de armazenamento de registros que não depende de uma parte fiscalizadora e baseada em confiança e consenso.

Embora essa lógica seja mais comumente utilizada em criptomoedas, sua aplicação para as tecnologias urbanas é ampla, em vias as suas qualidades (imutável, descentralizada, transparente, granular, consensual e autônoma), facilita a governança entre partes, sem a necessidade de uma terceira parte fiscalizadora. Seus desdobramentos envolvem o efeito na confiança em rede para sociedade, governo e indústria, empoderamento do indivíduo e fortalecendo a economia. Suas aplicações práticas vão da repreensão da corrupção até o combate da desinformação on-line, podendo ser citados as transações sem papel e baseadas em *Blockchain* em Dubai, a auto regulação da malha de distribuição de energia (nos casos em que existe produção local), integridade e interoperabilidade entre dados médicos, além de aplicações que beneficiam a economia como a remoção da necessidade de intermediários em um mercado de contratos mais inteligentes, reduzindo custos operacionais enquanto aumenta a velocidade e veracidade das transações (KUNDU, 2019).

Outra aplicação que aparece como inovação para as cidades está no monitoramento de redes sociais com a finalidade de compreender a percepção dos residentes e visitantes sobre determinados assuntos, como por exemplo transporte público, tráfego, condições ambientais,

segurança pública e eventos gerais. As percepções das pessoas sobre eventos e questões que encontram em suas cidades são frequentemente incorporadas nas palavras, termos e frases que formam sua linguagem falada e agora também em suas postagens nas redes sociais (DORAN *et al.* 2013 *apud* SOUZA *et al.*, 2016).

Souza *et al.*, (2016) utilizaram técnicas de *Big Data*, aprendizagem de máquina e processamento de linguagem natural²³ para processar 7,5 milhões de postagens no Twitter, georreferenciando 286.000 destas no período da Copa do Mundo FIFA 2014. Como resultado, dentre outros, conseguiram traçar um perfil de demanda turística da cidade de Natal - RN, identificando 25 nacionalidades, além de uma análise sentimental no conteúdo publicado, em que 72% das postagens em inglês foram positivas, 18% neutras e 10% negativas. Essa estratégia pode, por exemplo, ser utilizada para outras demandas urbanas como a avaliação de projetos de intervenção, e da própria governança.

Outros resultados sobre esta aproximação com as cidades podem ser vistos na utilização do conceito de *gameificação*²⁴, ou seja, na aplicação de mecanismos de jogos, dinâmica de jogos e regras de jogos para criar engajamento cidadão e resultar em informação para o governo. Um exemplo é caso da cidade de Chiang Mai na Tailândia onde pesquisadores criaram um jogo para celular com uma lógica similar ao jogo Pokemon Go, em que os jogadores (cidadãos) se moviam pela cidade e seu celular vibrava ao estar perto de um local apontado como problema. Deste modo, os jogadores podiam não só sinalizar os problemas para o governo, como também apontar soluções e realizar comentários. O jogo também inclui elementos, como classificações, níveis, emblemas e sistema de pontuação. Como resultado, entre 1 de abril e 1 de junho de 2018, o jogo conseguiu georreferenciar 512 problemas com 6.334 comentários ligados ao tráfego, poluição, lixo e acidentes na área urbana (PURITAT, 2019).

Ainda existem soluções vinculadas a criação de um ecossistema de informações público privadas (ACUTO *et al.*, 2019), monitoramento estatístico de casos de dengue (REGIS *et al.*, 2009), inclusão digital em parcerias municipais e universitárias (IXMATLAHUA *et al.*, 2015),

²³ O Processamento de Linguagem Natural (do inglês Natural Language Processing (NLP) (Bird *et al.* (2009)), cobre qualquer tipo de manipulação de um computador em uma linguagem usada para comunicação entre humanos (SOUZA *et al.*, 2016).

²⁴ O termo gamificação é usado principalmente em vários campos, como negócios, educação, saúde e marketing definidos como "aplicação de elementos de design de jogos e princípios de jogos em contextos não relacionados a jogos (HUOTARI; HAMARI, 2012; ROBSON *et al* 2015 *apud* PURITAT, 2019).

visualização 3D do cadastro fiscal a partir de tecnologias BIM (SHOJAEI *et al.*, 2018), e criação de indicadores para o desenvolvimento sustentável (ALMEIDA, 2019).

O resultado da pesquisa bibliográfica aponta que a integração de dados em um sistema de informações municipais é amplamente positiva e de crescente interesse no mundo todo, contempla as mais distintas áreas da gestão da cidade além de permitir a descoberta de conhecimento através do processamento de informações diversas. Contudo, também existem desafios a serem superados, ainda mais especificamente se observado o caso brasileiro.

3.5 Uma breve discussão sobre o uso de dados no Brasil

Embora Khan *et al.* (2012) já apontem que o desafio nessa estrutura de integração de dados é o de introduzir um mapeamento apropriado, harmonização, integração e utilização adequada de ferramentas e tecnologias em um ambiente em nuvem para atender completamente os requerimentos dos interessados, ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa de mestrado emergiram outros desafios a partir da leitura da revisão da literatura. Existem claros entraves burocráticos ligados não somente a ignorância dos gestores públicos quanto ao “extrativismo de dados” (MOROZOV; BRIA, 2020), mas também aos limites da jurisdição municipal que, por exemplo, dificulta o intercâmbio de informações ambientais, econômicas e fiscais entre municípios. Estes entraves políticos/administrativos/legais são talvez o maior desafio a ser superado. Dentro do espectro dos limites administrativos, por exemplo, enquanto o Plano Diretor refere-se ao território do município como um todo, o cadastro municipal geralmente limita-se ao perímetro urbano, sendo os cadastros rurais desenvolvidos no âmbito federal, assim como outros cadastros de bens públicos (da União, terras indígenas, unidades ambientais). Nesse mesmo sentido, ainda existem situações de difícil explicação, como o caso dos Cartórios de Registro de Imóveis, em que, sendo entidades responsáveis pela guarda das informações imobiliárias, por via de regra, não compartilham essas informações com outras entidades de maneira facilitada.

Da mesma maneira que aspectos físicos como a bacia hidrográfica dificilmente correspondem aos aspectos legais e mais abstratos da cidade, como o limite municipal, por exemplo, a composição de dados relevantes para um sistema integrador de dados não se limitam ao território demarcado do município e, portanto, os dados colhidos sob esses aspectos que representariam uma análise global acabam por ser apenas um recorte quando abordam somente

o município de estudo. Romper com os silos de informação sobre os diferentes escritórios de governo e compartilhar todos os dados abertos em comum permite evitar esforços e investimentos duplicados para compreender a dinâmica urbana e disponibilizar soluções (HERNANDEZ *et al.*, 2016), contudo, é necessário considerar o arcabouço jurídico que cerca a definição de quais dados podem ser compartilhados e por quem, no arranjo que compõe os aspectos legais das cidades.

Para o caso brasileiro, a legislação acerca da gestão de dados e informações orbita principalmente na Lei de Acesso à Informação - Lei 12.527/2011 (BRASIL, 2011), no Decreto de Dados Abertos - Decreto 8.777/2016 (BRASIL, 2016a) e na lei Geral de Proteção de Dados Pessoais - Lei 13.709/2018 (BRASIL, 2018). Tais leis se alinham para cobrir a regulamentação da abertura dos dados públicos ao mesmo tempo em que protegem os dados pessoais sob domínio governamental ou não. Enquanto a divulgação da informação por órgãos públicos, independentemente de solicitações, é o preceito geral e o sigilo a exceção, a proteção de dados pessoais tem como fundamento o respeito a privacidade e a inviolabilidade da intimidade, da honra e da imagem. A abertura de dados objetiva facilitar seu intercâmbio entre órgãos e entidades da administração pública federal e das diferentes esferas da federação, além de fomentar a pesquisa científica de base empírica sobre a gestão pública, promovendo o compartilhamento de recursos de TICs, de maneira a evitar duplicidade de ações e desperdício de recursos.

Existe, portanto, um emaranhado de conceitos que se imbricam e torna necessária uma análise a cada dado compartilhado entre órgãos e divulgado abertamente. Por exemplo, de acordo com a lei de Proteção de Dados Pessoais, os dados pessoais sensíveis são aqueles relacionados à pessoa natural identificada que vão desde a etnia e convicção religiosa até a filiação política e vida sexual. Dito isso, ao pensar o compartilhamento de dados entre órgãos para o melhoramento dos serviços públicos é crucial que as partes envolvidas levem em consideração o sigilo no tratamento de dados.

Antoniali e Kira (2020) ao examinarem os esforços de algumas cidades brasileiras para regulamentar o acesso a dados para o planejamento urbano gerados por aplicativos de transporte, tais como Uber e 99Taxi, refletem sobre estas questões no uso de dados tanto pelo setor público quanto privado, ficando claro uma tensão entre os interesses daqueles que veem na coleta de dados oportunidades para promover o desenvolvimento urbano, contra aqueles a favor de impor limites a essas capacidades como condição para a tutela da privacidade.

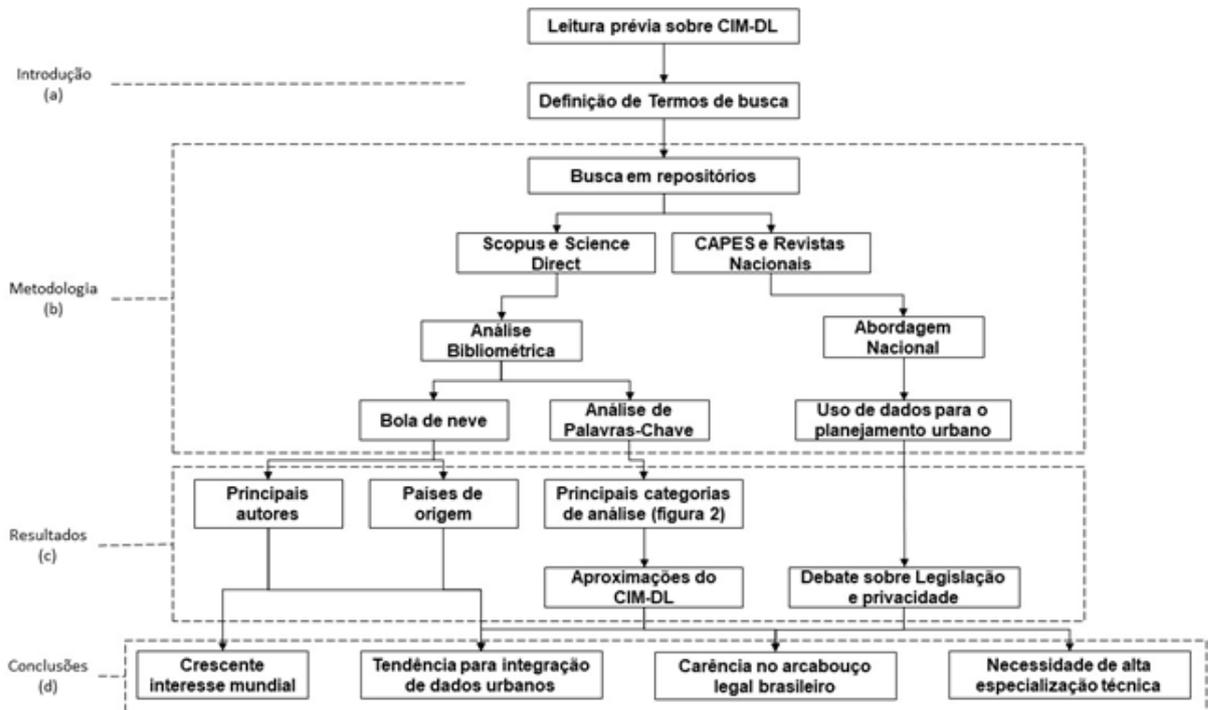
Em São Paulo o decreto 56.981/16 (SÃO PAULO, 2016) cria contornos regulatórios para o uso do viário urbano municipal para as Operadoras de Tecnologia de Transporte Credenciadas (OTTC), que além da tributação por distância percorrida, criou a obrigatoriedade do compartilhamento de certos dados (origem e destino, tempo de viagem, trajeto, identificação do motorista, etc.) levantando o debate sobre a privacidade dos usuários e motoristas. Como resultado, a resolução 10/2016 do Comitê Municipal de Uso Viário (CMUV) regulamentou os dados das empresas e os dados de informações pessoais de passageiros e condutores sob sigilo legal, protegendo a privacidade de usuários e os segredos de negócios e vantagens competitivas das empresas (ANTONIALLI; KIRA, 2020).

O caso do uso de dados públicos e privados para fins do desenvolvimento urbano encontra então um local de certa estabilidade. Por um lado, a transparência e os dados abertos são indispensáveis para a administração pública atual, e por outro, se tratando de dados pessoais deve prevalecer a proteção do direito fundamental da privacidade. Essa abordagem mais diplomática entre a administração pública, empresas e o direito à privacidade é, portanto, um aspecto que deve ser considerado na modelagem de informações urbanas.

3.6 Resultados da Revisão Sistemática

A síntese estrutural da RSL pode ser observada na Figura 8, com a discussão de CIM na sua abordagem por camada de dados (CIM-DL). Nessa abordagem o CIM aparece como um instrumento de auxílio ao planejamento e gestão urbana, em especial para a administração pública. Partiu-se de uma RSL para esclarecer o debate acerca do estado da arte sobre sistemas de informações urbanos (Figura 8a). Em seguida apresentou-se diversos casos de aplicações pelo mundo, encontradas na bibliografia mapeada, com abordagens diversas que cobrem múltiplos espectros da cidade (Figura 8b). Argumenta que o CIM, enquanto possibilidade prática para auxiliar o melhoramento dos serviços e funções da administração pública, necessita de uma orientação para além dos estudos de casos e experimentos acadêmicos (Figura 8c). A integração de dados dentro do arcabouço legal brasileiro necessita de um alinhamento com a legislação que regulamenta a abertura de dados públicos e a proteção de dados pessoais e sensíveis. Foi observado que o debate sobre esse tema é amplo e carece de análises a cada caso de integração e abertura de dados (Figura 8d).

Figura 8 - Síntese da pesquisa



Fonte: O autor (2022).

Com isso fica claro que os sistemas de informação que regem o tecido urbano têm se consolidado como alternativa prática e viável. Para além disso, existe uma forte tendência e interesse para o uso e integração de dados municipais, sejam para fins comerciais, acadêmicos, ou para a causa fim do desenvolvimento urbano. Por estas razões o estudo para a modelagem de informações da cidade torna-se um campo fecundo e relevante para aplicações práticas que contribuam para a melhoria do planejamento e da gestão urbana, alinhados com o movimento global de informatização das funções urbanas.

Uma vez que cidadãos, técnicos e gestores municipais se apropriem do poder da informação gerada pela integração de dados oriundos de diversas fontes da cidade, os impactos e aplicações para o planejamento urbano passam a ser limitados apenas pela imaginação dos planejadores. Aferir os impactos do CIM-DL no planejamento e gestão urbana é, portanto, um debate mais profundo e merece mais atenção em trabalhos futuros.

Por fim, ainda se destaca que, para o caso brasileiro, esse aparato tecnológico hiper avançado e de alta especialização técnica entra em contato com as desigualdades sociais, já bem conhecidas. Nesse sentido, ao usar as TICs no planejamento e gestão urbana, é de fundamental

importância considerar as informações advindas de todos os estratos sociais. Entendendo-se aqui que o dever da administração pública não é tornar todos iguais, mas garantir acesso à informação universalizada, de modo que os processos decisórios considerem os diversos extratos sociais da população.

Este capítulo permitiu, além da melhor compreensão do tema e do problema da pesquisa, a elaboração de critérios que permitissem uma modelagem conceitual do artefato que será produzido. Os critérios conceituais que guiarão a confecção do constructo da prova de conceito são discutidos em maior detalhe no capítulo seguinte.

4 MODELANDO A INFORMAÇÃO PARA UM CIM-DL

Dentro da metodologia proposta neste trabalho, este capítulo corresponde à modelagem conceitual do artefato e sua justificativa adaptada aos preceitos estabelecidos, abordando as técnicas e métodos propostos para a elaboração de um CIM-DL. Serão abordados neste capítulo os critérios para modelagem e tratamento dos dados, as fontes de dados primários e sua interoperabilidade. A conclusão deste capítulo elabora a interface proposta nesta pesquisa de mestrado para uso e visualização de dados.

4.1 Modelagem e tratamento de dados

Para Jaime (2019) as transformações urbanas decorrentes dos impactos das novas tecnologias trouxeram a necessidade de novos modelos de gestão e administração, em que os mapas físicos e planilhas de controle se deslocaram para um processo mais colaborativo. O monitoramento de informações se torna cada vez mais importante para a identificação de cenários e predisposição de um determinado fato. Marvin e Luque-Ayala (2017) relatam que as tecnologias computadorizadas integradas no ambiente urbano estão se posicionando como verdadeiros “Sistemas Operacionais”, unindo *hardware*, *software* e componentes de dados essenciais que silenciosamente ficam em segundo plano, direcionando os fluxos urbanos, fornecendo linguagens compartilhadas para a interoperabilidade. Analisam ainda as raízes históricas desses Sistemas Operacionais Urbanos (UrbanOS²⁵), afirmando que estas tecnologias começaram a ser desenvolvidas pela indústria militar norte americana durante o período pós segunda guerra, desenhando o desenvolvimento de sistemas como os gerenciadores de recursos empresariais (ERP²⁶). Na escala municipal, esses sistemas auxiliam extensivamente em operações internas de interconexão entre finanças, pagamentos, procuradoria e recursos humanos nas prefeituras²⁷.

²⁵ Do inglês *Urban Operation System*.

²⁶ Do inglês *Enterprise Resource Planning*. Um tipo de software utilizado para gerenciar as diversas esferas de uma organização, da contabilidade e Recursos Humanos até a cadeia de suprimento. Ver <<https://www.oracle.com/erp/what-is-erp/>>.

²⁷ Afirmação baseada na experiência empírica do autor ao prestar serviços em prefeituras.

No Brasil, o governo lançou em abril de 2007 o Portal do Software Público²⁸, um tipo específico de software livre que atende as necessidades de modernização da administração de qualquer dos Poderes da União, dos Estados e dos Municípios. Atualmente conta com mais de 60 soluções voltadas para diversos setores. No catálogo do portal existem diversos softwares para os mais diversos fins, de sistemas como o SAELE²⁹ que visa agilizar e melhorar o processo eleitoral em universidades, até o ERP E-Cidades que se propõe a realizar uma abordagem completa para a gestão pública municipal. Incluído no catálogo do portal em 2009, o E-Cidades é composto por módulos que informatizam áreas como educação, saúde, finanças, patrimônio e recursos humanos e visam integrar a Prefeitura Municipal, Câmara, Autarquias e outros entes³⁰.

Marvin e Luque-Ayala (2017) ainda afirmam que um ERP é limitado a sua capacidade de operação contextual, realizando apenas as funções que foram presumidas inicialmente, sendo necessário um esforço contínuo para abarcar novas demandas. Em outras palavras, as peculiaridades que não foram pensadas em sua concepção por vezes são atendidas por sistemas específicos, como nos casos em que existem sistemas legados. Também existe a forte noção de uma categorização taxonômica que objetiva a simplificação das funções urbanas em categorias, presumindo que as camadas de funcionalidades são autocontidas e bem delimitadas. Para os autores, a diferença básica entre um ERP e um UrbanOS está na sua vocação. Enquanto um ERP é voltado para dentro (os processos internos de uma empresa/prefeitura), um Sistema Operacional Urbano é voltado para fora (serviços e infraestrutura urbana do cotidiano). Em comum está a visão de que a cidade é um sistema de sistemas, e os dados em ambas as abordagens são ordenados em estruturas que consideram uma série de sistemas (água, energia, transporte, equipamentos, redes lógicas etc.) que se comunicam com domínios distintos (comércio, indústria, turismo, agricultura), e para tanto, tais plataformas realizam uma tentativa de coordenar e integrar serviços, através de funções urbanas fragmentadas.

O CIM-DL emerge nessa temática com a tarefa de colocar a integração e a conectividade no centro da administração pública, de maneira a realizar análises que ecoem na forma como a cidade é gerida, consumida e experienciada. Unindo dados de diversos sistemas e sensores em um arranjo qualitativo que seja voltado para integração funcional e espacial. Seu foco é,

²⁸ Disponível em: <<https://softwarepublico.gov.br/>>.

²⁹ Disponível em: <<https://softwarepublico.gov.br/social/saele>>.

³⁰ Disponível em: <<https://softwarepublico.gov.br/social/e-cidade>>.

portanto, o de desenvolver um ecossistema onde os dados de aplicações urbanas sejam catalisados e possibilitem ganhos pela geração de atividades que integrem funcional e informacionalmente o que é atualmente separado, ou na melhor possibilidade, parcamente unido. Nesse contexto, as geotecnologias se inserem como ferramentas cruciais para auxiliar na localização geográfica das informações obtidas, uma vez que os dados geográficos podem ser espaciais, quando ligados diretamente ao objeto geográfico, e descritivos, quando relacionados aos atributos que descrevem as características desses objetos. A visualização de dados distribuídos territorialmente oferece uma experiência de análise sobre o espaço mais rica, além de permitir a observação de relações entre fenômenos diversos por sua proximidade ou distanciamento.

Na bibliografia é comum encontrar as diversas abordagens sobre as novas tecnologias digitais que buscam representar a cidade, principalmente empregadas no campo tridimensional. Estas tecnologias emergentes vão desde plataformas para Sistemas de Informações Geográfica Tridimensional (SIG-3D), tais como, *softwares* que permitem a modelagem virtual da cidade (ESRI *City Engine*, Bentley *Cities*, 3D *City Database*), até a busca pela união entre BIM e CIM dentro dos padrões abertos IFC³¹ e CityGML³². Nesse ponto, a modelagem de dados para o CIM-DL se distancia um pouco de outras abordagens, uma vez que seu enfoque está mais no arranjo de dados do que na modelagem tridimensional em si. Nesse sentido, embora iniciativas de normatizar os dados do ambiente construído como o IFC, incluindo a infraestrutura e codificando semanticamente uma via lógica entre os atributos do ambiente construído (ex.: atributos como tipos de materiais, relações como locações, objetos como pilares e lajes, etc) e até mesmo conceitos mais abstratos (tais como proprietários, fornecedores, custos, etc), dentro do conceito de CIM-DL e sua lógica mais aplicada ao planejamento urbano, todas as informações do ambiente urbano são relevantes, e não apenas as do ambiente construído.

Para Jaime (2019), o foco de um modelo de informação está nas informações contidas e relacionadas aos objetos envolvidos no modelo, tornando-se um processo mais amplo do que a simples troca de informações, que quando aplicado às cidades, ultrapassa a concepção da

³¹ Industry Foundation Classes. É uma descrição digital padronizada da indústria de ativos construídos, um formato de padrão internacional aberto (ISO 16739-1: 2018) para uso entre diferentes plataformas. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>. Acesso em 21/12/2021.

³² Modelo conceitual e padrão de troca para a representação, armazenamento e troca de modelos virtuais de cidades em 3D, integrando geodados urbanos para uma variedade de aplicativos. Disponível em: <https://www.ogc.org/standards/citygml>. Acesso em 21/12/2021.

modelagem tridimensional. Para a autora, diferentemente dos modelos de informação geográficos, que são definidos pela interoperabilidade sintática³³, os modelos de informação da cidade devem ser semânticos³⁴, uma vez que na escala urbana as relações entre os fenômenos são mais complexas. Sendo assim, dentre a grande quantidade de dados que compõem um CIM, existem os geográficos relacionados que orientam sua coordenação.

Para gerir o acervo massivo de dados integrados na modelagem urbana, a OGC³⁵ através do formato CityGML apresenta o conceito da visualização dos dados ao seu nível de detalhe (LOD³⁶). A intenção é diferenciar representações em escalas múltiplas dentro do modelo permitindo um melhor uso do processamento computacional e da disponibilidade dos dados. Os níveis de detalhe estão alinhados primariamente com o detalhamento geométrico com o que se refere a representação dos objetos, mas também possui relações com suas informações semânticas. A Figura 9 exibe os 4 níveis de detalhe volumétricos estabelecidos pela OGC no CityGML, partindo do mais genérico ao mais específico na representação geométrica e semântica de cada objeto. Também é considerado no mesmo o menor nível de detalhe, que seria o LOD0, e este representaria apenas a visão bidimensional do objeto, ou seja, a representação por superfícies horizontais em um polígono que representa as bordas da cobertura (beiral) da edificação.

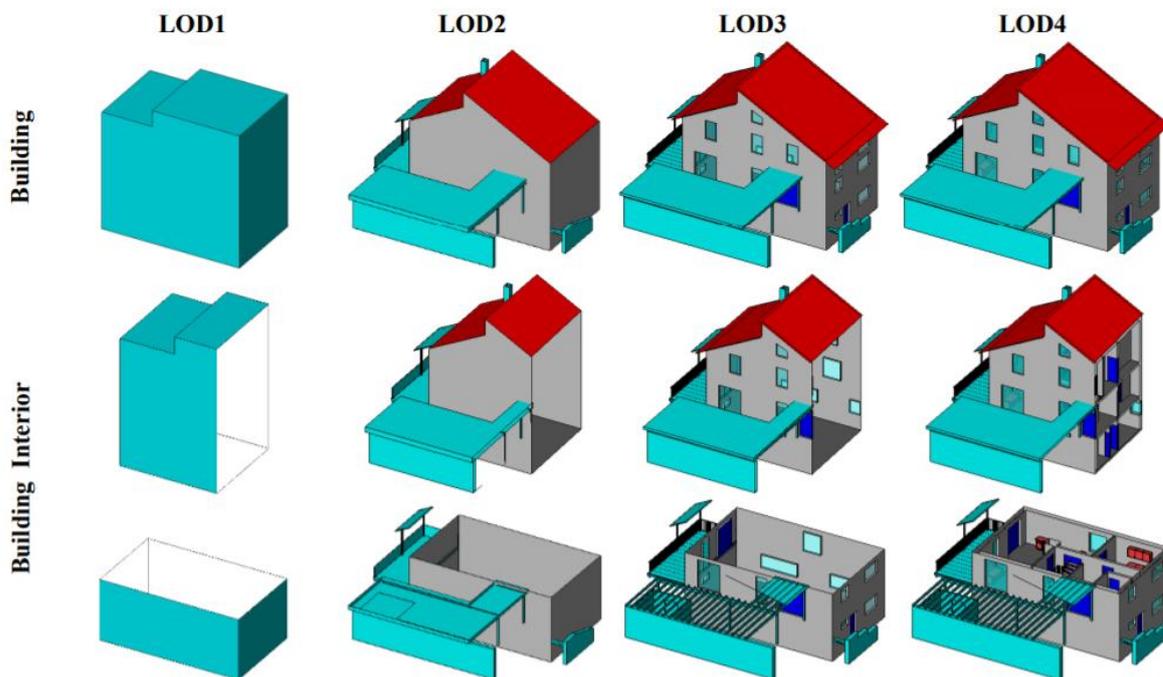
³³ A interoperabilidade sintática é aquela que garante a conexão técnica, isso significa que os dados podem ser transferidos entre os sistemas (ISO19119/2016) (JAIME, 2019).

³⁴ A interoperabilidade semântica é a que garante que o conteúdo disponibilizado pode ser entendido da mesma maneira por ambos os sistemas, incluindo as pessoas que interagem e os sistemas em um certo contexto (ISO19119/2016) (JAIME, 2019).

³⁵ Open Geospatial Consortium é um consórcio internacional entre empresas, agências governamentais, universidades e outros entes que busca tornar a utilização de serviços geoespaciais mais justa, ver mais em: <<https://www.ogc.org/>>.

³⁶ Do inglês *Level of detail*.

Figura 9 - Modelo de construção em níveis de detalhes de 1 a 4.



Fonte: Open Geospatial Consortium (2012).

Tendo em mente que ao invés de realizar um tratamento de dados voltado para a estratificação orientada a serviços separados e fechados (como ocorre em um ERP), a modelagem de informações urbanas deve ser aberta e buscar uma integração em serviços que historicamente funcionam isolados. Essa perspectiva dos níveis de detalhe aponta para o primeiro critério da modelagem conceitual, ou seja, **critério 1**: a proposta de utilizar a componente espacial como categoria para sua indexação e aplicação no território com base em seu nível de detalhe. A justificativa para essa decisão é a de que o arranjo de dados para a modelagem de informação da cidade deve estabelecer prioritariamente o vínculo do dado com o território e não apenas com o serviço de sua origem. Grosso modo, o entendimento é o de que vincular os dados ao seu atributo espacial de menor detalhe possibilitará realizar abordagens que partam do geral para o específico, que formem variáveis que estejam para além das estruturas isoladas com as quais se constroem os sistemas atualmente.

Para a realização desse tratamento de dados surge um segundo critério, sendo ele, **critério 2**: a indexação parte da organização hierárquica das categorias espaciais, seus atributos e subcategorias, desmontadas para realizar o vínculo com a menor componente territorial possível, permitindo que os dados sejam consultados do geral para o específico, do limite do

município para o limite do lote, podendo ser relacionados e agregados na base de catalogação, mas com níveis de abstração diferentes. Uma vez desconstruída a cidade em camadas e dados vinculados aos níveis de maior detalhe, é possível realizar a remontagem seletivamente através de uma seleção coerentemente agregada para os fins específicos. Em outras palavras, uma vez indexadas as bases de dados e vinculadas ao seu catálogo é possível desmontar e montar os detalhes objetivos das categorias das funções urbanas, de forma que os fluxos de dados da gestão urbana sejam consultados de maneira flexível, eficiente e otimizada.

Com uma estrutura de dados baseada em CIM-DL as aplicações para o planejamento e gestão urbana seriam limitadas ao acervo de dados integralizados e da criatividade dos analistas. Outro fator de relevância nesse modelo de informação se dá pela relação intrínseca com o território, ou seja, uma vez que os dados estão vinculados a componente espacial a confecção de mapas utilizando geoprocessamento é mais rápida e ocorre com menos esforços, em decorrência de que o processo de geocodificação (vincular um dado a sua componente espacial georreferenciada) não será realizado individualmente. Essa relação próxima entre o CIM-DL e as geotecnologias amplia suas possibilidades e aplicações, sejam elas comerciais, acadêmicas ou na forma de benefícios para a gestão das cidades.

4.2 Cadastro municipal como arranjo de dados

Carneiro, Erba e Augusto (2012) apontam que uma das definições mais aceitas de cadastro é a realizada pela Federação Internacional de Geômetras, que define o cadastro como um inventário público de dados metodicamente organizados, baseado no levantamento dos limites das parcelas existentes em um determinado território. Os autores ainda apontam que o cadastro urbano dos municípios brasileiros é, de forma genérica, constituído por uma base cartográfica (representando as parcelas de solo do território) e outra descritiva (registro dos atributos físicos e abstratos dos imóveis) e que, um dos desafios mais bem conhecidos do cadastro urbano está em suas raízes voltadas principalmente para o fisco municipal. Porém, a ideia de utilizar suas bases para o planejamento urbano abriu caminho para a visão do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM), que contempla além dos aspectos econômicos, físicos e jurídicos tradicionais, os dados ambientais e sociais, em uma estrutura que integra instituições cujas atividades estejam ligadas ao controle territorial.

A subdivisão do território para fins administrativos em unidades de gestão é uma prática bem conhecida. No Brasil a União está dividida em estados e municípios, de forma que entidades como o IBGE também utilizam esse sistema como forma de delimitação dos distritos e setores de recenseamento. O resultado das subdivisões administrativas até a unidade mais básica do território pode ser compreendido no conceito de parcela de solo, sendo esta a célula elementar para o CTM, e interpretada como a menor porção do território (contígua, homogênea e de domínio único) onde se pode exercer algum direito, conformando seu domínio em um Objeto Territorial (OT) nos casos onde a parcela natural não possui conotação jurídica (tais como rios, lagos, florestas etc.), ou um Objeto Territorial Legal (OTL) quando a parcela possui causa jurídica constituída na forma da lei (ver Quadro 6) (CARNEIRO; ERBA; AUGUSTO, 2012).

Quadro 6 - Exemplos de Objeto Territorial Legal – OTL.

Objeto Territorial Legal	Descrição
Terrenos de marinha	São “todos os que, banhados pelas águas do mar ou dos rios navegáveis, vão até 33 metros para a parte da terra, contados desde o ponto a que chega o preamar médio. art. 51, §14, da Lei de 15/11/1831.” (artigo 13 do Código de Águas – Decreto nº 24.643/1934)
Servidão:	Trata-se de um direito real que proporciona utilidade ao imóvel dominante e grava uma determinada parcela do imóvel serviente (artigos 1.378 a 1.389 do Código Civil). Os exemplos mais comuns de servidões administrativas são a instalação de dutos (aqueduto, gasoduto, oleoduto) e a passagem de linhas de transmissão de energia elétrica
Área de Preservação Permanente -APP:	é uma área, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (artigo 1º, §2º, II do Código Florestal)
Restrições Aeronáuticas:	o Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de 1986, nos artigos 43 a 46, descreve as Zonas de Proteção, em que são impostas restrições especiais às propriedades imobiliárias vizinhas aos aeródromos, no tocante a uso e ocupação e em tudo o que possa embarçar as operações de aeronaves
Restrições urbanísticas	Uma vez que, no Brasil, a política de desenvolvimento urbano é responsabilidade dos municípios, e existem alguns instrumentos de política urbana previstos no Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001) que constituem OTL,

Fonte: Carneiro; Erba; Augusto (2012), adaptado pelo autor.

Ao considerarmos que sistemas municipais de administração do solo são prioritariamente bidimensionais, um OT e um OTL são apenas uma das facetas que aumentam a complexidade na representação do território, ainda mais se considerados os direitos de propriedade e as estruturas acima e abaixo do solo. O domínio de uma parcela de solo, pode, por exemplo, ocupar um volume tridimensional a depender dos limites físicos e legais. Para os municípios então, a representação dos diversos domínios do território, quando voltada para a gestão e o planejamento urbano, torna-se uma tarefa complexa, ainda mais se acrescida a outras determinantes, como restrições legais do zoneamento e, como já tratado anteriormente, do acervo massivo de dados disponíveis. É nesse aspecto da representação tridimensional e parametrização da forma que outras variantes do CIM (CIM-BE e CIM-SP) começam a se fazer presentes no conceito de CIM-DL.

Uma aproximação entre o CIM-DL e o Cadastro municipal pode ser observada na construção de um Sistema de Informações Territoriais (SIT)³⁷, sendo este uma combinação de recursos técnicos e humanos com um conjunto de procedimentos organizacionais que produz informações de apoio as exigências de gerenciamento territorial, seus recursos e o seu uso (CARNEIRO, 2003). Carneiro (2003) também aponta que a operação de um SIT inclui etapas de reunião e aquisição de dados, seu processamento, armazenamento e manutenção e que sua utilidade depende de frequência de atualização, precisão, completitude e acessibilidade.

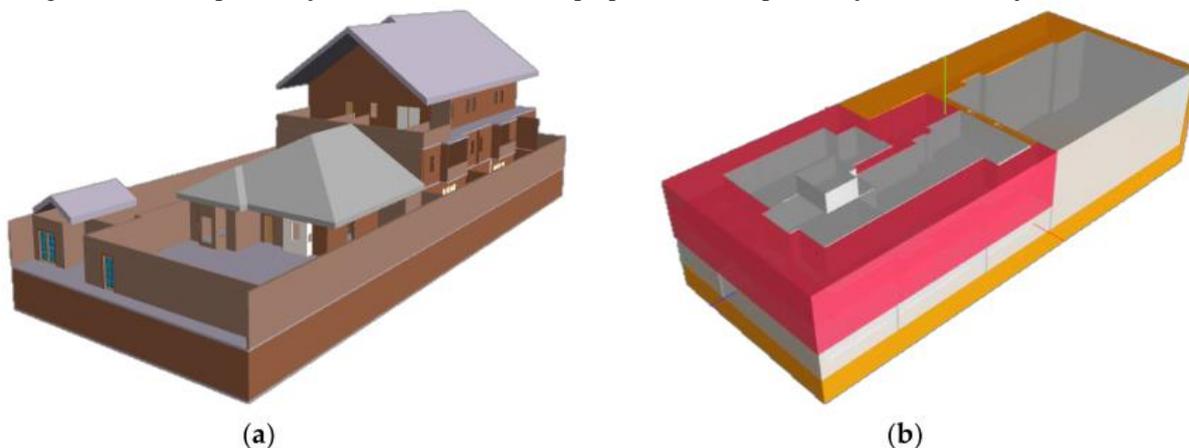
Pode-se considerar um exemplo dessa aproximação o estudo de caso realizado por Shojaei *et al.* (2018) sobre o projeto de um protótipo de cadastro 3D na Austrália, em que os autores descrevem a utilização o software Autodesk Revit para modelar uma edificação, realizando posteriormente as divisas de domínios tridimensionalmente, de maneira que os objetos legais foram definidos como componentes de ambiente no modelo 3D (Figura 10). O processo ainda conta com a exportação do modelo em formato IFC (*Industry Foundation Classes*), e devido ao IFC não suportar objetos legais, todos os objetos legais foram definidos como ifcSpace³⁸ e os dados legais de cada objeto foram adicionados ao modelo 3D permitindo

³⁷ Ou *Land Information System – LIS* (CARNEIRO, 2003).

³⁸ Disponível em: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifcproductextension/lexical/ifcspac e.htm>.

consultas. E por fim, o protótipo ainda conta com uma aplicação para visualização web desses dados³⁹ que conta com ferramentas de navegação, extração de medidas e seção.

Figura 10 - (a) Representação do modelo físico 3D preparado. (b) Representação do modelo jurídico definido



Fonte: Shojaei et al. (2018)

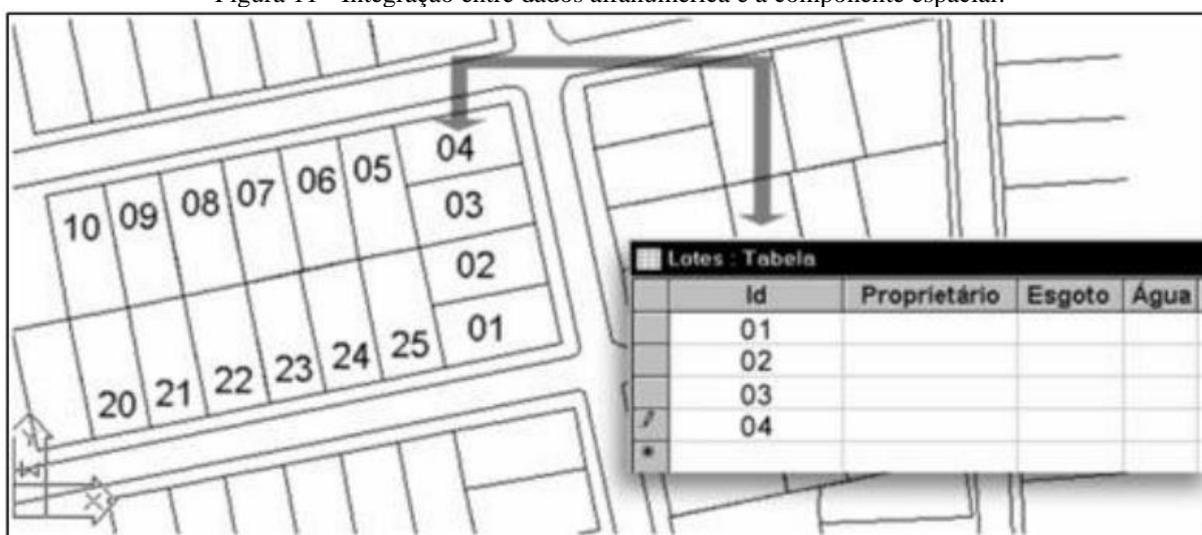
A partir do exposto, emerge outro critério para a modelagem do artefato proposto neste trabalho, especificando que este não se debruçará ao nível de detalhamento tridimensional, haja vista que as bases disponíveis na maioria dos municípios são predominantemente bidimensionais e, portanto, se define o **critério 3**: Utilização do Objeto Territorial (OT) ou Objeto Territorial Legal (OTL) que corresponde aos limites do lote representado na base cartográfica municipal como unidade básica da estrutura. Cabe ressaltar que essa decisão de pesquisa não exclui a possibilidade da inclusão de modelos 3D no artefato, ainda mais se considerados os vínculos intrínsecos existentes entre a modelagem BIM e o limite do lote, que podem vir a ser alvo de ampliação de pesquisas no futuro.

O ponto chave do cadastro municipal como elemento fundante para um modelo de CIM-DL está na integração da base cartográfica e os dados territoriais que é mediada por um identificador único denominado geocódigo, que deve possuir caráter universal, inequívoco e único. A função primária do geocódigo é realizar a indexação entre a geometria do lote e sua referência alfanumérica ou tabular em outras fontes de dados (Figura 11). Os dados territoriais utilizados neste trabalho são referenciados ao geocódigo municipal, composto de um conjunto de códigos que referenciam cada parcela de solo, respectivamente ao distrito, setor, quadra e lote, contudo, considerando a implementação do SINTER como ambiente integrador de

³⁹ Disponível em: <<https://www.spear.land.vic.gov.au/spear/pages/eplan/3d-digital-cadastre/3dprototype/prototype.html#>>. Acesso em: 25 de abril de 2021.

cadastros urbanos, rurais e de bens públicos, e ainda, a publicação da Instrução Normativa RFB Nº 2030, de 24 de junho de 2021⁴⁰, que define o Cadastro Imobiliário Brasileiro (CIB) e um identificador único. Cabe ressaltar aqui que a utilização do identificador único do CIB é um critério importante e que deve ser considerado em extensões e aplicações futuras deste trabalho, contudo, como o cadastro de Arapiraca viabiliza o desenvolvimento do artefato com o geocódigo existente na base municipal, o artefato apresentado aqui foi modelado sem considerar o identificador único do CIB.

Figura 11 - Integração entre dados alfanumérica e a componente espacial.



Fonte: Saboya (2000).

Por se tratar de uma metodologia que se difundiu antes do uso de computadores, inicialmente os cadastros imobiliários municipais se davam de forma analógica, em que as plantas cadastrais eram físicas e os dados imobiliários constavam em boletins (Boletim de Cadastramento Imobiliário – BCI). Com o avanço tecnológico esse processo foi facilitado, as plantas físicas deram lugar a uma base georreferenciada, predominantemente em formato CAD, e os boletins foram migrados para sistemas ERP que gerenciam o banco de dados cadastral de maneira integrada e rápida. Contudo, nesse modelo de gestão dos dados territoriais não existe um vínculo entre a geometria e o dado imobiliário, visto que as plataformas CAD são voltadas para a representação do objeto e não para a modelagem do dado. As tentativas mais bem documentadas nesta área envolvem a utilização de tecnologias de geoprocessamento, tais como

⁴⁰ Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=118641>. Acesso em 21/12/2012.

os Sistemas de Informação Geográfica (ou *Geographic Information System* - GIS) para representação do território.

A prefeitura de Arapiraca (AL) já possui uma cultura de utilização de geoprocessamento para a integração de dados ao CTM, o que contribui para o avanço deste trabalho no que se refere a construção do artefato, uma vez que a cidade possui a sua malha de lotes georreferenciada completamente processada e indexada dentro de um banco de dados geográfico PostgreSQL. Sem esse fator determinante, o vínculo massivo e automático entre as geometrias e os dados cadastrais mediadas pelo geocódigo seria impossível.

Essa cultura de integração de dados ao geoprocessamento em um cadastro único capacita o arranjo de dados beneficiando a administração pública de várias maneiras, citando-se aqui: o aumento da produtividade oriundo da velocidade com que se tem acesso a dados e informações necessárias para execução de atividades; o aprimoramento dos servidores do departamento e possibilidade de interconexão multidisciplinar, até a espacialização da gestão e legislação urbana territorial; além da velocidade ao acesso a dados de alta confiabilidade a um custo cada vez mais baixo.

4.3 Integração de dados

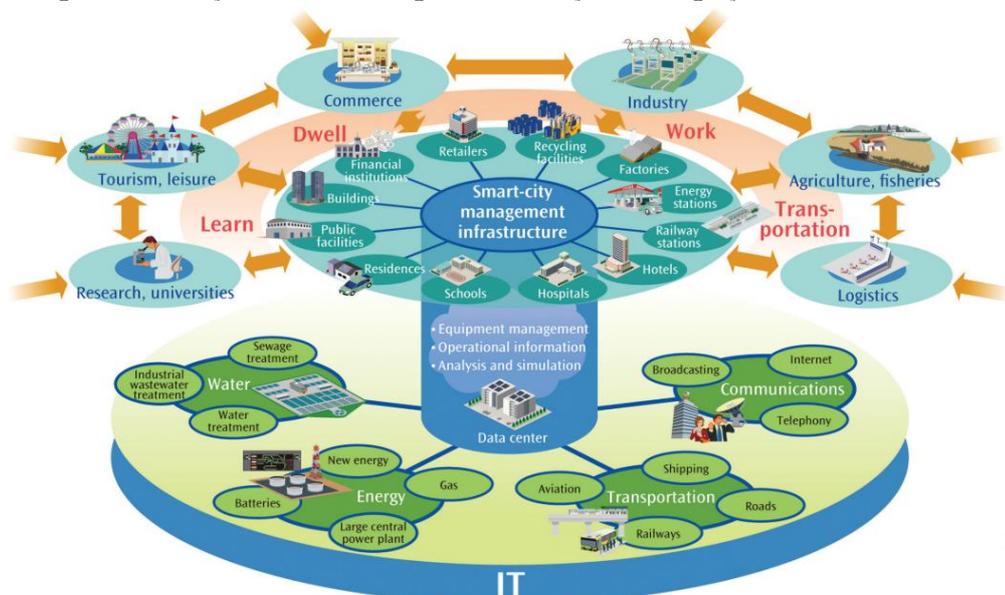
Como já observado anteriormente, os dados disponíveis para a gestão e o planejamento urbano possuem múltiplas fontes, finalidades e temáticas (fiscais, ambientais, socioeconômicas, etc.) distribuídas em uma série de sistemas proprietários e abertos. Portanto, realizar uma tomada de decisão baseada nesse acervo massivo de dados é uma tarefa árdua e normalmente de difícil execução, uma vez que a análise de dados é complexa (pelo seu volume, fragmentação e desarmonização) e a origem da informação buscada está distribuída em repositórios distintos e sem um vínculo de fácil compreensão. A solução para essa problemática seria um ambiente de inteligência integrada. Para Khan *et al.* (2012) esse ambiente pode ser descrito como:

[...] capacidade de um sistema de acessar, processar, visualizar e compartilhar dados (espaciais e não espaciais), metadados e modelos de vários domínios relacionados ao uso e ocupação do solo, biodiversidade, atmosfera como também aspectos socioeconômicos da cidade para diversos fins. (KHAN *et al.*, 2012, p1. , tradução nossa).

A partir dessa perspectiva surge mais um critério para a modelagem do artefato, ou seja, **critério 4**: realizar a padronização dos dados com o objetivo de obter uma integração de dados

para os diversos fins do planejamento e gestão urbana, sendo esta, por definição, uma tarefa que sugere uma etapa de harmonização dos dados voltada para interoperabilidade e para a criação de respostas de questões científicas e políticas igualmente complexas. As TICs aparecem nesse contexto como o alicerce para a composição de uma estrutura onde os dados são o pilar central que dá suporte a uma composição de camadas sobrepostas e interconectadas em múltiplos níveis, entregando respostas variadas para múltiplos atores. A Figura 12 apresenta a estrutura destas relações de maneira esquemática, em que se pode observar as Tecnologias da Informação (sigla em inglês IT) na base que fundamenta as relações entre os diversos sistemas que controlam o território (água, energia, transporte e comunicação e, quando reunidos em um centro de dados, possibilitam um gerenciamento inteligente da infraestrutura da cidade, entregando resultados para as mais diversas atividades da vida urbana, sejam elas o trabalho, transporte, aprendizagem ou moradia.

Figura 12 - Relações entre Tecnologia da Informação e a integração de sistemas urbanos.



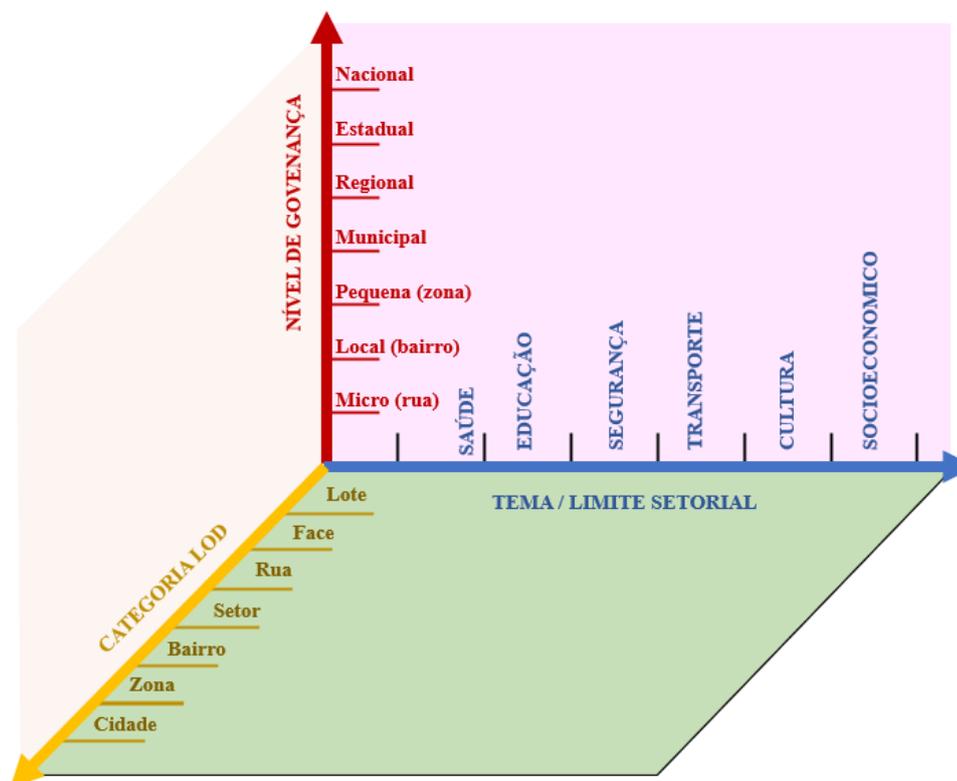
Fonte: Hitachi (2013) apud Marvin; Luque-Ayala (2017).

Khan *et al.* (2012) afirmam que para alcançar os objetivos de uma estrutura de ambiente de inteligência integrada, é necessário primeiramente realizar a aquisição e harmonização intertemática de dados (espaciais e não espaciais), promovendo um acesso interoperável, que entregue inteligência integrada derivada do aumento de dados. Os autores apontam ainda que, o processamento e entrega desses dados sugere a criação de serviços de visualização especializados (visualização de mapas, tabelas, gráficos, entre outros) em diversas escalas, do nível local ao nacional, em suas respectivas instâncias comparativas (indicadores municipais,

regionais, estaduais), apontando também que, o desafio principal está no mapeamento apropriado para uma harmonização, integração e utilização maleável que preencha os requerimentos dos interessados.

Se observa então que a integração de dados urbanos está para além do simples cruzamento de tabelas de sistemas, sendo necessário conceber uma integração que rompa as ilhas administrativas em um ambiente de dados que seja verdadeiramente integrado. A Figura 13 representa os 3 vetores de integração propostos neste trabalho, sendo eles a governança (vermelho), temática (azul) e categoria de LOD estabelecida (amarelo). Na base desta integração (quadrante verde) está a estrutura de camadas de dados que é proposta nesta pesquisa, onde os dados são vinculados a sua componente espacial. Essa estrutura, que é pensada inicialmente para a gestão municipal, possui uma integração horizontal com os órgãos e entidades que gerenciam as múltiplas temáticas relativas à gestão e planejamento urbano, ou seja, os órgãos e entidades podem se incorporar a essa estrutura de dados de acordo com a sua respectiva indexação e abrangência. E, por fim, uma vez constituída essa base, é possível realizar a coordenação de uma integração vertical para os demais níveis da governança, do nível local, como associações de bairro, até os níveis mais altos da estrutura administrativa, tais como, secretarias estaduais e ministérios, em uma infraestrutura nacional concebida do específico para o geral, em uma abordagem “de baixo para cima” (*bottom-Up*).

Figura 13 - Ambiente de dados integrados.



Fonte: O autor (2022).

Essa perspectiva de um ambiente integrado de dados se articula em certos pontos com um movimento já existente no Brasil, tanto para dados espaciais com a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE)⁴¹, como para os dados abertos com a Infraestrutura Nacional de Dados Abertos (INDA)⁴² e ainda, com o próprio Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais (SINTER). Este último além de conter grandes repositórios de dados também representam uma política de acesso, compartilhamento e uso de dados públicos.

A INDE foi instituída em 2008 pelo Decreto 6.666/2008, em que é definida como o conjunto integrado de tecnologias, políticas, mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento; padrões e acordos, necessários para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal (BRASIL, 2008). Foi concebida com o propósito de catalogar, integrar e harmonizar dados geoespaciais produzidos nas instituições de governo, facilitando sua localização e permitindo o acesso por qualquer usuário. A catalogação

⁴¹ Disponível em: <<https://www.inde.gov.br/Inde/Apresentacao>>.

⁴² Disponível em: <<https://wiki.dados.gov.br/>>.

dos dados da INDE é realizada pelos próprios produtores ou gestores mediante a padronização. Cabe ressaltar que, embora tenha atingido certo sucesso na tarefa de integrar dados espaciais ao nível das instituições federais, tais como, a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Diretoria de Serviços Geográficos do Exército (EB/DSG), a INDE não obteve o mesmo desempenho nas instituições Estaduais e Municipais.

A INDA pode ser definida como o conjunto de padrões, tecnologias, procedimentos e mecanismos de controle necessários para atender às condições de disseminação e compartilhamento de dados e informações públicas no modelo de dados abertos, e possuindo como elemento fundante o Portal Brasileiro de Dados Abertos⁴³. Seus objetivos, de maneira similar a INDE, estão vinculados a padronizar a geração e acesso de dados permitindo seu reuso, contribuindo para a transparência da coisa pública e evitando a duplicidade de ações. A INDA faz parte da Política Nacional de Dados Abertos e, portanto, é influenciada por uma série de documentos normativos, como a Lei de Acesso à Informação e decretos que instituem e regulamentam os dados abertos, além de outros documentos de orientação e planejamento.

O SINTER foi oficialmente instituído pelo decreto 8.764/2016 (BRASIL, 2016b), e seu objetivo central era o de atuar como uma ferramenta de gestão que integrasse em uma base espacial o fluxo de dados jurídicos produzidos por serviços de registro público ao fluxo de dados fiscais, cadastrais e geoespaciais de imóveis urbanos e rurais produzidos pela União, Estados e municípios. Em outras palavras, o SINTER foi pensado para ser um repositório nacional das informações sobre a titularidade dos imóveis, reunindo em uma única plataforma as informações dos cadastros municipais, cartórios e demais entes públicos, promovendo uma visão do território brasileiro em um mapa parcelário contínuo com vínculos as informações cadastrais, econômicas, fiscais, registrais e temáticas.

Estas iniciativas, embora evidentemente bem-intencionadas e com claros benefícios em diversos aspectos, não podem ser consideradas exemplos de êxito. A INDE e a INDA atingiram certo sucesso na integração de dados, mas como apresentado anteriormente, essas iniciativas utilizam um modelo de implantação que parte do nível da união para as demais instâncias da federação, em um modelo “de cima para baixo” (*top-down*), e portanto possuindo dificuldade de alcançar o nível dos municípios, o que para os fins da gestão e do planejamento urbano traz pouca contribuição, uma vez que, com algumas exceções, na escala urbana esses dados se

⁴³ Disponível em: <<https://dados.gov.br/>>.

apresentam generalistas. É observado que os dados de ambas também não possuem uma integração direta, aparecendo muito mais como uma base geral ou um repositório do que necessariamente como um sistema de onde se pode extrair conhecimento, talvez com a exceção dos casos em que a análise se debruça sobre a influência espacial entre determinados dados, de modo que nesses casos o portal de visualização da INDE permite a análise visual até algum ponto. Quanto ao SINTER, mesmo que tenha sido recebido com empolgação por técnicos e pesquisadores, desde sua instituição em 2016 não realizou avanços significativos em questões práticas, sendo atualmente muito mais uma promessa do que necessariamente uma ferramenta.

Considerando relevância destas iniciativas para integração dos dados nacionais, foi elaborado outro critério que apareceu como necessário para a modelagem do artefato, ou seja, **critério 5:** a capacidade do sistema, em vias da multiplicidade das fontes de dados, atuar como integrador de dados de modo a atingir o nível do planejamento municipal, ou em outras palavras, uma plataforma que realize uma abordagem “de baixo para cima” (*botton-up*).

Para a integração desses dados, a computação em nuvem e as TICs aparecem como um arcabouço de soluções vasto e com múltiplas possibilidades, envolvendo desde instrumentos bem conhecidos, tais como portais de dados geográficos, até novas tecnologias altamente especializadas, que serão mais bem discutidas no capítulo seguinte, quando será tratado a confecção do artefato.

Observa-se então que, a chave para a integração de dados urbanos, especialmente aqueles orientados para a gestão e o planejamento, deve passar obrigatoriamente pela compreensão de um ambiente integrador de sistemas de gerenciamento, que dentro do arranjo administrativo (municipal, estadual e federal) possua uma incorporação horizontal em uma coordenação vertical dos níveis de governança. Essa visão integralizadora aparece como alternativa para a gestão dos dados, uma vez que as iniciativas federais “de cima para baixo” não alcançaram seu potencial pleno nesse aspecto, ou seja, não atingem impactos significativos para o planejamento urbano.

4.4 Interoperabilidade de dados

Interoperabilidade pode ser definida de acordo com a ISO 19.119/2016 “capacidade de comunicar, executar programas ou transferir dados entre várias unidades funcionais, de forma que o usuário precise de um pouco ou nenhum conhecimento das características únicas dessas

unidades” (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO, 2016, p. 04). Segundo a ISO 19.119 (2016) a interoperabilidade ainda pode ser dividida entre sintática e semântica⁴⁴. A interoperabilidade sintática é aquela que garante a conexão técnica, isso significa que os dados podem ser transferidos entre os sistemas, já a interoperabilidade semântica, é a que garante que o conteúdo disponibilizado pode ser entendido da mesma maneira por ambos os sistemas, incluindo as pessoas que interagem e os sistemas em um certo contexto.

Um dos critérios mais importantes que emergiram da pesquisa é a interoperabilidade de dados, ou mais especificamente o resultado da interoperabilidade, ou seja, critério 6: a capacidade de envio, recebimento e visualização de dados em diversos formatos, visto que, em uma modelagem eficiente dos dados ao CIM, é necessário a integração e reciclagem destes mesmos dados. Com esse princípio em mente, e levando em consideração que as fontes de dados são diversas, uma proposta de interoperabilidade tem de levar em consideração os aspectos de um ambiente de dados administrativos diversos e gerados por múltiplos sistemas.

Não é incomum em prefeituras o uso de sistemas que, por conta do tempo, se tornaram obsoletos. Estes sistemas legados, mesmo não atendendo às demandas atuais da administração, seja por desatualização, falta de mobilidade, escalabilidade, ou mesmo por sua tecnologia obsoleta e incompatibilidade com sistemas modernos, são repositórios de dados oficiais valiosos para diversos fins. Dada a imprevisibilidade da quantidade de sistemas e serviços atendidos por estes, é necessário, como parte da aquisição de dados, conceber uma metodologia que extraia, transforme e integre esses dados a uma nova modelagem, validando e, quando necessário, atualizando estes dados.

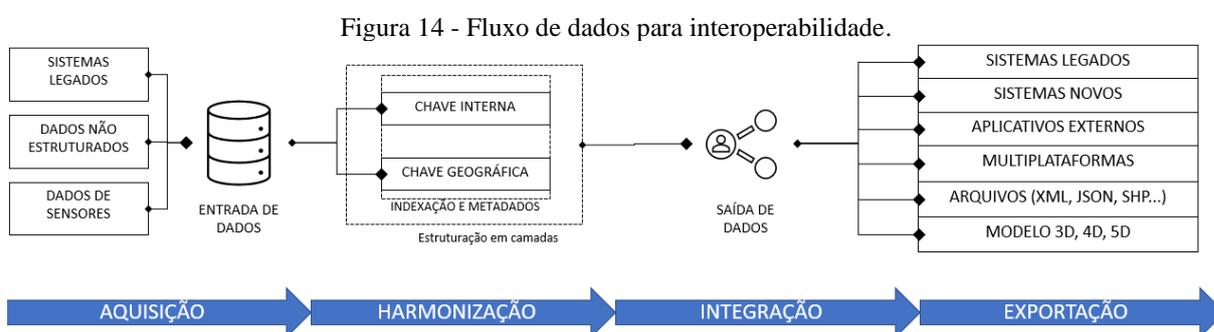
Outra dimensão a ser considerada é a do universo de dados que não possuem uma estrutura bem definida e padronizada, ou seja, aqueles dados que não podem ser facilmente consultados por não serem modelados para esse fim, como por exemplo áudios, dados de redes sociais, imagens e documentos. Sabendo que dados não estruturados também podem conter informação de valor para a administração, é necessário conceber um modelo de integração que realize o catálogo desse acervo e o adeque a uma estrutura, permitindo, por exemplo, realizar

⁴⁴ Na literatura, ainda é possível encontrar outras conceituações e variantes de interoperabilidade, contudo neste trabalho são apresentadas apenas as mais relacionadas à temática.

uma busca de estudos de impacto ambiental por região e realizar uma análise para detectar alterações no decorrer do tempo.

A utilização de sensores nas cidades é uma tendência emergente e que vem sendo aplicada para diversos fins, tais como trânsito, poluição, ruído e segurança. Desse modo, também é necessário pensar um modelo que seja capaz de captar dados dos diversos sensores que podem ser distribuídos no tecido urbano, permitindo o seu cruzamento.

Uma vez adquiridos os dados e harmonizados com a estrutura de camadas, é possível então distribuí-los nos mais diversos formatos e para múltiplas plataformas, desde sistemas legados até sistemas novos, aplicativos de terceiros, e até mesmo a própria modelagem tridimensional e paramétrica. O fluxo de dados para a interdisciplinaridade é representado na Figura 14. Esta demonstra as etapas de aquisição de dados das diversas fontes relevantes tais como: sistemas legados, dados não estruturados e dados de sensores; e que, posteriormente são harmonizados com uma chave interna e uma chave geográfica, além da indexação de metadados, onde após a integração na estrutura de camada de dados, é possível realizar a exportação e comunicação com sistemas, plataformas e tipos de arquivos.



Fonte: O autor (2022).

A interoperabilidade de dados entre os diversos sistemas e subsistemas que compõem o arcabouço tecnológico administrativo das cidades pode abrir espaço para uma série de benefícios e aprimoramentos para o serviço público. Além da redução de esforços e despesas, pode citar-se o aumento na velocidade na tomada de decisão, aprimorando também a qualidade e efetividade das decisões de caráter de planejamento e gestão urbana, uma vez que com mais informações a respeito de um fenômeno, melhores as chances de uma resposta que atenda a sua resolução.

Nesse ponto, é necessário ressaltar a importância de um conhecimento multidisciplinar e dos diferentes níveis técnicos para compor uma resposta satisfatória para questões complexas.

Sendo necessário conhecimento técnico na área de TIC, na área de análise e interpretação de dados, para realizar uma entrega inteligível ao gestor ou tomador de decisão.

Para este trabalho, foram elaborados critérios para a interface do artefato que será modelado, de maneira a criar um ambiente fluido que permita a visualização dos dados de forma que auxiliem o planejamento e a gestão das cidades. A interface de inclusão dos dados, visualização espacial e sua exibição em outros gráficos será melhor descrita no próximo tópico.

4.5 Interface proposta: Cidade SABIDA

Através da análise realizada para a modelagem da informação para um CIM-DL, foram estabelecidos critérios de acordo com os materiais encontrados nas referências citadas anteriormente. Estes critérios compõem um escopo mínimo de atribuições necessárias para a modelagem conceitual do artefato. Contudo, ficou perceptível que outros critérios podem ser incorporados a essa estrutura. Os critérios mínimos definidos para a interface podem ser visualizados no Quadro 7.

Quadro 7 - Critérios mínimos para um modelo CIM-DL.

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO
(1) Nível de detalhe	Estabelecimento do nível de detalhamento da modelagem da informação com base em sua componente espacial, criando um vínculo entre o dado e o território
(2) Hierarquia	Indexar os dados em camadas estabelecendo categorias espaciais, atributos e subcategorias que possam ser desmontadas para realizar o vínculo com a menor componente territorial possível.
(3) OTL	Utilização do Objeto Territorial (OT) ou Objeto Territorial Legal (OTL), que corresponde aos limites do lote, como a unidade mais básica da estrutura. Utilizando neste estudo a unidade do cadastro imobiliário municipal.
(4) Harmonização dos dados	Padronização dos dados dentro da estrutura de modo a estabelecer uma formação tipificada dentro da organização da base de dados.
(5) Interoperabilidade	Capacidade do sistema de, em vias da multiplicidade de fontes, estabelecer conexões entre bases de dados e possibilitar sua remontagem e reuso.
(6) Comunicação	Capacidade de envio, recebimento e visualização dos dados em diversos formatos, tais como tabelas, gráficos e mapas.

Fonte: O autor (2022).

Os critérios foram estabelecidos com base nas referências encontradas e com enfoque em uma modelagem da informação da cidade que atendessem ao conceito utilizado nessa dissertação. Desse modo, um CIM-DL deve utilizar os parâmetros de nível de detalhe voltados para as camadas territoriais indexadas em categorias espaciais, utilizando como elemento mínimo o OTL. Para isso, os dados devem ser padronizados em uma etapa de harmonização que favoreça a interoperabilidade do sistema e possibilite a comunicação com outras plataformas, bem como, ser dotado da capacidade de integração para os mais diversos fins.

Quanto ao nível de detalhe, a proposta metodológica apresentada neste trabalho parte da união entre dados espaciais públicos do IBGE e do Cadastro Imobiliário Municipal, coletando em cada um desses órgãos o componente espacial necessário para compor uma indexação baseada no território. A indexação adota como componente de maior detalhe o limite municipal do lote e em ordem de generalização a face de quadra, eixo de logradouro, setor censitário, bairro, perímetro urbano e limite municipal, conforme Quadro 8. Essa estrutura segue uma hierarquia em que, de acordo com o nível de detalhe, a categoria de maior nível está contida na categoria de menor detalhe, ou seja, todos os objetos da categoria Lote (nível 7) devem ser vinculados a uma face (nível 6), que por sua vez tem um vínculo ao logradouro (nível 5) e assim por diante. A proposta dessa organização em camadas de dados, ordenadas por seu componente espacial, é de poder realizar um catálogo de dados que, ao serem integrados nessa estrutura, possam se conectar a outros dados utilizando o território como referência em que os dados anteriormente separados possam ser combinados.

Quadro 8 - Relação de categorias das componentes espaciais.

Nível de detalhe	Categoria	Atributo	Referência espacial	Fonte
1	Município	Código municipal IBGE	Limite territorial do município	IBGE
2	Zona	Urbana/Rural	Limite do perímetro urbano	Cadastro municipal
3	Bairro	Código cadastral do bairro	Limite do Bairro	Cadastro municipal
4	Setor	Código setor censitário	Limite do setor de recenseamento	IBGE
5	Logradouro	Código cadastral do logradouro	Eixo do logradouro do início até o fim	Cadastro municipal

6	Face	Código IBGE da Face de Quadra	Limite da quadra em confrontação com o logradouro	IBGE
7	Lote	Geocódigo cadastral	Limite do lote	Cadastro municipal

Fonte: O autor (2022).

Cabe ressaltar ainda uma questão conceitual entre a utilização do termo lote ao invés do termo parcela. Na literatura internacional que trata de cadastro, existe a convergência do termo parcela para se referir a unidade de registro do cadastro urbano (*parcel* em inglês, *pacelle* em francês e *particella* em italiano). Contudo, no contexto brasileiro é mais comum a utilização do termo lote como unidade de registro (LINCOLN INSTITUTE OF LAND POLICY, 2007). Na interface proposta neste trabalho optou-se pela utilização do termo lote, mesmo que em outras áreas do conhecimento se utilize o termo parcela, em vias de favorecer o entendimento geral da proposta, uma vez que aqui, o termo lote se refere ao Objeto Territorial Legal constante na cartografia do município, podendo este representar parcelas como rios, áreas de proteção ambiental, parcelas que existam acima ou abaixo do solo (jazidas, áreas de proteção aeronáutica etc.) ou mesmo zonas especiais relativas ao zoneamento urbano.

A harmonização dos dados para alcançar a interoperabilidade estipulada como critério para a modelagem conceitual do artefato é a etapa mais complexa e abstrata, pois depende de procedimentos que realizem uma indexação de todos os dados de forma estruturada e consultável, de maneira a permitir sua consulta, atualização, montagem e desmontagem para todos os fins que se fizerem necessários. Para o cumprimento do critério de harmonização dos dados foi elaborado um protocolo que estabelece um fluxo para sua união. As etapas do protocolo são:

1. **Criar tabela de indexação:** consistindo em criar uma tabela indexadora que contenha a estrutura principal, de forma que todas as camadas de dados secundários terão como referência. Essa é a tabela que contém a descrição do nível de detalhe territorial ao qual as demais irão se referir e permitir a consulta por elemento geográfico e a união entre todos os dados cadastrados.
2. **Harmonização de dados:** trata-se do procedimento para alinhar qual dado da tabela alvo é referente ao mesmo campo da tabela de indexação. Esse é o procedimento mais laboral, pois é nessa fase que os elementos são estruturados e as relações estabelecidas de forma que

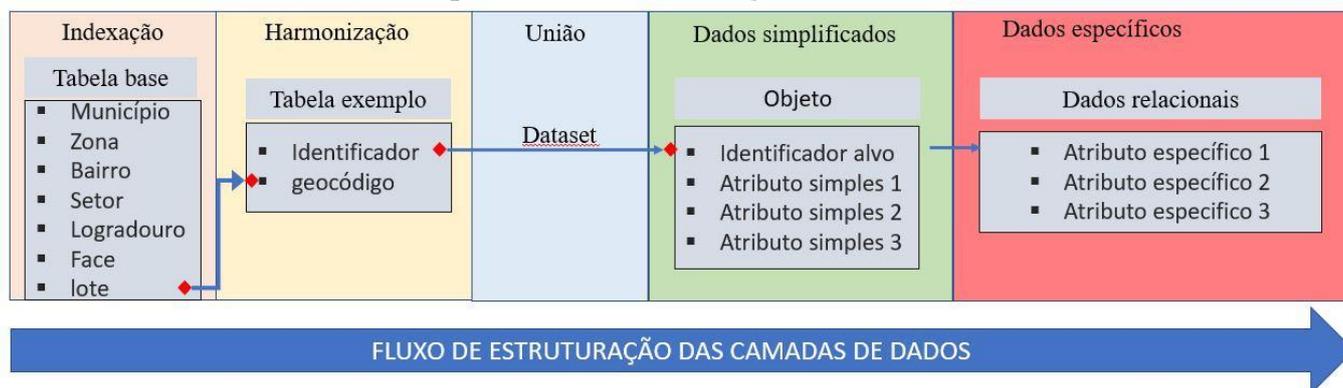
todos os dados sejam integrados na mesma semântica. Essa fase também cria um catálogo dos dados que estão unidos ao sistema de informações.

3. **União aos dados da camada alvo:** fase em que o procedimento de união dos dados é realizado e permite o armazenamento de dados simplificados. Nessa etapa é realizada uma consulta aos dados da camada alvo utilizando a referência inserida na etapa de harmonização e retornando os valores especificados. Essa etapa pode se dar por meio de um conjunto de dados previamente armazenado ou via *web service*⁴⁵.
4. **Armazenamento de dados simplificados:** uma vez unidos os dados e considerando que as fontes podem trazer dados que não são relevantes para o CIM-DL em um primeiro momento, apenas os dados mais relevantes e simplificados são consultados e armazenados no banco e constam como uma camada que pode ser consultada dentro do modelo.
5. **Ligação a dados Específicos:** Ao surgir a necessidade de consulta a outros dados que aparecem nos conjuntos secundários, é realizada uma segunda consulta a partir do mesmo parâmetro harmonizado para aumentar a base de dados consultáveis.

A Figura 15 exhibe as etapas do protocolo de união entre os dados de diversos cadastros nesta configuração estrutural do CIM-DL em um fluxo de harmonização e união de dados. Em síntese, a figura exemplifica o fluxo partindo da indexação por camadas de referência que corresponde a uma entidade geométrica (lote, face, logradouro etc.), onde ao ser harmonizada com alguma tabela de dados externos, realiza a união entre os dados dentro da estrutura e o conjunto de dados (*dataset*) externo e, em um primeiro momento, realizando a junção com os dados simplificados da tabela alvo, com possibilidade de realizar uma exploração em dados específicos que podem ser necessários em momentos futuros.

⁴⁵ Trata-se de uma aplicação ou fonte de dados que pode ser acessado por meio de um protocolo web. Ao contrário de outras aplicações, um Web Service é projetado para se comunicar com programas (máquina - máquina) em vez de usuários. Ver: <https://techterms.com/definition/web_service>.

Figura 15 - Fluxo de estruturação de camadas de dados



Fonte: O autor (2022).

A partir da indexação dessas camadas de dados, a harmonização partiria do estabelecimento de um catálogo entre os demais conjuntos de dados municipais a essa mesma base; ou seja, uma vez que o novo conjunto de dados for adicionado a base CIM-DL, será necessário identificar qual o campo do novo conjunto que corresponde ao seu respectivo nível de detalhe e o componente espacial. Além disso, é importante observar a integração com cadastros nacionais estabelecidos e padronizados, como o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) e o Censo Escolar.

A ideia central é, portanto, possibilitar uma recombinação de dados a partir de uma rota em comum, um caminho criado a partir da representação dos aspectos espaciais da cidade, sejam limites físicos (lotes, ruas, faces de quadra) ou legais (limites de bairro, zona urbana, limite municipal). A estratégia é desenhada para possibilitar a busca por padrões e relações que antes eram obscuras, apresentando uma forma de cognição mais rica e ampla.

Esse sistema, denominado aqui como **Sistema Baseado em Informações, Dados e Análises** (SABIDA), se propõe a indexar e catalogar os dados relevantes existentes nos silos administrativos, distribuindo-os para outros sistemas. O SABIDA é direcionado então, a ser um elemento da estrutura de integração, servindo como um nó em que os dados podem ser organizados a partir de uma lógica espacial, para então, serem distribuídos de acordo com as necessidades.

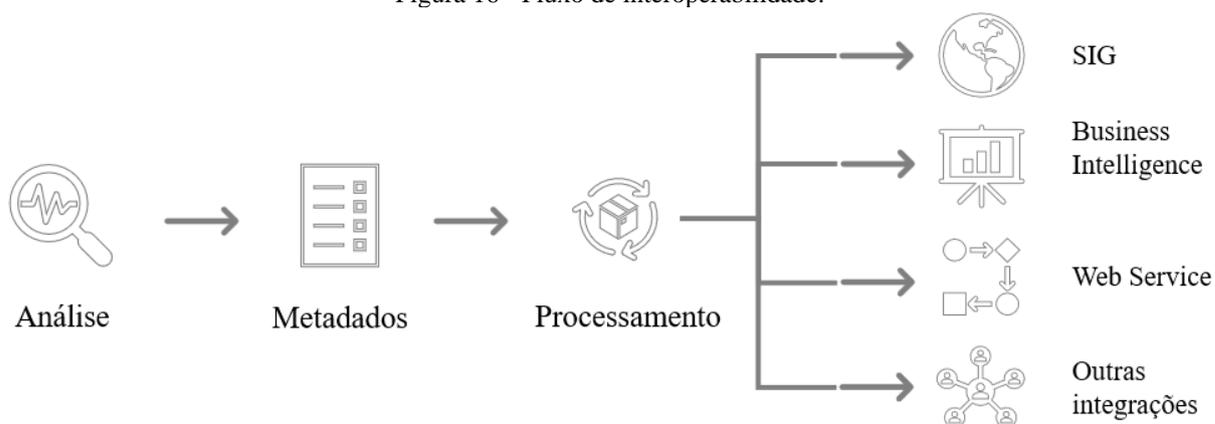
Para a interface proposta, a organização dos dados passa por um trabalho prévio de análise, identificando sua relevância e selecionando aqueles que são de fato pertinentes para integração ao SABIDA. Se propõe então que, a avaliação dos dados a serem incorporados, mesmo que oriundos de diversas fontes, sejam analisados quanto a sua relevância e em qual

nível de detalhe serão integrados. Passada esta etapa, torna-se necessária a identificação de outros elementos a seu respeito, tais como:

- a) Origem do dado: descrevendo sua fonte (secretaria, órgão etc.);
- b) Periodicidade de atualização: que além do período (decenal, anual, mensal, diário) também inclua a data de sua última atualização;
- c) Chaves de integração: elencando quais os campos que se comunicarão com os demais dados, seja para sua camada LOD, seja para os demais campos;
- d) Responsável: identificando a pessoa que realizou o carregamento dos dados no sistema;
- e) Permissões de acesso: identificando se os dados são públicos ou sigilosos, ou mesmo quais categorias de usuários tem permissão de acesso;
- f) Observação: demais características dos dados que sejam relevantes e permitam a outros usuários uma descrição mais precisa a seu respeito.

A inclusão destes metadados serve então para caracterizar o conjunto de dados carregados, permitindo sua consulta futura e catalogação. A etapa seguinte é o processamento desses dados, de forma a permitir a seleção cruzada entre os demais, bem como, a sua visualização em outras plataformas, garantindo o cumprimento do critério de comunicação. Uma vez inseridas na estrutura do SABIDA, os dados podem ser visualizados em *softwares* de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) através do atributo geométrico, *softwares* de *Business Intelligence* (BI), portais de dados abertos, *webservice*, e outros bancos de dados e plataformas, formando uma rede de distribuição de dados oficiais. A Figura 16 sintetiza o fluxo de comunicação e interoperabilidade dos dados, podendo ser descrito nas etapas: análise dos dados que serão integrados, preenchimento dos metadados e processamento no banco de dados, construindo como possíveis saídas, dados que serão consumidos por softwares de SIG, BI e quaisquer outras aplicações possíveis.

Figura 16 - Fluxo de interoperabilidade.



Fonte: O autor (2022).

Outro ponto que merece destaque nesse modelo é o potencial dessa interface para automação, ou seja, ser possível realizar o carregamento e consulta de dados através de qualquer ponto com acesso a internet e por usuários devidamente cadastrados, permitindo assim não apenas um trabalho colaborativo entre instituições, mas também a delimitação do acesso a dados sigilosos. Um exemplo seria no caso de integração de dados de ocorrências policiais, que servem para o planejamento urbano, mas não podem ser amplamente divulgados, de modo a não comprometer as investigações.

Tendo em vista que a modelagem conceitual para o atendimento dos critérios estabelecidos para a interface do Cidade SABIDA resultou em um conteúdo abstrato, foram elaborados exemplos hipotéticos que demonstram algumas aplicações possíveis dessa estrutura, a fim de tornar a compreensão deste modelo mais tangível à realidade do planejamento urbano. Os exemplos estão descritos no subtópico a seguir.

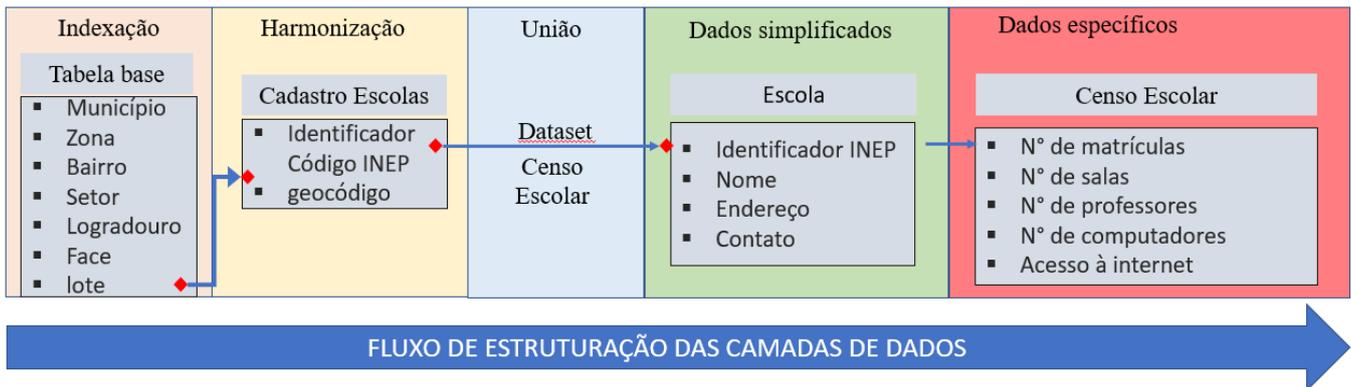
4.5.1 Exemplos de aplicação

Neste subtópico são utilizados como exemplos hipotéticos dois cadastros nacionais realizados periodicamente pelos Ministérios da Educação (Censo Escolar) e Saúde (Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – CNES), além de cadastros locais que são comuns nos municípios brasileiros, sendo eles os cadastros das concessionárias de água e energia, e um cadastro de associações (moradores, deficientes, idosos etc) que também podem se integrar a essa estrutura.

Pode-se observar na Figura 17 a exemplificação da estruturação de dados com o Censo Escolar, em que, no processo de harmonização é realizado o vínculo entre o código do lote e

código identificador da escola (código do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP). A partir do conjunto de dados do Censo Escolar são extraídas as informações básicas, tais como, nome da escola, endereço e contato, podendo ainda, esta camada ser expandida para buscas mais específicas dos dados do censo, tais como número de matrículas realizadas, salas disponíveis, dentre outros.

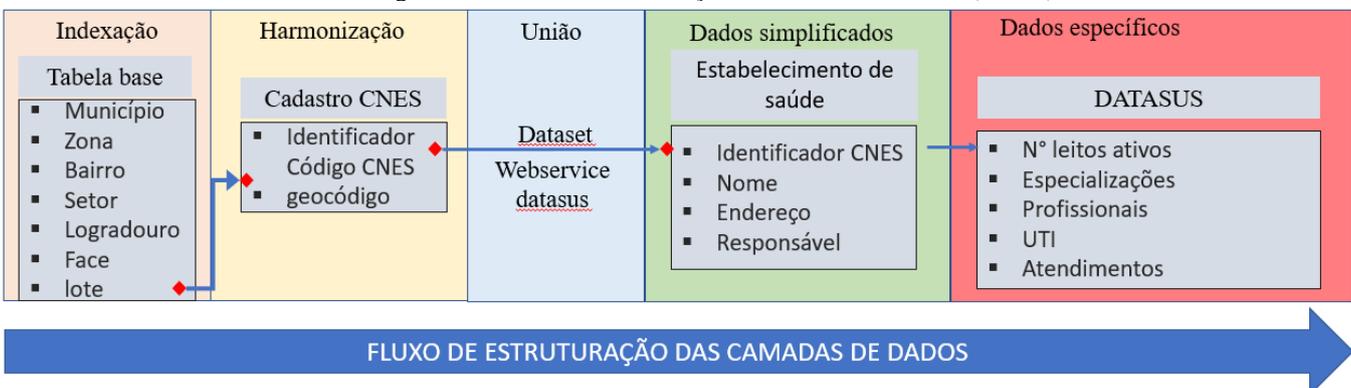
Figura 17 - Fluxo de estruturação de camadas de dados (Censo Escolar)



Fonte: O autor (2022).

A representação da camada de dados correspondente ao Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde pode ser visualizada na Figura 18, em que no processo de harmonização é realizado o cruzamento entre o identificador único do estabelecimento e o geocódigo, e, permitindo através do webservice do datasus, a aquisição de dados simplificados, tais como o nome do estabelecimento, seu endereço e responsável, mas possibilitando ainda a consulta de dados mais específicos, tais como, o quantitativo de leitos ativos, especializações atendidas e profissionais.

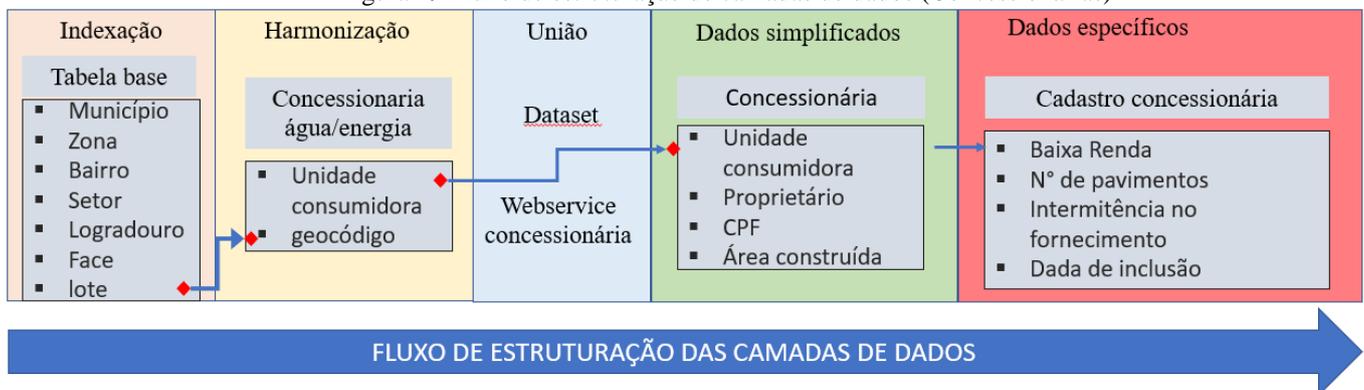
Figura 18 - Fluxo de estruturação de camadas de dados (CNES).



Fonte: O autor (2022).

As concessionárias de água e energia possuem um grande acervo de dados do seu cadastro comercial, e no exemplo apresentado na Figura 19, a harmonização dos dados é realizada entre o código da unidade consumidora e o código do lote indexado onde através de um *web service* e do banco de dados da concessionária, é possibilitado o acesso aos dados dos proprietários, bem como seu CPF e a área construída do imóvel⁴⁶. Alguns exemplos de dados específicos que podem ser adquiridos em um segundo momento são aqueles relativos à unidade consumidora inserida no cadastro de baixa renda, seu número de pavimentos, ou mesmo a intermitência do fornecimento de água.

Figura 19 Fluxo de estruturação de camadas de dados (Concessionárias)

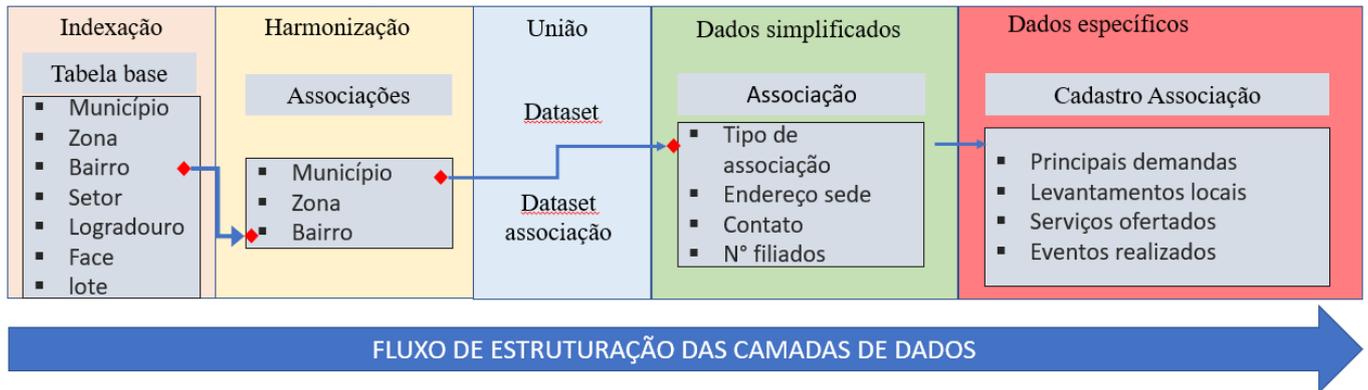


Fonte: O autor (2022).

Outro exemplo de integração de dados, diz respeito aos dados disponíveis nas diversas associações civis das cidades. Estas associações servem para os mais diversos propósitos e normalmente contam com algum dado sistematizado sobre suas atividades, possibilitando a inserção na estrutura proposta. A Figura 20 exhibe uma estruturação de camadas em que uma associação de moradores é vinculada ao código do seu bairro de atuação e, através dos dados disponíveis, são integrados inicialmente o tipo da associação, o endereço da sede, o quantitativo de filiados e posteriormente outras informações relativas às demandas da associação e serviços ofertados.

⁴⁶ Mesmo representando aspectos similares, existe uma diferença espacial entre os conceitos de Lote do Cadastro Imobiliário, Unidade Consumidora na concessionária e Domicílio para o IBGE.

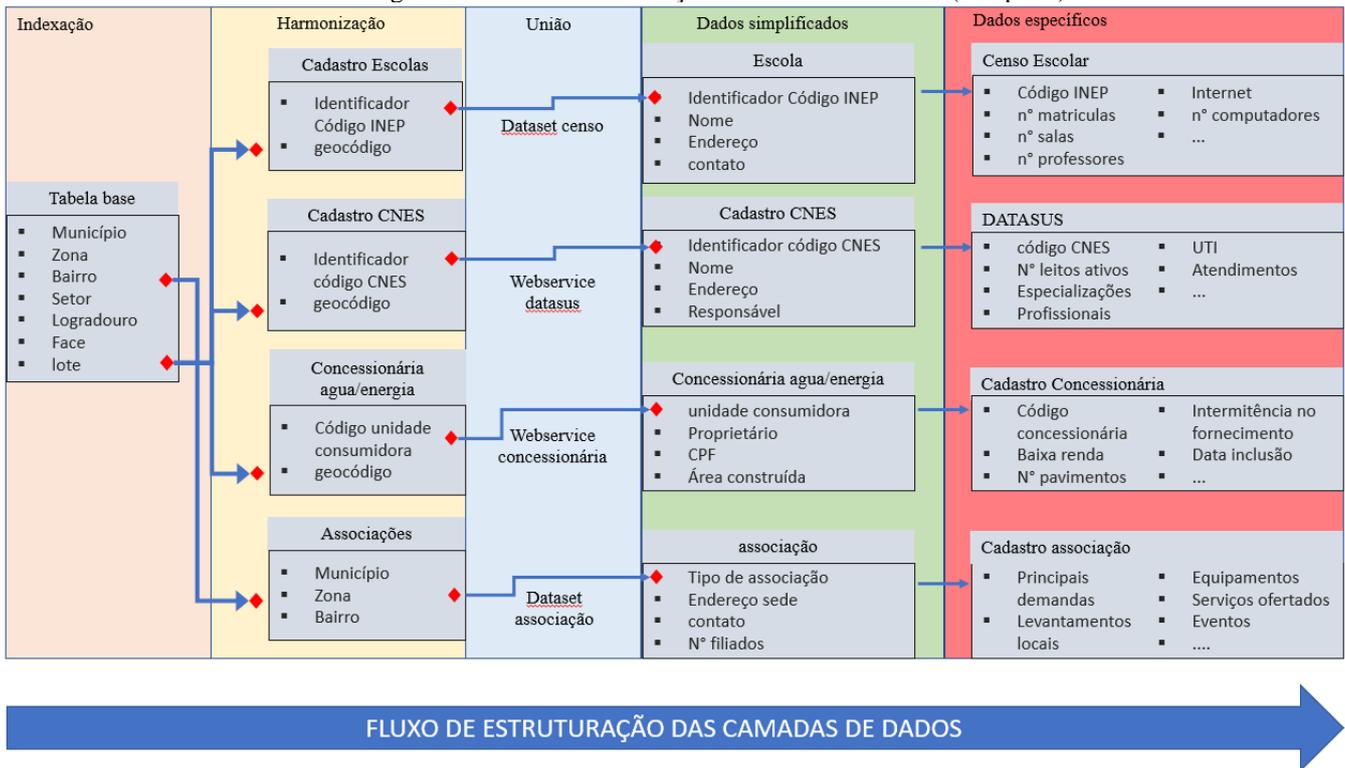
Figura 20 - Fluxo de estruturação de camadas de dados (Associações).



Fonte: O autor (2022).

Em uma situação em que todos esses conjuntos de dados foram devidamente estruturados (Figura 21) dentro do Cidade SABIDA, é possível realizar consultas transversais, ou seja, é possível acessar dados de fontes distintas objetivando um resultado comum, unindo o que antes era separado e rompendo com as diversas barreiras físicas e digitais que existem entre as entidades. Essa convergência de dados surge como um largo acervo de possibilidades para o planejamento urbano e gestão, facilitando a resposta para perguntas intersetoriais que antes exigiriam muito tempo e esforço para serem respondidas. Neste exemplo hipotético se pode facilmente descobrir quais escolas com pior infraestrutura sofrem frequentemente com a falta de água, ou se a população cadastrada como baixa renda está distante de estabelecimentos de saúde, e ainda, se a carência da escola, da água e da saúde são demandas prioritárias para a associação de moradores do bairro.

Figura 21 Fluxo de estruturação de camadas de dados (completo)



Fonte: O autor (2022).

Uma vez que os dados estejam estruturados em camadas orientadas ao território é possível construir e desconstruir seleções de maneira rápida e coerente para os mais diversos fins com dados anteriormente desconexos, possibilitando também a confecção de respostas mais eficientes para questões complexas. Com o intuito de evidenciar as possibilidades acerca do modelo conceitual descrito, serão demonstrados a seguir alguns exemplos de projetos urbanos que teriam sua tomada de decisão facilitada através da utilização do conceito de camada de dados.

Ao implantar um CIM-DL dentro do modelo do sistema Cidade SABIDA, é possível demonstrar as potencialidades de alguns conjuntos de dados vinculados ao seu nível de detalhe, e conseqüentemente a sua componente espacial. Essa visualização ajuda a compreender que ao relacionar um dado com uma representação geométrica no território, é possível realizar o cruzamento de informações por sua posição no espaço, permitindo não somente encontrar relações que antes não eram observáveis, como também montar e desmontar conjuntos de informações para alcançar resultados e projetos específicos.

A Figura 22 exhibe o diagrama hipotético de um arranjo em que diversos conjuntos de dados foram integrados a plataforma Cidade SABIDA de acordo com o protocolo. Na base do

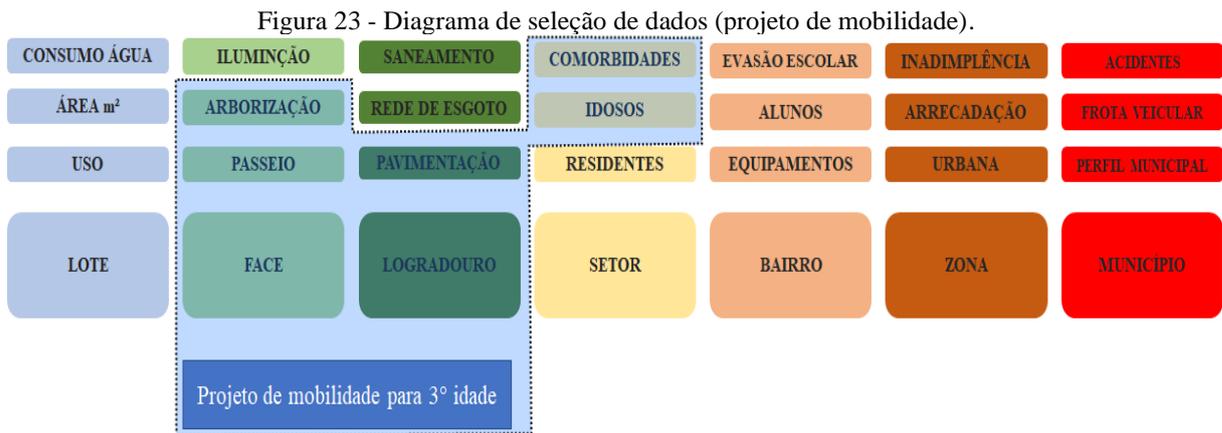
diagrama se observam os níveis de detalhe, e em sua coluna relativa, o conjunto de dados de referência. Ao nível do lote estão o uso do solo (como área construída, consumo de água etc), na face de quadra estão os dados do passeio (qualidade, arborização iluminação), o detalhe de logradouro agrupa informações a respeito da pavimentação (tipo, redes de esgoto e saneamento), ao nível do setor censitário estão dados socioeconômicos (população, idade, comorbidades), na camada de bairro estão informações sobre os equipamentos (escolas, alunos, evasão), ao nível de zona estão dados urbanos (perímetro, arrecadação, inadimplência) e por fim, no nível global do município, estão dados de levantamentos gerais, tais como a frota veicular e o quantitativo de acidentes.



Fonte: O autor (2022)⁴⁷.

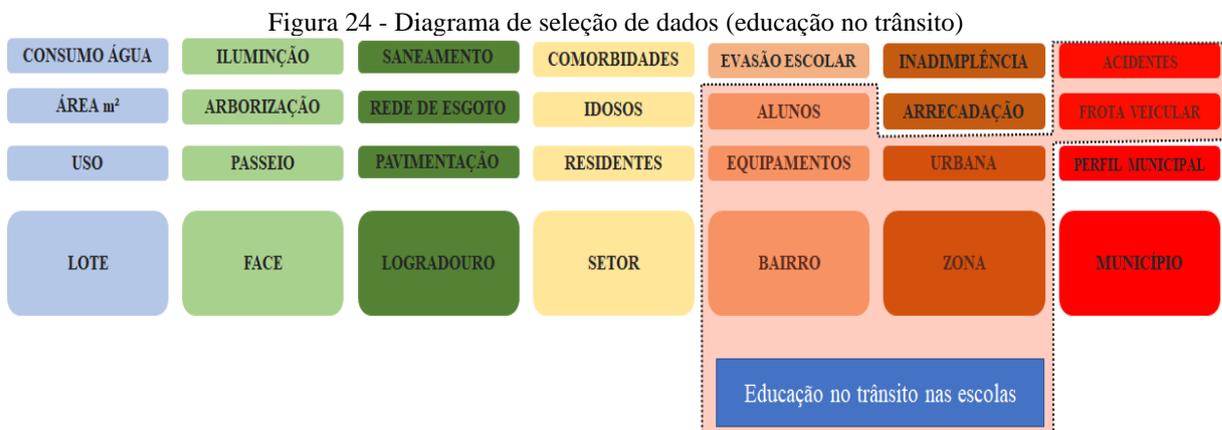
O intuito deste diagrama é demonstrar que, uma vez estruturados dentro deste sistema e seguindo o protocolo do modelo conceitual, é possível solicitar dados de diversas fontes de maneira rápida. A Figura 23 representa uma ilustração simples da remontagem de dados para um projeto de melhoria da mobilidade para idosos em que, neste caso, seriam selecionados o número de idosos a partir do censo, portadores de comorbidades a partir das unidades de saúde para realizar um diagnóstico de onde o passeio (secretaria de urbanismo) e a pavimentação (secretaria de obras) necessitariam de melhorias, além da qualidade da arborização (secretaria de meio ambiente) na área de interesse, o que auxiliaria na escolha de áreas prioritárias e nos parâmetros e metas que seriam propostas.

⁴⁷ Baseado em “Dis- and re-assembling urban circulations: ‘Design Framework—Example combination for a particular urban project’” (HITACHI, 2013 apud MARVIN; LUQUE-AYALA, 2017).



Fonte: O autor (2022).

Outro exemplo de fácil compreensão pode ser visualizado na Figura 24, que representa a montagem de um segundo projeto em que, sendo constatado que os acidentes de trânsito na zona urbana são recorrentes com a população de determinado bairro (dados de internação hospitalar), é possível realizar ações educativas nas escolas (secretaria de educação) de maneira que os alunos sejam disseminadores das informações (secretaria de trânsito) em suas próprias casas. Nesse projeto, o sistema além de agilizar o acesso aos dados, também permitiu direcionar o projeto para as áreas de interesse, tornando o processo célere e assertivo.



Fonte: O autor (2022).

O meio mais comum nas práticas de programação está na fragmentação orientada ao objeto, e talvez seja esse o motivo do insucesso da integração dos dados em um sistema único. Os desenvolvedores pensam na cidade como temas e categorias autônomas (saúde, finanças, educação, etc), quando na realidade as funções urbanas são interconectadas e simultâneas. Pensar a união dos dados com base em sua referência espacial parece muito mais viável, e essa é uma área onde os urbanistas podem contribuir, uma vez que por sua formação multidisciplinar

atuam como catalisadores de esforços entre agentes diversos, além de seu pensamento voltado para o território urbano.

O processo urbano, destilado em pacotes de dados imateriais, pode ser reconfigurado de diferentes formas em um processo de arranjo de dados estratificado e altamente abstrato, o que permite a sua remontagem para o atendimento de questões complexas, e até mesmo descobrir relações que atualmente são de difícil observação, ou mesmo invisíveis ao planejador, tais como a intermitência no abastecimento de água e os casos de dengue, uma vez que a população necessitaria armazenar água para consumo, ou mesmo o aumento da violência nas proximidades de loteamentos fechados.

Embora as possibilidades apresentadas sejam amplas e envolvam tecnologia e programação de computadores, o artefato proposto neste trabalho busca apenas realizar uma prova de conceito, demonstrando que a integração de dados, de acordo com os parâmetros apontados é realizável. Os sistemas, programas e dados utilizados para a composição do artefato serão melhor discutidos e apresentados no capítulo de modelagem da prova de conceito.

5 CIDADE SABIDA

Esse capítulo aborda a etapa da metodologia que corresponde à apresentação da estrutura do artefato de acordo com os critérios definidos na modelagem conceitual. Embora o artefato busque uma aplicação geral para as cidades de médio porte brasileiras, a testagem do artefato foi realizada apenas na cidade de Arapiraca.

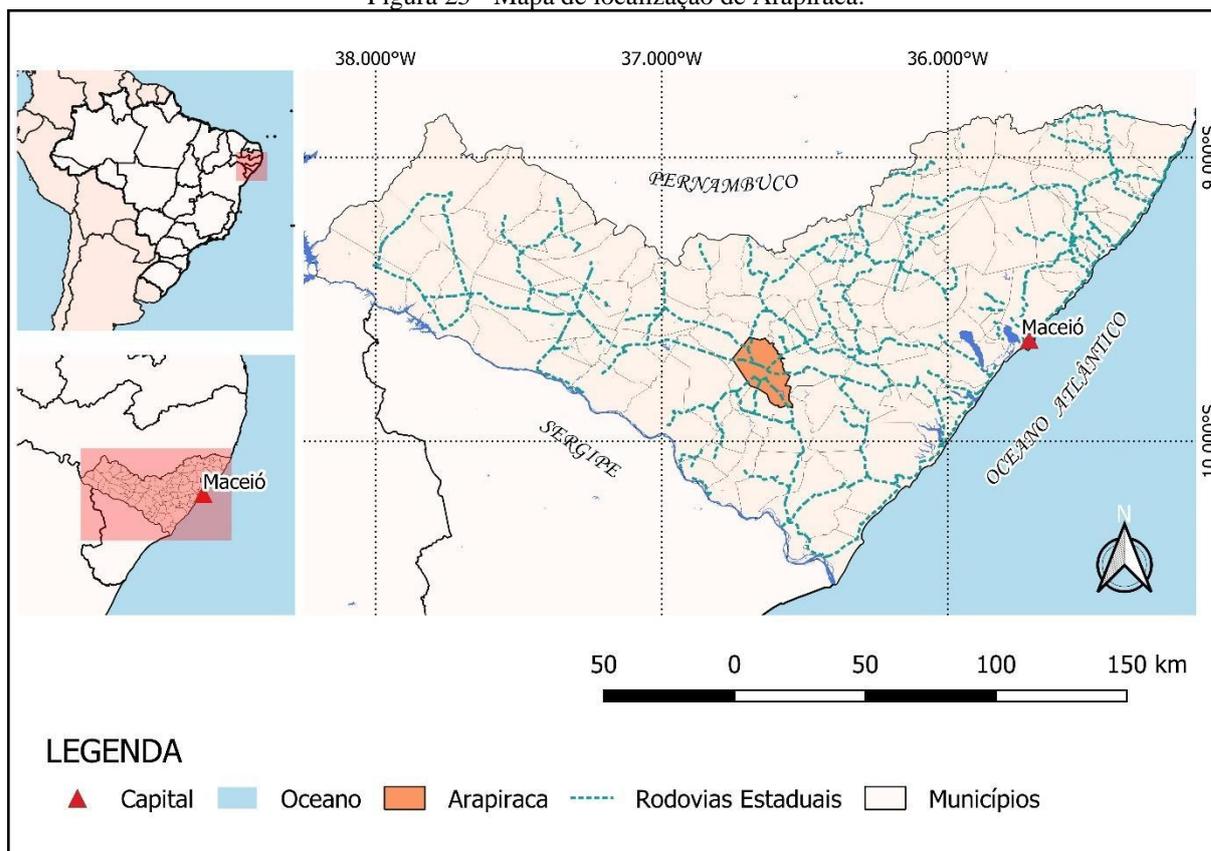
Neste capítulo, inicialmente foi realizada uma contextualização da cidade de Arapiraca, cidade de médio porte, localizada no Estado de Alagoas. Posteriormente são apresentados os *softwares* utilizados para a construção do artefato, também descrevendo sua utilização. Neste capítulo ainda são apresentadas as fontes de dados utilizadas para a prova de conceito, os procedimentos para a modelagem e a estruturação dos dados. Por fim, o capítulo apresenta alguns exemplos que demonstram o uso do artefato proposto.

5.1 A cidade de Arapiraca

Arapiraca é uma cidade do agreste alagoano, com fundação remontada ao século XIX, sendo emancipada em 1924 e possuindo uma população estimada de 234.309 pessoas em 2021⁴⁸. Geograficamente, está localizada no centro do Estado de Alagoas, no entroncamento das principais rodovias (Figura 25).

48 Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/arapiraca/>>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

Figura 25 - Mapa de localização de Arapiraca.



Fonte: O autor (2022).

Em 2012 foi elaborado o Plano Decenal de Arapiraca - PDA (PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPIRACA, 2012), com o objetivo de formular, negociar e acompanhar a execução das políticas de desenvolvimento regional integrado e sustentável. Entre outros conteúdos, o PDA aponta que, para além dos dados oficiais, parte da identidade das cidades é forjada pelos acontecimentos históricos, culturais e socioeconômicos, e sendo assim, quando se trata da origem de Arapiraca sempre se realiza a alusão ao pioneirismo do fundador Manoel André em desbravar o local.

O PDA aponta que a cidade passou por, ao menos, três ciclos econômicos e produtivos, sendo eles: o ciclo da feira livre, que tem sua origem em 1884 e foi a grande propulsora para expansão do povoado, contribuindo também para a emancipação do município; o ciclo do fumo, iniciado na década de 1930 com o desenvolvimento de grandes “currais de fumo”, tornando-se a principal cultura em 1945, com a chegada de multinacionais em 1950, e entrando em declínio na década de 1990 e, por fim; o ciclo do comércio, que atualmente é a principal característica econômica da cidade, uma vez que Arapiraca atua como polo de abastecimento para as cidades circunvizinhas. Em comum, pode se identificar a cidade como ponto de contingências

geográficas devido a sua localização, solo agricultável, e a identidade híbrida de seu povo, forjado através de fatores socioeconômicos ligados a esta versatilidade e pioneirismo (ARAPIRACA, 2012).

Por suas características dinâmicas, ainda mais se comparadas às cidades circunvizinhas, Arapiraca enfrenta os problemas comuns das cidades de médio porte que cresceram aceleradamente. Existe uma ineficácia evidente da máquina pública em gerir o solo urbano, o desordenamento e a falta de gestão e planejamento no que se refere a antever e prevenir os males da urbanização, acarretando problemas já bem conhecidos (violência, degradação ambiental, e problemas com a mobilidade, habitação, entre outros).

Em contrapartida a esse fator, a Prefeitura de Arapiraca possui uma cultura de organização de dados geográficos que teve início em 2010 com o processo de recadastramento imobiliário para o Cadastro Territorial Multifinalitário. O departamento de geoprocessamento da prefeitura é um ponto de partida vantajoso, principalmente se comparada a realidade de outros municípios, que muitas vezes não possuem sequer uma base cartográfica própria, quiçá uma base geoprocessada. O departamento de geoprocessamento da prefeitura de Arapiraca realizou parcerias intersecretarias para a realização de cadastros temáticos, e dessa forma, além dos dados cadastrais de imóveis para fins de IPTU, conseguiu avanços em outros tipos de levantamentos, como aqueles de interesse dessa pesquisa. De fato, a experiência de trabalho do autor neste departamento durante esse período é que motivou grande parte da pesquisa e a escolha de Arapiraca como cidade escolhida para o teste do artefato.

Outro fator relevante a respeito da cidade de Arapiraca e de seus dados na “cultura geo” implantada na prefeitura, diz respeito sobre a política institucional de utilização de *software* livre que, em parte, aumenta a complexidade do processo de integração de dados, mas por outro lado, diminui os custos com aquisição de licenças de *softwares*. Os *softwares* utilizados na prefeitura são essencialmente os mesmos escolhidos para a modelagem do artefato desta pesquisa, e serão melhor abordados no tópico seguinte.

5.2 Softwares elencados para modelagem do artefato

Uma vez que o principal aspecto da modelagem de informação da cidade, ainda mais quando voltada para a construção do artefato denominado aqui como Cidade SABIDA, é organizar os dados de maneira inteligível, permitindo sua transformação em informação

relevante para o planejamento urbano, tomou-se como princípio de que a base de dados não poderia ser em um formato específico e de uso local (semelhante ao bem conhecido formato IFC). Uma vez que os dados da cidade e sua integração por camadas no conceito CIM-DL necessitam ser intercambiáveis, ágeis e se comunicarem automaticamente com diversos sistemas, permitindo sua atualização simultânea, a decisão óbvia foi optar por um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD).

A diferença principal que um SGBD agrega a modelagem de dados é permitir que os mesmos dados sejam acessados simultaneamente por diversos usuários e grupos de usuários, garantindo seu acesso de acordo com as permissões de uso. Em outras palavras, um SGBD permite, por exemplo, que uma tabela com dados das habitações de interesse social seja simultaneamente visualizada pela secretaria de planejamento enquanto tem seus dados construtivos atualizados pela secretaria de finanças e seus dados de beneficiário atualizados pela secretaria de assistência social. Dessa forma, como estabelecido no capítulo anterior, um SGBD permite que sejam atendidos os critérios 5 (interoperabilidade) e 6 (comunicação), possibilitando assim a confecção de um modelo CIM-DL.

O SGBD escolhido para este artefato foi o PostgreSQL⁴⁹, tanto por ser um sistema robusto e gratuito que atende aos requisitos do sistema, como também ser o utilizado na Prefeitura de Arapiraca, o que facilitou a modelagem dos dados. Outro ponto é o de que o PostgreSQL possui a capacidade de trabalhar escalavelmente e com segurança com grandes volumes de dados, com uma boa reputação e comunidade (de desenvolvedores e usuários) ativa em fóruns, além de sua confiabilidade e extensões (THE POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, 2021). Todos esses fatos auxiliaram na escolha, juntamente é claro, com o fato de ser um *software* livre e de código aberto, o que permite a qualquer usuário ter acesso sem a aquisição de licenças.

SGBDs relacionais como o PostgreSQL são normalmente vocacionados para realizar trabalhos com dados alfanuméricos, contudo na dimensão da modelagem da informação da cidade a componente espacial é o fator mais relevante, de certa forma, a localização da informação no espaço é um recurso imprescindível. Desta forma, aliado ao PostgreSQL, também foi utilizada a sua extensão espacial PostGIS⁵⁰, que adiciona funções para interpretar

⁴⁹ Disponível em: <<https://www.postgresql.org/>>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

⁵⁰ Disponível em: <<https://postgis.net/>>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

objetos geográficos dentro do mesmo banco de dados. Cabe ressaltar que, uma vez inseridas as geometrias dentro deste banco de dados, as mesmas regras sobre visualização e atualização de dados são estendidas a estas, ou seja, um conjunto de geometrias pode ser visualizado por um grupo de usuários simultaneamente, enquanto outros realizam sua atualização.

Para gerenciar atividades estritamente técnicas dos PostgreSQL e do PostGIS, tais como a criação de tabelas, consultas, design de esquemas dentro do banco de dados, e outros, foi utilizado a plataforma de administração e desenvolvimento pgAdmin⁵¹, sendo ela a principal recomendação de uso.

Por fim, uma vez definido o local e a estrutura de como os dados deveriam ser modelados, foi escolhido o programa para visualização e manipulação dos dados espaciais o *software* de SIG QGIS⁵². Por ser um *software* livre e de código aberto, o QGIS é um dos principais softwares de SIG existentes no mercado, funcionando com muita eficiência junto ao PostgreSQL e PostGIS. Esse *software* é igualmente popular, robusto e de fácil manipulação, além de ser altamente customizável, o que permite a adequação às necessidades de modelagem do artefato dessa pesquisa.

O QGIS está no fim do processo de gestão de dados, e é o local em que todas as camadas de dados interrelacionadas são visualizadas. Outro fator que auxilia na interoperabilidade de dados está na utilização do QGIS como ponte na conversão de dados, uma vez que este possui uma função de Exportação/Importação com diversos formatos de arquivos. Em outras palavras, é possível importar um formato CAD (.dxf) e importá-lo no SGBD, ou mesmo escolher uma tabela da base de dados e exportá-la em uma planilha (.xlsx) utilizando apenas a interface do programa. Permitindo assim que usuários que não são familiarizados com as consultas em bancos de dados consigam manipular esses dados de maneira livre.

Com o intuito de facilitar a interpretação entre os softwares escolhidos para a execução do artefato deste trabalho foi criado o Quadro 9, em que se pode observar o nome do software, sua descrição resumida e a função que este realiza no artefato.

Quadro 9 - Relação de softwares utilizados.

SOFTWARE	DESCRIÇÃO	FUNÇÃO NO MODELO
----------	-----------	------------------

⁵¹ Disponível em: <<https://www.pgadmin.org/>>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

⁵² Disponível em: <<https://www.qgis.org/>>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

PostgreSQL	Sistema Gerenciador de Banco de Dados	<ul style="list-style-type: none"> ● Armazenar os dados que foram integrados ao sistema ● Garantir o acesso multiusuário com permissões de visualização e edição
PostGIS	Extensão espacial para PostgreSQL, permitindo a interpretação e manipulação de atributos com a componente espacial	<ul style="list-style-type: none"> ● Permitir a união entre dados espaciais e alfanuméricos ● Realizar operações espaciais e garantir a estruturação das camadas de dados
pgAdmin	Plataforma de manipulação e administração de banco de dados de onde se realiza o gerenciamento técnico do banco de dados	<ul style="list-style-type: none"> ● Gerenciar a base de dados ● Permitir a execução de consultas estruturadas
Qgis	Software de SIG	<ul style="list-style-type: none"> ● Permitir a visualização, edição e análises dos dados inseridos ● Permitir a importação e exportação de dados harmonizados

Fonte: O autor (2022).

Uma vez definidos os *softwares* que serão utilizados e sua função dentro do artefato, a próxima etapa é, através dos recursos destes *softwares*, realizar a modelagem dos dados em si, compondo de fato um *City Information Modeling – Data Layers*. A modelagem destes dados será discutida no próximo tópico.

5.3 Modelagem de dados para confecção do Cidade SABIDA

A parte prática da modelagem de dados teve início com a coleta de diversos conjuntos de dados nas duas fontes elencadas como fontes primárias na modelagem conceitual, ou seja, dados vetoriais do IBGE, e dados vetoriais e alfanuméricos do Cadastro Territorial Multifinalitário de Arapiraca. Esses dados se complementam para formar o conjunto de camadas de dados que cobre todo o território municipal e servirão como o vínculo espacial necessário para a composição dos níveis de detalhe e categorias.

Cabe ressaltar que os dados vetoriais obtidos já se encontravam geoprocessados, ou seja, já possuíam um tratamento para a vinculação entre o dado espacial e uma referência vinculada a uma base de dados estruturada (geocodificação). No caso dos dados advindos do IBGE os dados são normalmente vinculados ao seu setor de recenseamento, e na codificação do CTM de Arapiraca estes dados estão vinculados ao número de inscrição municipal (geocódigo) ou código de logradouro.

Os dados do IBGE foram adquiridos através de sua página na internet, e os dados da Prefeitura de Arapiraca foram cedidos pela administração para os fins desta pesquisa. Os dados oriundos do IBGE e do CTM de Arapiraca foram obtidos em dois formatos abertos e processáveis, shapefile (.shp) e geopackage (.gpkg) respectivamente, o que permitiu a estruturação da base de dados.

5.3.1 Procedimentos de estruturação de dados

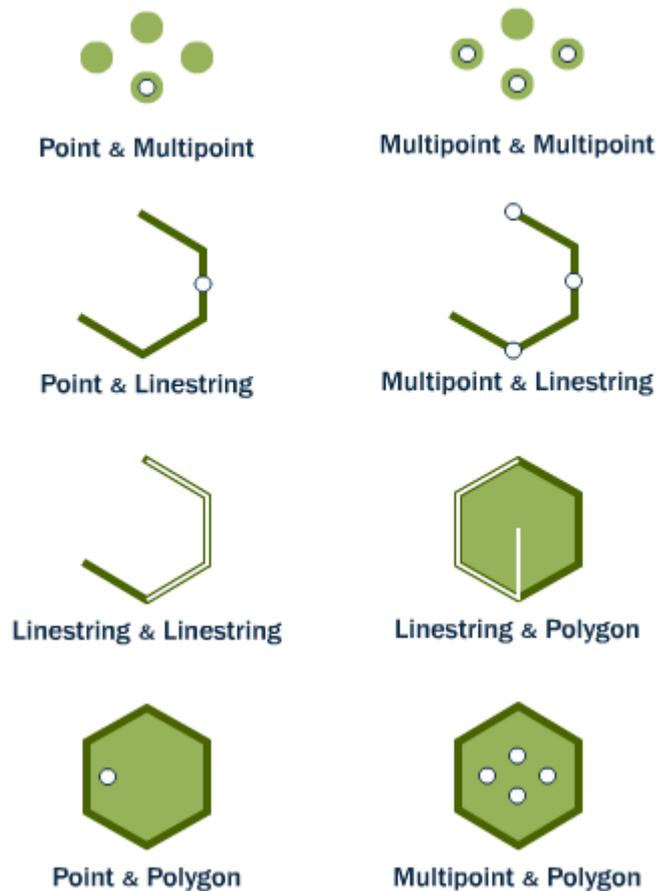
Uma vez obtidos os dados, se deu prosseguimento às etapas como definidas na modelagem conceitual. Ou seja, realizar a indexação entre estes dados para formar as categorias que serão a matriz da modelagem dos dados. Como já relatado no capítulo anterior, a primeira etapa do protocolo é indexação das camadas espaciais (Lote, Face, Logradouro, Setor, Bairro e Município), e neste aspecto surge a barreira de que os dados do IBGE não possuem integração com os dados do CTM, em outras palavras, não existe um campo alfanumérico que sirva como chave para interligar os dados cadastrais das duas bases.

Para realizar a indexação das bases de dados, as tabelas referentes às camadas foram carregadas dentro do PostgreSQL, previamente configurado com PostGIS. A tabela de indexação foi criada por meio de um código SQL⁵³ que realizou uma união entre as bases de camadas por meio de uma operação espacial, ou seja, utilizou a própria geometria georreferenciada como fator de ligação entre as camadas, ao invés de um campo chave. Esse recurso conhecido como álgebra de mapas é utilizado em geoprocessamento para denotar o conjunto de operadores que manipulam campos geográficos, e, neste caso específico foi utilizada a função booleana *ST_within* do PostGIS, que retorna verdadeiro quando a geometria

⁵³ *Structure Query Language* - linguagem de consulta estruturada, uma linguagem de programa específica para SGBD.

A está completamente dentro da geometria B, desde que o sistema de projeção de coordenadas de ambas seja igual, ver Figura 26.

Figura 26 - Exemplo de aplicação da função “Within”.



Fonte: disponível em <<http://postgis.net/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021. Adaptado pelo autor (2022).

Uma decisão de desenvolvimento foi a de criar uma tabela utilizando o recurso de banco de dados chamado *Materialized View*, pois este recurso permite que os dados dessa tabela de indexação sejam atualizados periodicamente com mais facilidade, ou seja, permite que quando novos lotes, ruas ou setores forem adicionados, por exemplo, a indexação continue atualizada. A Figura 27 exibe o código desenvolvido para a união das camadas, que pode ser interpretado da seguinte forma:

1. Construa de uma tabela virtual denominada IBGE com a conversão da geometria da tabela “setores_censo_arapiraca” para a projeção SAD69 fuso 24 sul (EPSG 29194, o mesmo do cadastro de Arapiraca);

2. Selecione o geocódigo do lote, o código de logradouro, o setor do IBGE, o código do bairro, e crie os campos de “código_face_ibge”, Zona e Cidade;
3. Realize a união entre esses campos com a tabela virtual IBGE onde o centroide da geometria do lote estiver inserida dentro do polígono do setor do IBGE.

Figura 27 - Código SQL para criação da tabela de Indexação.

```

1 -- View: public.indexacao
2
3 -- DROP MATERIALIZED VIEW public.indexacao;
4
5 CREATE MATERIALIZED VIEW public.indexacao
6 TABLESPACE pg_default
7 AS
8 WITH ibge AS (
9     SELECT st_transform(setores_censo_arapiraca.geom, 29194) AS geom,
10         setores_censo_arapiraca.cd_geocodi
11     FROM setores_censo_arapiraca
12 )
13 SELECT lotes.geocodigo,
14     ''::text AS codigo_face_ibge,
15     lotes.eagata_codigo_logradouro_localizacao AS codigo_logradouro,
16     ibge.cd_geocodi AS setor_ibge,
17     lotes.eagata_codigo_bairro_localizacao AS codigo_bairro,
18     'urbana'::text AS zona,
19     'Arapiraca'::text AS cidade
20 FROM lotes
21     LEFT JOIN ibge ON st_within(st_centroid(lotes.geom), ibge.geom)
22 WITH DATA;
23
24 ALTER TABLE public.indexacao
25     OWNER TO postgres;

```

Fonte: O autor (2022).

Essa tabela denominada indexação é a responsável por conter todos os códigos que serão utilizados para realizar a harmonização dos dados que serão utilizados na modelagem (Figura 28). Essa etapa do procedimento é a que possibilita um repositório de códigos alfanuméricos que representam as componentes espaciais utilizados para realizar a desmontagem ou montagem dos dados. Finalizando a etapa de estruturação dos dados, as camadas vetoriais existentes na base de dados foram adicionadas a um projeto QGIS (Figura 29), permitindo a

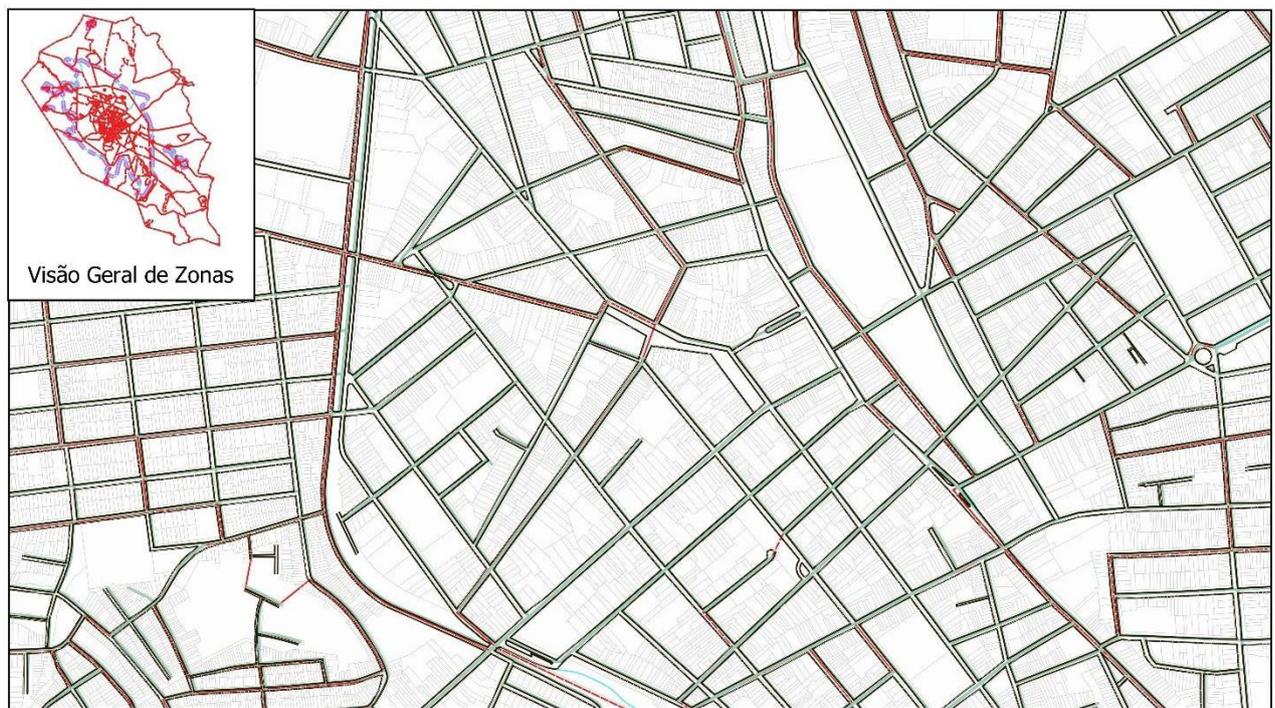
visualização da distribuição espacial de todos os 7 níveis de detalhamento estabelecidos na modelagem conceitual.

Figura 28 - Visualização da tabela de indexação.

	geocodigo character varying	codigo_face_ibge character varying (3)	codigo_logradouro character varying	setor_ibge character varying (20)	codigo_bairro character varying	zona text	cidade text
1	010500100063	004	4690	270030005000099	13	urbana	Arapiraca
2	010500100063	003	4690	270030005000099	13	urbana	Arapiraca
3	010500100063	002	4690	270030005000099	13	urbana	Arapiraca
4	010500100063	001	4690	270030005000099	13	urbana	Arapiraca
5	010500100063	004	4690	270030005000099	13	urbana	Arapiraca

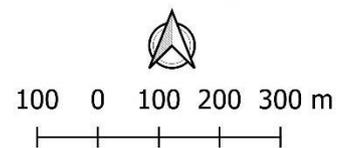
Fonte: O autor (2022).

Figura 29 - Visualização de camadas indexadas.



Legenda

- 1 - Limite Municipal
- 2 - Zonas
- 3 - Bairros
- 4 - Setores Censitários
- 5 - Logradouros
- 6 - Faces IBGE
- 7 - Lotes



Fonte: O autor (2022).

5.3.2 Harmonização de dados para o Cidade SABIDA

Após a confecção da tabela base de indexação, foram processados 2 conjuntos de dados oriundos da base do CTM de Arapiraca, sendo eles a base de abertura de empresas pelo portal Facilita Alagoas e processos de usucapião que tramitaram pelo departamento.

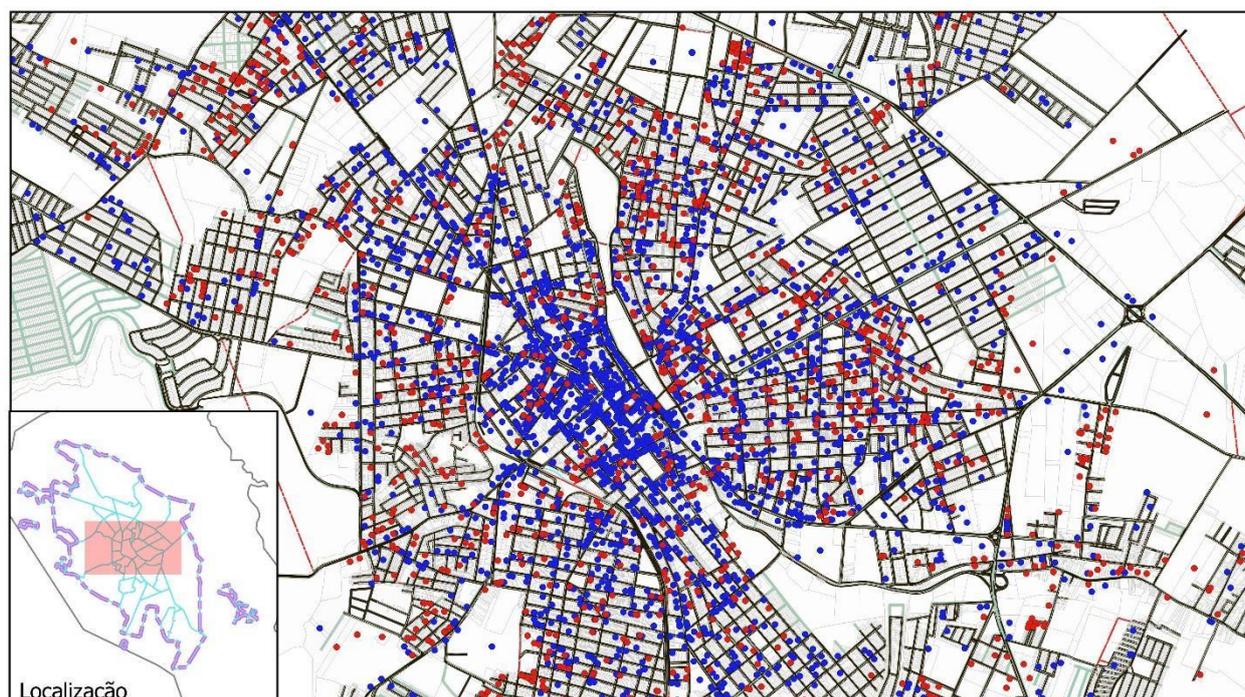
O Facilita Alagoas é uma plataforma que faz a integração entre os dados cadastrais da Receita Federal do Brasil e os diversos órgãos Estaduais e Municipais que participam do processo de abertura, alteração e baixa de empresas⁵⁴. No decorrer do processo de abertura, é realizada a consulta à Prefeitura com fins de homologação do local de abertura da empresa. Nessa etapa do processo, o CTM coleta e armazena os dados da empresa (Natureza Jurídica, endereço, ramo de atividade, etc). Com os dados de endereçamento o departamento já realiza a geocodificação, identificando no território o local onde a empresa irá se estabelecer e, portanto, sendo essa uma base de dados valiosa para o planejamento urbano.

Os processos de usucapião seguem um fluxo similar, porém, estes são encaminhados da Procuradoria Municipal para o departamento com fins a consulta se existe interesse público no lote alvo do processo (se em área de proteção ambiental, área pública, etc). Os processos de usucapião também possuem seu endereço georreferenciado, e, desta forma, é possível obter os registros de imóveis alvo de usucapião.

As bases de dados de usucapião e abertura de empresas foram escolhidas nesta pesquisa como exemplos de harmonização devido ao fato de já estarem, até certo ponto, integradas com a base cartográfica municipal (Figura 30) e, portanto, facilitando o processo de harmonização de dados em função do tempo. Contudo, é necessário ressaltar que quaisquer bases de dados que possuam os campos de endereçamento podem ser integradas aos níveis de detalhe do lote, logradouro e bairro. Outro fator da escolha dos conjuntos de dados do Facilita e de Usucapião se deu pela possibilidade vincular os dados ao nível do lote e, portanto, ao nível de maior detalhe, realizando posteriormente a remontagem dos dados em níveis maiores (usucapião por bairro por exemplo).

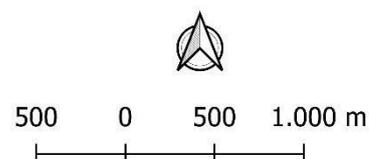
⁵⁴ Disponível em: <<http://www.facilita.al.gov.br/sobre-o-portal/>>. Acesso em: 17 de outubro de 2021.

Figura 30 - Processos de Usucapião (vermelho) e abertura de empresas (azul).



Legenda

- PROCESSOS DE USUCAPIÃO
- PROCESSOS FACILITA ALAGOAS



Fonte: O autor (2022)

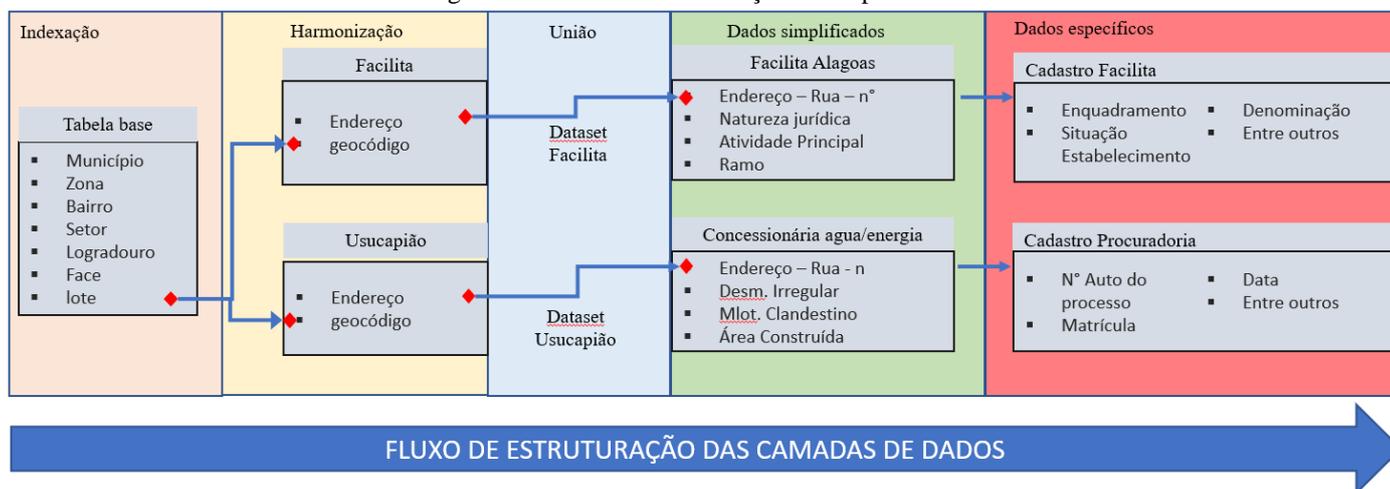
Uma vez escolhidas as bases que serão harmonizadas, foi dado prosseguimento ao protocolo. Nesta etapa, foram identificados quais dados da tabela alvo correspondiam ao mesmo campo da tabela de indexação, permitindo então a integração semântica. Posteriormente, houve a união e armazenamento de dados simplificados entre a tabela de indexação e as camadas alvo da integração, enquanto os dados específicos permaneceram na tabela original. Esse procedimento foi realizado dentro do próprio SGBD PostgreSQL utilizando o recurso denominado como “*View*”⁵⁵ o que permite, ao invés de criar uma união estática, a criação de um conjunto de dados atualizados automaticamente.

A Figura 31 exhibe as etapas da criação das camadas de dados de processos de usucapião e empresas pelo sistema Facilita Alagoas. Através do endereço de cada uma das camadas foi possível identificar o geocódigo, trabalho realizado previamente pelo departamento de CTM de

⁵⁵ *View* é um recurso que permite, ao invés de materializar uma tabela, construir uma consulta que é executada todas as vezes que *View* for solicitada, também pode ser interpretada como uma tabela virtual. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/docs/9.2/sql-createview.html>>. Acesso em: 17 de outubro de 2021.

Arapiraca, onde o processamento se deu pela elaboração de consultas SQL que criaram um *View* unindo os dados simplificados das tabelas alvo ao conjunto de indexação.

Figura 31 - Fluxo de Estruturação Usucapião e Facilita.

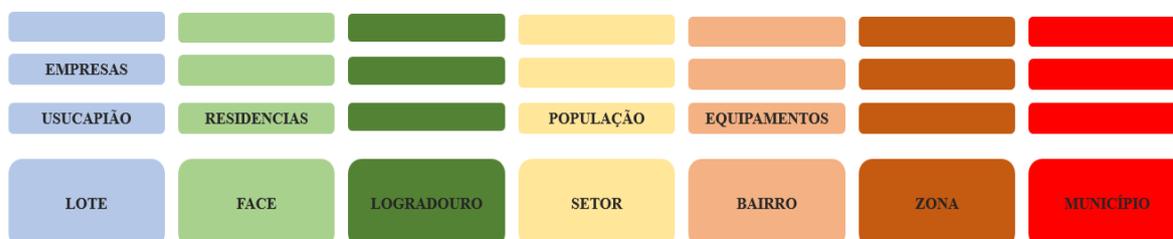


Fonte: O autor (2022).

Outros conjuntos de dados relevantes, tais como equipamentos urbanos, características das faces e população do setor censitário não necessitaram de harmonização, uma vez que estes já são vinculados a alguma camada da tabela base de indexação (inscrição imobiliária no nível do lote, código da face no nível da face e código do setor no nível do setor censitário).

Desta forma, a prova de conceito estabelecida para testagem e avaliação do Cidade SABIDA conta com apenas algumas camadas de dados, mas que servirão para exemplificar suas capacidades. A Figura 32 exhibe o diagrama dos conjuntos de dados integrados ao arranjo de dados modelado para o artefato, ou seja, as camadas de usucapião e empresas no nível do lote, dados sobre os imóveis existentes a cada face de quadra, a população do setor censitário e os equipamentos urbanos existentes no bairro.

Figura 32 - Diagrama de arranjo de dados do artefato.



Fonte: O autor (2022).

A modelagem de dados é armazenada no SGBD PostgreSQL, o que permite sua utilização e acesso de formas mais variadas. No artefato proposto neste trabalho, todos os dados são exibidos utilizando o software de SIG QGIS. A interface do QGIS permite, para além da composição de mapas e do acesso facilitado para usuários que não sabem realizar consultas diretamente no banco de dados, o acesso a diversos recursos úteis. Em outras palavras, uma vez conectado a base de dados do Cidade SABIDA, é possível utilizar a interface do QGIS para exportar os dados em diversos formatos de tabelas (.ods, .xlsx, etc), arquivos vetoriais geoprocessados ou não (.shp, .gpkg, .kml, .dxf, .svg, etc), além de tantos outros formatos, como até propriamente os dados brutos em formato .CSV, além é claro, de realizar determinados tipos de tratamento. Essa funcionalidade incorporada ao código do QGIS atua como fator de interoperabilidade, além de facilitar o intercâmbio de dados para usuários, sem necessariamente ser desenvolvida uma plataforma específica. No tópico a seguir serão demonstrados alguns exemplos de aplicação do Cidade SABIDA em experiências de planejamento urbano utilizando as camadas inseridas nessa base de demonstração.

5.4 Exemplos de testagem

Os dados inseridos na modelagem do Cidade Sabida permitiram a construção de determinadas análises primárias que podem contribuir para o planejamento urbano. Porém cabe ressaltar que os exemplos a serem demonstrados a seguir representam a prova de conceito desta dissertação e foram construídos manualmente, ou seja, os dados foram armazenados, processados e analisados utilizando apenas o SGBD PostgreSQL, PostGIS e QGIS, sem a confecção de qualquer software que realize a automação de todo o processo. Esse procedimento foi realizado nesta pesquisa como forma de verificar se a modelagem conceitual do artefato é possível, contudo, a automação é recomendada, pois facilitaria o manuseio e acesso aos dados.

A modelagem dos exemplos se deu focada na busca por indicadores urbanos a partir dos dados adquiridos, com o intuito de exibir pelo cruzamento de camadas de dados informações que antes estavam ocultas para o planejador, e ainda, que permitam a geração de conhecimento que auxilie na tomada de decisão e criação de planos. Para esta dissertação foram confeccionados 3 indicadores que se manifestam em exemplos de como os dados existentes, quando modelados dentro da estrutura proposta, podem servir para o planejamento urbano auxiliando na tomada de decisão.

Para Jannuzzi (2017) os indicadores sociais se prestam a subsidiar as atividades de planejamento público, com enfoque na formulação de políticas sociais em todas as esferas de governo, monitorando as condições de vida e bem-estar da população, realizando uma distinção entre indicadores sociais e estatísticas públicas, em que de uma lado, as estatísticas públicas representam um dado social na sua forma bruta e não contextualizado com uma finalidade, sendo apenas parcialmente preparado para uso na interpretação empírica da realidade. Por outro lado, os indicadores são expressos como taxas, proporções, médias, índices, distribuição por classes e também por cifras absolutas, definindo-o como:

[...] uma medida em geral quantitativa dotada de significado social substantivo, usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito social abstrato, de interesse teórico (para pesquisa acadêmica) ou programático (para formulação de políticas). É um recurso metodológico, empiricamente referido, que informa algo sobre um aspecto da realidade social ou sobre mudanças que estão se processando na mesma (JANNUZZI, 2017, p. 15).

Por meio dos conjuntos de dados obtidos para a prova de conceito proposta neste trabalho (Sistema Facilita, ações de usucapião e dados imobiliários) foram criados 3 indicadores básicos, que se enquadram dentro da temática de habitação, mas também possuem aderência às temáticas de infraestrutura urbana, mercado de trabalho e qualidade de vida. Os indicadores foram nomeados como “taxa de adensamento comercial e serviços”, “coeficiente de lote usucapido” e “taxa de uso residencial”. A síntese da composição dos indicadores pode ser visualizada no Quadro 10.

Quadro 10 - Síntese de indicadores.

Indicador	Descrição	Fonte (s) de dados	Variáveis	Equação
Taxa de adensamento comercial e serviços - Tacs	Razão da somatória de abertura de empresas no setor pelo total de imóveis	<ul style="list-style-type: none"> Base de dados do sistema Facilita Micro dados do setor censitário 	F = solicitação de abertura de empresa I – Imóveis no setor	$Tacs = \frac{\sum F}{I} * 100$
Índice de lote usucapido - Ilu	Razão da somatória de lotes usucapidos no setor pelo total de imóveis	<ul style="list-style-type: none"> Base de dados de usucapião Micro dados do setor censitário 	U = processo de usucapião no setor I – Imóveis no setor	$Ilu = \frac{\sum U}{I} * 100$
Taxa de uso residencial - Tur	Razão da somatória de imóveis com uso residencial no setor pelo total de imóveis	<ul style="list-style-type: none"> Base de dados imobiliários Micro dados do setor censitário 	R = Imóvel com uso residencial I – Imóveis no setor	$Tur = \frac{\sum R}{I} * 100$

Fonte: O autor (2022).

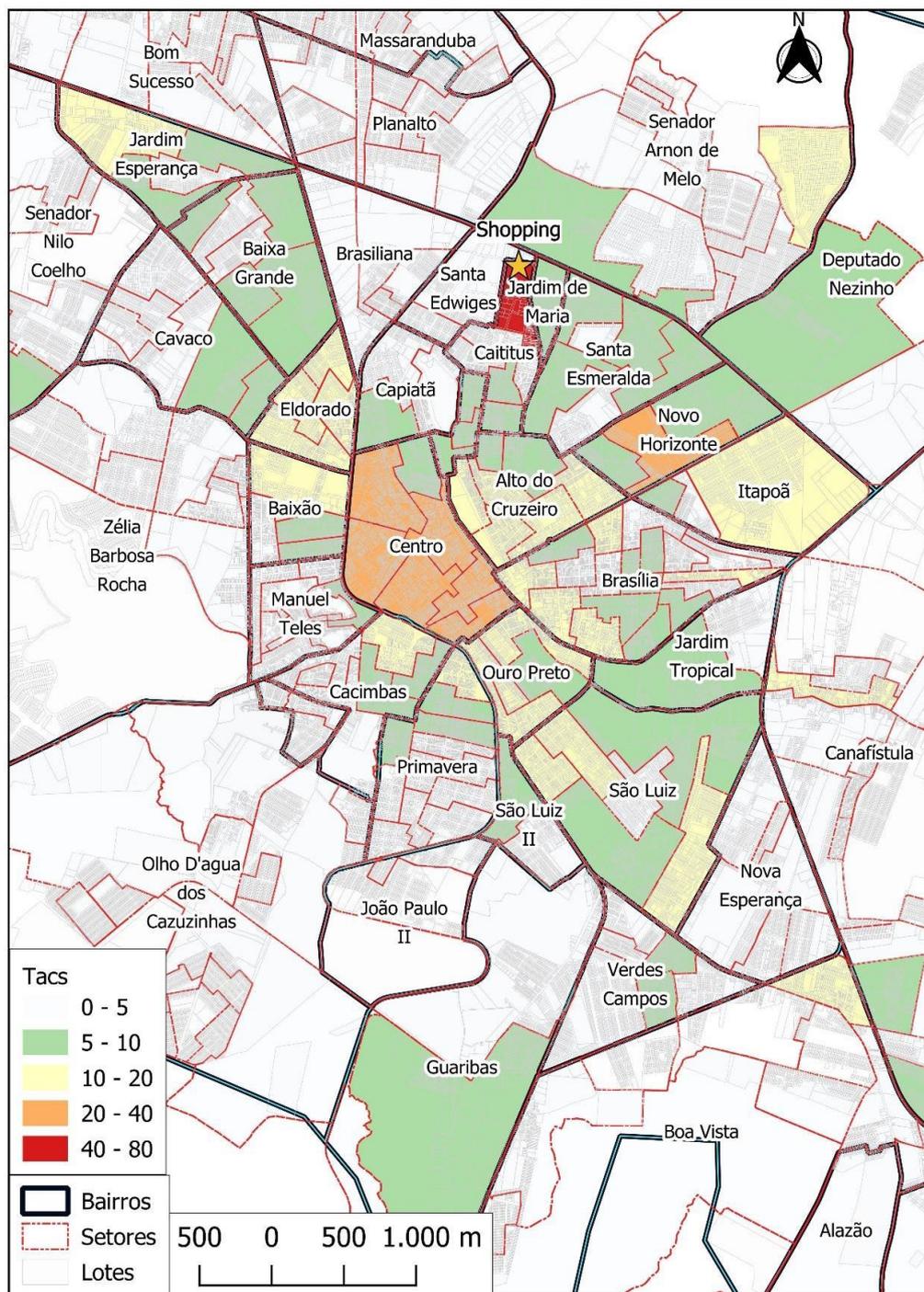
Mesmo que estes indicadores propostos sejam básicos e tenham sido criados por meio de operações matemáticas simples, a real contribuição visualizada no processo de criação destes indicadores está na facilidade com a qual os dados de diferentes áreas da gestão pública puderam ser remontados, cruzados e processados. São indicadores construídos a partir de dados que ou estão disponíveis gratuitamente (dados do recenseamento) ou que já existem dentro da administração municipal (Usucapião – Procuradoria Municipal, Facilita – Secretaria de Indústria e Comércio, Imobiliário – Secretaria da Fazenda) e que não necessitaram de um levantamento específico. São indicadores que só puderam ser elaborados por meio da modelagem da informação por camada de dados. A forma como esses indicadores foram criados e estruturados representa, portanto, a prova de conceito desta dissertação. Nos próximos itens são apresentadas análises pormenorizadas destes indicadores, explicando como foram criados e a sua importância como instrumento de auxílio à tomada de decisão de planejamento urbano.

5.4.1 Taxa de adensamento comercial e serviços

O indicador denominado como Taxa de adensamento comercial e serviços – *Tacs* ($Tacs = \frac{\sum F}{I} * 100$) foi elaborado a partir do cruzamento de dados de abertura de empresas do Sistema Facilita (vinculado ao nível do lote - LOD 7) e dados de imóveis existentes no setor censitário do IBGE (vinculado ao nível do setor - LOD 4). Por meio da tabela de indexação, foi realizado um agrupamento de todas as empresas que solicitaram abertura dentro de cada setor censitário, e posteriormente realizada a operação matemática para criação do indicador.

Ao realizar a composição do indicador vinculado ao setor censitário (Figura 33) foi possível criar 5 classes para identificar a distribuição comercial na cidade em relação a quantidade de imóveis existentes em cada setor. A partir da interpretação do mapa é possível observar que a maior concentração da relação comércio/imóveis se encontra no setor onde está localizado o Shopping Center (classe 40 - 80), uma vez que, diversas lojas funcionam no mesmo endereço. Outras conclusões também puderam ser estabelecidas, tais como:

Figura 33 – Mapa de Taxa de adensamento comercial e serviços.



Fonte: O autor (2022).

1. O bairro Centro é predominantemente comercial, contudo, existe um setor no bairro Novo Horizonte que entrou na mesma classificação (classe 20 - 40), indicando um grande número de empresas se estabelecendo no local. Estes fatos corroboram com o conhecimento empírico da cidade pelo autor.

2. Existem, em geral, sub centralidades comerciais (classe 10 - 20), principalmente em bairros mais afastados tais como Boa Vista, Canafístula, São Luiz e Jardim Esperança. Essas sub centralidades provavelmente estão vinculadas ao processo de crescimento da cidade de Arapiraca, que historicamente tem sua formação polinucleada, e, de certa forma contribuem para a diminuição do deslocamento urbano.
3. A maioria dos bairros periurbanos apresenta predominantemente números baixos da Taxa de adensamento comercial e serviços (classes 5 - 10 e 0 - 5), o que pode indicar ou a predominância de uso residencial, caracterizando-os como bairros dormitório, ou uma alta taxa de irregularidade comercial, ou seja, que as atividades comerciais e de serviços nesses bairros não são regularizadas junto a prefeitura, e, por isso, não aparecem como relevantes no indicador elaborado.

Estas constatações primárias a respeito do indicador de Taxa de adensamento comercial podem servir para diversas aplicações, tais como atividades de recuperação fiscal, planejamento da mobilidade urbana e incentivo ao uso misto em determinadas regiões, bem como o maior controle do uso comercial e de serviços em outras áreas da cidade. É fato bem conhecido que, da perspectiva da vitalidade urbana, por exemplo, a predominância do uso comercial em determinadas regiões não é vantajosa, pois cria problemas como congestionamentos durante o dia e esvaziamento durante a noite.

Ao revelar a desigualdade na distribuição de comércio e serviços na cidade, este indicador também aponta para uma carência evidente das populações destas áreas. Dentro da relação da moradia com o preço do solo, por exemplo, considerando que a ausência de uma infraestrutura de comércio e serviços é um elemento que contribui para o menor preço do solo, e ainda que as populações carentes tendem a ocupar os locais em que o preço do solo é mais barato, é possível especular que a falta de controle urbano para a distribuição equitativa de habitações junto a outras funções urbanas como comércio e serviços cria na cidade estas zonas periféricas em que se tem uma “casa sem cidade”, o que acaba por condenar aos mais pobres as maiores distâncias e os maiores custos.

5.4.2 Índice de lote usucapido

O indicador denominado como Índice de lote usucapido - Ilu ($Ilu = \frac{\sum U}{I} * 100$) foi elaborado a partir do cruzamento de dados de processos de usucapião (vinculado ao nível do lote - LOD 7) e dados de imóveis existentes no setor censitário do IBGE (vinculado ao nível do setor - LOD 4). Por meio da tabela de indexação, foi realizado um agrupamento de todos os lotes alvo de ação de usucapião dentro de cada setor censitário, e posteriormente realizada a operação matemática para criação do indicador.

A composição deste indicador baseou-se na relação entre a quantidade de imóveis que existem no setor e o total de imóveis que foram alvos de ação de usucapião no período analisado. A visualização que resultou da distribuição do índice de lote usucapido (Figura 34) foi configurada para exibir 5 classes que mostrassem o conjunto de dados representando, até certo ponto, a demanda por regularização fundiária no município. As principais constatações da interpretação do mapa foram:

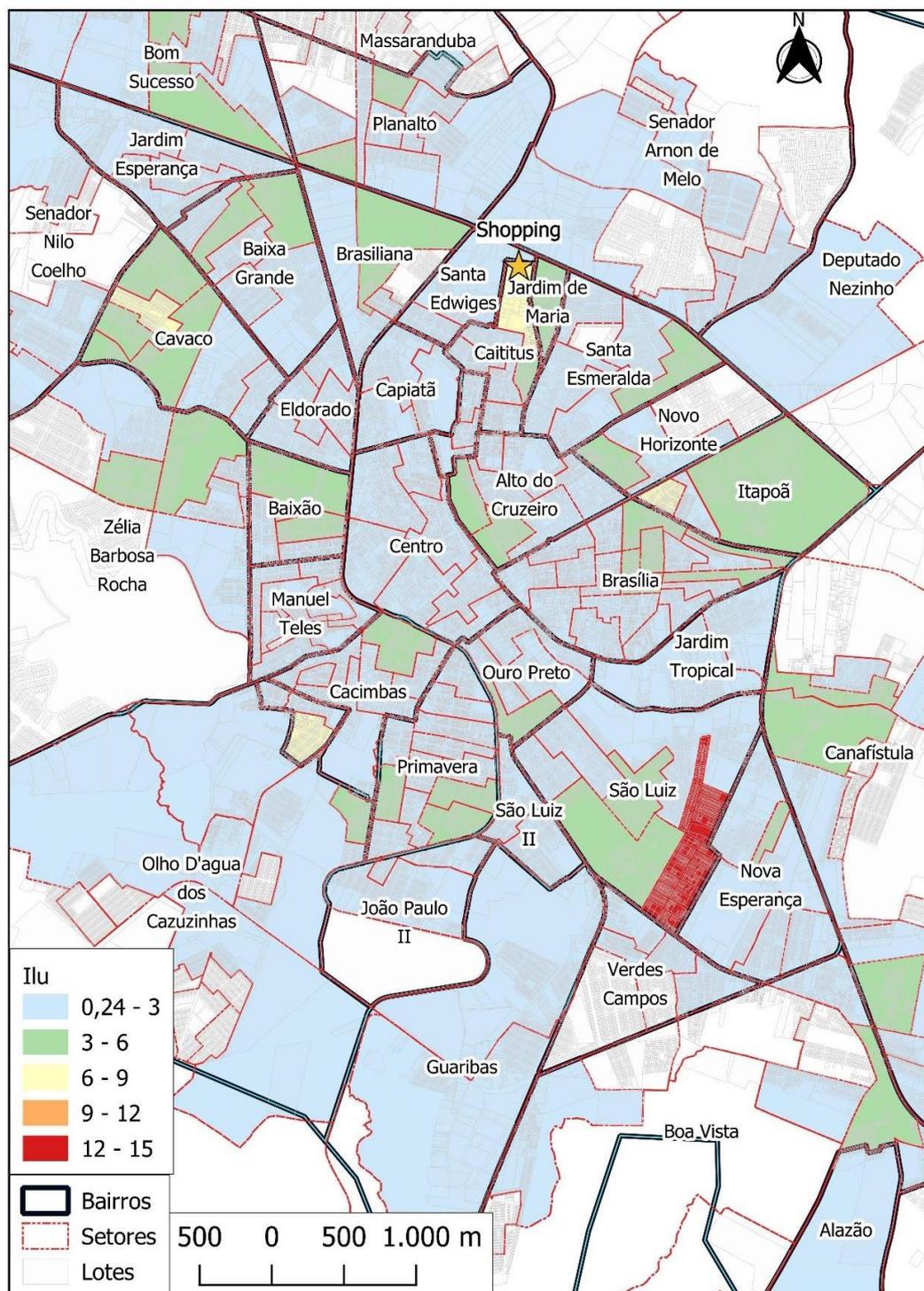
1. A classe 0,24 – 3 indica que existe uma demanda generalizada em toda a cidade (mesmo que pequena em determinadas áreas) por regularização fundiária dentro do aspecto de segurança jurídica visto que, com exceção de setores que compreendem prioritariamente áreas onde houve o parcelamento de solo regular na forma de loteamentos, todos os bairros apresentaram algum nível de interesse.
2. Nos bairros mais antigos e adjacentes ao centro da cidade foi encontrada uma maior demanda por regularização (classe 3 – 6), provavelmente por questões ligadas à consolidação do tecido urbano. Em outras palavras, uma vez que se tratam de bairros antigos, o parcelamento de solo acontecia de maneira informal na forma de desmembramento irregular por herança, por exemplo.
3. Existe uma alta demanda em 4 setores específicos (classe 6 - 9) que, quando observados com maior rigor, apresentam duas características distintas. Os setores localizados nos bairros Cavaco, Cacimbas e Itapoã englobam áreas de ocupação recente por meio de loteamentos clandestinos, enquanto a área no bairro Caititus corresponde ao entorno do Shopping Pátio Arapiraca, ou seja, provavelmente o interesse por regularização se deu pela valorização do entorno causada após sua instalação.

4. Nenhum setor foi encontrado na classe 9 – 12, e apenas um único setor no Bairro São Luiz entrou na classe 12 – 15. Este setor carece de maiores análises uma vez que a quantidade de ações de usucapião em relação a quantidade de imóveis existentes destoa do resto da cidade, mas não foi possível especular uma causa para o grande interesse em regularização na área.

Os dados apresentados pelo Índice de lote usucapido indicam que a cidade possui um alto grau de informalidade, seja pela consolidação de bairros antigos ou pela existência de loteamentos clandestinos. Este indicador também pode servir para ações de governo, tais como, o aumento da fiscalização em áreas que já apresentam altos índices de irregularidade, realizando ações que atuem preventivamente em determinadas zonas com fins a evitar construções clandestinas, insalubres ou em áreas de risco.

A ação de usucapião, mesmo sendo um processo visto como positivo sob a ótica da regularização fundiária, pois contribui com a segurança jurídica no que se refere a posse do imóvel, quando realizado em desalinhamento com uma política pública não pode ser considerado o ideal para a regularização da cidade. O Índice de Lote Usucapido revela a carência por uma política estruturada em regularização fundiária na cidade de Arapiraca e, em determinados setores, demonstra a ausência de controle do parcelamento do solo e por consequência, da fiscalização de novas construções. Na ausência de políticas públicas efetivas que estimulem a regularização ao tempo em que favorece o acesso à terra urbanizada regular para as populações que mais necessitam, o tecido urbano vai se expandindo desordenadamente e, com a desordem, problemas já bem conhecidos, sejam construções irregulares ou a carência de infraestrutura urbana, a realidade é que ausência do poder público é um fator de diminuição da dignidade e do direito à cidade.

Figura 34 - Índice de Lote Usucapido.



Fonte: O autor (2022).

5.4.3 Taxa de uso residencial

O indicador denominado como Taxa de uso residencial - Tur ($Tur = \frac{\sum R}{I} * 100$) foi elaborado a partir do cruzamento de dados imóveis com uso residencial (vinculado ao nível da

face- LOD 6) e dados de imóveis existentes no setor censitário do IBGE (vinculado ao nível do setor - LOD 4). Por meio da tabela de indexação, foi realizado um agrupamento de todos os lotes que possuem ocupação residencial e posteriormente realizada a operação matemática para criação do indicador.

Este indicador, baseado na relação entre imóveis com uso residencial e não residencial, foi classificado em 5 categorias que representam a razão entre uso residencial e não residencial (Figura 35). Notou-se, a princípio, que este indicador possui características que corroboram e complementam aspectos que emergiram da taxa de adensamento comercial e serviços e do índice de lote usucapido. As constatações que puderam ser deduzidas da análise são:

1. A classe de menor taxa de uso residencial (20 - 50) engloba a maior parte do bairro Centro e alguns setores periféricos nos bairros Senador Arnon de Melo, Deputado Nezinho e Canafístula. Em uma análise mais próxima constatou-se que a classificação dos setores periféricos nesta categoria se deu principalmente pela quantidade de terrenos vagos (lotes ou glebas), ou seja, existe uma baixa ocupação residencial em relação a quantidade de vazios e não em relação ao uso comercial, como no caso do bairro Centro.
2. A relação entre uso residencial e não residencial por questões da predominância comercial ou de lotes vagos também é observada na classe 50 – 75, em que setores vizinhos ao centro e periféricos manifestam a mesma dinâmica.
3. As classes 75 - 85 e 85-90 aparentam representar os setores onde existe uma predominância de usos múltiplos (residencial, comercial e serviços), e este ocupa a maior parte do território. Cabe destacar que os setores que apareceram com alto uso comercial e de serviços (Shopping e Novo Horizonte) aparecem neste indicador como parte da classe 85 – 90, ou seja, corroboram a hipótese que estes locais possuem uma dinâmica diferenciada em relação ao bairro Centro (classe 20 - 50), provavelmente com uma maior vitalidade noturna.
4. A classe que corresponde a predominância do uso residencial (90 - 100) aparece de maneira pulverizada no entorno imediato ao Centro e em maior quantidade na franja periurbana. A suposição que é feita nestes casos é a de que, estes setores, mesmo quando localizados nas imediações do centro urbano, podem ser considerados uma espécie de periferia. Quando mais próximas da centralidade

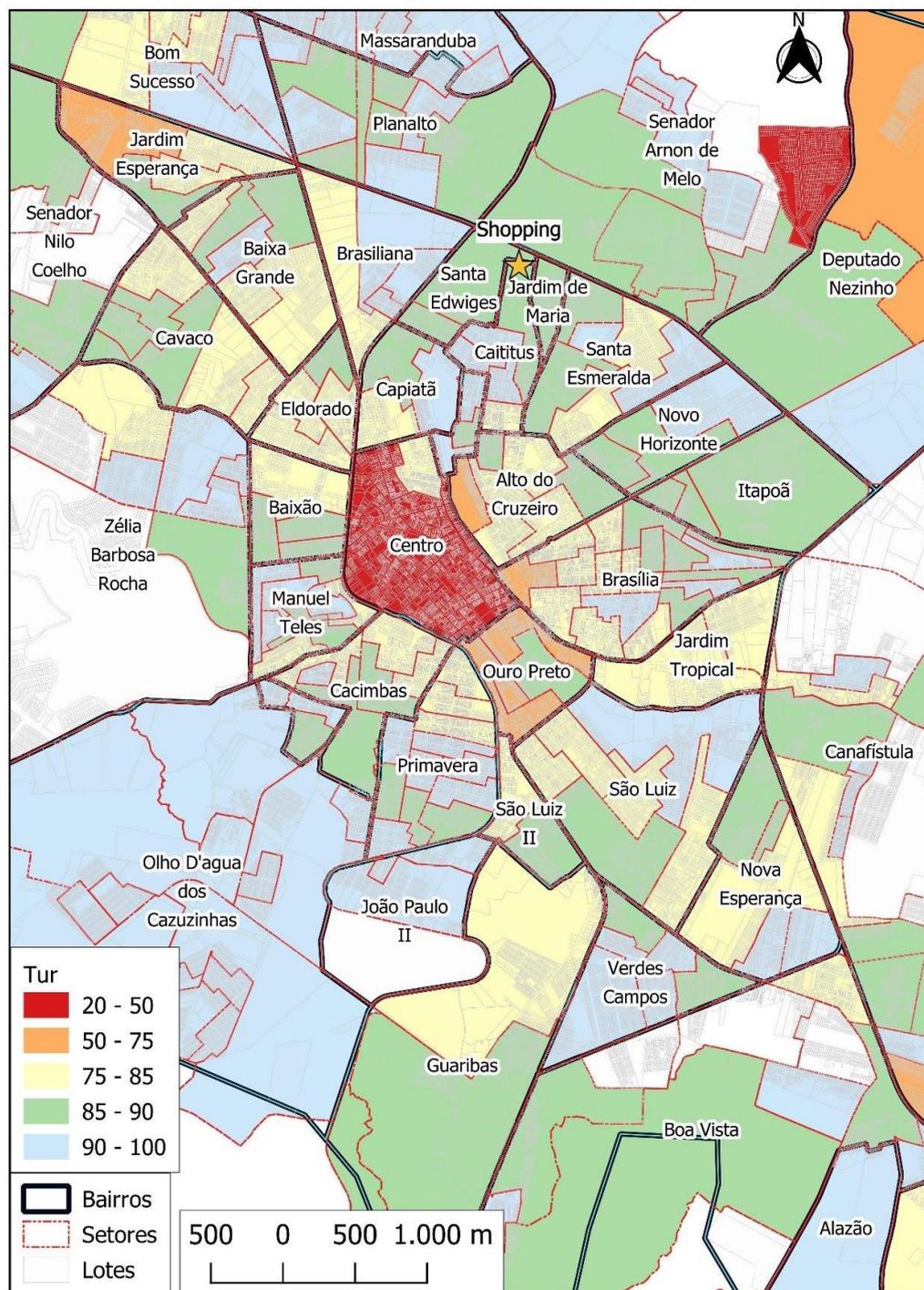
(bairros Manuel Teles, Caititus, e São Luiz), são áreas desvalorizadas, tais como favelas, zonas com pouca infraestrutura, com terrenos acidentados ou próximas a áreas de proteção ambiental, e quando franja urbana (Bairros Olho D'água dos Cazuzinhas e Senador Nilo Coelho) são áreas de novos loteamentos, incluindo loteamentos voltados para habitação de interesse social, que também tem o preço menor por fatores como infraestrutura, mas principalmente pela distância do centro urbano.

As evidências que emergem dos dados do indicador da Taxa de uso residencial são muitas, e ainda podem ser complementadas com outras análises e mapas, mas sobretudo com a visão de outros profissionais ligados a áreas distintas (economistas, sociólogos, geógrafos, etc). Alguns benefícios para o planejamento e governança podem ser apontados aqui como o incentivo à ocupação mista no bairro Centro com o intuito de fortalecer o uso noturno; o direcionamento para ocupação periférica nos setores onde a ocupação residencial é baixa em razão da quantidade de lotes vagos; a consolidação e implantação de infraestrutura em locais onde existe um mix de usos.

Talvez o dado mais relevante a respeito da distribuição da taxa de uso residencial esteja nos setores que correspondem a classe 90-100, visto que podem se desdobrar em uma grande gama de análises. Contudo como este não é o enfoque desta pesquisa, as sugestões de ações pelo poder público nestes locais se baseiam em especulações. Mesmo diante destas considerações, se pode sugerir um plano de mobilidade que facilite o deslocamento e o acesso aos setores periféricos, a implantação de políticas que incentivem o trabalho e a renda nesses locais e, ainda, acompanhamento mais atencioso de políticas públicas nestes locais.

A Taxa de Uso Residencial é talvez o indicador mais versátil dos elaborados nesta dissertação. Se por si só já é um diagnóstico da distribuição da densidade de ocupação residencial no território urbano, por outro lado, pode auxiliar a compor análises em tantas outras esferas da gestão pública (mobilidade, saúde, infraestrutura, lazer, saneamento, etc). Saber onde as pessoas vivem e a relação delas com a cidade é um fator determinante para o planejamento urbano, e mesmo que sozinho este indicador não seja determinante para a confecção de uma política pública, este pode compor uma base numérica que facilite e agilize a tomada de decisão.

Figura 35 - Mapa Taxa de Uso Residencial.



Fonte: O autor (2022).

5.5 Resultados da modelagem e testagem do artefato

Os exemplos apresentados no tópico anterior mostram apenas uma fração das potencialidades do artefato proposto por essa dissertação. Cabe destacar que quanto mais conjuntos de dados forem incorporados no Cidade Sabida maiores e mais ricas podem ser as análises inferidas sobre as camadas de dados. Ao inserir os dados demográficos e

socioeconômicos do recenseamento, por exemplo, estas análises poderiam ser multiplicadas por mil, dando ao planejador urbano uma visão muito mais nítida sobre a cidade em que ele atua.

A modelagem prática do artefato e sua testagem possibilitou a compreensão de que a modelagem de dados urbanos através do conceito de CIM-DL pode ampliar a capacidade de visão dos problemas da cidade, facilitando o acesso a análises e economizando recursos, uma vez que dispensa a necessidade de levantamentos novos, utilizando dados existentes. A sobreposição de camadas de dados administrativos também permite a criação de novos *insights* sobre os problemas urbanos, além de permitir a concepção territorializada através dos mapas georreferenciados.

Através da modelagem do artefato elaborada neste capítulo se pode constatar o achado teórico de que, obedecidos os critérios elencados na modelagem conceitual, é possível criar uma modelagem de informação da cidade baseada no conceito de CIM-DL aplicável a uma cidade de médio porte. Contudo, por esta ser uma pesquisa baseada no design de artefato e utilizar a metodologia DSR, ainda é necessária uma etapa de avaliação, que será melhor discutida no capítulo seguinte.

6 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Esse capítulo corresponde a etapa da metodologia que trata da avaliação do artefato modelado. Para Lacerda *et al.* (2013) é a última etapa da metodologia DSR antes da comunicação (publicação), podendo ser realizada através de aplicações, simulações ou experimentos com uma abordagem qualitativa e/ou quantitativa, e que neste contexto, os estudos de caso podem ser úteis para a compreensão do artefato em funcionamento em um determinado contexto. Ou seja, dos resultados que pode produzir e como pode contribuir no avanço do conhecimento, expondo evidências de que este pode efetivamente ser utilizado para resolver problemas reais.

A aplicação do artefato, por meio de uma avaliação empírica, permite avaliar em que grau o problema foi resolvido, ou seja, é por meio do desenvolvimento do artefato e da investigação sobre seu uso que são produzidos conhecimentos técnicos e científicos. Ainda cabe ressaltar que a avaliação empírica precisa ser projetada em consideração com procedimentos que garantam rigor científico (PIMENTEL; FILIPPO; SANTOS, 2020). Em outras palavras, “a pesquisa sustentada pela *Design Science Research* não pode estar preocupada somente com o desenvolvimento do artefato em si. Devem-se expor evidências de que o artefato, efetivamente, pode ser utilizado para resolver problemas reais” (TREMBLAY; HEVNER; BERNDT, 2010 *apud* LACERDA *et al.*, 2013). O método de avaliação escolhido para o artefato foi o de entrevista semiestruturada com dois grupos focais da Prefeitura de Arapiraca e será melhor discutido no próximo tópico.

6.1 Grupos focais escolhidos

A técnica de avaliação de grupos focais foi escolhida uma vez que garantem uma discussão mais profunda e colaborativa em relação aos artefatos desenvolvidos pela pesquisa. A técnica de grupos focais foi aplicada na construção de *softwares* e avaliação de interfaces de *software*, e pode ser combinada com outras técnicas para suportar as discussões dos grupos interessados e auxiliar no surgimento de novas ideias a respeito de um determinado tema (BRUSEBERG; MCDONAGH-PHILP, 2002 *apud* LACERDA *et al.* 2013).

Os grupos focais confirmatórios elencados nesta pesquisa são compostos por técnicos de dois departamentos da prefeitura de Arapiraca, sendo o primeiro grupo formado por técnicos

do Grupo de Tecnologia da Informação e Comunicação (GTINFO), e o segundo grupo formado por Arquitetos e Urbanistas do Departamento de Controle e Desenvolvimento Urbano (DCDU).

O GTINFO é composto majoritariamente por Técnicos em Informática, Cientistas da Computação e Analistas de Sistemas. O departamento é responsável por gerenciar toda a infraestrutura de tecnologia da informação da prefeitura, incluindo os sistemas em funcionamento nas secretarias e seus respectivos bancos de dados, sendo este departamento o principal responsável pela gestão de dados da prefeitura.

O DCDU é composto exclusivamente por Arquitetos e Urbanistas. O departamento responsável por todo o controle urbano municipal no que se refere a aprovação de projetos (cartas de habite-se, alvarás, loteamentos, etc), elaboração de projetos (praças, postos de saúde, reformas, etc) e também atuam em atividades de planejamento urbano como a elaboração de planos e propostas. Em determinados temas o DCDU atua em um modelo de governança colaborativa em que técnicos de outros departamentos e secretarias são consultados e emitem pareceres deliberativos sobre determinados assuntos.

A estratégia utilizada para a realização das entrevistas iniciou-se com uma reunião prévia com o responsável de cada departamento, esclarecendo quais os objetivos da pesquisa e coletando dados funcionais acerca de sua atuação na prefeitura (Quadro 11). Com o intuito de refinar o entendimento do questionário que seria aplicado aos técnicos, nesta mesma ocasião também foi realizada uma breve apresentação do artefato desenvolvido e exibido o questionário que se pretendia aplicar, verificando se haviam perguntas que poderiam fugir ao entendimento dos entrevistados (Figura 36).

Quadro 11 - Perguntas realizadas ao responsável pelo departamento.

PERGUNTA	RESPOSTA GTINFO	RESPOSTA DCDU
Quantos Técnicos existem no departamento?	13 técnicos, sendo apenas 3 concursados	6 temporários e 7 concursados, sendo 5 atuantes
Qual a sua formação da equipe?	Administrador, analistas de sistemas e analistas de dados	Arquitetos (as)
Quais as principais atividades exercidas?	Inovação tecnológica, suporte técnico (rede, máquinas, infraestrutura) e desenvolvimento de softwares	Licenciamento urbanístico e desenvolvimento de projetos de arquitetura e urbanismo

Você acredita que um instrumento que facilitasse o acesso a dados facilitaria a execução das atividades do departamento?	Certamente, pois conseguiríamos gerar subsídios que favorecessem a tomada de decisão	Com certeza, o acesso a informações facilita a conclusão dos processos e hoje existe essa dificuldade
--	--	---

Fonte: O autor (2022).

Figura 36 - Entrevista prévia realizada para alinhamento da avaliação em 18/11/2021.



Fonte: O autor (2021).

Uma vez alinhadas às diretrizes das entrevistas, foi realizado o agendamento com os técnicos para a avaliação. A estrutura da avaliação, bem como, os critérios elencados para a entrevista são abordados no tópico a seguir.

6.2 Estruturação da avaliação

Seguindo as recomendações encontradas na bibliografia, o roteiro das entrevistas foi previamente definido para ser aplicado aos grupos focais, e estes não foram modificados, com fins a garantir a possibilidade de se fazer um comparativo entre cada grupo focal participante. Antes da aplicação dos questionários com perguntas objetivas, foi realizada uma apresentação sobre o artefato, explicitando em detalhes os mecanismos de funcionamento, a origem dos dados utilizados na prova de conceito e exibindo os mapas, indicadores e análises realizadas a partir do cruzamento de dados e, por fim, o artefato foi exibido para manipulação.

Os questionamentos realizados foram elaborados com fins a avaliar as métricas inicialmente projetadas para o artefato, evidenciando seus resultados frente a uma aplicação real, buscando identificar o que funcionou como previsto e os ajustes necessários no artefato. Todas as perguntas foram sistematizadas utilizando a plataforma *Google Forms* e enviadas aos participantes após a apresentação do artefato. As perguntas realizadas no questionário estão sistematizadas no

Quadro 12.

Quadro 12 - Perguntas aplicadas aos grupos focais.

PERGUNTA	TIPO	OPÇÕES
De qual departamento você faz parte?	Múltipla Escolha	<ul style="list-style-type: none"> ● GTINFO ● DCDU
O artefato possibilita produzir a integração de dados relativo as suas atividades?	Múltipla Escolha	<ul style="list-style-type: none"> ● SIM ● NÃO
O artefato se adequa à estrutura de dados municipais?	Múltipla Escolha	<ul style="list-style-type: none"> ● SIM ● NÃO
Você acredita que o artefato permite melhores tomadas de decisão para o Planejamento?	Múltipla Escolha	<ul style="list-style-type: none"> ● SIM ● NÃO
Quais resultados você acredita que podem ser extraídos dessa ferramenta?	Resposta Curta	Questão aberta
Qual a aplicabilidade que você visualiza na ferramenta?	Resposta Curta	Questão aberta
Quais as possibilidades de usos futuros?	Resposta Curta	Questão aberta
Quais limitações você enxerga no artefato?	Resposta Curta	Questão aberta
Quais aspectos você melhoraria no artefato?	Resposta Curta	Questão aberta
Você consegue identificar pontos fortes e fracos no artefato?	Resposta Curta	Questão aberta

Em uma escala onde 5 representa completamente satisfeito (a) e 1 completamente insatisfeito (a), selecione a pontuação para os seguintes aspectos	Grade de Múltipla Escolha	<ul style="list-style-type: none"> ● Usabilidade ● Aplicabilidade ● Facilidade na manipulação
Você utilizaria o artefato nas atividades de planejamento da sua atividade?	Múltipla Escolha	<ul style="list-style-type: none"> ● SIM ● NÃO
Quais os impactos que o artefato pode causar no pensamento e solução de projetos?	Resposta Curta	Questão aberta

Fonte: O autor (2022).

Uma vez que foi escolhida a aplicação de entrevista semiestruturada, durante a apresentação e aplicação do questionário, era aberto aos participantes realizarem indagações e apontamentos que não estavam indicados no questionário. Os resultados da avaliação pelos grupos focais são abordados no tópico seguinte.

6.3 Resultados da avaliação

Inicialmente o protocolo para a avaliação foi o mesmo para ambos os grupos focais, ou seja: 1) Realizar um agendamento de reunião; 2) Apresentar de maneira expositiva o artefato; 3) abrir diálogo para perguntas e indagações; e, 4) aplicar o questionário. Cabe ressaltar que houve problemas com agendamento das reuniões, uma vez que as entrevistas ocorriam no horário de expediente, A entrevista com o GTINFO foi remarcada 3 vezes, contando na última com apenas 5 dos 13 técnicos que compõem o departamento.

O DCDU, após 5 reagendamentos demonstrava cada vez menos interesse por parte dos técnicos em participar das entrevistas, então como última tentativa, visando flexibilizar os horários, adotou-se a estratégia de gravar a apresentação e enviar o link para os funcionários do departamento, sendo encaminhado também para a Secretária do Órgão, solicitando que assistissem à apresentação em um horário vago e respondessem o questionário, deixando aberto a possibilidade para contato em caso de dúvidas. Contudo, ainda assim, houve pouco engajamento do departamento, com apenas uma resposta entre os 13 integrantes do departamento.

Evidentemente, o GTINFO apresenta uma amostra mais significativa, pois representa 38% do corpo técnico e contou com a presença de funcionários de diversos níveis (coordenador, assessor e técnicos), enquanto o engajamento do DCDU não possibilita nenhum resultado conclusivo que não seja a falta de interesse no uso da Tecnologia da Informação e Comunicação como instrumento de auxílio ao planejamento urbano, e portanto, diante da impossibilidade de análises conclusivas sobre a visão dos Grupo Focal do DCDU, neste trabalho apenas foi realizada a avaliação do grupo focal GTINFO.

6.3.1 Avaliação grupo focal GTINFO

A entrevista realizou-se no dia 24/11/2021 na sede da Prefeitura Municipal de Arapiraca, Centro Administrativo Antônio Rocha e contou com a presença de 05 participantes (Figura 37), sendo eles o Coordenador Geral, o Assessor Técnico, o Coordenador de TI da Secretaria de Saúde, e mais 2 Técnicos em Informática.

Figura 37 Participantes entrevista GTINFO



Fonte: O autor (2021).

Após a etapa de apresentação do artefato, houve um momento de discussão com os técnicos com a finalidade de coletar as impressões que não poderiam ser absorvidas pelo

questionário online. Durante este diálogo os técnicos realizaram diversas indagações quanto à produção, estrutura e funcionamento do artefato, além de solicitarem maiores detalhes a respeito dos indicadores construídos. Esse momento de debate com os técnicos do GTINFO possibilitou tanto a identificação de aspectos que podem ser melhor implementados quanto características que necessitarão ser levadas em consideração em um caso de aplicação real no serviço público. A síntese da discussão com técnicos pode ser visualizada no Quadro 13.

Quadro 13 - Resultado da discussão com Grupo Focal 1.

Temática	Consideração dos técnicos	Conclusões
Usabilidade da plataforma	É necessário realizar a testagem de desempenho. Um banco de dados do tamanho e complexidade proposto, com acesso a múltiplos usuários pode não funcionar adequadamente	uma vez que se trata de um banco de dados de grande porte, com múltiplas formas de acesso e abastecimento, notou-se a necessidade de um aprimoramento enquanto a performance e desempenho;
Segurança dos dados	A abertura dos dados administrativos para outras instituições e demais órgãos gera preocupações, principalmente com atenção específica à LGPD.	Foi esclarecido que a proposta inicial era de que os dados abertos seriam apenas os não sigilosos ou sensíveis, devidamente anonimizados e, portanto, impossibilitando a identificação do indivíduo;
Origem dos dados	Os técnicos indagaram se os indicadores produzidos pelo artefato eram de fato, oriundos de dados da prefeitura	O desconhecimento por parte dos técnicos revela que mesmo profissionais que trabalham diretamente com Tecnologia da Informação podem não vislumbrar onde estão as bases de dados relevantes
Vantagem em relação aos métodos convencionais	Qual a vantagem de usar a estrutura do cidade SABIDA ao invés de utilizar um repositório comum do tipo <i>Data Lake</i> (DL) ⁵⁶	Para este quesito foi esclarecido que a vantagem está justamente em permitir o vínculo automático entre dados diversos após a harmonização

⁵⁶ Um *data lake* é um repositório centralizado que permite armazenar dados estruturados e não estruturados em qualquer escala. Armazenando dados como estão, sem ter que primeiro estruturá-los e executar diferentes tipos de análises - de painéis e visualizações a processamento de *big data*, análises em tempo real e aprendizado de máquina para orientar melhores decisões. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/big-data/datalakes-and-analytics/what-is-a-data-lake/>>. Acesso em: 23 de dezembro de 2021.

	?	e sua integração automática com alguma componente espacial, que o foco é criar a interoperabilidade, ou seja, criar um vínculo sem criar dependência, definindo os caminhos entre bases de dados diversas
Qualidade do montante de dados	Existe uma redução dos dados em relação a um repositório DL, uma vez que o cidade SABIDA realiza uma seleção prévia dos dados na harmonização ao invés de armazenar todos os dados brutos?	foi esclarecido que o objetivo é diferente, que enquanto um DL é aberto para o armazenamento de qualquer tipo de dado (relevante ou não) o artefato desenvolvido é focado em nos dados relevantes ao planejamento e governança, ou seja, os dados brutos continuam armazenados nas bases originais, e apenas os dados harmonizados fazem parte da estrutura do cidade SABIDA
Motivação do recorte de análises	Qual o motivo de terem sido realizadas apenas análises urbanas, e nenhuma análise da zona rural?	Foi esclarecido que as bases de dados constantes na prefeitura são prioritariamente urbanas, e, portanto, os conjuntos de dados que foram utilizados são conseguiram representar estes limites, contudo, nada impediria de realizar esse mesmo processo em outras bases

Fonte: O autor (2022).

Ao final da discussão, o endereço online do questionário foi encaminhado para os técnicos. Nesse momento foi realizada a leitura das questões e foi solicitado que os técnicos respondessem antes do encerramento da reunião. A síntese das respostas obtidas pelo questionário online é descrita abaixo:

1. O artefato possibilita produzir a integração de dados relativo as suas atividades?
 - a. Todos os participantes concordaram que o artefato possibilita a integração de dados relativos às suas atividades.
2. O artefato se adequa à estrutura de dados municipais?
 - a. Todos os participantes concordaram que o artefato se adequa à estrutura de dados municipais.

3. Você acredita que o artefato permite melhores tomadas de decisão para o Planejamento?
 - a. Todos os participantes concordaram que o artefato permite melhores tomadas de decisão para o planejamento.
4. Quais resultados você acredita que podem ser extraídos dessa ferramenta?
 - a. Os participantes indicaram resultados a respeito da localização de moradores, pacientes, urbanização controlada, incentivo ao comércio, mitigação de irregularidades fiscais e tomadas de decisões que antecipem soluções de problemas por meio de dados estatísticos.
5. Qual a aplicabilidade que você visualiza na ferramenta?
 - a. Os entrevistados responderam que é possível conhecer melhor os municípios da saúde, além de somar informações de várias secretarias em um objeto de apoio a decisão, ampliando atividades urbanas e a interoperabilidade de áreas.
6. Quais as possibilidades de usos futuros?
 - a. As respostas do questionaram seguiram o mesmo raciocínio das anteriores, com respostas como interação com os sistemas da saúde, extrair informações capazes de antecipar o desenvolvimento da cidade, e melhor a agilidade na utilização de informação para identificar novos problemas.
7. Quais limitações você enxerga no artefato?
 - a. Os participantes relataram limitações em relação ao processamento do banco de dados a medida que seu conteúdo aumentasse, além da dificuldade na modelagem dos dados, regulamentação e atualização de informação em tempo real.
8. Quais aspectos você melhoraria no artefato?
 - a. Os entrevistados citaram como melhoria o desenvolvimento de uma plataforma web que facilitasse o acesso quanto a manipulação dos dados (para entrada e saída), incentivando a implementação de informações através de outros departamentos, como a fiscalização urbana.

9. Você consegue identificar pontos fortes e fracos no artefato?

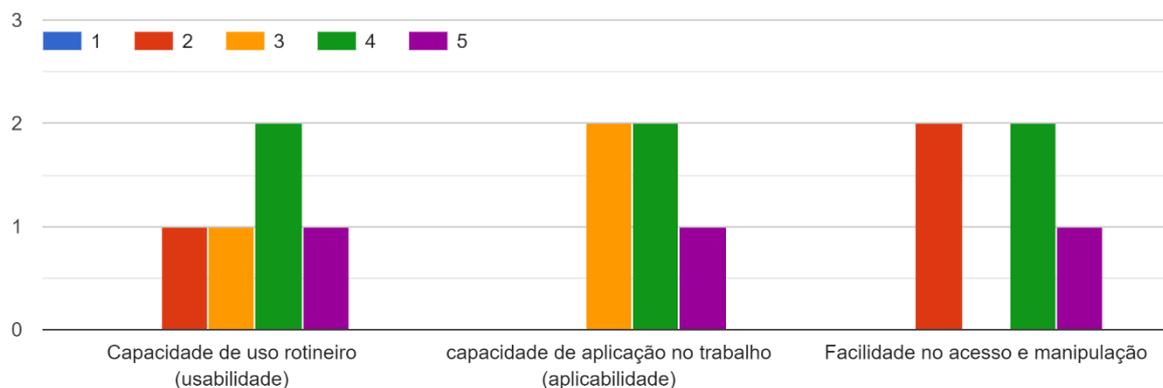
- a. Ao responder essa pergunta, os entrevistados relataram como ponto forte o aspecto positivo de permitir uma melhor compreensão do comportamento da cidade, seu crescimento e identificação de territórios carentes. Como ponto fraco, os entrevistados relataram o enfoque do sistema no Cadastro Multifinalitário, que em sua visão, dificultaria a integração organizacional com outros departamentos da prefeitura.

10. Em uma escala onde 5 representa completamente satisfeito (a) e 1 completamente insatisfeito (a), selecione a pontuação para os seguintes aspectos

- a. Na escala de satisfação ou insatisfação com o artefato (Figura 38), os resultados apontaram que, em geral, nos quesitos de capacidade de uso rotineiro (usabilidade), aplicação no trabalho (aplicabilidade) e facilidade no acesso e manipulação, a média está entre 3 e 4 pontos. As conclusões retiradas destas respostas é de que, enquanto prova de conceito, o artefato demonstra potencialidades, contudo, ainda necessita de aprimoramentos, ou seja, o desenvolvimento de outras funções e agregação de outras bases de dados e aprimoramentos no sentido de entrada e saída de dados, possibilitaria um maior alcance da ferramenta.

Figura 38 - Satisfação com o artefato

Em uma escala onde 5 representa completamente satisfeito (a) e 1 completamente insatisfeito (a), selecione a pontuação para os seguintes aspectos



Fonte: O autor (2022).

Por fim, quando questionados sobre os impactos que o artefato pode causar no pensamento e solução de projetos, as respostas trataram de temas como informações mais ricas em dados que possibilitassem uma maior assertividade, e ainda que, o artefato poderia ser utilizado para realizar o planejamento em áreas com problemas sociais e administrativos, possuindo fortes impactos em relação a compreensão do estado atual da cidade e o planejamento para alcançar o estado desejado.

Ao realizar uma interpretação mais aprofundada das respostas do questionário e da discussão com o grupo focal durante a apresentação, foi possível enriquecer a visão sobre o artefato. Ao identificar possíveis problemas, os técnicos acabam contribuindo para futuros ajustes que resolveriam ou minimizariam estes problemas, antecipando possíveis embaraços na implantação e disseminação do Cidade Sabida. Os principais problemas levantados e os aprimoramentos recomendados podem ser observados no Quadro 14.

Quadro 14 - Aprimoramentos recomendados para o artefato.

Problema Levantado	Aprimoramento Recomendado
Avaliação de desempenho	Avaliações de desempenho do banco de dados à medida em que este for expandido. Com o aumento da massa de dados, usuários e complexidade do banco de dados, este pode apresentar lentidão e não suprir a demanda. Recomenda-se a avaliação para ajustes e aprimoramento
Sigilo das informações compartilhadas	Desenvolver legislação municipal que sirva como marco regulatório e que se adeque a LGPD
Capacidade técnica em análises de dados	Uma vez que se notou que os técnicos do grupo focal 1 não possuem o conhecimento de quais bancos de dados existem no município, realizar um mapeamento e capacitação para o reconhecimento de possíveis fontes de dados que sirvam para o planejamento e gestão
Limitação das análises ao perímetro urbano	Ampliar os conjuntos de dados para englobarem a zona rural. Fontes de dados podem estar presentes na secretaria de agricultura, Instituto de Terras, Incra, dentre outros.
Complexidade da modelagem de dados	Uma vez que construir a interoperabilidade de dados de forma manual é uma atividade complexa, ao se considerar um aumento das fontes de dados, realizar essa tarefa seria inviável.

	Um aprimoramento passaria pela automação do processo de inclusão, harmonização e disponibilização de dados.
Enfoque no Cadastro multifinalitário	<p>Ao se pensar em um sistema que abarcasse todos os dados da prefeitura, o enfoque dado nesta pesquisa ao Departamento de Cadastro Multifinalitário apareceu como um problema organizacional do ponto de vista de integração institucional com outros departamentos.</p> <p>Uma solução para este impasse seria a criação de uma autarquia municipal de dados, responsável por integrar e disponibilizar os dados entre os atores e interessados.</p>

Fonte: O autor (2021).

6.4 Conclusões da Avaliação

A avaliação do artefato por técnicos da prefeitura, mesmo que fragilizada pela ausência de respostas de parte do corpo técnico, possibilitou concluir a última etapa da DSR, consolidando os conhecimentos adquiridos durante o processo e definindo, por fim, os achados técnicos. Tornou-se evidente que a possibilidade de integração rápida entre bases de dados públicas, incluindo os registros administrativos não é apenas um interesse acadêmico e de pesquisadores, mas também, um interesse dos técnicos municipais, que mesmo quando não trabalham diretamente com questões do desenvolvimento urbano e governança, conseguem visualizar vantagens na utilização do artefato.

Outro achado técnico relevante está na rápida compreensão espacial dos problemas. Notou-se que, muito mais do que um gráfico ou uma tabela, a exibição da informação espacializada no formato de mapas cria um apelo entre os técnicos. De certa forma, percebeu-se que (talvez por trabalharem na prefeitura e residirem na cidade) quando se espacializam os problemas nos mapas, os técnicos se identificam com os problemas da cidade. Os problemas urbanos se tornam problemas pessoais.

O diálogo com os técnicos também serviu para identificar fragilidades no artefato desenvolvido. Os técnicos demonstraram preocupações recorrentes sobre as vantagens de utilizar uma nova metodologia de organização dos dados ao invés de uma já consolidada como *data lake*, ao tempo que também realçaram a problematização com a infraestrutura necessária à execução prática do Cidade SABIDA (Entre as perguntas feitas por eles estão: em qual servidor o serviço será hospedado? Quem vai pagar por isso?), além de outros aprimoramentos

que seriam necessários a uma cobertura mais completa, tais como, uma plataforma *web*, manuais, disseminação nos departamentos, etc.

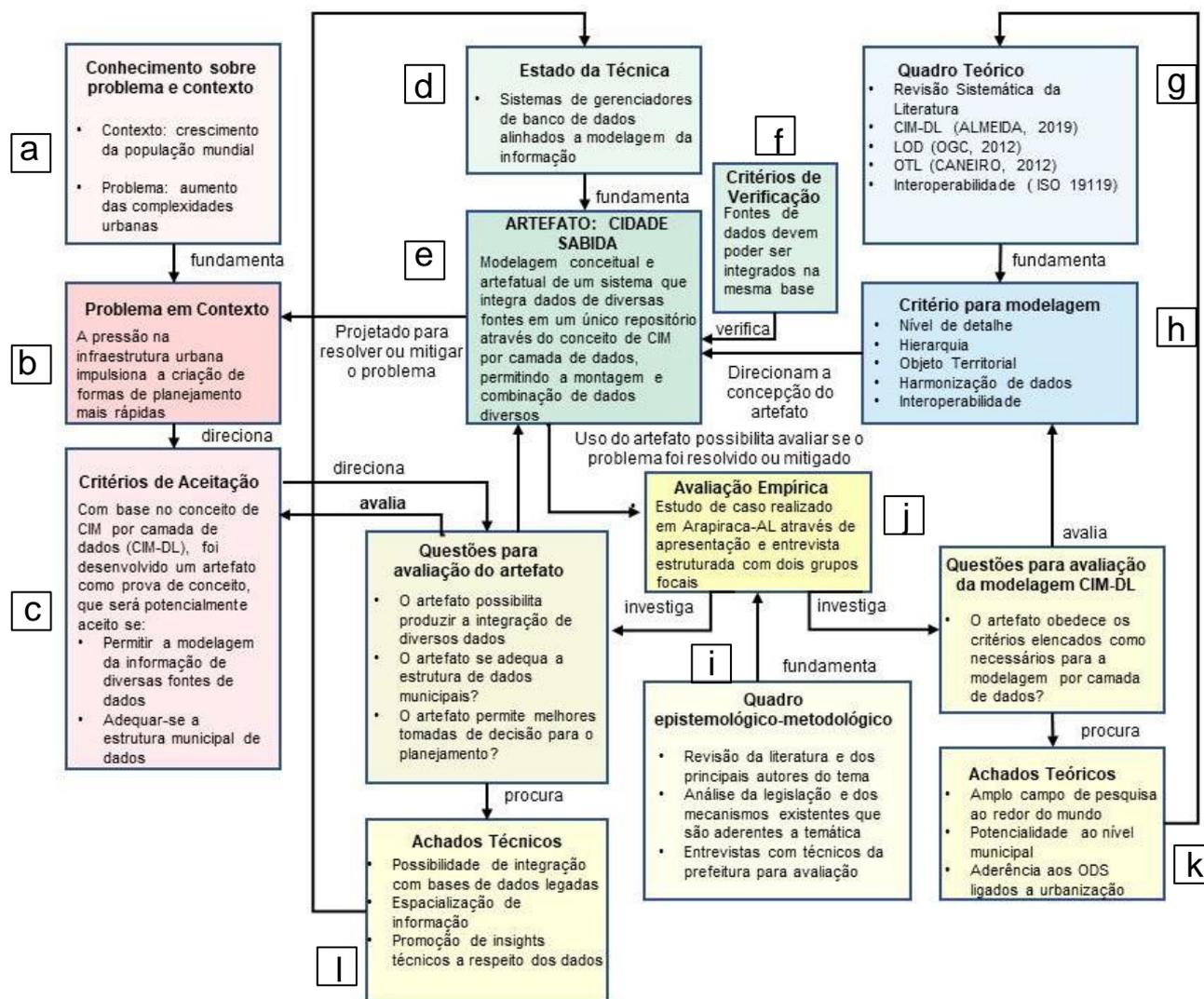
Por fim, a avaliação e comentários dos entrevistados permitiu um novo olhar sobre o resultado da pesquisa, a aproximação teórico/prática executada permitiu *insights* sobre alterações que seriam necessárias para que o cidade SABIDA de fato se tornasse um sistema que poderia funcionar dentro da prefeitura de Arapiraca. Por hora conclui-se que, embora este tenha conseguido integrar os dados e gerar informações para o planejamento, no cotidiano, dentro da rotina da gestão pública, seria necessário uma série de aprimoramentos que permitissem a escalabilidade, a capacitação e correta interpretação dos dados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo encerra o trabalho e é dedicado a indicar os resultados alcançados pela pesquisa, seus impactos e contribuições para a área de planejamento urbano. Neste capítulo também é apresentada a compilação dos aprendizados obtidos durante o percurso de pesquisa. Esta dissertação utilizou o *Design Science Research* como método para propor e testar um modelo de integração de dados intersecretarias, baseando-se no conceito de CIM-DL e utilizando geoprocessamento para criar um arranjo de dados que permitisse uma maior assertividade e celeridade no processo decisório nos âmbitos de planejamento, gestão e governança das cidades.

Visando esclarecer o percurso metodológico baseado na DSR a Figura 39 realiza uma adaptação da instanciação proposta por Pimentel Filippo e Santos (2020), em que a pesquisa é iniciada com o conhecimento sobre o problema e contexto (crescimento demográfico, aumento da complexidade urbana etc. - 39a), fundamentando o problema em contexto (necessidade de novas formas de planejamento - 39b) e direcionando os critérios de aceitação para uma possível solução (39c). Do mesmo modo, a revisão do estado da técnica (39d) fundamenta a elaboração de um artefato (39e), que também precisa incorporar critérios de verificação, e este é projetado para resolver ou mitigar o problema (39f). Da perspectiva teórica (39g), a revisão da literatura possibilitou a construção de critérios para a modelagem do artefato (39h). E, por fim, a construção destas referências em um quadro epistemológico-metodológico (39i) fundamentou a avaliação empírica (39j), que, por sua vez, resultou em achados técnicos (possibilidade de integração, espacialização da informação, indicadores, etc. - 39k) e achados teóricos (amplo campo de pesquisa ao redor do mundo, potencialidades no nível municipal, aderência aos ODS, etc. - 39l).

Figura 39 - Instanciação da pesquisa de acordo com modelo DSR.



Fonte: O autor (2022), adaptado de Pimentel, Filippo e Santos (2020).

Atendendo ao objetivo específico 1, que trata da compreensão do estado da arte acerca dos sistemas de informação da cidade, a revisão sistemática da literatura permitiu um aprofundamento sobre o que vem sendo publicado em nível global sobre as temáticas aderentes ao CIM-DL e sobre sistemas de gerenciamento e coleta de dados urbanos. Neste aspecto conclui-se que se trata de uma área emergente e com grande potencial de pesquisa. Contudo, a partir de uma análise crítica sobre os indexadores utilizados (Scopus, Science Direct, Capes, CumInCAD etc.) é possível observar que embora os resultados obtidos apresentem um panorama significativo, todo recorte de pesquisa acaba deixando publicações relevantes fora da matriz bibliográfica, por exemplo alguns casos de cidades e países que são referências em

tecnologias para soluções urbanas (Holanda, Cingapura entre outros) não apareceram nos indexadores, e esta é uma das fragilidades do protocolo adotado nesta pesquisa.

O objetivo específico 2, que trata da identificação de técnicas, métodos e conceitos para a proposição de um modelo de CIM-DL, é alcançado através dos critérios para modelagem que emergiram da RSL, uma vez que quando incorporados a modelagem conceitual e prática do artefato, estes desempenharam um papel crucial, tanto como fundamentação teórica quanto fundamentação técnica. Utilizar as aprendizagens multidisciplinares (CTM, TIC, CIM etc.) agregadas ao arcabouço jurídico das cidades em um arranjo de dados que buscasse unir estas áreas do conhecimento em um único modelo funcional só foi possível graças às definições encontradas na RSL. Este exercício de aproximação contínua entre as diversas áreas que compõem a complexidade urbana é, sem dúvida, uma das principais contribuições deste trabalho.

O objetivo específico 3, que é focado na construção de um artefato aplicável aos municípios brasileiros de médio porte como prova de conceito, foi contemplado na confecção do artefato, contudo, chegou a uma conclusão ambígua. Se por um lado este atende aos critérios elencados e demonstra que é possível modelar os dados em um CIM-DL cruzando dados de diversas fontes, e que, de fato, esta é uma atividade benéfica para o Planejamento Urbano, por outro lado não atendeu completamente às necessidades práticas apontadas pelos técnicos da prefeitura. Deste modo, se conclui que o artefato criado não é a solução ótima para o problema, mas uma satisfatória para os fins aqui propostos.

A reflexão sobre os resultados obtidos aponta que a prova de conceito elaborada neste trabalho se trata, na verdade, da primeira parte, ou na verdade, do núcleo objetivo do Cidade SABIDA. Por se tratar de apenas de um constructo de avaliação, sua funcionalidade foi equivalente a apenas uma parte do Cidade SABIDA, correspondente a estruturação dos dados. A visão global do artefato busca uma união facilitada para entrada e saída de dados vinculados a diversos fins, que vão desde o monitoramento da cidade até o incentivo criativo para a composição de serviços diversos, seria o “ideal”, e este pode ser um ambiente para pesquisas futuras.

Esta primeira etapa foi elaborada com a ideia central de criar um ponto nodal em que os dados possam ser cruzados e analisados de maneira lateral, ou seja, cruzando variáveis de aspectos distintos para permitir a criação de conhecimento, a informação contextualizada. Para

isso, optou-se pela modelagem em uma arquitetura aberta e atualizável, permitindo a entrada de dados de fontes variadas e diversas ao longo do tempo.

A avaliação do artefato pelos técnicos municipais foi a atividade que mais decorreu de imprevistos. O agendamento de diversas reuniões e o cancelamento repentino dificultou a continuidade do procedimento, ao ponto que, em vias do esgotamento do prazo da pesquisa, necessitou-se desconsiderar o segundo grupo focal. Contudo a perspectiva técnica avaliada pelo grupo focal 1 (GTINFO) possibilitou resultados significantes. É necessário repensar a estrutura do artefato para uma perspectiva escalável, realizar testes de desempenho, elaborar fluxos de integração, além de desenvolver plataformas *web*. Este ponto ressalta a interdisciplinaridade da pesquisa, pois para realizar estas atividades seria necessária a parceria com algum profissional de tecnologia.

Ainda é necessário ressaltar a importância dos *softwares* utilizados, uma vez que todas as plataformas para o desenvolvimento do artefato foram livres, este é um fato positivo no que se refere a reprodutibilidade do artefato, uma vez que diminui os custos de sua reprodução.

Considera-se, portanto, que o objetivo geral de desenvolver um modelo de integração de dados intersecretarias adequado ao conceito de CIM-DL em um arranjo de dados qualitativos foi alcançado. Ao seguir as etapas do DSR e cumprindo com cada objetivo específico foi possível alcançar, por meio do desenvolvimento de métodos, técnicas e procedimentos, uma solução viável para a construção de um CIM-DL, abrindo um caminho para uma maior assertividade e celeridade no processo decisório.

7.1 Conclusões

É evidente que para formular um bom planejamento urbano e elaborar políticas públicas são necessárias evidências claras e informações úteis. No contexto das cidades brasileiras, por existir um complexo e extenso acervo de dados não conectados (presentes em ilhas administrativas), as autoridades locais, em geral, têm grandes dificuldades em saber como e porque os problemas da cidade acontecem da forma como acontecem. São como barcos navegando à deriva em um mar aberto sem os instrumentos necessários para encontrar seu rumo. O Cidade SABIDA, por meio da modelagem de dados através de um CIM-DL, emerge neste contexto como um instrumento metodológico que pode auxiliar nesta navegação, no

direcionamento da gestão pública, uma vez que ao facilitar a integração e o acesso a dados de diversas fontes torna possível a compreensão de esferas do fenômeno urbano.

Ao tratar de um ambiente altamente digital, utilizando o que há de mais moderno nas tecnologias de comunicação é necessário ter em vista que esta não é a realidade da maioria das cidades brasileiras, parecendo como um futuro muito distante. Contudo uma das tarefas e motivações essenciais da ciência é justamente a de abrir caminhos por onde esse futuro possa acontecer. De fato, a cidade utilizada como referência para este trabalho tem um ponto de partida que não é igual ao resto do país. O Perfil dos municípios brasileiros em 2019 (IBGE, 2020) aponta que dos 5.570 municípios brasileiros, apenas 1.161 (20,84%) possuem um cadastro imobiliário informatizado e georreferenciado. Em Alagoas, dos 102 municípios, são apenas 16 (15,68%)⁵⁷ aqueles que possuem um cadastro informatizado e georreferenciado. Ressalta-se ainda que esta pesquisa não levantou quais municípios possuem algum núcleo de geoprocessamento ou mesmo um cadastro multifinalitário.

A partir desta perspectiva, Arapiraca ainda é uma exceção na realidade brasileira, tanto por possuir um cadastro multifinalitário mantido por técnicos municipais e base cartográfica geoprocessada, quanto por possuir uma “cultura geo” disseminada durante anos. Na grande maioria dos municípios brasileiros, o CTM é muito mais uma intenção do que uma realidade. Mesmo que o foco deste trabalho tenha sido o de criar um instrumento para democratizar a informação, o contato com a realidade das prefeituras e do atual Estado brasileiro é muito diferente. Essa situação se evidencia também na descontinuidade das iniciativas de sistematização dos dados, em Arapiraca. Por exemplo, o núcleo de geoprocessamento é iniciado junto ao Cadastro Imobiliário na Secretaria da Fazenda e, conforme haviam mudanças de gestão, passou para as secretarias de Planejamento, Desenvolvimento Urbano, Meio Ambiente e, atualmente, retornou para Desenvolvimento Urbano. Essas alterações no organograma não são meras questões de nomenclatura, pois ao se mudarem os gestores, também se alteram as atribuições e o escopo das bases de dados. Em Arapiraca, além da exceção do cadastro multifinalitário, também houve o acaso (ou ventura) dos técnicos responsáveis permanecerem guardando estas informações ao longo das mudanças, evitando sua descontinuação, independente das alterações organizacionais.

⁵⁷ Dados da Tabela 6 - Municípios, total e com cadastro imobiliário, com cobrança de IPTU, Planta Genérica de Valores e cadastro de ISSQN, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação – 2019. Disponível em: <https://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2019/Tabelas_de_Resultados/xls/02_Recursos_para_a_gestao_20210817.zip>.

Também é necessário ter em mente que, sob nenhuma hipótese, a construção de instrumentos de gestão de dados mais eficientes trará um melhor planejamento urbano (carros mais rápidos não fazem pessoas mais velozes), mas a ausência de instrumentos com certeza torna esta tarefa mais difícil. A integração de dados facilitada pode trazer o benefício de liberar tempo para o planejador, fazendo com que este se dedique mais ao processo criativo do que ao processo laboral. A modelagem de dados pode também, do ponto de vista econômico, oferecer uma base numérica mais consistente, ou seja, permitindo argumentos de convencimento mais fortes. Em tese, uma decisão técnica baseada em dados tem muito mais chance de ser implementada do que uma decisão baseada apenas em uma visão “empírica” da realidade. Outro aspecto relevante está no poder gerado pela informação nos tempos atuais, pois como já aponta Dowbor (2020):

Novo não significa necessariamente melhor: os dramas ambientais, sociais e econômicos no planeta estão se agravando de maneira desgovernada, e o controle individualizado sobre as populações, por meio de algoritmos e de inteligência artificial, já é muito presente. Abrem-se simultaneamente imensas perspectivas de uma sociedade mais informada, conectada e colaborativa. Mas o essencial é que, para o bem ou para o mal, o mundo está passando a funcionar de modo diferente. É uma mudança sistêmica (DOWBOR, 2020, p. 27).

Na ausência de uma legislação federal, ou mesmo de uma regulamentação sólida, é necessário um marco legal municipal para a aplicação de um sistema como o Cidade SABIDA, pois em larga escala, esta massa de informações pode tanto ser utilizada para o “bom planejamento” quanto para o “mal planejamento”. As recentes investidas do mercado na desconstrução do Estado brasileiro⁵⁸ só corroboram que é ingenuidade confiar na boa índole de empresários, e, portanto, ao compartilhar estas informações com fornecedores e utilizadores de dados, é necessária uma regulamentação muito clara, manifestada ao menos em uma espécie de termos de uso.

Contudo, ao tentar encerrar esta pesquisa com uma perspectiva mais positiva, é possível observar que diversos programas municipais podem surgir através do cruzamento de dados e da participação popular (por exemplo: faltas escolares por nível de renda, casos de endemias por local de trabalho, contaminação de covid por pontos de aglomeração, bacia de emprego por especulação imobiliária, etc). Talvez um modelo de cidade compartilhada seja a verdadeira cidade SABIDA, uma plataforma em que as pessoas compartilhem seus dados e levantem

⁵⁸ Exemplos bem conhecidos que vão desde casos como a utilização do Facebook e WhatsApp para alterar o resultado das eleições até o financiamento de políticos que apenas defendem a ultraliberalização do mercado.

informações para um fim público ao invés de cedê-los gratuitamente. Ou mesmo, um plano utópico em que surja uma democracia participativa ao invés de democracia representativa. A participação e o engajamento populacional pode permitir, por exemplo, um mapeamento mais profundo das áreas de ocupação irregular, visto que na cidade informal é necessário que os limites da modelagem de dados como apresentados nesse trabalho sejam esticados, os modos de ocupação e as dinâmicas sociais nesses ambientes obedecem a uma outra lógica diferente, e portanto, é necessário que trabalhos futuros incluam esta perspectiva, sob o risco de adicionar outra camada de invisibilidade e exclusão para esse estrato social.

Ao fim deste processo, se percebe que a política é um fator essencial no entorno da gestão destes dados. Todos poderiam se beneficiar com serviços urbanos de qualidade, seguros e baratos, independentemente de serem oferecidos pelo setor público ou privado, mas esta não é a realidade que vem se apresentando nas cidades. De toda forma, um ecossistema de dados, que atue como um “caminho do meio” dessa cooperação entre estado e mercado, entre empresas e consumidores, entre aplicativos e usuários pode ser um caminho mais virtuoso do que o que vem se apresentando.

REFERÊNCIAS

- ABRAMO, P. A Regulação Urbana e o Regime Urbano: a Estrutura Urbana, sua Reprodutibilidade e o Capital. **Ensaio FEE**, v. 16, n. 2, p. 510-555, 1995.
- ABRUCIO, F. L. Trajetória recente da gestão pública brasileira: um balanço crítico e a renovação da agenda de reformas. **Revista de Administração Pública**, v. 41, p. 67-86, 2007.
- ABRUCIO, F. L.; FRENZENSE, C. Federalismo e Políticas Públicas: o Impacto das Relações Intergovernamentais no Brasil. *In*: BEIRA, M. F. I. A. L. (Org.). **Burocracia e política no Brasil**. [S.l.]: [s.n.], 2007, p. 27–71.
- ACUTO, M. *et al.* Informing urban governance? Boundary-spanning organisations and the ecosystem of urban data. **Area**, v. 51, n.1, p. 94-103,
- ALMEIDA, A. C. L. Multi actor multi criteria analysis (MAMCA) as a tool to build indicators and localize sustainable development goal 11 in Brazilian municipalities. **Heliyon**, v. 5, n. 8, p. e02128, 2019.
- ALMEIDA, F. A. D. S. **Modelando a informação da cidade: do estado da arte à construção de um conceito de City Information Modeling (CIM)**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2018.
- AMORIM, A. L. **Cidades Inteligentes e City Information Modeling**. Buenos Aires: XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, 2016.
- ANTONIALLI, D.; KIRA, B. Planejamento urbano do futuro, dados do presente: a proteção da privacidade no contexto das cidades inteligentes. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 22, p. e202003, 2020.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE ARAPIRACA. **Plano Decenal de Arapiraca**. Arapiraca: [s.n.], 2012.
- ARRIAGADA, A. S. Estrategia Experimental para la Visualización de Datos Urbanos : visualización , análisis y evaluación de flujos vehiculares & transporte público. **Blucher Design Proceedings**, v. 1, n. 7, p. 116-119, 2004.

ASCHER, F. **Novos Princípios do Urbanismo**. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2010.

ASSEN, T. Cidades inteligentes: novos agentes de mudança? *In*: LUCIANO, B. (Org.). **União Europeia, Brasil e os desafios da agenda do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Konrad Adenauer Stiftung, 2016, p. 133–146.

AUTILI, M. *et al.* A choreography-based and collaborative road mobility system for L'Aquila city. **Future Internet**, v. 11, n. 6, p. 132-152, 2019.

BATTY, M. Big data, smart cities and city planning. **Dialogues in Human Geography**, v. 3, n. 3, p. 274–279, 2013.

BAUMAN, Z. **Confiança e medo na cidade**. Rio de Janeiro: Zahar, 2005.

BRASIL. Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 28 de novembro de 2008.

BRASIL. Portaria nº 511, de 7 de dezembro de 2009. Diretrizes para a criação, instituição e atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros. **Diário Oficial**, 8 de dezembro de 2009.

BRASIL. Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei nº 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei nº 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei nº 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 18 de novembro de 2011.

BRASIL. Decreto nº 8.777, de 11 de maio de 2016. Institui a Política de Dados Abertos no Poder Executivo federal. **Diário Oficial da União**, 12 de maio de 2016a.

BRASIL. Decreto nº 8.764, de 10 de maio de 2016. Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais e regulamenta o disposto no art. 41 da Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. **Diário Oficial da União**, 11 de maio de 2016b.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). **Diário Oficial da União**, 15 de agosto de 2018.

BUTA, B. O.; TEIXEIRA, M. A. C. Governança pública em três dimensões: conceitual, mensural e democrática. **Organizações & Sociedade**, v. 27, n. 94, p. 370–395, 2020.

CARNEIRO, Andrea F. T. **Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis**. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris Editor, 2003.

CARNEIRO, A. F.; ERBA, D. A.; AUGUSTO, E. A. Cadastro Multifinalitário 3D: conceitos e perspectivas de implantação no Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64, p. 257-271, 2012.

CHOWDHURY, S.; SCHNABEL, M. A. **An algorithmic methodology to predict urban form: An instrument for urban design**. Beijing: Proceedings of the 23rd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2018.

CHUNG, C. C.; JENG, T. S. **Information extraction methodology by web scraping for smart cities: Using machine learning to train air quality monitor for smart cities**. Beijing: Proceedings of the 23rd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2018.

DOWBOR, L. **O capitalismo se desloca: novas arquiteturas sociais**. São Paulo: Edições Sesc São Paulo, 2020.

DOYLE, A. C. **The Complete Sherlock Holmes**. New York: Collectible Classics, 2015.

ESPINOZA-ARIAS, P. *et al.* The Zaragoza's knowledge graph: open data to harness the city knowledge. **Information (Switzerland)**, v. 11, p. 129-147, 2020.

GIL, J.; ALMEIDA, J.; DUARTE, J. P. **The backbone of a City Information Model (CIM)**. Ljubljana: 29th eCAADe Conference Proceedings, 2011.

GILBERT, T. *et al.* Software systems approach to multi-scale GIS-BIM utility infrastructure network integration and resource flow simulation. **International Journal of Geo-Information**, v. 7, n. 8, p. 310, 2018.

GINETTE, M.; SAUDA, E.; CHANG, R. **Urban visualization urban visualization: urban design and computer visualization**.

GOLINI, R. *et al.* An assessment framework to support collective decision making on urban freight transport. **Transport**, v. 33, n. 4, p. 890–901, 2018.

HARVEY, D. **A Produção Capitalista do Espaço**. 1 ed. São Paulo: Annablume, 2005.

HERNANDEZ, J. F. *et al.* Infrastructure of Services for a Smart City Using Cloud Environment. **International journal of Computer Networks & Communications**, v. 8, n. 1, p. 105–119, 2016.

HESS, C.; OSTROM, E. **Understanding Knowledge as a Commons: from theory to practice**. Cambridge: MIT Press, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos municípios brasileiros: 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Região de Influência dos Municípios - REGIC: 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IXMATLAHUA, S. D. *et al.* Metrópoli Digital: Una plataforma Web para la inclusión integral de las PyMES, Sociedad y Gobierno en el uso de las Tecnologías de la Información en la región de las Altas Montañas del estado de Veracruz, México. **Revista Iberica de Sistemas y Tecnologías de Informacao**, n. 3, p. 43–54, 2015.

JAIME, I. S. **As cidades contemporâneas e suas tecnologias: a perspectiva do city information modeling**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2019.

JANNUZZI, P. M. **Indicadores Sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações**. 3 ed. Campinas: Alínea, 2017.

JESUS, E. G. *et al.* **Urban modeling for 3D GIS purposes from laser scanning: an implementation for university campus**. São Carlos: XXI Congresso da Sociedade Iberoamericana de gráfica digital, 2018.

JIN, Y.; LIANG, H.; LI, Y. Spatial database of traffic management design and implementation. **Information Technology Journal**, v. 12, n. 22, p. 6909–6915, 2013.

- KHAN, Z. *et al.* An architecture for integrated intelligence in urban management using cloud computing. **Journal of Cloud Computing**, v. 1, n. 1, p. 1–14, 2012.
- KIM, M.; CHOI, J. Visualizing environmental information on the geo-spatial urban map. Chiang Mai: Proceedings of the 13rd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2008.
- KIM, M.; CHOI, J. **Classifying and utilizing geo-spatial information in smart city**. Yunlin: Proceedings of the 4rd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2009.
- KUNDU, D. Blockchain and Trust in a Smart City. **Environment and Urbanization ASIA**, v. 10, n. 1, p. 31–43, 2019.
- LACERDA, D. P. *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestao e Producao**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.
- LAN, J. H.; CHIU, M. L. **A web 3D-GIS approach to develop the urban information system of virtual anping**. Kumamoto: Proceedings of the 1st International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2006.
- LI, F.; ZHENG, B. Design of the smart city planning system based on the internet of things. **International Journal of Smart Home**, v. 10, n. 11, p. 207–218, 2016.
- LINCOLN INSTITUTE OF LAND POLICY. **Cadastro Técnico Multifinalitário rural e urbano**. Cambridge: LILP, 2007.
- LINDE, K.; WILLICH, S. N. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 96, p. 17–22, 2003.
- LOCK, O.; BEDNARZ, T.; PETTIT, C. The visual analytics of big, open public transport data—a framework and pipeline for monitoring system performance in Greater Sydney. **Big Earth Data**, v. 5, n. 1, p. 134-159, 2020.
- LONGO, M.; ROSCIA, M.; LAZAROIU, G. C. Innovating multi-agent systems applied to smart city. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, v. 7, n.

20, p. 4296–4302, 2014.

MARQUES, E. C. L. Em busca de um objeto esquecido: a política e as políticas do urbano no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 32, n. 95, p. 1, 2017.

MARVIN, S.; LUQUE-AYALA, A. Urban Operating Systems: Diagramming the City. **International Journal of Urban and Regional Research**, v. 41, n. 1, p. 84–103, 2017.

MATTOS, C. A. Globalización y metamorfosis metropolitana en América Latina. De la ciudad a lo urbano generalizado. **Revista de Geografía Norte Grande**, v. 104, n. 47, p. 81–104, 2010.

MOON, S. *et al.* Big data architecture design for the development of Hyper Live Map (HLM). **Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography**, v. 34, n. 2, p. 207–215, 2016.

MOREIRA, E.; CARDOSO, D. **Sistema integrado de modelagem da informação como suporte ao planejamento e ao projeto urbanos**. In: Anais da 6ª Conferência da Rede Lusófona de Morfologia Urbana. Vitória: UFES, 2017.

MOROZOV, E.; BRIA, F. **A Cidade inteligente - Tecnologias urbanas e democracia**. 1 ed. São Paulo: Ubu Editora, 2020.

OLIVEIRA, F. M. **Desenvolvimento de ferramenta BIM para avaliação prescritiva de eficiência energética integrada ao processo de projeto**. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **World Urbanization Prospects 2018: highlights**. New York: ONU, 2019.

PEREIRA, A. P. **Os desafios para a implementação do City Information Modelling como instrumento na gestão urbana: o caso de Curitiba, Paraná**. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2018.

PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; SANTOS, T. M. Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos. **Revista de Educação a Distância e eLearning**, v. 3, n. 1, p. 37–61, 2020.

PLUME, J.; MITCHELL, J. An urban information framework to support planning, decision-making & urban design. **Computer Aided Architectural Design Futures**, p. 653-667, 2011.

PURITAT, K. A gamified mobile-based approach with web monitoring for a crowdsourcing framework designed for urban problems related smart government: A case study of Chiang Mai, Thailand. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**, v. 13, n. 12, p. 55-56, 2019.

RAFI, A. An Interactive Land Use Database System for Intelligent Cities. **Communicating Spaces**, p. 276-279, 2005.

RAMIREZ, J.; RUSSELL, P. **Second City: A Three-dimensional City Model as Interdisciplinary Platform for Research**. Frankfurt: 25th eCAADe Conference Proceedings, 2007.

REGIS, L. *et al.* An entomological surveillance system based on open spatial information for participative dengue control. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 81, n. 4, p. 655–662, 2009.

RODRÍGUEZ-MOLINA, J. *et al.* SMArc: A proposal for a smart, semantic middleware architecture focused on smart city energy management. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 9, n. 13, p. 560418, 2013.

RUA, H.; FALCÃO, A. P.; ROXO, A. F. Digital Models – Proposal for the Interactive Representation of Urban Centres. The downtown Lisbon City Engine model. **City Modelling**, v. 1, p. 265-274, 2013.

SABOYA, R. T. DE. **Concepção de um sistema de suporte à elaboração de planos diretores participativos**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

SANTOS, J. C. Dos. **Onde Vivem os Monstros: Uma metodologia para obtenção de indicadores urbanos na cidade de Arapiraca/AL**. Arapiraca: Universidade Federal de Alagoas, 2019.

SANTOS, M. **Espaço do Cidadão**. 7 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007.

SÃO PAULO. Decreto nº 56.981, de 10 de maio de 2016. Dispõe sobre o uso intensivo do viário urbano municipal para exploração de atividade econômica privada de transporte individual remunerado de passageiros de utilidade pública, o serviço de carona solidária e o compartilhamento de veículos sem condutor. **Diário Oficial**, 11 de maio de 2016.

SASS, S. R. *et al.* Aplicação de técnicas de descoberta de conhecimento em banco de dados cadastrais para auxiliar no processo de tomada de decisão. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n. 6, p. 1215–1230, 2014.

SCHLEICHER, J. M. *et al.* Modeling and management of usage-aware distributed datasets for global smart city application ecosystems. **PeerJ Computer Science**, v. 3, n. 11, p. e115, 2017.

SHARMA, S. *et al.* Smart cities using internet of things: Recent trends and techniques. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering**, v. 8, n. 9, p. 24–28, 2019.

SHOJAEI, D. *et al.* Design and development of a 3D digital cadastre visualization prototype. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 7, p. 384, 2018.

SILVA JÚNIOR, F. A. Da. **O uso de sistemas generativos como instrumento de desenho urbano sustentável**. Brasília: Universidade de Brasília, 2016.

SOUZA, A. *et al.* Using Big Data and Real-Time Analytics to Support Smart City Initiatives. **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 30, p. 257–262, 2016.

STOJANOVSKI, T. City Information Modelling (CIM) and Urban Design Morphological Structure, Design Elements and Programming Classes in CIM. **City Modelling & GIS**, v. 1, p. 507-516, 2018.

TAKASE, Y. *et al.* VR And Web3d-GIS applications using 3D city models. Kumamoto: Proceedings of the 1st International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA), 2006.

THE POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. **PostgreSQL: About**. 2021. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/about/>>. Acesso em: 7 out. 2021.

VATAN; SHARMA, A.; GOYAL, S. IoT standards and applicability to human life.

International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, v. 8, n. 10, p. 3147–3153, 2019.

VILLELA, A. L.V. **Urbanização e paisagem: as transformações socioespaciais no oeste catarinense**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

VINUTO, J. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa : um debate em aberto. **Tematicas**, v. 22, n. 44, p. 203–220, 2014.

XIONG, Z. *et al.* Intelligent transportation systems for smart cities: A progress review. **Science China Information Sciences**, v. 55, n. 12, p. 2908–2914, 2012.

YANG, C. Data interface design of digital city management system. **International Journal of Online Engineering**, v. 9, p. 57–60, 2013.

ZAGVOZDA, M. *et al.* Application of GIS technology in Pavement Management Systems. **Gradjevinar**, v. 71, n. 4, p. 297–304, 2019.