

IASMIN DE SOUSA JAIME

**AS CIDADES CONTEMPORÂNEAS E SUAS TECNOLOGIAS:
A PERSPECTIVA DO CITY INFORMATION MODELING**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade da Faculdade de Artes Visuais da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em *Projeto e Cidade*, sob orientação do Prof. Dr. Fábio Ferreira Lima.

GOIÂNIA

2019

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

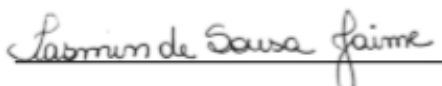
Nome completo do autor: IASMIN DE SOUSA JAIME

Título do trabalho: AS CIDADES CONTEMPORÂNEAS E SUAS TECNOLOGIAS: A PERSPECTIVA DO CITY INFORMATION MODELING.

3. Informações de acesso ao documento:

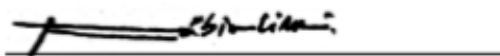
Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 30 / 03 / 2019

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

IASMIN DE SOUSA JAIME

**AS CIDADES CONTEMPORÂNEAS E SUAS TECNOLOGIAS:
A PERSPECTIVA DO CITY INFORMATION MODELING**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade da Faculdade de Artes Visuais da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em *Projeto e Cidade*, sob orientação do Prof. Dr. Fábio Ferreira Lima.

Linha de Pesquisa: Processos e Tecnologias de Projeto e Planejamento.

GOIÂNIA

2019

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a), sob orientação do SiBI/UFG

Jaime, Iasmin de Sousa

As cidades contemporâneas e suas tecnologias: [manuscrito]: A perspectiva do City Information Modeling / Iasmin de Sousa Jaime. - 2019.

181 f.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ferreira Lima.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Artes Visuais (FAV), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura - Projeto e Cidade, Goiânia, 2019.

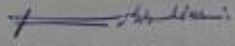
1. City Information Modeling. 2. Tecnologias. 3. Gestão Urbana. 4. Cidades Contemporâneas. I. Ferreira Lima, Fábio, orient. II. Título.

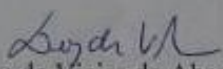


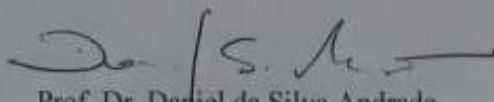
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ARTES VISUAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROJETO E CIDADE
Campus Samambaia, Av. Esperança, s/nº - Campus Universitário – CEP: 74.690-900, Goiânia/GO.
Fones: (62) 3521-1413 www.fav.ufg.br/projetoecidade

Ata nº 05/2019 da reunião da banca examinadora da defesa de dissertação de **IASMIN DE SOUSA JAIME** - Aos vinte e oito dias do mês de março do ano de dois mil e dezenove (28/03/2019), às 16h00min, no auditório da Faculdade de Artes Visuais da UFG, Campus Samambaia, foi realizada a sessão pública de avaliação da dissertação intitulada "As cidades contemporâneas e suas tecnologias: A perspectiva do city information modeling", em nível de Mestrado, área de concentração em Projeto, Teoria, História e Crítica, linha de pesquisa em Processos e Tecnologias de Projeto e Planejamento, de autoria de IASMIN DE SOUSA JAIME, discente do Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade da Universidade Federal de Goiás. A banca examinadora foi composta pelo Prof. Dr. Fábio Ferreira de Lima (PPGPC/UFG), orientador e presidente da sessão; pela Profª. Dra. Loyde Vieira de Abreu-Harbich (PPGPC/UFG) e pelo Prof. Dr. Daniel da Silva Andrade (UEG). A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Fábio Ferreira de Lima, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da dissertação que em 20 minutos procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu a examinanda. Terminada a arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista o que consta na Resolução nº. 1488/2017 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade, a dissertação foi considerada aprovada, com as seguintes observações da banca examinadora:

Cumpridas as formalidades de pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação e, para constar, eu, Rafael Argôlo Coelho, secretário do Programa de Pós-Graduação em Projeto e Cidade, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em quatro vias de igual teor.


Prof. Dr. Fábio Ferreira de Lima
Presidente – PPGPC/UFG


Profª. Dra. Loyde Vieira de Abreu-Harbich
PPGPC/UFG


Prof. Dr. Daniel da Silva Andrade
UEG

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por tudo que tenho, por tudo que sou, por ser minha base, meu auxílio e minha fortaleza nos momentos difíceis, e por ter colocado pessoas tão especiais ao meu lado, sem as quais certamente não teria dado conta.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Ferreira Lima, por ter me ajudado e auxiliado nesse percurso, sempre com paciência e empenho, principalmente diante a complexidade do tema, e os grandes desafios encontrados, obrigada pela liberdade em permanecer com um tema complexo e sem dúvidas confiar na minha capacidade. Tenho certeza que nesse percurso o crescimento foi para ambos, meu mais profundo reconhecimento.

A toda a minha família, em especial minha mãe, meu infinito agradecimento, por sempre acreditar na minha capacidade, por ser uma pessoa chave na realização de todos os processos da minha vida, pelo incentivo, paciência e compreensão e principalmente pelo amor incondicional.

Ao meu querido esposo, pelo apoio, compreensão, amizade, companhia e amor em todas as circunstâncias, por cada “você consegue, você é capaz, força” que sem dúvidas me fortaleceu e me fez dar o melhor de mim. Obrigada por estar junto comigo em cada um dos meus sonhos.

Agradeço a todos os colaboradores e professores do Programa de Pós-Graduação Projeto e Cidade, da Faculdade de Artes Visuais – UFG, que foram fundamentais no processo de formação.

A todos os colegas de mestrado, pela amizade e apoio. Por cada momento que dividimos juntos. Obrigada por dividirem comigo as angústias e alegrias.

A CAPES pela viabilização deste trabalho.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

RESUMO

O crescimento das cidades e o aumento da população têm proporcionado diversas transformações a serem observadas no planejamento das cidades, presencia-se uma sociedade de rumos poucos previsíveis, alterando frequentemente seus modos de compreender e dar significado as coisas. Como enfrentamento dessa nova demanda percebe-se a mudança nos modos de produção arquitetônica e urbanística, entremeio às necessidades complexas da cidade. Estudos têm sido realizados para solucionar esses problemas, dentre eles, o uso de tecnologias no contexto do projeto urbano, planejamento e gestão das cidades. Este trabalho tem como objetivo apresentar o *City Information Modeling* (CIM) e outras tecnologias aplicadas nas cidades contemporâneas, tecnologia facilitadora da gestão urbana. Do ponto de vista metodológico, a pesquisa tem cunho exploratório, com uma profunda revisão bibliográfica, com o objetivo de reunir a maior quantidade de informações sobre o assunto e possibilitar a construção de uma estrutura conceitual para identificar as possíveis aplicações de um modelo CIM. Verifica-se que essa discussão é vasta e complexa, principalmente pela diversidade de conceitos relacionados ao CIM, entre os diversos autores elencados não existe uma unanimidade acerca do conceito. Consta-se que esse novo paradigma está em constante desenvolvimento, e sem dúvidas pode ser uma ferramenta de extrema relevância para a gestão da cidade, assim como para os desenvolvedores de projetos urbanos. A estrutura conceitual da utilização dos modelos CIM proporcionou uma visão mais sistêmica do processo que envolve as cidades e a quantidade de atores envolvidos, tal como o grande desafio que o CIM tem a percorrer. O CIM é uma tecnologia incipiente e enquanto Modelagem da Informação da Cidade ainda existe uma gama de transformações que devem ocorrer, principalmente nas estruturas de gestão pública para o funcionamento do processo. Abarcar toda a complexidade de uma cidade em um modelo demandará um longo caminho a ser percorrido, principalmente devido às grandes barreiras políticas, legais e operacionais.

Palavras-chave: *City Information Modeling*, Tecnologias, Gestão Urbana e Cidades contemporâneas.

ABSTRACT

The growth of cities and increasing population have provided several changes to be observed in the planning of cities, a society of few predictable directions is seen, often changing their ways of understanding and giving meaning to things. Coping with this new demand, one can notice the change in the modes of architectural and urbanistic production, in addition to the complex needs of the city. Studies have been carried out to solve these problems, among them, the use of technologies in the context of urban design, planning and management of cities. This paper presents the City Information Modeling (CIM) and other technologies applied in contemporary cities, with the objective of recognizing it as a technology and facilitator of urban management. From the methodological point of view, the research has an exploratory character, with a deep bibliographical revision, aiming to gather the greatest amount of information about the subject and to enable the construction of a conceptual structure to identify the possible applications of a CIM model. It is verified that this discussion is vast and complex, mainly due to the diversity of concepts related to the CIM, there is no unanimity about the concept among the several authors mentioned. The results obtained make it possible to verify that this new paradigm is in constant development, and it can undoubtedly be a tool of extreme relevance for city management, as well as for developers of urban projects. The conceptual framework of the use of CIM models has provided a more systemic view of the process involving the cities and the number of agents involved, such as the great challenge that the CIM has to face. The CIM is an incipient technology, and as City Information Modeling there is still a range of transformations that must occur, especially in public management structures for the operation of the process. To encompass all the complexity of a city in a model will require a long way to go, mainly due to the great political, legal and operational barriers.

Key words: City Information Modeling, Technologies, Urban Management e Contemporary Cities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama da estrutura da dissertação.....	24
Figura 2: Exemplo de mapa de camadas usadas no SIG.....	38
Figura 3: Diagrama de Cidade Digital	44
Figura 4: Diagrama Cidades Inteligentes	45
Figura 5: Os Alicerces do Processo de Modelagem da Informação.	55
Figura 6: Módulos do modelo de informação da cidade.	62
Figura 7: Coleta de dados CIM	63
Figura 8: Eixos para Modelagem da Informação Urbana	68
Figura 9: Modelos de dados Vetores e Raster	72
Figura 10: Ciclo de Vida de um sistema de Informação	79
Figura 11: Classificação de Modelos segundo Echinique (1975).	85
Figura 12: Estrutura do modelo de informação da cidade.	88
Figura 13: Processo ideal de elaboração de modelos em relação à realidade	89
Figura 14: Terminologia CIM.....	90
Figura 15: Diagrama <i>City Information Modeling</i> e Capacidade Tecnológica das cidades.	94
Figura 16: Dimensões para determinar o desenvolvimento de um modelo de conhecimento CIM.	96
Figura 17: Diagrama referente ao gestor central.	105
Figura 18: Serviços relacionados a Modelagem da Informação da Cidade	108
Figura 19: Princípios Técnicos de padrões abertos da <i>buildingSMART</i>	112
Figura 20: Integração SIG e BIM.....	116
Figura 21: Modelo de Construção em LOD1 e LOD 4	126
Figura 22: Exemplo de objeto de construção representado no conceito de LOD pelo padrão CityGML.....	128
Figura 23: Nível de desenvolvimento de detalhe.....	130
Figura 24: Diagrama de Agentes Urbanos	134
Figura 25: Proposta de uma estrutura metodológica para um modelo CIM	138
Figura 26: Diagrama de modelos de informação da cidade	141
Figura 27: Estrutura conceitual do Modelo Integrado para gestão da cidade	142
Figura 28: Diagrama do modelo base da cidade	145
Figura 29: Estrutura objeto CIM	146

Figura 30: Diagrama de modelo de diagnóstico	147
Figura 31: Diagrama modelo de análise.....	149
Figura 32: Diagrama Modelo de Planejamento	151
Figura 33: Diagrama de modelo de gestão de novos projetos.....	154
Figura 34: Diagrama de gestão de monitoramento e controle	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características e fatores de avaliação de cidades inteligentes.	46
Tabela 2: Termos essenciais para compreensão do CIM.....	92
Tabela 3: Diferença entre BIM e CIM.	101
Tabela 4: Ocorrência de cada limitação	102
Tabela 5: Os serviços relacionados a Modelagem da Informação da Cidade	109
Tabela 6: Aplicação de Domínios e modelo de dados 3D	114
Tabela 7: Comparação de modelos de dados 3D	114
Tabela 8: Proposta dos Fluxos de trabalho para IFC	119
Tabela 9: Lista de categorias de elementos para modelos no padrão IFC	120
Tabela 10: Módulos CityGML.....	124
Tabela 11: Divisão do Nível de Desenvolvimento	129

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
AIA	<i>American Institute of Architects</i>
BCF	<i>BIM Collaboration Format</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BIM	<i>Building Information Model</i>
CAD	<i>Computer-Aided Desing</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CIM	<i>City Information Modeling</i>
CityGML	<i>City Geography Markup Language</i>
DXF	<i>Data eXchange Format</i>
gbXML	<i>Green Building XML</i>
GC	<i>Computer Graphics</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GML	<i>Geographic Markup Language</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IAI	<i>International Alliance for Interoperability</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries</i>
IPD	<i>Integrated Project Delivery</i>
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IoE	<i>Internet of Everything</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>

KML	<i>Keyhole Markup Language</i>
LADM	<i>Land Administration Domain Model</i>
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
LoD	<i>Level of Detail</i>
LOD	<i>Level of Development</i>
MADS	<i>Modeling of Application with Spatial-temporal Data</i>
MVD	<i>Model View Definition</i>
MZM	<i>Machine to Machine</i>
NIBS	<i>National Institute of Building Sciences</i>
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PEUC	Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsórios
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfico
SI3D	Sistema de Informação 3D
STI	Sistema de Transporte Inteligente
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UIM	<i>Urban Information Modeling</i>
VR	<i>Virtual Reality</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
SUMÁRIO	14
1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1. PROBLEMÁTICA	19
1.2. OBJETIVOS.....	19
1.2.1. Objetivo Geral.....	19
1.2.2. Objetivos específicos.....	20
1.3. METODOLOGIA DE TRABALHO	20
1.4. JUSTIFICATIVA	22
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	23
2 AS CIDADES CONTEMPORÂNEAS E SUAS TECNOLOGIAS	25
2.1. A sociedade, a tecnologia e a interação.....	29
2.2. As tecnologias e o planejamento urbano.....	33
2.3. O futuro das cidades e as Cidades Inteligentes	41
3 A MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CIDADE.....	51
3.1. A modelagem da informação	53
3.2. O conceito de City Information Modeling (CIM)	58
3.2.1. O paradigma City Information Modeling (CIM).....	58
3.2.2. Da origem ao desenvolvimento do CIM	60
3.2.3. O CIM como evolução do SIG e do BIM	69

3.3.	Modelagem e Modelo.....	77
3.3.1.	Um acrônimo entre Modelo e Modelagem	80
3.3.2.	O modelo CIM	81
3.4.	Estruturando um conceito para o City Information Modeling	90
4	A COLABORAÇÃO NO PROCESSO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CIDADE	97
4.1.	Interoperabilidade e Compartilhamento.....	98
4.1.1.	Colaboração, integração e gestão urbana	102
4.1.2.	O estabelecimento de Formatos Padrão.....	110
4.1.3.	Os agentes do processo	131
5	A ESTRUTURA DO MODELO DE INFORMAÇÃO DA CIDADE	137
5.1.	Estrutura conceitual para aplicação de modelos CIM.....	139
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	160
7	REFERÊNCIAS	167

1 INTRODUÇÃO

O período contemporâneo atual é marcado por transformações profundas onde subsiste o enfrentamento de novas demandas trazidas pela sociedade, em paralelo ao uso das novas tecnologias (computadores, mídias digitais, internet). Nesse momento turbulento, presencia-se uma sociedade de rumos pouco previsíveis, alterando frequentemente seus modos de compreender e dar significado às coisas. E assim, os modos de produção arquitetônica e urbanística se alteraram bastante, entremeio às necessidades cada vez mais díspares e complexas.

Na era digital ou da informação, alguns equipamentos tornam-se importantes nas funções cotidianas do espaço, dentre eles os de comunicação. Logo, a informação passa a ser personalizada como também a relação com o espaço urbano. Diante disso a ideia de digitalização das atividades na vida urbana, é associada à informação personalizada e a produção de um novo tipo de cidade que passa corresponder à essa sociedade complexa.

A transformação da sociedade está diretamente ligada às questões mais prementes dessas comunicações, culminando também no fenômeno da globalização e afetando diretamente os aspectos econômicos e culturais. A possibilidade de vivenciar os espaços virtuais tem afetado a vida social e muitas vezes ampliando a necessidade da presença física e territorial. Isso pode ser entendido pela modificação dos significados desses lugares, assim como em processos de construção e de desconstrução de sentidos nas práticas da vivência nesses espaços.

A construção do espaço virtual por meio dos avanços tecnológicos possibilita a troca de informação, permite abordar novas questões relacionadas às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e uma nova forma de produzir e consumir os espaços. As TICs são ferramentas que permitem o processamento de dados, informações e conhecimento de um conjunto de recursos integrados, nos quais são possíveis reunir, distribuir e compartilhar informações, além de permear todas as atividades humanas, parecendo tão naturais que os próprios usuários não as percebem (BOLAÑO, 2005).

A quebra de paradigmas ocorre principalmente quando se fala da relação espaço-tempo, essas novas dimensões têm sido acrescentadas nas novas condições de vida,

em que muito mais que o tempo real existe um fluxo imenso de informações e processos que parecem romper com as noções usuais de tempo e espaço. As distâncias são reduzidas pelas diversas abstrações feitas nesse espaço, resumindo a camadas que se queiram acessar. Numa situação similar, o tempo torna-se cada vez mais instantâneo, na velocidade de um chamado “tempo real” das redes de comunicação.

Assim, processos e ferramentas de projeto têm sofrido grandes mudanças nas últimas décadas, principalmente os sistemas de representação, criações virtuais e modelagens paramétricas¹. As novas tecnologias têm afetado profundamente o modo de compreensão das coisas e assim, elas têm ampliado consideravelmente as perspectivas de lidar com um futuro cada vez mais incerto. Nessa perspectiva, com tantas questões a serem ponderadas, tantos aspectos com distintas influências, na atualidade nada pode nos parecer tão natural quanto a possibilidade de cálculo aberto pelas máquinas dentro daquilo que pode ser organizado em conjunto de etapas, parâmetros, hierarquias, relações interdependentes (e certas vezes com graus de indefinição e abertura), que somente elas dariam conta desses resultados. Essas tecnologias têm sido utilizadas tanto na indústria como no campo da Arquitetura e do Urbanismo (CARVALHO; SAVIGNON, 2012).

Percebe-se ainda que as implantações de plataformas propiciam uma maior facilidade na projeção e na gestão de projetos urbanos e isso torna-se um fator de suma relevância, já que há também o aspecto da interoperabilidade dessas ferramentas. Nos últimos anos verificou-se, de forma cada vez mais acelerada, a inserção de modelagens parametrizadas no mercado da construção civil e também no gerenciamento de espaços urbanos. Lee e Beaurecueil (2009, p.42), relatam em entrevista concedida por Lawrence Friesen dono da *Friesen Architecture* criada em 1987 e especialista em técnicas e modelos paramétricos, que o projeto paramétrico modifica o paradigma de projeção. Isso permite a liberdade do projetista para outros pensamentos importantes, outras soluções projetuais, promovendo um processo mais dinâmico e criativo, principalmente na utilização da simulação ambiental, como um

¹ Os modelos paramétricos são baseados em parâmetros (padrões ou regras), que podem assumir diversos significados, dependendo da disciplina na qual é aplicado. Na Arquitetura e do Urbanismo uma de suas aplicações, é a possibilidade de gerar modelos mais interativos permitindo a definição de diversas variáveis, que podem ser adaptadas e alteradas com facilidade em um projeto, principalmente pela manipulação dos dados parametrizados.

dos critérios de projeto. Se os computadores podem ser programados para a execução de tarefas lógicas com certos graus de objetividade, os projetistas podem se ater a etapas mais subjetivas da avaliação dos resultados, onde são requeridas outras sensibilidades desses escopos.

A abordagem para a implantação de uma Modelagem da Informação da cidade ou *City Information Modeling* (CIM) pode vir a ser um dos caminhos para alcançarmos a situação adequada de *CitySmart*² (ou cidades inteligentes), no qual essa plataforma buscaria a integração global de todos os sistemas urbanos envolvidos no planejamento, gestão e construção das cidades, principalmente no que tange a estrutura urbana, além de propiciar ao cidadão uma participação mais efetiva.

Através de pesquisas constata-se que os estudos acerca da implantação real desses modelos³ de cidades virtuais ainda é escasso, principalmente devido uma resistência às novas ferramentas computacionais e a falta de estruturas ou processos “padrões” que permitiriam o conhecimento dessas novas metodologias a serem empregadas. A integração do uso de sistemas e tecnologias de informação e comunicação nos processos de projeção, de planejamento e gestão urbana podem vir a ser fundamentais na produção de cidades melhores e mais planejadas, e se usadas de maneira correta podem dar respostas às necessidades sociais e econômicas da sociedade.

Infelizmente tem sido comum um conjunto de críticas à implantação de diversas tecnologias para melhor compreensão das cidades. Muitas delas são percebidas com grande desconfiança, como se suas presenças já representassem por si só uma pré-programação (ou automação) de circunstâncias que necessitariam de maiores reflexões. Os meios digitais permitem escavar uma realidade onde não existe uma chamada “decisão neutra”. Qualquer decisão a ser empreendida tem repercussões nos atores desse espaço, assim como ocorre nos âmbitos sem a presença dessas tecnologias. A questão é que essas novas tecnologias parecem deixar muito evidente

² *CitySmart* – existem várias definições para as Cidades Inteligentes, não existindo um conceito único. Para Barrionuevo et al. (2012, p.50) “ser uma cidade inteligente significa usar toda a tecnologia e recursos disponíveis de maneira inteligente e coordenada para desenvolver centros urbanos que sejam integrados, habitáveis e sustentáveis”.

³ Neste trabalho, os modelos virtuais são entendidos como uma representação tridimensional digital da informação, que pode incorporar diversos dados e documentos, normalmente elaborados em alguma linguagem computacional ou tipo de software.

os resultados dessas ações e talvez não tão ocultas como noutras circunstâncias. Mesmo as ações chamadas “participativas” geram diferentes repercussões e, podem representar inúmeros interesses divergentes ou equivocados num certo momento, sob certas circunstâncias.

Este trabalho busca entender quais as novas perspectivas e transformações projetuais cujas novas tecnologias têm trazido para os projetos urbanos e para a gestão urbana, e conseqüentemente para a resolução das problemáticas ocorridas nas cidades. A proposta não é apresentar as tecnologias que estejam em voga, mas estruturar procedimentos, que permitam compreender e articular seus usos na gestão das cidades contemporâneas. Além disso, de que forma os modelos de informação da cidade podem contribuir para a melhoria da produção, qualidade, planejamento e a gestão das cidades.

É relevante destacar que o trabalho proposto se enquadra na linha de pesquisa de Processos e Tecnologias de Projeto e Planejamento, e nessa abordagem em particular, sobre os processos e estratégias projetuais adotados em escala urbana, sobre suas representações e problemática.

1.1. PROBLEMÁTICA

A utilização de ferramentas computacionais na projeção procura trazer diversas contribuições na concepção dos espaços urbanos, mas percebe-se ainda que grande parte dessas aplicações está imbuída na representação de modelos. Diante disso este trabalho visa responder as seguintes perguntas:

De que forma o *City Information Modeling* pode facilitar a gestão de uma cidade, sobretudo no que tange a sua estrutura urbana? Seria possível congregiar as complexas e diversas relações da cidade em um modelo de informação da cidade?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral é levantar como o CIM enquanto tecnologia pode facilitar a gestão urbana, apresentando uma ampla discussão sobre Modelagem da Informação da Cidade, considerando as referências necessárias e dialógicas aos processos envolvidos na estrutura urbana.

1.2.2. Objetivos específicos

- I. Identificar os principais conceitos e teorias que permeiam o uso de tecnologias e modelagem da informação direcionadas à projeção e gestão da estrutura urbana contemporânea.
- II. Identificar quais as tecnologias atuais, envolvidas na concepção de um modelo CIM e qual a possível integração entre as mesmas.
- III. Desenvolver uma estrutura conceitual para identificar as possíveis aplicações de um modelo CIM.

1.3. METODOLOGIA DE TRABALHO

Para analisar e interpretar a temática proposta, será utilizada uma forma de abordagem qualitativa, uma pesquisa descritiva com caráter bibliográfico e documental, em que serão realizados os levantamentos, a seleção e o fichamento das informações referentes à pesquisa. Durante o levantamento bibliográfico serão selecionados livros, teses e artigos, visando à elaboração de uma bibliografia básica e seletiva, com o objetivo de fazer um histórico sobre o tema e encontrar respostas aos problemas formulados, levantando as principais questões sobre o tema.

A leitura informativa científica procurará reconhecer as informações sobre as tecnologias utilizadas na gestão e elaboração dos projetos urbanos, relacioná-las com as resoluções dos problemas de projeto, e verificar os fundamentos das proposições elencadas, além das possibilidades de aplicações das tecnologias.

Na primeira etapa foi realizado o mapeamento sistemático da literatura, que tem como objetivo identificar, classificar, avaliar e estruturar a área de interesse da pesquisa, no caso o *City Information Modeling*. Foram escolhidas quatro bases de dados, o *Scopus*, *Scielo*, *ScienceDirect*, e Google Acadêmico, durante o período de 2006 a dezembro de 2018.

Na primeira pesquisa realizada no *Scopus*, o maior banco de dados de resumos e citações de literatura, periódicos científicos, livros e anais, não foram encontradas nenhuma referência para pesquisas realizadas com o título *City Information Modeling*, *Urban Information Modeling* e *City Information Model*, apenas para a sigla CIM,

entretanto, neste caso o CIM refere-se a *Computer Integrated Manufacturing* (Produção Integrada por computador).

No Scielo também não foram encontrados artigos com o termo de busca “*City Information Modeling*”, “*Urban Information Modeling*” e “*City Information Model*”. Para a sigla CIM, foram encontrados dois artigos na área de ciências sociais aplicadas, entretanto, nenhum refere-se ao CIM como sigla para *City Information Modeling*. Na ScenceDirect utilizando o termo “*City Information Modeling*” no campo de busca *Title, Abstract e Keywords*, e os filtros Capítulos de livro e Artigos de pesquisa foi encontrado apenas um resultado, o artigo de Chen et al. (2018) “*Automatic building information model reconstruction in high-density urban areas: Augmenting multi-source data with architectural knowledge*”. No ano de 2019 aparece um novo artigo de Xue et al. (2019) “*A derivative-free optimization-based approach for detecting architectural symmetries from 3D point clouds*”. Para as pesquisas realizadas com o Termo *City Information Model*, os artigos acima também são referenciados. Na pesquisa com a sigla CIM, foram encontrados 860 resultados, entretanto nenhum refere-se ao CIM como *City Information Modeling*, em sua maioria as referências são ao conceito de *Civil Integrated Management*.

No Google acadêmico foram encontrados aproximadamente 149 artigos para o termo “*City Information Modeling*” e uma dissertação, para o termo “*City Information Model*” foram encontrados 257 resultados, para “*Urban Information Modeling*” aproximadamente 49 resultados. Não foram consideradas as pesquisas com o termo CIM, devido a sua gama de significados. Verificou-se também que utilizando o termo “*Modelagem da Informação da cidade*” foram localizados 20 artigos.

A partir das pesquisas realizadas foi possível identificar, que grande parte dos artigos referentes ao *City Information Modeling* ou *City Information Model* são provenientes de artigos acadêmicos apresentados em eventos, como congressos ou até mesmo de pesquisas realizadas nos cursos de graduação ou pós-graduação, e que ainda possuem poucas publicações e trabalhos acadêmicos referentes a Modelagem da Informação da Cidade, principalmente em periódicos especializados.

Diante do mapeamento foram escolhidos quinze artigos científicos, e uma dissertação de mestrado encontrados nas pesquisas, principalmente os mais relevantes e que

deram suporte para a elaboração da pesquisa, com a intenção de resumir a informação existente sobre o tema. Entretanto, verifica-se a necessidade de pesquisas voltadas ao tema, principalmente voltada para a Gestão das cidades.

1.4. JUSTIFICATIVA

Existem diversos processos informatizados que tornam possíveis os detalhamentos sincronizados em projetos, assim como as possíveis simulações. Até mesmo no projeto, planejamento urbano e na gestão urbana diversas ferramentas já são desenvolvidas e aplicadas, como na utilização da modelagem de sistemas de transporte e simuladores de mobilidade, programas para a análise urbana, realizando a síntese de diversos dados urbanísticos e também a modelação das cidades. As tecnologias computacionais, por mais que se mostrem adequadas às diferentes interpretações e raciocínios dos complexos fatores urbanos a serem observados, ainda não podem ser consideradas decisivas nos seus encaminhamentos. Os requisitos e mudanças requeridos nos espaços urbanos se mostram ininterruptos, intermitentes, de tal maneira que não há uma resposta tão flexível a ponto de conseguir abarcar a longo prazo tudo aquilo que se desejaria.

Analisar a emergência dessas novas tecnologias, e a tendência do urbanismo contemporâneo, torna-se indispensável para a compreensão do projeto, planejamento e gestão urbana informatizada e das interveniências futuras que acontecerão no modo de pensar a cidade. Sendo pertinente então identificar os limites e apontar as novas perspectivas e capacidades tecnológicas do CIM, da utilização no aprimoramento das cidades virtuais e inteligentes, entendendo de que forma a trajetória do desenvolvimento dessas ferramentas de projeto, simulação e gestão tem modificado o cenário urbano.

Neste sentido, a pesquisa procura contribuir com uma revisão bibliográfica, e uma sistematização de conceitos e teorias sobre os temas envolvidos, propiciando uma conceituação mais precisa e abrangente dos termos estudados. Isso harmoniza com os conceitos correlatos já existentes e verificando a viabilidade da utilização integrada das tecnologias, contribuindo assim ao avanço do conhecimento na área e o desenvolvimento de trabalhos futuros.

As pesquisas de tecnologias voltadas para a utilização do CIM ainda são escassas. Diante disso a pesquisa colabora para o aumento de referenciais teóricos tanto no ensino da Arquitetura e do Urbanismo, como para a utilização prática pelos profissionais, apresentando inquietações e encontrando respostas diante do tema proposto, verificando os problemas existentes e ampliando as formulações teóricas sobre o assunto.

Mesmo abrangendo diversos tipos de tecnologia, as cidades possuem uma dinâmica diferenciada, pois contam com diversos agentes envolvidos nos processos operacionais e nas decisões de gestão, além da necessidade constante de fiscalização, para que esses serviços sejam executados com qualidade. Existe hoje uma enorme quantidade de plataformas, tecnologias, ferramentas, procedimentos e sistemas utilizados, esses serviços devem ser mapeados, principalmente se puderem ser integrados em uma única metodologia, entendendo as ferramentas utilizadas e a integração das mesmas para uma quebra de paradigma conceitual na dificuldade de concepção e interligação da gestão das cidades.

Muitos dos problemas abarcam uma complexidade tão absurda, são passíveis de tantos cálculos, tantos aspectos a serem ponderados que, somente pelo computador é possível chegar a uma solução preambular. E então pode-se chegar à conclusão que poderá ser aperfeiçoada; ademais, ainda assim, constituir-se-á de um enorme avanço.

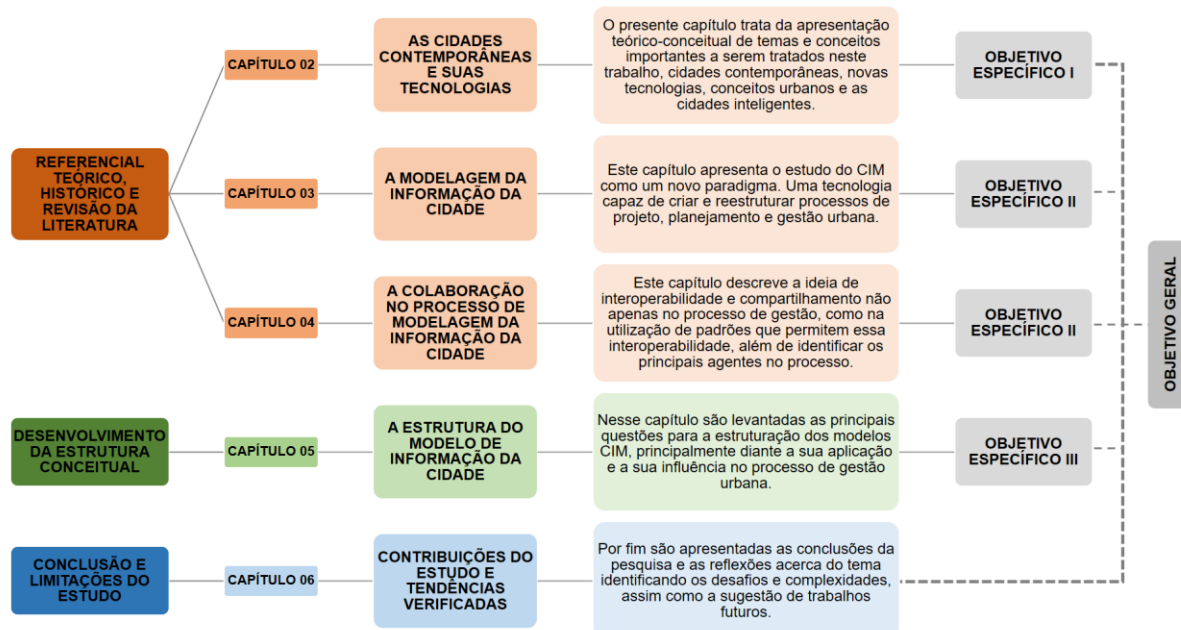
1.5. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Para alcançar os objetivos propostos, a pesquisa será dividida em etapas, buscando desenvolver uma estrutura conceitual para as possíveis aplicações de um modelo CIM, coletando informações quanto às teorias existentes. Com o objetivo de compreender o processo de formação das cidades contemporâneas, as tecnologias envolvidas no processo, as teorias que permeiam o uso de tecnologias na Modelagem da Informação da Cidade e as aplicações do modelo CIM será realizada uma pesquisa bibliográfica qualitativa. Com a revisão bibliográfica pretende-se identificar a evolução das abordagens projetuais e do uso das tecnologias computacionais nesse processo, assim como o entendimento dos conceitos envolvidos para a implantação da tecnologia CIM. Posteriormente pretende-se conhecer as diferentes abordagens e

autores que podem servir como base teórico-conceitual na estrutura conceitual das aplicações do modelo CIM.

Para a pesquisa em questão, estruturou-se as regras básicas e a organização do trabalho, para atender aos métodos e objetivos apresentados. Após abordagem inicial do tema, a Introdução busca discutir os objetivos da pesquisa assim como delimitação dos temas que que elucidam a dissertação, e o enquadramento dos limites da investigação. A dissertação será estruturada conforme a Figura 1.

Figura 1: Diagrama da estrutura da dissertação



Fonte: Autora.

2 AS CIDADES CONTEMPORÂNEAS E SUAS TECNOLOGIAS

A cidade contemporânea engloba uma enorme quantidade de problemas, seja pelo acúmulo de situações agravadas historicamente, em ideias de planos e gestões equivocadas, seja pelas novas necessidades surgidas nos mais diferentes âmbitos. No caso das cidades brasileiras, ressalta o populismo e a incapacidade do poder público de fazer face às demandas da população. O populismo pode ser compreendido como um conjunto de práticas políticas, no qual o governante utiliza de uma linguagem popular e nacionalista em “defesa do povo” mas age de maneira pretenciosa e muitas vezes antidemocráticas.

De qualquer modo, a reflexão sobre o papel da construção da cidade percorre problemas que não são e não foram superados ainda, como as questões da mobilidade urbana, transporte, direito à terra e diversas questões habitacionais. Essas principalmente relacionados a moradia, trabalho, emprego, aspectos ambientais, gerando uma quantidade muito grande de desafios, e mais que isso, conflitos que não são completamente extintos (ou que reaparecem em diferentes conformações), relacionados a organização espacial da cidade. Ademais, desde longa data as cidades são incorporadas a uma visão de planejamento visando o lucro, pautadas nas desigualdades do poder econômico. E por muitas vezes a tecnologia é posta como um desses instrumentos, já que as leis pouco são efetivamente exercidas em práticas de maior equidade social. Muitas vezes as tecnologias são utilizadas na manipulação de objetos, o que coloca em dúvida a qualidade das tecnologias mas o que é tratada de forma ardilosa.

A formação das cidades contemporâneas, diante da mudança cada vez mais complexa de vivenciar e agir das pessoas no espaço urbano, engloba um fluxo intenso, intermitente e simultâneo de pessoas e automóveis, num aspecto de difícil controle. Além disso, é cada vez mais pertinente a necessidade de troca de informações sejam elas físicas ou virtuais, o que provoca uma mutação nesse espaço urbano e o estabelecimento de integrações e relações antes inimagináveis. “A cidade é um lugar de encontro e seus espaços públicos são os lugares que possibilitam estes encontros” (GEHL E GEMZOE, 2002, p.7).

Diante a nova forma da estrutura temporal da vida cotidiana e também da conceituação das novas cidades, no qual a cidade não se reduz apenas aos seus parâmetros geográficos, físicos, morfológicos e quantitativos, mas se desenvolvem sob as capacidades cognitivas da espécie humana, a noção de cidade ultrapassa qualquer critério de fronteira física, étnica, linguística, financeira ou tecnológica. Tanto a cidade como a tecnologia são assuntos extremamente complexos e que tem evoluído significativamente, estão em constante modificação.

Relativizando o conceito de cidade, de indivíduo e de sociedade, em que a gama de interações se torna cada vez mais propensa a não associação física do espaço, da tecnologia ou da sociedade como um todo. Tal fenômeno é observável sob diferentes perspectivas, abarcando campos multidisciplinares e visões por vezes contraditórias nos seus fundamentos, difícil mesmo é encontrar abordagens capazes de dar conta de tudo que é possível suscitar.

Nesse sentido, não há uma resposta única capaz de dar conta desses problemas, não há uma visão inequívoca e exclusiva capaz de abrangê-los de forma excepcional. Há sim aproximações, abordagens que sondam as principais problemáticas e, posteriormente, outras são incorporadas. Como em problemas de hierarquia, onde desdobramentos são possíveis pela ramificação de detalhes com características especiais. Diante dessa associação percebe-se que a socialização é a maneira como o indivíduo se apresenta nessa nova forma de estrutura temporal cotidiana e como salientado por Berger e Luckmann (2005, p.75) “O Homo sapiens é sempre, e na mesma medida, homo socius”.

As cidades nada mais são que uma interdependência de redes sociais, concretizadas por meio de um espaço físico, no qual as tecnologias estão cada dia mais presentes. Essas "teias" sociais formam cadeias que ligam os diversos grupos, que podem ser interdependentes ou não, tanto socialmente, economicamente, culturalmente e tecnologicamente, como os pilares da sustentabilidade que mostram a necessidade da ligação de diversos fatores para a compreensão e estruturação de uma sociedade.

Percebe-se que o contexto que se insere o coletivo e o individual é extremamente complexo, tratando-se de uma esfera que vai muito além apenas das relações intersociais, mas interfere em um campo da esfera global. Diante disso é necessário

o entendimento que a cidade não ocorre por si só, e como sociedade e indivíduo, estamos ligados a essa rede. Temos direito a cidade e a espaços que nos propiciem trocas de conhecimento, e nos permita interagir um com o outro. Como indivíduos estamos esquecendo que a cidade também é nossa, e não simplesmente dos gestores políticos ou dos detentores de capital.

David Harvey (2014) ressalta isso em um dos capítulos de seu livro *Cidades Rebeldes*, relata que a época que estamos vivendo os ideais dos direitos humanos, está ressaltada eticamente e politicamente. Assim, politicamente, tem-se dedicado muito tempo na promoção da construção de um mundo melhor, mas em conceitos baseados na individualidade e na propriedade, fazendo parte claramente da lógica do mercado hegemônica liberal e neoliberal. Ressalta ainda que o poder do capital, dos direitos de propriedade privada e do lucro estão acima de todos os outros direitos, mesmo diante disso ainda existem ocasiões que os direitos humanos assumem uma forma coletiva, na maioria dos casos quando as minorias adquirem maior importância, como o caso dos trabalhadores, das mulheres e dos gays.

Ele se refere a todas essas transformações que estão ocorrendo nas cidades, e na capacidade que o próprio ser humano tem de se impor como sociedade em defesa de seus ideais, mesmo que o "estado e o capital" estejam no controle de tudo. Destaca-se ainda a necessidade da retomada ao direito coletivo, no contexto das ideias de Henri Lefebvre, que analisa as influências do sistema de produção capitalista das cidades, e como esse poder pode influenciar na forma de modelagem da cidade de acordo com seus interesses, mas sem excluir a influência de outros agentes sociais.

É indispensável pensar também que grande parte desses grandes avanços tecnológicos estão ligados a uma questão de capital e David Harvey (2005) ressalva a relação direta existente entre as novas formas de produção e a forma de gestão das cidades capitalistas, em que ocorre a transição de um regime fordista-keynesiano para um regime de "acumulação flexível", no qual a mudança do paradigma da administração da cidade para o empreendedorismo urbano. Assim, as cidades antes aliadas passam a competir entre si, buscando recursos financeiros e atrativos para o capital.

Essas questões ocorrem também no contexto das redes eletrônicas de informação, das novas relações econômicas dos capitais globalizados, dos fluxos digitais das novas tecnologias. A visão que se quer imprimir à cidade passa ordinariamente pela produção, circulação e consumo de imagens, das características que se quer impregnar. Há uma disposição ou capacidade de idealizar, coordenar e realizar projetos, serviços, negócios permeados pelas mídias e também pelos âmbitos digitais.

O processo de globalização intensificou o processo de reestruturação econômica e tecnológica das cidades, a necessidade de racionalização e as facilidades relacionadas à automação dos processos. Harvey (2014) detecta as estratégias que a administração urbana estaria adotando para o gerenciamento urbano, dentre elas está a questão das cidades como centros produtivos, centros de consumo, centros financeiros-administrativos e centros redistributivos. Isso permite que as cidades sejam entendidas como “competidoras”, baseadas numa lógica de uma cidade mercadoria, que com base nas reflexões contemporâneas o mercado as dominaram (ROLNIK, 2001). Considera-se a cidade como uma oportunidade de negócios, ademais

A observação da cidade contemporânea me leva a dizer que o urbanismo contemporâneo é, e deve ser, em muitos e importantes aspectos, diverso daquele do passado. Do mesmo modo, penso poder afirmar que a cidade e o território contemporâneos são diferentes daqueles do passado e que essas diferenças são parte do resultado de consciente mudança das práticas empregadas. Se exploro essas diferenças, abstraindo delas o que é contingente e local, específico de um lugar, de um sujeito, de um momento ou de suas próprias interseções, cidade moderna e cidade contemporânea, urbanismo moderno e contemporâneo, parecem-me campos diferentes, ainda que profundamente interligados (SECCHI, 2006, p.87).

Examinar e projetar o futuro das cidades, deve ser uma das premissas da gestão urbana, dando incentivo as novas estruturas e tecnologias, pois a cidade é um foco de inovação e criação. O “objeto” cidade pode ser tratado e entendido por diversas perspectivas, sejam elas na visão dos arquitetos e urbanistas, geógrafos, sociólogos, políticos, dentre outros.

Antes de tudo é importante pensar que as cidades são lugares de grande dinamismo, principalmente pelos seres que nelas habitam, proporcionando ao espaço geográfico um conjunto de significados atrelados às mudanças que ocorrem na sociedade, sejam elas de cunho cultural ou tecnológico, e a sua relação com o território que habitam.

Um lugar de grande complexidade, seja pelas interações indivíduo – indivíduo, indivíduo – sociedade, indivíduo – espaço público e sociedade – espaço público.

As cidades por si sós formam redes complexas, com a vinculação de diversas práticas e atores envolvidos. As cidades são aglomerações de pessoas em um espaço físico e possuem uma tradição espacial, a raiz da palavra é *civitas* e o urbano em *urbe*, que no latim refere-se à cidade grande. As problemáticas sócio urbanas estão cada vez mais latentes nos estudos que envolvem as cidades e principalmente relacionadas às novas tecnologias na vida urbana, que por muitas vezes se tornam mediadoras dos conflitos e outros processos de integração.

Os avanços tecnológicos proporcionam novas condições de participação da população no poder de decisão e na criação de novos parâmetros e índices a serem utilizados no processo de concepção e reestruturação do espaço urbano.

2.1. A sociedade, a tecnologia e a interação

A cidade contemporânea permite aos seus usuários uma nova tendência comportamental, uma nova visão e percepção do espaço urbano. A internet tem auxiliado nesse aspecto, permitindo a conectividade em diversos tipos de ambientes e redes, além de propiciar a conexão de pessoas e objetos. Diante disso, Castells (2009) diz que as utilizações das TICs pelas pessoas refletem nas transformações da sociedade e também de que forma elas se organizam.

A utilização da internet e o fácil acesso a diversos lugares também propiciaram a facilidade de interação entre os usuários do sistema, o que permitiu que essa tecnologia resultasse em uma forma primordial do acesso, assim como ao consumo de informações, nos quais as informações são produzidas e processadas rapidamente, intensificando e modificando a maneira de se comunicar.

Querendo ou não as novas tecnologias impõem diversas transformações no espaço urbano contemporâneo, principalmente as provocadas no homem urbano sejam elas os sistemas de informação, computadores, tecnologias móveis, as de interação. Ainda como mediadora de conflitos, como ferramentas que podem ser utilizadas no planejamento urbano.

Para Poster (2001) e Shapiro (1999) a tecnologia é um campo de interação, seja pelas relações sociais, como pelas técnicas utilizadas, que modifica e reconfigura a analogia antes existente entre cultura e tecnologia. Para Castells (1999) as tecnologias da informação não são a aplicação de ferramentas, mas uma gama de processos a serem desenvolvidos na sociedade. Por outro lado, a tecnologia ainda se mostra um fator de exclusão social, mesmo que pareça que a tecnologia está acessível a diferentes camadas econômicas da sociedade, isso ainda infelizmente não acontece.

A sociedade tem estado cada vez mais exposta, em que esse mundo digital para Saco (2002) é caracterizado como um mundo informal. São conceitos e tendências, que não são controláveis e que a sociedade está a cada dia a mercê desses âmbitos digitais, tanto como seres que podem interagir, opinando sobre as informações que lhe são passadas como intervenientes dessas comunicações. Para elucidar essa questão, por exemplo as redes sociais, com a criação de perfis (locais de dados), no qual as pessoas podem colocar informações pessoais, fotos, vídeos possibilitam visivelmente uma facilidade na comunicação, e propiciam “diversos” tipos de interações, sejam por chats, postagens, criação de grupos, “curtidas”, que anteriormente aconteciam nos espaços públicos. Hoje esses espaços servem como cenários para os encontros marcados através dos meios de comunicação, para as fotos do perfil ou para os *stories* que compartilham o momento de forma personalizada e engraçada.

Dentre os estudiosos da formação dos novos espaços da cidade contemporânea, e da influência das tecnologias nesses espaços, está Levy (1999) que relata acerca do termo ciberespaço, descrevendo sobre a nova forma de comunicação, no qual abriga uma quantidade inimagináveis de informações. Cabe ao homem explorar as potencialidades desse espaço de comunicação, destacando principalmente que a sociedade faz parte desse universo que percorre diversos planos, como político, econômico, social e cultural, e ressalta ainda a importância da infraestrutura material dessa forma de comunicação digital. É nesse novo espaço que as novas tecnologias modificam as funções humanas, e elas podem ampliar intelectualmente algumas percepções.

Manuel Castells (2009) revela os aspectos relacionados à tecnologia da informação e da transformação tecnológica que cresce exponencialmente pela capacidade de criar

uma interface diretamente ligada à linguagem digital. Essa tecnologia tem revolucionado a maneira de pensar e de agir das pessoas, bem como a forma que é gerada, armazenada, recuperada, trabalhada e disseminada. Assim,

[...] é (na) cidade contemporânea (que) todas as cidades contemporâneas estão se transformando em cibercidades. Podemos entender por cibercidades as cidades nas quais as infraestruturas de telecomunicações e tecnologias digitais já é uma realidade (LEMOS, 2004, p.20).

Segundo Castells (2009, p.43) “a tecnologia não determina a sociedade”, ela potencializa outras dinâmicas nas relações. Baseada nas tecnologias de comunicação e informação que transformaram as relações do espaço-tempo, e tem reconfigurado os fluxos de informação bem como a reconfiguração do espaço social.

As novas estruturas espaciais podem ser beneficiadas diretamente pelas novas tecnologias, tanto no aspecto físico quanto informacional, observando-se a possibilidade da modelagem dos sistemas centrais de uma cidade, o que contribui significativamente para a gestão da mesma. O sistema de georeferenciamento é uma dessas tecnologias que auxilia tanto a população quanto os gestores na vivência dessas cidades. Desse modo, essa e outras tecnologias aumentam a autonomia do cidadão, seja nos aspectos de mobilidade como na organização e desburocratização de serviços. Os locais passam a ter uma característica de conexão diferenciada. Para Castells (2009, p.57), “As novas tecnologias da informação estão integrando o mundo em redes globais de instrumentalidade. A comunicação mediada por computadores gera uma gama enorme de comunidades virtuais”.

Diversas ações urbanas têm sido desenvolvidas para a conscientização da população, principalmente de forma intuitiva e colaborativa a respeito desse emaranhado trazido pela revolução tecnológica. Harvey (2014) em seus estudos faz uma reflexão acerca da pós-modernidade e suas relações com a sociedade contemporânea, e de que forma as novas tecnologias contribuíram para a formação da cidade capitalista, tanto pelo aperfeiçoamento dos fluxos de comunicação quanto pelas informações.

A arquitetura e o projeto urbano viram-se, portanto, diante de oportunidades novas e mais amplas de diversificar a forma espacial do que ocorrera no período pós-guerra imediato. Formas urbanas dispersas, descentralizadas e desconcentradas são hoje muito mais factíveis tecnologicamente do que antes (HARVEY, 1992, p.77).

Sabe-se ainda que o desenvolvimento de novas tecnologias da informação, têm propiciado diversas facilidades na escala urbana. A inserção do conceito de cidades inteligentes no planejamento urbano permitiu que diversas inovações acontecessem nesse cenário. As cidades tornaram-se mais “competitivas”, visando alcançar um futuro inovador, apostando na tecnologia digital para melhorar a informação e os serviços, além de propiciar uma melhor qualidade de vida à população.

Ascher (2010) entende esse processo como a segunda e a terceira revolução urbana moderna que significativamente classifica e identifica esses períodos,

[...] a segunda modernidade e a sua revolução urbana produziram os modelos e deram nome ao urbanismo. A terceira modernidade e sua revolução urbana fizeram emergir novas atitudes diante do futuro, novos projetos, modos de pensar e ações diferenciadas [...] (ASCHER, 2010, p.61).

Diretamente ligada a esse processo, a prática arquitetônica passou por alterações, especificamente no campo urbano, no qual segundo Del Rio (1997, p.710) designa que,

Cabe aos arquitetos e urbanistas redirecionarem sua prática, fundamentando-se em postura crítica o suficiente de modo a, dentro do que se entende por sociedade pós-moderna, ainda poderem orientar o desenho das cidades para os futuros pluralistas e democráticos, respeitosos da idiossincrasia dos lugares e da individualidade de seus cidadãos.

A Arquitetura e o Urbanismo se afasta do quesito gestão, pois os espaços são projetados para pessoas, partindo do pressuposto que esses espaços serão ocupados, não apenas como transição ou circulação, mas também para permanência. Quando se refere ao urbanismo sabe-se que a palavra carrega consigo um peso muito maior que o desenho urbano, mas uma integração entre disciplinas para favorecer cidades mais justas. Assim é indispensável que estudos e análises sejam feitas para compreender a conexão entre esses papéis, tanto o do profissional arquiteto, como intermediador e também o usuário desse serviço e da materialização do mesmo. Além disso a gestão pública está diretamente ligada a esse processo, e a implementação de novas tecnologias.

A sociedade tem se desenvolvido rapidamente, principalmente nas últimas décadas, e esse crescimento das cidades está diretamente ligado à questão da globalização, assim como as transformações que ocorreram no cenário tecnológico e econômico. Isso possibilitou grandes avanços, além de mudanças estruturais e a possibilidade de inovações no processo de planejamento urbano.

Afora o *city-marketing*, instrumentos informativos são também aqueles que objetivam informar a própria população a respeito de campanhas governamentais (como campanhas de conscientização, a exemplo daqueles sobre educação ambiental) e os que buscam mobilizar e informar os cidadãos para a participação em processo de planejamento e gestão. Frequentemente, avança-se para um pouco além da simples informação, oferecendo-se uma oportunidade menor ou maior para que a população seja, também, ouvida (SOUZA, 2015, p.304).

Atualmente a melhoria na gestão e comunicação de nossas cidades está diretamente ligada à tecnologia, e conseqüentemente à transmissão de informação. Percebe-se a grande necessidade da aplicação de metodologias adequadas, que possibilitem o desenvolvimento sustentável das cidades, assim como políticas que estejam diretamente ligadas à questão do planejamento urbano.

2.2. As tecnologias e o planejamento urbano

As mudanças estruturais que ocorreram nas últimas décadas influenciaram diretamente no urbanismo, no planejamento urbano, no projeto urbano e também na gestão urbana. Principalmente aspectos relacionados às proposições teóricas, discussões pautadas na questão da globalização, na economia de mercado, no desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação, assim como nas tecnologias de transporte.

A produção de tecnologias da informação torna-se então, de fato, uma ponta de lança para a formação de um novo espaço hierárquico de produção que se estende por todo o mundo, divide países e diferencia localizações com as conexões necessárias à lógica econômica e funcional do processo mantida pelas novas formas de comunicação. Esse novo espaço é representado por uma geometria variável que depende unicamente do sobe e desce das empresas, regiões e países no escalão tecnológico (ARAUJO, 2011, p.51).

A cidade por si só pode ser considerada uma entidade, em constante mutação. Não são com palavras que é possível caracterizar e explicar as cidades, principalmente devido suas constantes transformações, sociais, formais e urbanas. A cidade

contemporânea cria suas cenografias urbanas, sejam elas as dos espaços públicos ou privados. Uma série de cheios e vazios que conformam a paisagem. A necessidade de projetar essa complexidade das cidades, propicia o surgimento de ideias e novas ferramentas, que sejam capazes de transpor essas complexidades, e propor soluções para os problemas enfrentados diariamente pela população em geral.

A transformação das cidades trouxe com elas a necessidade de novos modelos de gestão e mais que, isso novos modelos de administração. Os gerenciadores de tarefas e as plataformas de visualização deixaram de ser apenas mapas físicos e planilhas de controle para serem processos mais integrados e colaborativos. No passado havia um papel centralizado das gestões, onde indivíduos por vezes tomavam decisões unilaterais baseadas nas suas experiências pessoais.

É cada vez mais frequente um coletivo de pessoas de distintas especialidades, que atuam e desenvolvem atividades de diferentes naturezas e agem como um colegiado articulado. As habilidades e competências individuais são extremamente relevantes para a conformação dessas equipes. Esses instrumentos constituem bancos de dados, também conhecidos como *Big Data*, no qual os planejadores podem administrar e planejar as cidades utilizando-se dos pilares da sustentabilidade. Eles podem transformar as informações uteis em parâmetros de dimensionamento e indicadores para aplicação de ações de práticas aos modelos urbanos.

O planejamento é a preparação para a gestão futura, buscando-se evitar ou minimizar problemas e ampliar as margens de manobra; e a gestão é a efetivação, ao menos em parte [...] das condições que o planejamento feito no passado ajudou a construir. Longe de serem concorrentes ou intercambiáveis, planejamento e gestão são distintos e complementares (SOUZA, 2015, p.46).

Percebe-se que parte do planejamento urbano tem tentado se utilizar das novas tecnologias, principalmente para o desenvolvimento da cidade, o que tem transfigurado as características do projeto e gestão urbanos. Os aspectos relacionados às logísticas urbanas, tem-se multiplicado cada vez mais na ideia de diferentes fluxos e na polarização de novas centralidades urbanas.

A organização das informações serve para definir os objetivos a serem traçados pela gestão das organizações, principalmente da gestão municipal, no qual a informação processada pode reduzir ou até mesmo evitar incertezas geradas na tomada de

decisão. Para Choo e Auster (1993), é necessário que o uso da informação seja examinado dentro de certas configurações, e principalmente dentro de requisitos específicos de “tarefas” que vão ser realizadas com aquela informação, além da efetiva participação dos usuários, sejam eles em qualquer nível de hierarquia.

Dentro dos aspectos fundamentais estão a acessibilidade a fonte e a própria informação, pois dentro das tarefas do monitoramento está a organização e a interpretação das informações, para que elas sejam processadas e implementadas adequadamente no espaço urbano. No campo da gestão pública normalmente as ações são tomadas e posteriormente são interpretadas, muitas vezes nem são interpretadas e analisadas previamente, naquilo que constitui sempre um conjunto de grandes repercussões.

No meio dos entraves existentes nesse aspecto, percebe-se a necessidade de troca de informação, entre o poder público e a população, que é o principal agente envolvido quanto as tomadas de decisão da gestão municipal. Segundo Villaça (2001) existem instrumentos fundamentais para o planejamento urbano, sendo eles de competência municipal, e de natureza urbanística, tributária ou jurídica. Logo cabe ao poder público, levantar dados e interpretar o espaço urbano e todos os seus agentes envolvidos facilitando o acesso a informação.

A forma de visualização de dados pela população deve ser facilitada, a informação é multiplataforma, e é através dessas plataformas que as experiências dos usuários vão ser facilitadas, sejam elas pela facilidade de mobilidade ou pelos recursos cognitivos envolvidos no dispositivo. Nessa lógica o usuário se mantém conectado à rede, gera e consome informação.

Atualmente o monitoramento de informações tem se tornado cada vez mais importante, principalmente devido às grandes possibilidades existentes dentro dessa atividade, especialmente na identificação de cenários possíveis e as novas predisposições de um determinado fato. Além disso, o monitoramento constante permite a atualização e a divulgação de informações. Ao se tratar do planejamento e da gestão das cidades verifica-se a necessidade de uma estrutura permanente de monitoramento e fiscalização.

A veracidade e a pertinência dos dados são sempre fatores determinantes naquilo que os gestores entendem dentro das suas perspectivas de ação. Aquilo que é efetivamente apontado, ou seja, dentro de uma lógica consistente das informações (em termos de prioridade elencada pela população, naquilo que tange aos seus problemas mais emergenciais).

Em boa parte das vezes, diversos problemas podem ocorrer durante o processo de coleta de dados, os quais podem comprometer seriamente as soluções propostas no final do processo, ou seja, a qualidade da solução do problema de gestão está diretamente relacionada com a qualidade dos dados obtidos. Dados muito consistentes podem ser obtidos por meio de plataformas que tem interação pública, são eficientes e têm um custo menor. Dentre os sistemas de monitoramento estão os de monitoramento de informação na Internet, que ao utilizar softwares ou agentes inteligentes, como os programas-robô, vasculham diversas informações com o “tema” desejado em diversos níveis da internet.

O uso de novas tecnologias e metodologias têm sido importantíssimas para a análise dos fenômenos espaciais, sejam eles no espaço urbano ou no rural. A utilização dos ambientes computacionais proporcionou o aperfeiçoamento da análise espacial, da construção de modelos e na representação dos dados obtidos, sejam nos projetos urbanos ou nas cartografias.

Neste contexto com o objetivo de interpretar e compreender a forma urbana, a utilização das geotecnologias possibilitou grandes avanços e possibilidades, principalmente nas análises realizadas através de materiais obtidos por sensoriamento remoto⁴.

As geotecnologias são inseridas como um conjunto de técnicas a serem utilizadas para auxiliar na localização geográfica das informações obtidas, neste caso tornando as informações em informações geográficas, permitindo a realização do mapeamento

⁴ Sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas para obtenção de informação na superfície terrestre, através da análise de dados adquiridos por sensores.

Segundo Nogueira et al. (2008, p.157) “Materiais de Sensoriamento remoto são de extrema importância para a realização de mapeamentos geomorfológicos, independente se a escala de análise é em nível regional ou local. As imagens de satélite, fotos aéreas e dados de radar são essenciais na elaboração de cartas geomorfológicas, tendo em vista que representam a realidade da paisagem física como ela é. Através destes materiais é possível identificar feições geomorfológicas em diversas escalas de generalização a escalas de grandes detalhes”.

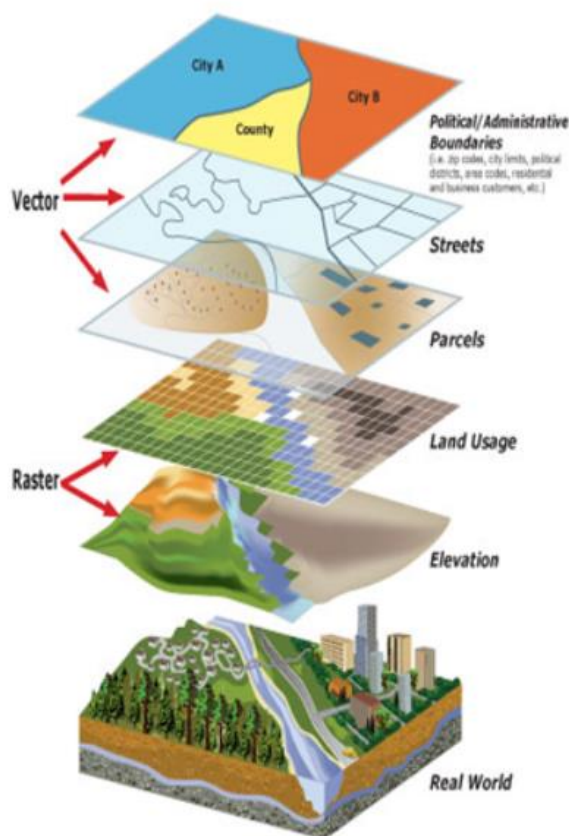
dos problemas e analisando segundo suas informações, sejam elas geográficas, físicas, demográficas, além da possibilidade de monitorar os espaços terrestres. Profissionais são pagos para realizar esses serviços. Se corretamente utilizadas, as novas tecnologias, além de conseguirem alimentar o sistema de modo contínuo pela população (atualização ininterrupta), dão uma visão real dos problemas. Reconhecer o problema na sua dimensão verdadeira é fundamental para que a questão também seja solucionada de forma consistente. Dentre os exemplos estão o sensoriamento remoto, as cartografias digitais, a fotogrametria, o Sistema de Posicionamento Global⁵ (GPS) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O SIG, está diretamente ligado aos sistemas de informação e a integração da base de dados, que tem como objetivo otimizar a realização de tarefas através da sua automação, possibilitando a realização de análises complexas e a integração de dados. Para Rosa (2013, p.48) é o “sistema destinado à aquisição, armazenamento, manipulação, análise, simulação, modelagem e apresentação de dados referidos espacialmente na superfície terrestre, integrando diversas tecnologias”.

Ao se tratar de dados geográficos eles podem ser espaciais ou descritivos, no qual os dados espaciais também conhecidos como dados geográficos estão diretamente ligados aos objetos geográficos, e descrevem a sua localização. Os dados descritivos estão relacionados a atributos e descrevem as características desses objetos. Na Figura 2 é possível identificar os modelos básicos de dados geográficos, baseados em camadas.

⁵ O GPS é muito utilizado na realização de serviços de mapeamento e geoprocessamento, baseando-se na determinação de uma distância no caso um ponto receptor e outro ponto de referência, através de sinal de satélite dividido em três segmentos: espacial, de controle e do usuário. Segundo Rosa (2013, p.48) o GPS, “É um sistema de rádio navegação baseado em satélites desenvolvido e controlado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América (U.S. DoD) que permite a qualquer usuário saber a sua localização, velocidade e tempo, 24 horas por dia, sob quaisquer condições atmosféricas e em qualquer ponto do globo terrestre”.

Figura 2: Exemplo de mapa de camadas usadas no SIG.



Fonte: San Bernardino County GIS (2012)

Existem dois tipos de representação de dados espaciais, as vetoriais e as raster. As vetoriais são baseadas em vetores, ou nos elementos da geometria plana, pontos, linhas e planos, e cada elemento da cidade é representado por eles. No caso das estruturas raster são representações através da geometria digital, e imagens de satélite no qual a partir de uma malha quadriculada, cada célula corresponde a um elemento ou objeto cartográfico.

A implantação do geoprocessamento na gestão pública já tem sido bastante utilizada, primeiramente pela necessidade de estabelecer relações existentes entre diversos fatores e áreas de conhecimento. Ela ocorre inicialmente na produção de mapas que contenham dados georreferenciados e também pela possibilidade de disponibilizar para o cidadão um conjunto de informações atualizadas e geograficamente especializadas sobre as tomadas de decisão dos gestores e dos técnicos. A aplicação do geoprocessamento no campo municipal pode ser realizado de diversas maneiras e em diversos campos, além de propiciar tomadas de decisão mais consistentes.

Assim, com a inserção das tecnologias, aumentou-se a facilidade de planejar e gerir um território, que é “[...] um espaço definido e delimitado por e a partir de relações de poder [...]” (SOUZA, 1995 p.78). Percebe-se que as adoções de novas tecnologias aplicadas ao planejamento urbano requerem ainda uma tentativa clara de conhecimento de onde e quais sistemas devem ser aplicados, voltados a integração e atendimento de demandas, sejam elas baseadas na questão política e nas questões técnicas. Os primeiros esforços a serem empregados são sempre mais complicados, pois estão quase sempre alinhados a grandes investimentos, na compra de softwares e equipamentos, assim como a contratação de consultorias especializadas.

A criação e utilização dos modelos virtuais produzem diversos cenários a serem explorados, como também possibilitam a melhor utilização de estratégias na gestão das cidades. Os modelos não se constituem apenas como fundamentais referências visuais, mas se estabelecem num sistema de vínculo, de camadas, de classes, de informações específicas que podem ser compreendidas sob diversos pontos de vista.

Um dos grandes problemas atuais do planejamento urbano são os maus diagnósticos, diagnósticos muitas vezes irrealistas, e que não contemplam a necessidade da população e também da não realização de um planejamento que seja factível. As crises decisórias são fatores muito importantes para o planejamento urbano. Atualmente tem-se grandes problemas com a própria gestão do planejamento. Pode-se citar por exemplo, a iniciativa privada tomando conta por muitas vezes desse planejamento, e privatizando os espaços urbanos. As regras são fundamentais no fenômeno urbano, principalmente devido a necessidade do controle desses espaços, mas as regras não devem ser apenas para alguns, e imutáveis, o espaço urbano é o lugar de todos.

Ao se pensar tecnologias a serem aplicadas no espaço urbano, é importante o entendimento de algumas terminologias referentes ao urbanismo, e seus fatores correlatos, como o planejamento urbano.

O planejamento urbano afirma-se como disciplina e como instrumento fundamental do urbanismo moderno, adotando o plano e o zoneamento como os principais mecanismos responsáveis pela ordenação e pela regulação do uso e da ocupação dos solos, bem como pelo planejamento do futuro das cidades. (OLIVEIRA FILHO 2009 p. 35).

Outros autores baseiam-se na visão clássica e ampla do planejamento, no qual ele “é um método de aplicação, contínuo e permanente, destinado a resolver, racionalmente, os problemas que afetam uma sociedade [...] através de uma previsão ordenada capaz de antecipar suas ulteriores consequências” (FERRARI, 1979, p. 01).

O Planejamento urbano (o qual deve, aliás, sempre pensando junto com a gestão, seu complemento indissociável), sugere, por conseguinte, um contexto mais amplo que aquele representado pelas expressões Urbanismo e Desenho Urbano. O planejamento urbano inclui o Urbanismo (ou o Desenho Urbano, como preferirem); o último é o subconjunto do primeiro (SOUZA 2015, p.58).

Esse conceito carrega consigo um processo de luta e estudos atrelados ao que é o fenômeno urbano e ao ordenamento físico das cidades. Percebe-se que parte das políticas urbanas modernas resultaram em projetos que podem ser considerados traumáticos para o espaço urbano, causando efeitos negativos nas cidades. Muitos projetos conseguiram diagnosticar problemas mais evidentes e a curto prazo. Uma das maiores dificuldades nesse processo é antever a longo prazo soluções adequadas.

Autores como Ackel Filho (1992) e Villaça (2001), estabelecem o planejamento urbano diante uma nova ordem urbanística, diante a preocupação do fim do planejamento setorial, mas visando um planejamento integrado físico-territorial, no qual o planejamento é tratado como

[...] o programa técnico-político-legal fixador das diretrizes para o desenvolvimento e expansão urbana, louvado em fatores humanos e socioeconômicos, visando assegurar a ordenação disciplinada da cidade e a boa qualidade de vida dos seus habitantes (ACKEL FILHO, 1992, p.258).

Dentre os diversos aspectos que envolvem essa formação, as variáveis nem sempre previsíveis desse ordenamento, encontram-se os agentes com seus respectivos interesses, e a necessidade de consenso entre os atores públicos e privados, para isso tecnologias tem sido empregadas, possibilitando a realização de diversos projetos.

Para Carrato e Muñoz (2017) que têm realizado pesquisas na área de modelos urbanos inteligentes e da utilização dos bancos de dados, é necessário reconsiderar o planejamento dos espaços onde grande parte da população mundial vive. Nas

idades, o crescimento da população coincide com o crescente compromisso da informação e do conteúdo digital para o seu desenvolvimento. Isso demonstra cada vez mais a importância das informações, e das tecnologias que manipulam essas informações. O *Big Data* se tornou um catalisador exponencial para a extração de dados de qualidade, além da possibilidade massiva de coleta e inserção de dados. Há uma maturidade tecnológica adquirida graças a essas qualidades, permitindo que esses dados existam e sejam aplicados aos sistemas urbanos e ao planejamento das cidades “inteligentes”.

Nesse sentido, as cidades contemporâneas mudam a sua representação, a necessidade do imediatismo, assim como a necessidade de transmissão instantânea do que ocorre individualmente, mas também na cidade, quebra a noção de espaço-tempo e acaba dissolvendo a dimensão física da cidade. Para Araujo (2011, p. 53) “A arquitetura urbana deve, a partir de agora, relacionar-se com a abertura de um espaço-tempo tecnológico”. Neste sentido, a unidade lugar não necessariamente precisa da unidade tempo, e a cidade enquanto espaço começa a desaparecer observando a temporalidade da tecnologia.

As tecnologias fazem parte de uma das etapas desse novo desenvolvimento global, e devem ser utilizadas para transformar a vida das pessoas otimizando os recursos disponíveis no espaço urbano. Diante disso, para que a cidade do futuro seja mais sustentável, criativa, inovadora e acolhedora, existem alguns termos emblemáticos que possibilitam repensar as cidades, colocando como protagonistas essas novas mudanças, pode-se citar como exemplo as atualmente conhecidas cidades inteligentes (*Smart Cities*) a serem abordadas a seguir.

2.3. O futuro das cidades e as Cidades Inteligentes

As cidades são elementos de extrema importância para o futuro, tanto pelo seu papel social, como econômico. Segundo o relatório da ONU (2018), a população está cada vez mais urbanizada e atualmente 54% da população mundial vive em cidades, até 2050 esse valor deve aumentar para 66%.

Tanto a cidade como a tecnologia são assuntos extremamente complexos e temas intrigantes, que têm evoluído significativamente. Estão em constante modificação,

passando por mudanças econômicas e culturais, e no caso das cidades por mutações urbanísticas. A cidade é um laboratório e ao mesmo tempo um produto.

A combinação do uso de recursos e do desenvolvimento econômico e social das cidades requer uma boa sustentabilidade ambiental. É diante desse rápido crescimento da população e conseqüentemente da cidade, que se verifica a importância de encontrar novas maneiras de solucionar, urgentemente, os problemas que estão surgindo, como os problemas relacionados à qualidade do ar, os problemas de transporte, os riscos naturais e econômicos, dentre outros.

Fica claro a necessidade de novos métodos e técnicas que possam gerir esse espaço urbano. As cidades precisam encontrar maneiras mais inteligentes de enfrentar esses desafios. Segundo Turcu (2012), as cidades devem responder às necessidades solicitadas, e dar soluções sustentáveis para os aspectos sociais e econômicos. É importante entender a demanda para que os serviços básicos não sejam afetados.

Para Corrêa (2000), existe a necessidade de um constante processo de reorganização espacial da cidade. Pereira (2018, p.15) afirma que “Esse processo vem sendo reforçado e condicionado cada vez mais pelas tecnologias da informação e da comunicação, as TIC’s”. Neste caso, as inovações tecnológicas podem ser uma solução para esse processo, proporcionando respostas mais eficientes, principalmente em suas análises.

Para Stojanovski (2013) a cidade é um palco onde diferentes interesses, indivíduos, grupos sociais ou classes lutam pelo direito de desenvolver a cidade. Os conflitos na cidade existem desde os primórdios, logo esses confrontos existem e sustentam uma história de luta, que tem grande representação no presente e nas expectativas para o futuro.

A cidade é “uma localização permanentemente, relativamente grande e densa de indivíduos socialmente heterogêneos” (CASTELLS, 1997, p.77). As cidades podem ser compreendidas sob abordagens muito díspares e por diferentes autores. Principalmente diante as teorias urbanas, as cidades podem ser vistas como espaço social e espaço físico (SOJA, 1993), no ponto de vista da morfologia urbana (RECLUS, 1905), (PARK e BURGESS, 1925), como aglomerações de fluxos (HARVEY, 1992),

(ASH e THRIFT, 2002), como um local que agrega individuo diferentes (CASTELLS, 1997), como imagem mental (RAFFESTIN, 2009).

Para Ash e Thrift (2002, p.42) “As cidades são uma extraordinária aglomeração de fluxos”, entendendo que isso não ocorre apenas com as pessoas, mas os fluxos incluem outros tipos de mobilidade, como os de informações, capital, normas, hábitos e estilo de vida.

Diante disso, novas abordagens estão surgindo, como as Cidades Inteligentes, que conectam a infraestrutura física, estrutura econômica e o sistema social com os sistemas de tecnologia da informação, como o intuito de aumentar a eficiência geral das operações existentes. Mas o que se percebe é que,

O conceito de cidade inteligente está longe de se limitar aos aspectos tecnológicos e, justamente com a crescente relevância do conceito de cidade inteligente, definições e significados estão proliferando, gerando confusão sobre a essência de uma cidade inteligente. (ALBINO, BERARDI e DAUGELICO, 2015, p.4)

A literatura apresenta diversos termos relacionados às cidades inteligentes, como: cidade digital, cidades inovadoras, cidades sustentáveis, dentre outros. Mas necessariamente alguns desses termos similares referem-se a níveis mais específicos e menos inclusivos de uma cidade.

O termo cidade inteligente está relacionado principalmente às estratégias de desenvolvimento econômico e social, utilizando as TICs. Segundo Nam e Pardo (2011), do ponto de vista tecnológico a cidade inteligente é definida como uma cidade com grande presença de tecnologias TIC e reforçam que não é apenas a adoção de tecnologias que fazem a Cidade Inteligente. Ela pode ser caracterizada como a oferta de novas infraestruturas, proporcionando criatividade, inovação, empreendedorismo, e um estilo de vida mais consciente e ambientalmente sustentável.

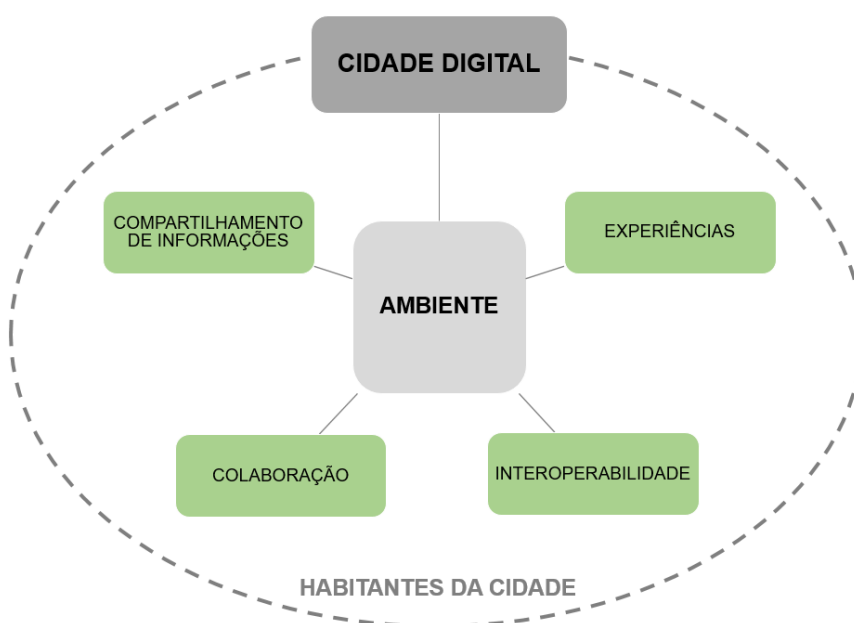
O conceito de cidade inteligente existe desde os anos 90, mas ainda é um conceito relativamente novo, evoluindo a partir dos desenvolvimentos tecnológicos e dos conceitos e áreas de investigação da “cidade virtual”, “cidade com fios”, “cidade informativa”, “telecity”, “cidade inteligente”, “cibernética urbana” e “cidade digital”, todas elas refletindo uma visão tecnologicamente melhorada de uma cidade (THOMPSON, 2015, p.501).

A definição de cidades inteligentes ainda não possui um conceito fechado, mas diante a diversos relatos pode-se compreender o que seriam essas cidades. Inicialmente começam os estudos sobre as cidades digitais, observando apenas as necessidades das infraestruturas básicas que eram necessários para oferecer serviços digitais, como por exemplo a instalação de fibras óticas.

Segundo Ishida (2002) as cidades digitais dizem respeito a uma comunidade conectada, que combina uma rede de banda larga, infraestrutura de comunicação e computação flexível, orientada em padrões abertos da indústria e de serviços para atender as demandas do governo e da sociedade no geral.

Ao se tratar de cidades digitais é importante um sistema integrado de monitoramento da cidade, que deve ser feito por meio de diversas plataformas, como circuitos de câmeras de monitoramento, circuitos fechados de TV (CFTV⁶), controladores de tráfego (normalmente instalados em semáforos) e outros painéis de informação variadas. Como pode ser visto na Figura 3, a cidade digital é constituída de um ambiente de compartilhamento de informações, troca de experiências, colaboração e interoperabilidade entre os diversos atores da cidade.

Figura 3: Diagrama de Cidade Digital



⁶ CFTV – Circuito Fechado de TV, é utilizado para realizar o monitoramento, realizado por câmeras distribuídas e conectadas a um sistema central.

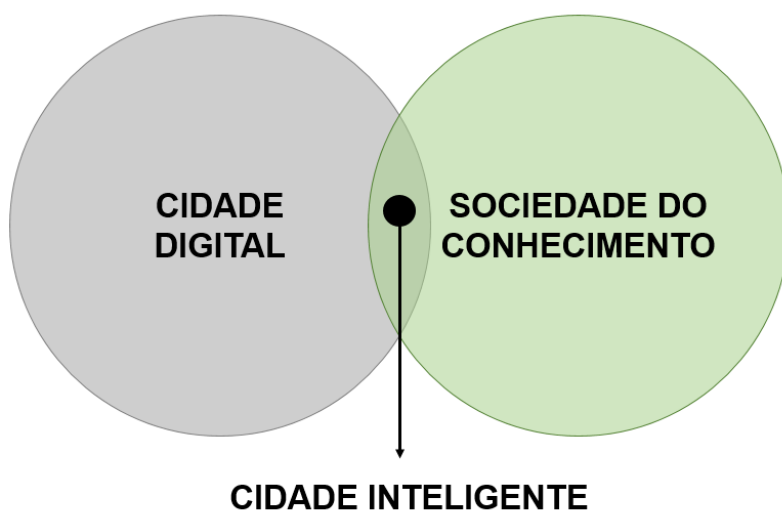
Fonte: Autora.

O emprego de sistemas de informação tem como objetivo principal disponibilizar diversos serviços a toda a população, com maior eficiência, e custos menores, além de afetar o meio ambiente o mínimo possível. Isso garante a qualidade de vida através da tecnologia.

A difusão de diversos conceitos pode ser um problema para a identificação de uma Cidade Inteligente, principalmente no que tange ao seu desempenho de “inteligência (ALBINO, BERARDI e DAUGELICO, 2015). Isso representa um obstáculo para a formulação de políticas apropriadas para o seu desenvolvimento.

Na evolução dos conceitos fica claro que as cidades inteligentes estão relacionadas com a sustentabilidade do que necessariamente com difusão das TICs, considerando prioritariamente a necessidade das pessoas e da comunidade (ALBINO, BERARDI e DAUGELICO, 2015). Diante disso, verifica-se que as cidades inteligentes estão no entremeio das cidades digitais e o desenvolvimento da sociedade do conhecimento, como pode ser visto na Figura 4. Observa-se que necessariamente uma cidade digital não é inteligente, mas uma cidade inteligente precisa dos componentes de uma cidade digital.

Figura 4: Diagrama Cidades Inteligentes



Fonte: Autora.

Segundo Komninos (2011) as cidades inteligentes podem ser divididas em três camadas: institucional, física e digital, circundadas no elemento comunicação. Nesse sentido, a camada institucional relaciona-se às questões de inovação, planejamento, políticas e governo. Já a camada física refere-se às questões de infraestrutura, do ambiente, como a distribuição populacional, a localização das atividades econômicas e, por fim, a camada digital que facilita a comunicação das outras camadas através da obtenção e disseminação de informações, além da possibilidade do controle visual da infraestrutura urbana.

Nam e Pardo (2011) também apresentam uma divisão para as cidades, entretanto para eles a denominação empregada no lugar de camadas é a de dimensões, sendo elas a tecnológica, organizacional e política. Neste caso, as dimensões propostas compreendem mais que uma visão de novas ideias, mas também uma visão prática a ser aplicada nos processos e serviços da cidade.

A definição apresentada por Caragliu et al. (2009, p. 50) apresenta o seguinte:

Uma cidade é inteligente quando investimentos em capital humano e social e infraestruturas de comunicação tradicionais (transporte) e modernas (TIC) promovem um crescimento econômico sustentável e uma elevada qualidade de vida, sob uma sábia gestão de recursos naturais e processos participativos de governança.

Borja e Castells (1997) falam que a cidade inteligente é aquela que maximiza as conexões possíveis, que multiplica as dimensões positivas de tamanho, densidade e diversidade. Hollands (2008) relata que a cidade inteligente é um fenômeno de “etiquetagem urbana”, o que é prejudicial para a cidade, e principalmente para o conceito, pois cria rótulos, mas nem sempre alcança as necessidades do usuário.

Giffender et al. (2007, p.12) propõe uma Tabela 1 com os fatores e as dimensões para caracterizar as cidades inteligentes.

Tabela 1: Características e fatores de avaliação de cidades inteligentes.

<p>ECONOMIA INTELIGENTE (Competitividade)</p>	<p>PESSOAS INTELIGENTES (Capital Humano e Social)</p>
--	--

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espírito inovador ▪ Empreendedorismo ▪ Imagem econômica e símbolos ▪ Produtividade ▪ Flexibilidade do mercado de trabalho ▪ Inserção internacional ▪ Habilidade para se transformar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nível de qualificação ▪ Afinidade para aprendizagem ▪ Pluralidade social e étnica ▪ Flexibilidade ▪ Criatividade ▪ Visão cosmopolita/mente aberta ▪ Participação na vida pública
<p align="center">GOVERNO INTELIGENTE (Participação)</p>	<p align="center">MOBILIDADE INTELIGENTE (Transporte e TIC)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Participação na tomada de decisões ▪ Serviços públicos ▪ Transparência ▪ Perspectivas e estratégias políticas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acessibilidade local ▪ Acessibilidade internacional ▪ Disponibilidade de infraestrutura de TIC ▪ Sistemas de transporte seguros, sustentáveis e inovadores
<p align="center">MEIO AMBIENTE INTELIGENTE (Recursos os Naturais)</p>	<p align="center">LUGAR INTELIGENTE (Qualidade de vida)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atratividade das condições naturais ▪ Poluição ▪ Proteção ambiental ▪ Gestão sustentável dos recursos naturais 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalações culturais ▪ Condições de saúde ▪ Segurança ▪ Qualidade das moradias ▪ Instalações educacionais ▪ Atrações turísticas ▪ Coesão social

Fonte: Giffender et al. (2007, p.12)

Esses eixos se conectam nas relações com as teorias tradicionais de crescimento e desenvolvimento urbano, baseando-se principalmente em pilares de competitividade entre cidades.

Muitas cidades no mundo têm utilizado o termo inteligente para definir suas cidades, mas assim como a definição ainda não é algo preciso, não existem critérios específicos e únicos para determinação do que é uma cidade inteligente. Segundo Panhan, Mendes e Breda (2016, p.15) “Algumas cidades utilizam a palavra inteligente para nomear iniciativas que envolvem o emprego das tecnologias da informação em projetos de comunicação”.

As estratégias utilizadas para a implantação dessas iniciativas devem ser pensadas e analisadas com a criação de um planejamento para que ela possa ser implementado. Assim como a definição de quais são os objetivos a serem alcançados na cidade e os indicadores de desempenho, para que posteriormente ela possa ser chamada de cidade inteligente.

A necessidade de saber interpretar, avaliar, cruzar, analisar os diversos dados gerados pela cidade é de grande importância para a gestão urbana, e com isso o uso das tecnologias de informação tornou-se um grande aliado que possibilita uma visão real dos fatos. A tecnologia pode ajudar a melhorar a saúde, a economia e os transportes das cidades, observando que a tecnologia não é o fim, mas o meio.

O ato de planejar está diretamente ligado as questões futuras, “tentar simular os desdobramentos de um processo com o objetivo de melhor precaver-se contra prováveis problemas ou, inversamente, com o fito de melhor tirar partido de prováveis benefícios [...]” (SOUZA, 2015, p.46).

O conjunto de processos e tecnologias, dentre eles o armazenamento de dados em nuvem, as redes elétricas inteligentes, redes de sensores sem fio, sistemas de informação geográficos e dispositivos sem fio, como GPS, tablets e telefones celulares que permitem agregar conteúdo digital a uma localização, e até mesmo a realização do monitoramento dessa informação, possibilitando tomadas de decisões a partir dos dados obtidos. Sabe-se que existem diversos instrumentos que já estão sendo utilizados quando se fala de cidades inteligentes, mas diversos instrumentos e ações ainda podem ser potencializados e melhor elaborados.

Byun et al. (2016) traz um novo conceito relacionado as cidades inteligentes o de IoT⁷ (*Internet of Things*) ou Internet das Coisas. Nessa perspectiva as cidades inteligentes

São cidades que estão embasadas na construção de uma rede de comunicação entre M2M⁸ (*Machine to Machine*), IoT (*Internet of Things*) e IoE⁹ (*Internet of Everything*), amparados em uma economia criativa, aonde é enfatizada a sua realização através dos governos (BYUN et al. 2016, p.210).

Através do M2M um semáforo conseguiria identificar o fluxo de veículos em uma rua, assim como a quantidade de veículos que trafegam por ali, adaptando os sinais

⁷ IoT (*Internet of Things*) – Internet das Coisas é a forma com que os objetos físicos estão conectados, e como eles se comunicam com os seus usuários, através de sensores e soluções inteligentes e econômicas, no qual tudo pode ser controlado por dispositivos.

⁸ M2M (*Machine to Machine*) – Máquina a Máquina, e a possibilidade de automatizar, otimizar e agilizar processos, principalmente no que tange a coleta e o tratamento de dados, no qual as máquinas utilizam uma rede para se comunicarem e através de sensores é feita a coleta do dado e posteriormente ele é transmitido para um servidor, onde ele será processado e transformado e utilizado por outro software.

⁹ IoE (*Internet of Everything*) – Internet de Tudo, o conceito está extremamente atrelado ao conceito de IoT, entretanto além dos objetos conectados o IoE considera os dados que circulam através desses objetos, assim como as pessoas e os processos envolvidos.

abertos ou fechados de acordo com o fluxo. Além disso, através da utilização desses sensores seria possível realizar o monitoramento automatizado e controlar o uso de energia e de água gasto nas cidades.

Segundo Hollands (2008) o fator crítico para o sucesso de qualquer iniciativa de cidades inteligentes são as pessoas e suas interações, e que é falaciosa a crença de que a tecnologia, por si só, é capaz de transformar ou melhorar as cidades. As tecnologias são fundamentais no desenvolvimento das cidades, pois são facilitadoras de um sem número de tarefas, de rotinas que no passado eram extremamente árduas. Há esforços em todos os sentidos para que venham ser prestadas às mais diversas finalidades. No entanto, não são nada sem o “querer” humano. Não são autônomas, não fazem nada por si só. Nesse sentido, é fundamental o entendimento de que se constituem na mediação de tarefas: são auxiliares na produção, consumo e circulação geral de coisas, dos vários tipos de mídias, dos objetos virtuais, dados e informações das mais diferentes naturezas.

As decisões de uma cidade são baseadas em decisões estratégicas e táticas, neste caso primeiramente determinando-se a “coisa” certa a fazer e posteriormente a maneira certa de fazê-la. Segundo Washburn (2017 p.1) “A tecnologia inteligente não é inteligente se nos faz confundir, enquanto cidadãos as decisões estratégicas e as táticas”.

Atualmente todo mundo convive diariamente com diversas tecnologias. A sociedade contemporânea tem se transformado na sociedade da informação, principalmente devido ao ritmo do progresso tecnológico. As inovações também chegaram às cidades, o acesso público à internet transformou a relação do usuário com a informação sobre a cidade. Um usuário comum não percebe mais as coisas como no passado.

A cidade é apresentada a ele sob diferentes características, seja na observação de um mapa digital no celular (uma planta, um esquema gráfico, uma síntese de ruas e quarteirões), seja das vistas em perspectiva de um grupo de ruas, ou de um conjunto de fotografias compartilhadas por diferentes usuários (e, principalmente, acompanhadas de comentários). Essas camadas de diferentes informações de naturezas muito diversas formam uma imagem muito mais complexa daquilo que se

tinha no passado. Os habitantes das “polis” contemporâneas perderam não só a inocência em relação às coisas, mas principalmente passaram a estilhaçar as informações de modo muito mais específico e circunstanciado.

As tecnologias da informação e comunicação (TIC) tornaram-se uma importante ferramenta para enfrentar esses desafios, contribuindo para a sustentabilidade do ambiente, para o uso racional dos recursos disponíveis, e também para o dinamismo das cidades, além de permitir que os cidadãos participem e contribuam democraticamente. Fung, Gilmar e Shkabatur (2013), expressa que as TIC's possibilitam reduzir os custos de aquisição de grandes quantidades de informação, além de criar espaços que permitem criar e expressar as informações com rápida disseminação, proporcionando uma reflexão maior do ponto de vista dos cidadãos, principalmente pelo acesso à internet.

Fica claro que não existe um modelo pronto de Cidades Inteligentes, assim como esse modelo não é único e muito menos estático. A ideia de uma cidade digital precisa estar envolvida no conceito das Cidades Inteligentes, e que as construções de modelos de informação podem auxiliar nesse processo, principalmente em relação as dimensões tecnológicas e organizacionais, na interoperabilidade e no fortalecimento da gestão e alavancando a utilização das novas tecnologias.

3 A MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CIDADE

A complexidade das cidades contemporâneas junto às contínuas transformações fez surgir novos paradigmas¹⁰, principalmente relacionadas a comunicação e a informação propiciando o surgimento de novas tecnologias, novos atores urbanos e visivelmente um novo cenário urbano, causando a emergência de mudanças principalmente no âmbito do planejamento e gestão urbana.

Segundo Ascher (2010, p.86) “Os profissionais do urbanismo terão que desenvolver suas próprias práticas introduzindo novos modelos de resultados, bem como utilizar as potencialidades das TICs nas suas próprias atividades”. Esses novos modos de apresentar os resultados podem se apresentar determinantes na compreensão dos problemas. Assim, a criação de bancos de dados urbanos, modelos de simulação e de visualização em três dimensões realmente são possibilidades a serem consideradas na evolução desse processo, e no progresso de técnicas a serem utilizadas nos projetos.

Diversos conceitos têm sido desenvolvidos durante o passar dos tempos, dentre eles o de Modelo de Informação, onde está vinculada a compreensão de informações como o suporte para um processo, e que no ferramental podem haver características relativas à forma, função ou material. As criações de novos paradigmas, de redes interativas, propiciam canais de informação e comunicação nas diversas esferas de uma cidade, sejam nas relações econômicas ou nas relações sociais.

De modo geral, algumas dessas tecnologias fazem parte de um processo de inovação pelas quais algumas cidades têm passado. Apresentam uma perspectiva de futuro nas quais as cidades continuam a crescer e se modernizar, além de possibilitar a busca por formas urbanas mais eficientes, principalmente na configuração espacial e na gestão urbana.

¹⁰ Paradigma pode ser entendido como um modelo ou padrão a ser seguido, ou conforme Thomas Samuel Kuhn (1978) são realizações científicas que geram modelos, e orientam o desenvolvimento de pesquisas para solucionar um problema, partindo de um princípio, teoria ou conhecimento de um campo científico.

Muitas são as tecnologias digitais, empregadas atualmente, principalmente no campo tridimensional, como o Urbanismo Paramétrico¹¹, as Gramáticas urbanas¹², o *Building Information Modeling (BIM)*, as novas terminologias como *Urban Information Modeling (UIM)*, as geografias urbanas digitais, a elaboração de cartografias urbanas digitais, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e plataformas do SIG 3D, modelos de dados abertos como o *City Geography Markup Language (CityGML)* para representação e troca de modelos virtuais de cidades 3D, e padrões internacionais como *IFC (Industry Foundation Classes)* padrão de extensão que permite a interoperabilidade entre os softwares e plataformas *BIM*, softwares e plataformas que possibilitam a elaboração de modelos virtuais de cidade, como o *CityEngine da Esri*, *3D Cities da Bentley*, *3D City Database*, *Cityzenith*, dentre outros.

Galego (2014) diz que essas “cidades 3D” são úteis em diferentes fases do processo de planejamento, bem como na análise da situação atual. São úteis tanto no planejamento quanto no controle. Utilizadas em diferentes fases, da reconstrução para o apoio a decisão, (mais rápidos e eficientes), a apresentação e visualização, utilizando-se das informações armazenadas no modelo para representar dados e propiciar a participação pública. Dentre as grandes dificuldades ainda encontradas quanto à utilização desses modelos é a falta de regulamentos, restrições e forma de desenvolvimento para atender às necessidades do município específico de sua construção.

Além da grande quantidade de tecnologias disponíveis na atualidade, a produção do espaço urbano é um processo multidisciplinar e complexo devido à quantidade de fatores e exigências, com diversas disciplinas envolvidas e a participação de vários profissionais, e pode ocorrer em diferentes escalas permitindo uma grande variedade de produtos, articulando necessariamente processos sociais, econômicos e políticos.

¹¹ Segundo Silva e Amorim (2010) “A expressão urbanismo paramétrico vem de parâmetro, termo que pode referir-se tanto a todo o elemento cuja variação de valor altera a solução de um problema sem alterar-lhe a natureza, o sentido mais técnico ou matemático da palavra, como também a qualquer fator que determina um limite de variação e/ou que restringe o que pode resultar de um processo ou política, ou seja, aquilo que serve de controle para uma determinada ação”.

¹² Essas terminologias serão explicadas posteriormente.

3.1. A modelagem da informação

Inicialmente é necessário compreender as mudanças que aconteceram durante as últimas décadas. Os primeiros modelos de cidade eram modelos físicos conceituais, ou propostas de modelos de cidade, em sua maioria apenas modelos ideais, sem desenho ou projeto, como por exemplo a ideia da Cidade Jardim apresentada por Ebenezer Howard, no qual era grande importância a morfologia urbana.

A plataforma digital proporcionou a possibilidade da elaboração dos modelos físicos para modelos virtuais, no qual eles se tornaram mais dinâmicos e complexos. O termo “modelagem” atualmente tem sido bastante utilizado, principalmente no que se refere à modelagem tridimensional digital. Na maioria das vezes pautada apenas na representação gráfica, o que se difere da ideia de modelagem da informação, assunto a ser tratado adiante.

A quantidade de informação obtida no espaço urbano aumenta a cada dia, e percebe-se a necessidade de que essa informação seja utilizada corretamente em favor da gestão urbana da cidade.

Para Stavric et al. (2012) existem dois tipos diferentes de forma de modelagem o que interfere diretamente no tipo de software que a permite realização da modelagem tridimensional, a modelagem conceitual e a modelagem informacional.

A modelagem conceitual é considerada um ponto de partida e permite altos níveis de precisão na modelagem, principalmente no que tange a sua forma ou estrutura, modelos usados principalmente para representações realísticas, mas não permite o armazenamento de informações. Alguns autores entendem essa conceituação como sendo um modelo abstrato. Já a modelagem informacional ou modelagem da informação são realizados em softwares paramétricos, o que permite a integração dos objetos e dos dados em um único elemento, fazendo com que a informação esteja presente no modelo.

Define-se como modelo conceitual aquele em que os objetos, suas características e relacionamentos têm a representação fiel ao ambiente observado, independente de limitações quaisquer impostas por tecnologias, técnicas de implementação ou dispositivos físicos. Nesse modelo, devemos representar os conceitos e características observados em um dado ambiente voltando-nos simplesmente ao aspecto conceitual (COUGO, 1997, p, 28).

A modelagem da informação é um termo proveniente das ciências da computação, que utiliza conceitos de programação e que consiste em:

[...] um conjunto de procedimentos, técnicas, ferramentas e documentos auxiliares que ajudam os profissionais de informação em seus esforços para representar a informação, tanto do ponto de vista físico características físicas do meio e do formato em que está registrada, quando do ponto de vista temático, descrição do conteúdo. Os principais artefatos gerados a partir desta modelagem são, entre outros, metadados¹³, tesouros¹⁴, taxonomias¹⁵ e ontologias¹⁶ (VICTORINO, 2011, p.20).

A modelagem da informação é realizada em conjunto com a modelagem de processos e com a modelagem de sistemas de informações, o que permite evitar a criação de informações redundantes. Além de determinar o ciclo de vida e a acessibilidade das informações. Atualmente as informações podem ser acessadas por diversos formatos,

¹³ Metadados normalmente são dados que descrevem outros dados, um termo originado da ciência da computação refere-se a “dados sobre dados”. Segundo Dempsey e Heery (1997, p. 5) os metadados são “dados associados com objetos que desoneram os usuários potenciais de ter conhecimento completo antecipado da existência e características desses objetos”. Ainda sobre os metadados digitais, é o “[...] dado que descreve atributos de um recurso, caracteriza suas relações, apoia sua descoberta e uso efetivo, e existe em um ambiente eletrônico. Usualmente consiste em um conjunto de elementos, cada qual descrevendo um atributo do recurso, seu gerenciamento, ou uso” (VELLUCCI, 1998, p. 192).

¹⁴ Tesouros, tem origem do latim *thesaurus*, que significa tesouro, segundo o dicionário online dicio é um grande acervo de palavras de âmbito do conhecimento que faz a descrição clara de seus conceitos, assim como é um vocabulário de palavras com relação semântica. Para Moreira (2003, p.13) “pode-se entender os tesouros como sendo um tipo de antologia voltada para a organização de termos”. Howerton apud Currás (1995, p. 85) define tesouro como “uma lista autorizada, que pode conduzir o usuário de um conceito a outro, por meio de relações heurísticas ou intuitivas. Pode-se usar a lista manual ou mecanicamente, para indicar cabeçalhos de indexação” e que normalmente são “aplicados preferencialmente aos sistemas automatizados. São usados, por vezes, como base para indexação pré-coordenada em sistemas manuais, desvirtuando-se de seu objetivo principal” (SMIT, 1987, p. 22) eles podem ser estruturados manual ou tecnicamente.

¹⁵ Taxonomia segundo CURRÁS (2010) é o estudo teórico de uma classificação incluindo seus fundamentos, princípios, procedimentos e regras. No caso é o estudo responsável por determinar a classificação sistêmica de alguma coisa, a partir de suas categorias. No caso da ciência da informação a taxonomia é entendida como um sistema para classificar a partir de hierarquias e classificar o acesso a informação.

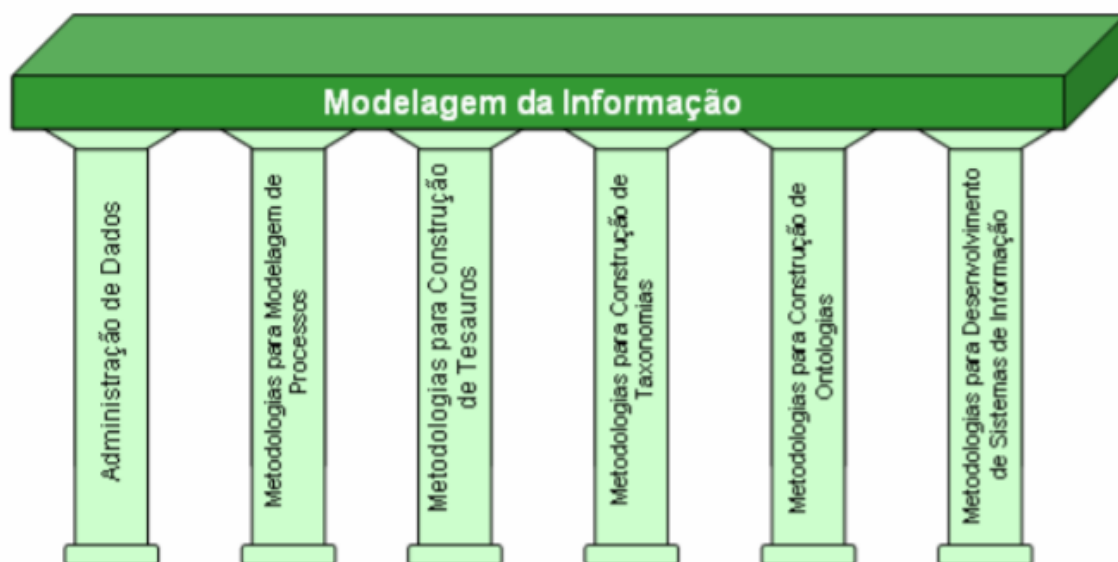
¹⁶ Ontologia vem do grego *ontos* (ser) e *logos* (palavra), são termos de representação, normalmente utilizados para um determinado assunto, elas podem ter diversas formas, e são uteis na construção de sistemas automáticos. Jasper e Uschold (1999, p. 6) identificam algumas características para sua aplicação: autoria neutra, ontologia como especificação, acesso comum à informação e busca baseada em ontologia. No caso da ontologia como especificação é “Uma ontologia sobre determinado domínio é criada e usada como base para especificação e desenvolvimento de software. Benefícios desta abordagem incluem documentação, manutenção, confiabilidade e reuso do conhecimento”. Greenberg et al (2003, p.17) consideram ontologias como sistemas de metadados.

e até mesmo por estruturas diferentes como por exemplo, arquivos em planilhas, documentos de texto, sites e banco de dados estruturados.

É importante entender a modelagem da informação como um processo, que deve ser flexível para atender as demandas futuras e ao mesmo tempo ser funcional, esse processo é composto por um conjunto de metodologias. A modelagem de informação pode ser considerada um auxílio ao projeto, uma ferramenta a ser utilizada para o gerenciamento de informações.

Segundo Victorino (2011, p.100), o “processo de Modelagem da Informação é composto por um conjunto de metodologias usadas de maneira integrada”. A Figura 5 considera os alicerces do processo de Modelagem da Informação como um conjunto de metodologias que respondem da questão semântica à elaboração de componentes de softwares.

Figura 5: Os Alicerces do Processo de Modelagem da Informação.



Fonte: Victorino (2011, p.100)

Nos modelos de informação, o principal objetivo é a série de informações que está contida e relacionada a cada objeto envolvido no modelo, no caso a possibilidade de parametrização do modelo e dos objetos. Os métodos digitais e a modelagem paramétrica tem sido muito utilizados, principalmente para projetar novas estruturas urbanas e realizar simulações.

Um modelo de informação é uma descrição formal de tipos de ideias, fatos e processos que juntos formam um modelo de uma porção de interesse do mundo real e que fornece um conjunto explícito de regras de interpretação (SCHENCK e WILSON, 1994, p.10).

Um modelo de informação, está diretamente ligado a um “objeto” e a informação que ele é capaz de armazenar, suscitar, converter para outras leituras e repassar. Normalmente conectados a uma modelagem conceitual e um banco de dados. Os modelos fazem parte dos sistemas de informação que permitem a coleta, o armazenamento, o processamento, a recuperação e a disseminação de informações.

Quando se fala de dados de informação é necessário pensar nos procedimentos, que incluem os métodos, as políticas, as estratégias e as regras que serão utilizadas pelas pessoas para operar esse sistema, e também na infraestrutura necessária para a formação dos mesmos, como softwares, hardwares e bancos de dados.

Neste caso, é importante entender que a modelagem da informação é um processo mais amplo do que simplesmente uma troca de informações através de um modelo, e que se tratando de modelagem ela vai além do modelo. No caso das cidades, o processo vai além do que simplesmente a concepção de um modelo tridimensional de uma cidade.

Os modelos de informação são baseados em processos. Segundo Paulk et al. (1993), um processo bem definido pode ser caracterizado pela inclusão de critérios de disponibilidade, insumos, procedimentos e padrões para a realização de determinado trabalho. Logo um sistema de operações para produzir algo, pode ser entendido como uma sequência de ações ou funções realizadas com um propósito, alcançar um resultado. Os processos integram pessoas, ferramentas e procedimentos, neste caso eles seriam o que as pessoas fazem utilizando métodos e ferramentas para a construção de um produto.

Percebe-se ainda que existe uma grande necessidade no que tange o gerenciamento de informações, como a governança de dados¹⁷, gerenciamento de dados mestres¹⁸, a Integração de informações, análise e segurança da informação, e para a manipulação desse modelo é indispensável que isso esteja alinhado.

A utilização de modelos tridimensionais virtuais não é mais uma novidade, assim como a modelagem da informação que tem tomado seu espaço no âmbito da indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), que tem se tornado de fundamental importância para a área da construção civil. O BIM (*Building Information Modeling*) ou no português Modelagem da Informação da Construção vem como resposta para otimização do processo no ciclo de vida da construção, modificando os processos, minimizando erros, aumentando a produtividade e integrando equipes de forma coordenada, afim de gerenciar todas as etapas do projeto, dentre sua concepção até a manutenção do edifício.

Assim como nos edifícios atua diretamente no processo de projeto, na gestão da modelagem interdisciplinar, na especificação de materiais, nas simulações e análises, na gestão do conhecimento, na cidade. A utilização dessas ferramentas facilita a visualização e o entendimento por meio dos envolvidos na gestão das cidades, melhorando a compreensão de fenômenos reais.

A utilização de uma abordagem para implantação de uma Modelagem da Informação da Cidade (*City Information Modeling - CIM*) já tem sido bastante discutida internacionalmente e vem sendo implantada em algumas cidades, no qual essa plataforma levaria a integração de todos os sistemas de infraestrutura urbana

¹⁷ A governança de dados é basicamente uma gestão, que envolve políticas, processos, pessoas e o uso das tecnologias para estruturar a organização e o uso dos dados gerados. Na área da tecnologia da informação ela é fundamental, principalmente devido a quantidade de dados a ser manipulados em um processo, e a necessidade de disponibilizar o “dado certo” para a “pessoa certa” em um tempo hábil. Através da governança também é possível definir as responsabilidades e as competências dos envolvidos nas ações.

¹⁸ Os dados mestres são um conjunto de dados consolidados (pessoas, localidades, produtos, serviços, estruturas organizacionais, planos de trabalho e custo), e que normalmente quase não sofrem alteração durante o tempo, sendo de fundamental importância para uma organização, normalmente eles são armazenados em diversos sistemas. A solução de gerenciamento de dados mestres (MDM – *Master Data Management*), tem como objetivo otimizar as operações, é um conjunto de processos e ferramentas que permite a visualização desses dados de forma simples e confiável.

envolvidos no planejamento, construção e gestão das cidades, e não somente de infraestrutura, mas diversos parâmetros, ainda não quantificados.

Compreende-se que os estudos quanto à implantação definitiva dos modelos de cidades virtuais ainda são escassos. Perante o exposto, essa integração do uso de sistemas e tecnologias de informação e comunicação nos processos de projeção é relevante para o planejamento, gestão e para a produção de cidades melhores.

3.2. O conceito de City Information Modeling (CIM)

A contínua evolução dessas tecnologias digitais permite o surgimento de novos paradigmas, dentre eles a discussão sobre *City Information Modeling*, ou simplesmente CIM.

Mesmo sendo um termo relativamente recente, o CIM ganha espaço nas pesquisas científicas, assim como para os desenvolvedores de plataformas e softwares. Diversos autores têm buscado uma resposta para esse paradigma, Khemlani (2005), Gil, Beirão, Montenegro e Duarte (2010), Hisham (2010), Gil, Almeida e Duarte (2011), Stavric et al. (2012), Stojanovski (2013), Xu, Ding, Luo e Ma (2014), Amorim (2016), Thompson et al. (2016), Almeida e Andrade (2018), Pereira (2018) dentre outros.

Antes de iniciar a conceituação do que vem a ser o CIM para cada um dos autores se fez necessário a compreensão do que seria o Paradigma CIM.

3.2.1. O paradigma City Information Modeling (CIM)

Grande parte dos autores estabelecem o CIM como um paradigma, nesse contexto é preciso compreender o significado do termo paradigma¹⁹. Como relatado anteriormente em nota de rodapé paradigma tem o sentido de modelo ou padrão.

19 Ferdinand Ferdinand de Saussure, conhecido como o pai da linguística, utilizou o termo paradigma para denominar um aspecto estrutural da linguagem, uma série de elementos linguísticos similares que formam um conjunto. Neste caso, um conjunto de palavras ou ideias relacionadas que tenham coerência. Para que um paradigma seja aceito é necessário que ele passe por um processo de validação e reconhecimento, onde ele for empregado. Neste caso, é importante considerar paradigma como um regulamento ou um conjunto de regras, delimitando seus limites.

Paradigma é um termo que tem sido utilizado muito nas últimas décadas, principalmente pela transformação da sociedade, como isso se tornou um termo volátil, com diversas significações dentro de contextos diferentes. Etimologicamente, o termo tem origem grega *parádeigma*, que significa padrão ou exemplo, algo que sirva de referência ou padrão. Um conceito da epistemologia (a teoria do conhecimento) que define um modelo de algo. Segundo o pressuposto filosófico é uma teoria, um conhecimento que dá origem a um estudo científico, uma referência inicial para base de um modelo para uma pesquisa.

Ao transpor essa relação da linguística com o CIM, e considerar o CIM como um paradigma, é importante entender quais são as relações na construção desse modelo, identificando os objetos a serem associados.

Em 1962 na sua obra “A Estrutura das Revoluções Científicas”, Tomas Kuhn diz que o termo paradigma não precisa referir-se a algo notável, mas necessariamente precisa atrair um grupo de interessados no assunto, e possuir questões ainda não resolvidas, para gerar uma pesquisa, no qual a comunidade científica estabelecerá as pesquisas a serem desenvolvidas.

O paradigma é o conjunto de elementos que esta comunidade compartilha e em torno do qual estabelecem suas comunicações e compreensões. O paradigma direciona (ou condiciona) a montagem do quebra cabeça da ciência normal (RUGGERI, 2018, p. 02).

Ao fazer essa relação com a cidade e com o estudo do CIM fica claro que o CIM pode ser caracterizado como um novo paradigma, principalmente pela complexidade que o envolve, e ainda estar em fase de investigação, pesquisado por diversos autores, que estabelece uma nova fase do conhecimento tanto a respeito dos modelos virtuais tridimensionais de cidades como reestruturando novos processos no que tange a gestão das cidades, principalmente na compreensão dos Modelos de Informação de Cidades.

A disseminação do CIM prevê que em um futuro breve, existirá uma transição e uma mudança no processo, do modelo arcaico de gestão urbana, para a utilização de modelos que ajudem na realização do planejamento e da gestão urbana.

3.2.2. Da origem ao desenvolvimento do CIM

Inicialmente o termo CIM faz referência direta ao BIM, no qual para Almeida e Andrade (2018, p.28) fizeram “[...] um câmbio entre *building* (construção/edifício) e *city/urban* (cidade ou urbano)”. Khemlani (2005) analisando a real capacidade do BIM, e entendendo a ideia de modelagem da informação como um processo, faz relações como poderia ser esse modelo de informação aplicado a escala da cidade, principalmente no que tange a gestão de desastres.

Para Khemlani (2005, p.05) da mesma forma que o BIM tem contribuído para uma melhor interação entre os diversos aspectos de um edifício “[...] o CIM poderia eventualmente integrar as diferentes infraestruturas e serviços de uma cidade, permitindo operar e lidar com os desastres de forma efetiva”.

Hamilton et al. (2005) no mesmo ano que Khemlani, relata que como o planejamento urbano é uma tarefa complexa, a criação de um “modelo de cidade” poderia ser de fundamental importância para as partes interessadas, propondo uma análise mais holística dos problemas da cidade diante do processo de planejamento, desde que esses modelos fossem baseados em um conjunto de dados integrados.

Em sua pesquisa Hamilton et al. (2005) propõe um modelo para auxiliar nesse processo de planejamento das cidades, que chamou de *nD Urban Information Model* (Modelo de Informação Urbana nD (multidimensional)). Esse modelo seria uma extensão do Modelo de Informação da Construção, no qual seriam incorporadas as informações necessárias referentes ao projeto e ao ciclo de vida da construção.

Segundo Hamilton et al. (2005, p. 58) “A informação urbana está sempre relacionada com a dimensão temporal. Planejar é criar ideias e planos que informará sobre o futuro”. As cidades não possuem apenas dimensões espaciais e temporais, mas também possuem atributos econômicos, sociais e ambientais. Assim, um modelo de informação urbana nD “[...] irá fornecer um suporte de informação abrangente para vários sistemas de aplicação do planejamento urbano” (HAMILTON ET AL. 2005, p.58).

Hamilton et al. (2005) listaram alguns métodos populares de modelagem 3D, dentre elas a modelagem CAD, Modelagem baseada em SIG, Modelagem baseada em imagem, Modelagem LiDAR²⁰ e o método de modelo de fotografias panorâmicas.

Segundo Stavric et al. (2012, p. 3) “O termo modelagem da informação da cidade significa criação de um modelo 3D urbano aprimorado com elementos semânticos”. Além disso, ainda relaciona diretamente o termo de modelagem da informação da cidade com os conceitos de cidade digital, cidade inteligente, modelo de informação da cidade, cidade SIG, cidade processual, dentre outros. Amorim (2016b) quatro anos depois faz essa relação e considera o *City Information Modeling* como um fator indutor para a estruturação das cidades inteligentes.

Xu et al. (2014) refere-se à complexidade das cidades, e que um modelo de cidade não poderia ser apenas estático, mas deveria ser composto de objetos dinâmicos. E que o CIM pode se apresentar como um método útil para organizar as informações da cidade, mas prevê também as dificuldades de implantação de uma modelagem da informação, principalmente pela necessidade de obter informações internas e externas de cada objeto, ele então propõe algumas abordagens para tornar a construção desses modelos possíveis:

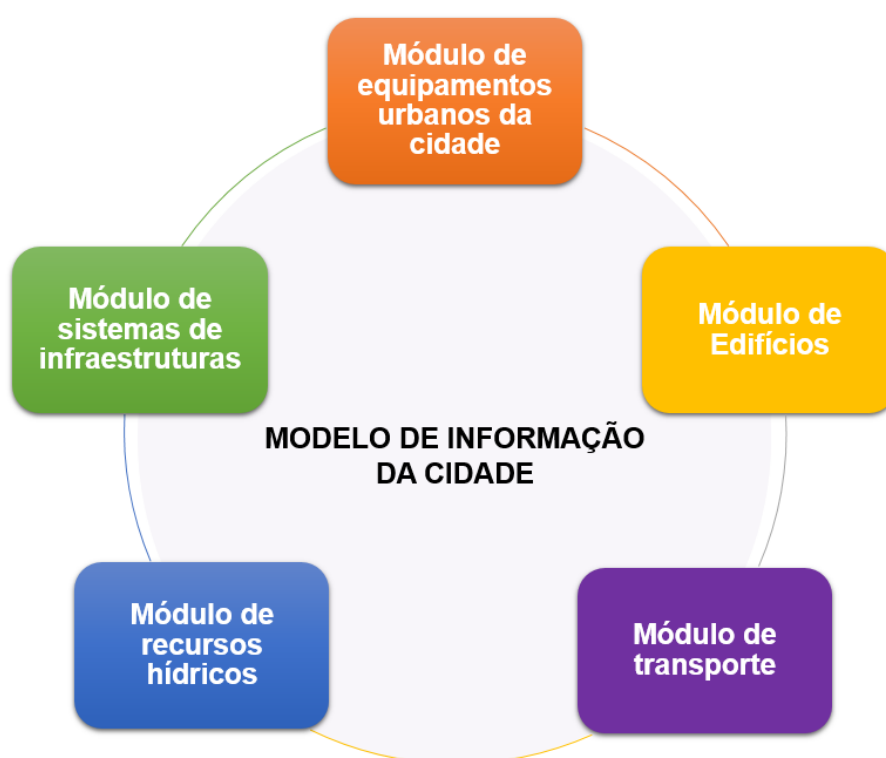
- Construir modelos 3D, medindo os objetos existentes (o que necessitaria de muito trabalho).
- Construir modelos 3D, integrando modelos CAD e modelos SIG (o que não forneceria informações internas).
- Construir modelos 3D, obtendo as informações internas dos modelos BIM e externas dos modelos SIG. Na construção desses modelos podem ser utilizadas diferentes técnicas, como digitalização a partir de laser scanner 3D e fotogrametria.

Para compreensão do sistema da cidade Xu et al. (2014) dividem a cidade em vários submódulos. O modelo de informação da cidade seria dividido por módulos: o módulo

²⁰ LiDAR (*Light Detection and Ranging*) é um sensor remoto e também um método de captura de dados, utilizada para criar um modelo digital, seja ele do terreno (superfície topográfica) ou da superfície do terreno (volumetria das edificações). Através de feixes de laser ele consegue modelar tridimensionalmente a superfície de uma área.

de equipamento urbano, módulo de edifícios, módulo de transporte, módulo de recursos hídricos e o módulo de sistemas de infraestruturas, conforme pode ser visto na Figura 6. Segundo os estudos de Pereira (2018, p.56) aconteceria assim uma “hierarquização dos sistemas tecnológicos de primeira e segunda ordem” no que tange a gestão das cidades, no qual o modelo de informação da cidade seria a primeira ordem que aglutina os seus submódulos (segunda ordem).

Figura 6: Módulos do modelo de informação da cidade.



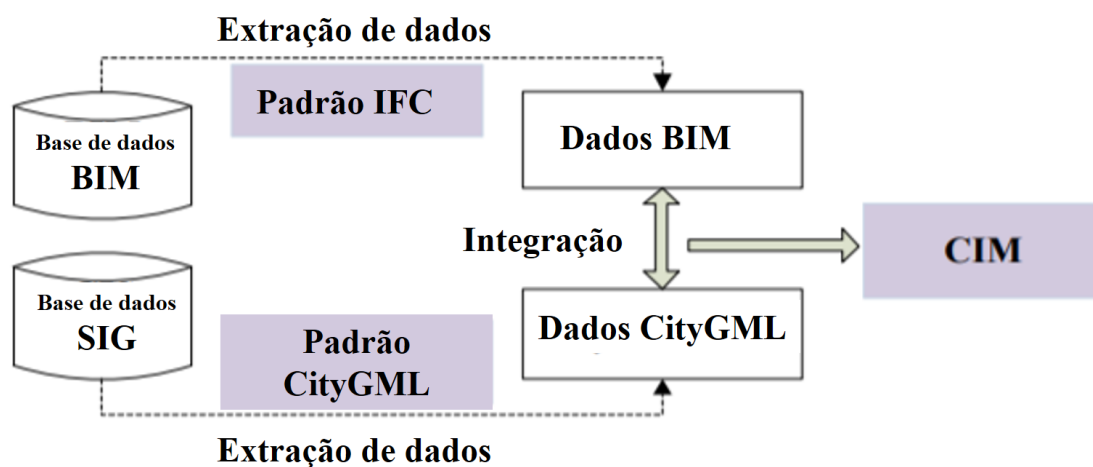
Fonte: adaptado de Xu et al. (2014)

O CIM deveria ser um sistema de gestão integrada altamente eficiente, multifuncional, cujos dados são mais completos, o modelo é mais preciso e eficiente, no qual o foco é realizar o compartilhamento de informações e uma colaboração multisserviços e multicampos, além de alcançar gerenciamentos horizontais e verticais de amplo espectro na cidade digital e melhorar a eficiência geral da gestão urbana.

Nessa abordagem bastante rasa, para Xu et al. (2014) o CIM pode ser entendido superficialmente como a integração do BIM ao SIG. Mesmo reconhecendo essa simplificação, o CIM seria o que se obtém do SIG (a informação geoespacial da cidade) e as informações detalhadas que são obtidas do BIM, como pode ser visto na

Figura 7. Entretanto, ele faz referências a questão da modelagem da informação enquanto processo.

Figura 7: Coleta de dados CIM



Fonte: adaptado de Xu et al. (2014)

Neste contexto percebe-se que Xu et al. (2014) começam a diferenciar a ideia de modelo e modelagem, no qual o modelo tridimensional seria uma das partes de todo esse processo e estaria contido no conceito de Modelagem da Informação da cidade.

Para Stojanovski (2013, p. 5) o CIM “é um sistema de elementos urbanos representados por símbolos no espaço 2D e nos espaços 3D internos”. É concebido como expansão 3D de SIG enriquecido como visualizações multinível e multiescala, caixa de ferramentas de projeto e inventário de elementos 3D com suas propriedades.

Na questão morfológica, percebe-se que assim como a cidade em seu traçado é um mosaico, ou um quebra-cabeça, com blocos tridimensionais, o CIM consegue espacializar e representar essa ideia, no qual o modelo é composto por blocos ou objetos tridimensionais, mas normalmente representados bidimensionalmente, e que fazem conexão com outros blocos. Os blocos são espaços 3D representados por símbolos 2D, e normalmente cada bloco tem um conjunto de extensões ou sobreposições de territórios no CIM. A cidade assim como a vida social na cidade é vista através de camadas, o bairro, a quadra, o lote e a casa.

Para Stojanovski (2013), a cidade é um sistema urbano de espaços e canais, atividades e comunicação, onde normalmente as comunicações são descritas por origens e distintos espaços por limites e localizações.

Segundo Hisham (apud AMORIM, 2015, p.88),

[...] mais recentemente foi cunhado um novo termo CIM ou modelo de Informações sobre a cidade, o qual visa transformar o modo como os planejadores urbanos lidam com os seus planos à semelhança dos arquitetos.

Percebe-se que essa definição é um pouco limitada, por não compreender a real complexidade das cidades, principalmente no que tange as relações do conceito de modelagem e da informação voltadas para um processo de gestão das cidades. Amorim (2015) também considera a conceituação de Hisham (2010) simplista.

Ainda não existe consenso sobre a definição do CIM, principalmente porque o CIM envolve todos os aspectos complexos da cidade e não tem se mostrado uma tarefa fácil conseguir conciliar todas essas variáveis, elementos, atores, dentre outros. Além de que certos autores privilegiam alguns aspectos, que nem sempre engloba o CIM em sua totalidade.

Schiefelbein et al. (2015) realizou um estudo desenvolvendo um Modelo de Informação da Cidade com foco em edifícios e sistemas de energia. Isso foi realizado num modelo CIM e implementado um banco de dados vinculado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), com a intenção de permitir a análise e a modificação dos dados gráficos.

O modelo CIM realizado em um software SIG e programações Python comporta a geometria do edifício parametrizada e automatizada através de linguagens de computação, o tipo de construção e as informações dos ocupantes que possuem demanda de sistemas de energia. Entretanto o modelo apresentado está baseado principalmente no esboço de linguagens de programação juntamente com a sua associação a bancos de dados. O estudo não traz uma conceituação precisa do que o autor entende pelo processo de modelagem, nem sobre a real estrutura do modelo de informação da cidade elaborado.

Até aqui percebe-se a complexa relação existente na conceituação de CIM, primeiramente pela existência de um acrônimo entre o que seria *City Information Modeling* (Modelagem da Informação da Cidade) e *City Information Model* (Modelo da Informação da Cidade). Esse assunto será tratado adiante, mas é importante destacar que nessa primeira busca pela conceituação de CIM não foram realizadas distinções dos conceitos obtidos. No entanto, percebe-se que grande parte dos estudos ainda estão voltados para a ideia de modelo, estabelecendo requisitos para a construção desse “objeto”.

Através do Projeto *City Induction*, que tem como objetivo desenvolver um conjunto de ferramentas para projeto urbano, Montenegro et al. (2011) ajudaram a propagar o termo CIM, principalmente no meio científico. O projeto foi dividido em três módulos:

- 1) Módulo de formulação (tem como objetivo analisar as informações geográficas espaciais e fornecer uma descrição do contexto, formulando um programa de requisitos)
- 2) Módulo de geração (utiliza gramáticas discursivas²¹, replicando as mudanças de desenho urbano para produzir alternativas de projeto).
- 3) Módulo de avaliação (que tem como objetivo testar as soluções e requisitos adotados, com a intenção de validar as opções de projeto).

Para Montenegro et al. (2011, p.80) o modelo CIM “suporta a comunicação entre os três módulos usando uma ontologia comum com descrições semânticas dos componentes de padrões urbanos”. Fornece a um computador as descrições semânticas a partir de um repositório de informações codificadas, o que apoia a geração de programas urbanos, principalmente na concepção de novos projetos urbanos, baseados na ideia de gramática da forma.

As “Gramáticas Urbanas”, ou gramáticas da forma urbana, podem ser entendidas como uma metodologia de desenho urbano flexível, e utilizadas como ferramentas para geração de formas automáticas e para análise de projeto assistido por

²¹ As gramáticas discursivas normalmente são compostas por gramáticas de programação que estabelece as especificações e modificações de um projeto e gramáticas de geração que permite a modificação no projeto além de um conjunto de regras para que as especificações sejam cumpridas.

computador, no qual o objetivo é a exploração da flexibilidade formal propiciado pelos softwares paramétricos.

As gramáticas da forma possuem uma fundamentação matemática definida por um dos seus criadores, G. Stiny, em 1980 e podem ser utilizadas como auxiliares para o desenvolvimento de programas informáticos de geração automática de formas, o que as torna uma importante ferramenta auxiliar de projeto. Possuem propriedades que as tornam especialmente aptas ao projeto garantindo sempre o rigor formal (BEIRÃO, 2014, p.33).

Ao tentar elaborar um conceito para o CIM, Montenegro et al. (2011) retorna ao conceito do BIM, buscando alguns de seus princípios como a ideia de sistema que tem como objetivo “incorporar todos os aspectos do projeto, desde a informação geográfica, a geometria do edifício, as relações entre seus componentes e finalmente a quantidade e propriedades dos componentes do edifício” (Duarte e Montenegro, 2009, p.259).

Diante disso eles ressaltam que o modelo CIM refere-se a uma cidade e não apenas a um edifício. Segundo Montenegro, Beirão e Duarte (2011, p.80) a modelagem de informação da cidade “consiste no processo de criação de um modelo de conhecimento e especificação padronizada sobre o ambiente urbano e o seu processo de desenvolvimento utilizando computador”.

Beirão (apud Almeida e Andrade, 2018, p.32) revisa o conceito estabelecido anteriormente, e descreve o CIM como

[...] uma plataforma para projeto, análise e monitorização de cidade. Congrega informação georreferenciada com ferramentas de análise e projeto especializadas. As ferramentas de projeto são generativas para permitir a geração de cenários de transformação. As ferramentas de análise associadas as ferramentas de projeto permitem analisar (calcular) indicadores de apoio à decisão avaliando objetivamente as qualidades das soluções geradas (as qualidades de cada cenário hipotético gerado pelas ferramentas algorítmicas). (2017, parênteses de Almeida e Andrade (2018)).

Este novo conceito trazido por Beirão permite compreender a amplitude do CIM, entretanto trata de cenários para novos projetos, e não responde como essa plataforma poderia auxiliar na gestão das cidades existentes.

Alguns autores possuem uma visão limitada do CIM, descrevendo-o apenas como um novo conceito para o que já está em desenvolvimento. Stojanoski (2013) analisa e diz

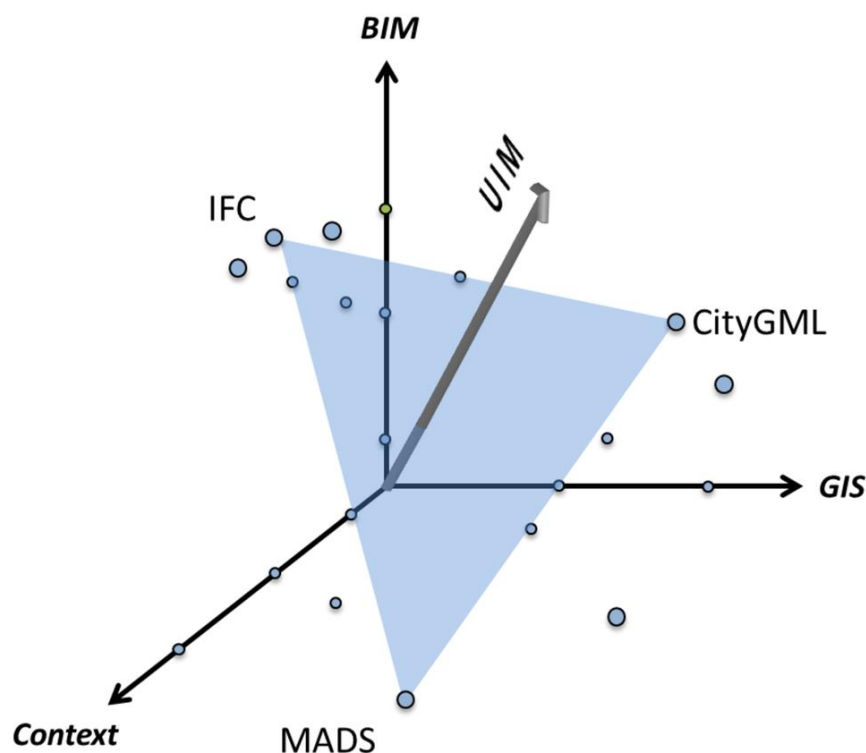
que o CIM seria uma analogia ao BIM para o urbanismo. O que é um equívoco principalmente pela gama de complexidade existente em um modelo virtual de cidade, que é claramente diferente das complexidades existentes na concepção e gestão de um edifício.

A representação de um modelo tridimensional feito em meio digital, composto por um grupo de elementos urbanos. Os elementos são interpretados por meio de símbolos. O CIM é concebido por meio de um sistema de blocos que possuem relações dinâmicas e conexões que definem os territórios urbanos. Com a necessidade de remodelar os espaços urbanos, ele ficou conhecido como a expansão 3D do GIS (SI3D ou Sistema de Informação 3D).

Paralelo ao conceito de CIM encontrou-se a elaboração de estudos com o Termo *Urban Information Modeling*. A Modelagem da Informação Urbana surgiu inicialmente como uma *framework*²² de modelagem semântica que tem como objeto acoplar o SIG e o BIM como pode ser visto na Figura 8, definindo processos contextuais, e modelando o conhecimento do ambiente urbano.

²² Para Miles e Huberman (1994, p.18) a *framework* é “um produto escrito ou visual, que explica graficamente ou em forma narrativa, as principais coisas a serem estudadas – os fatores-chaves, constructos ou variáveis – e a relação presumida entre eles”.

Figura 8: Eixos para Modelagem da Informação Urbana



Fonte: Mignard e Nicolle (2015)

Na imagem o autor identifica três eixos de desenvolvimento para a construção e a informação geográfica. O primeiro eixo é o BIM que corresponde a modelagem da informação do edifício, o segundo o eixo GIS, que representa os dados geográficos e ferramentas relacionadas a ele, e o terceiro é o eixo conceitual que representa o contexto relacionado ao conceito e suas ontologias.

Quando se fala de uma integração entre BIM e GIS é indiscutível a necessidade do estabelecimento de padrões. O IFC já é extremamente conhecido quando se trata de modelagem de informação, principalmente para BIM. O CityGML (padrão OGC (*Open Geospatial Consortium*)) está voltado principalmente para informações geográficas. Na Figura 8 também aparece o padrão conceitual MADS (*Modeling of Application with Spatial-temporal Data*) ou Modelagem para Aplicação de Dados Espaço-Temporais, que está voltado principalmente para a definição de mecanismos contextuais e suas representações.

3.2.3. O CIM como evolução do SIG e do BIM

A aplicação de novas ferramentas de TI no processo de planejamento, trouxe melhorias significativas no processo de planejamento urbano, mas percebe-se ainda que essas ferramentas não são utilizadas de forma eficiente.

Os softwares SIG ainda são os mais aplicados no processo de planejamento e gestão urbana, principalmente pela sua facilidade de gerar informações, sejam elas descritivas ou prescritivas, assim como a gama de softwares gratuitos disponíveis no mercado. Entretanto, percebe-se que o SIG ainda não está preparado e adaptado para lidar com dados temporais.

Para Stojanovski (2013, p.08) o CIM é concebido como uma evolução do SIG, uma evolução da geografia física para a geografia relacional. A geografia física surgiu para qualificar a natureza e a superfície da Terra e é um ramo das ciências naturais, pautado na análise espacial do elementos e processos físicos, e que suas características básicas estão na sua proximidade com as ciências naturais e na atenção às alterações do quadro natural do planeta, impostos principalmente pelas relações existentes entre sociedade e natureza (NASCIMENTO E SAMPAIO, 2005).

Na geografia física moderna, surge o conceito de conexão, no qual desenvolve-se os conceitos geográficos conhecidos, como: paisagem, geosfera, processos, morfogêneses, dentre outros que garantiram o objeto de pesquisa da geografia física.

A geografia relacional começa a inserir elementos interativos dentro da análise do território, baseado nas interações que ocorrem em uma microescala, no qual para Yeung (2005) a preocupação está na verificação de como as relações sócio espaciais estão ligadas com processos mais amplos de mudanças nas diversas escalas geográficas.

Para Boggs e Rantisi (2003, p.109), a geografia relacional representa “uma orientação teórica onde os atores e o processo dinâmico de mudança e desenvolvimento originado pelas suas relações são a unidade central de análise”. Desse modo a vida urbana hoje pode ser compreendida como uma sequência de espaços temporariamente habitados e interconectados, móveis ou fixos. As conexões entre espaços inspiram ou inibem contatos e interações entre pessoas.

Para Stojanoski (2013, p.02) o CIM é concebido e discutido como um sistema de blocos com relações dinâmicas ou conexões que definem e redefinem territórios. Na arquitetura, houve uma evolução do projeto assistido por computador (CAD) para a modelagem da informação da construção (BIM), mas no urbanismo onde os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) dominam, não há uma analogia similar.

Quanto à criação e utilização dos modelos SIG ainda se percebe uma grande dificuldade para que eles sejam plenamente implantados. Além da simples cartografia, que tem ajudado por anos na compreensão e mapeamento da superfície terrestre, as novas tecnologias têm possibilitado a manipulação dessas informações geográficas, principalmente através das representações tridimensionais e virtuais dessas informações.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) permite a modelagem das informações geográficas, integrando dados espaciais e permitindo análises. A geografia do SIG é representada como matriz de tabuleiro de xadrez geograficamente referenciadas ou camadas de formas com IDs²³ e atributos²⁴. No CIM cada bloco representando um elemento urbano tem sua própria tabela de atributos e um espaço 3D com seu próprio sistemas de coordenadas com projeções 2D na cidade e cada um tem seu ID.

Segundo Teixeira et al. (1995, p. 22) o Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um “conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas, perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciais, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação”.

O SIG é uma tecnologia que permite visualizar, manipular, analisar e transformar as informações, nas quais ele une uma informação geográfica e uma informação descritiva. O sistema exhibe onde esses dados estão e o que esses dados são em um ambiente digital, ressaltando que cada elemento tem uma forma de representação e visualização. É indispensável a utilização de componentes para a compreensão de

²³ Os IDs são atributos globais que permitem que um documento, elemento ou objeto tenha um identificador exclusivo. Seu objetivo principal é identificar um elemento básico. No caso do SIG cada camada ou objeto tem uma identificação única.

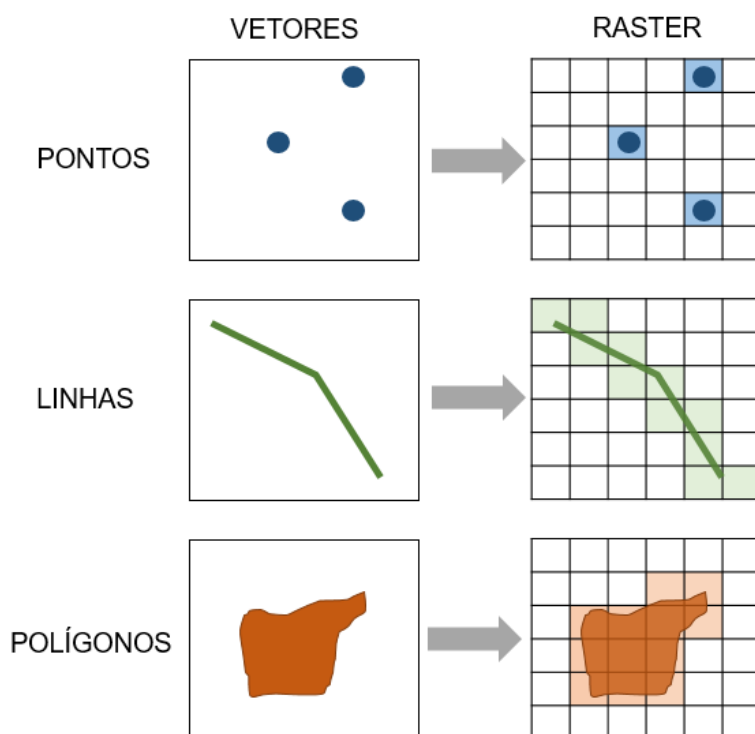
²⁴ Os atributos são características de um elemento, no qual cada elemento possui sua particularidade, sua estrutura base, assim acontece com os elementos presentes no SIG.

todos os integrantes envolvidos no sistema de informação, no qual entre os principais estão os softwares, hardwares, as pessoas, os dados e informações, e os métodos e procedimentos.

Um dos aspectos fundamentais para a compreensão das novas tecnologias é que grande parte delas são baseadas em banco de dados, ou os formatos de base de dados, o SIG é um sistema que trabalha com dados geográficos, que representam o espaço geográfico baseado em sistemas de coordenadas. Nesse aspecto é importante ressaltar que todos os dados geográficos possuem uma estrutura e um formato.

Na estrutura estão as camadas ou *layers*, que permitem a manipulação e a dinâmica dessas informações. Dentre os formatos específicos estão o *vetor* e o *raster*. Os vetores são representados por tipos de linhas, pontos e formas (áreas), uma informação descritiva dentro de uma informação geográfica, que podem ter diversas extensões. Já o raster refere-se aos dados que são obtidos de forma remota, e são conhecidos como dados matriciais ou imagens, dentre os tipos estão as imagens de satélite, imagens de radar e as fotos aéreas, sendo indispensável que elas sejam georeferenciadas, e possua uma referência espacial, possuindo coordenadas conhecidas. Como pode ser visto na Figura 9, a representação dos vetores, nas linhas de grid do raster. Diante disso todas as *layers* devem estar associadas a um sistema de coordenadas e projeções cartográficas, no qual elas podem ser geográficas ou planas (ROSA, 2013).

Figura 9: Modelos de dados Vetores e Raster



FONTE: Autora.

Para que o SIG possa funcionar como apoio à modelagem de processos, será preciso dispor de modelos de simulação numérica que descrevam adequadamente os processos a serem estudados (com o possível uso de técnicas de estatística espacial) e integrar estas técnicas com as ferramentas de manuseio, recuperação e apresentação de dados espaciais. (CÂMARA, 1995)

Entretanto, atualmente a ferramenta SIG sozinha não é capaz de atender as demandas da quantidade de informações, principalmente quando se fala de ambientes tridimensionais, mesmo com sua versão 3D a estrutura não completaria a dimensão que o CIM pretende chegar diante o processo da gestão das cidades.

É importante pensar o CIM como uma metodologia e também como uma plataforma, ressaltando que cada um tem a sua especificidade. A plataforma CIM apresenta-se como um suporte para utilização de sistemas com características BIM e GIS, nos quais os elementos são baseados em modelos de objeto.

Um dos grandes problemas ainda é que a maior parte dessas ferramentas possuem pouca integração com outras plataformas. (GIL et al., 2010). Diante disso percebe-se

a urgência como relatado por (AMORIM, 2015) da necessidade de uma definição de formato de dados, que além de armazenar informações permita integração, aproximando-se da tão desejada interoperabilidade, como têm sido discutidos o IFC (*Industry Foundation Classes*) para o BIM.

3.2.3.1. Building Information Modeling

O termo BIM (*Building Information Modeling*) ou Modelo de Informação da Construção possui diversas teorias e alguns autores definem datas e nomenclaturas diferentes para seu surgimento. Jerry Laiserin (2016) diz que os conceitos, abordagens, metodologias e nomenclatura não são recentes, tendo cerca de trinta anos para os métodos aplicados e quinze anos para a definição e circulação da terminologia como *Building Information Model* (Modelo da Informação da Construção).

Segundo Chuck Eastman et al. (2014) é no início dos anos 1980 que começaram a elaboração dos primeiros trabalhos com modelos paramétricos. No projeto paramétrico, em vez de se projetar uma instância de um elemento de construção, como uma parede ou uma porta, um projetista define uma família de modelos ou uma classe de elementos, que são um conjunto de relações e regras ou parâmetros pelos quais as instâncias dos elementos podem ser geradas, cada um variado conforme seu contexto.

Para Penttila (2007, p.292) o BIM “é uma estrutura digital integrada que forma a base de gerenciamento de informações para toda a colaboração de projetos de construção ao longo da vida útil do edifício”.

The BIM Handbook de Eastman et al. (2014) ainda é uma das principais referências para aprofundamento do conceito e aplicação de BIM. Para Eastman et al. (2014, p.13) BIM é “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”.

A indústria da construção civil precisava de uma inovação, dentro desse aspecto o BIM veio como resposta a essa necessidade, buscando implantar ferramentas, mudanças no fluxo de trabalho e melhorias no processo de projeto. As novas tecnologias, dentre elas o BIM trouxe grandes mudanças, visando contribuir

principalmente na qualidade, desempenho, prazos e custos, mudando assim a forma de projetar dos arquitetos e engenheiros.

No Brasil²⁵, o estudo e a prática de BIM têm se difundindo significativamente, a elaboração de manuais e normas para auxiliar nesse processo. Dentre ele está a coletânea de Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, que ressalva alguns conceitos importantes do BIM. Segundo a CBIC (2016, p 22) o BIM

É um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseada em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida.

A definição de BIM segundo o *American Institute of Architects – AIA* (apud CBIC, 2016, p. 23) é “uma tecnologia baseada em um modelo que está associado a um banco de dados de informações sobre um projeto”. Para National Institute of Building Standards– NIBS, (apud CBIC, 2016, p.23) BIM é

Uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação e um recurso de compartilhamento de conhecimento que viabiliza a obtenção de informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para que decisões sejam tomadas durante seu ciclo de vida, definido desde a sua concepção até a demolição.

As normativas estabelecem uma direção a ser seguida na implantação do BIM, principalmente no que tange os sistemas de classificação e padronização para esses processos.

Já para Succar (2008) o termo BIM pode ser lido:

25 No âmbito do BIM no Brasil foi estabelecido uma Comissão de Estudo Especial em 2010 na Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT/CEE 134: Modelagem da Informação da Construção (BIM). Essa normatização da metodologia BIM ainda está em desenvolvimento no Brasil. A ABNT NBR 15965 – Sistema de Classificação da Informação da Construção, está dividida em sete partes:

Parte 01: Terminologia e estrutura – ABNT NBR 15965-1:2011;

Parte 02: Características dos objetos da construção – ABNT NBR 15965-2:2012;

Parte 03: Processos da construção- ABNT NBR 15965-3:2014;

Parte 04: Recursos da construção; em andamento.

Parte 05: Resultados da construção; em andamento.

Parte 06: Unidades da construção; em andamento.

Parte 07: Informação da construção – ABNT NBR 15965-7: 2015.

(*Building*) Edifício: uma estrutura, um espaço fechado, um ambiente construído.

(*Information*) Informações: um conjunto organizado de dados: compreensíveis, acionáveis.

(*Modeling*) Modelagem: dar forma, conformação, apresentação, escopo.

Percebe-se que assim como no CIM ainda não existe um único conceito, no BIM essa situação se repete. Entretanto Succar e Kassem (2016) relata que o BIM é um domínio de conhecimento expansivo. Para Succar e Kassem (2016, p.2),

O BIM tem sido repetidamente descrito como um "disruptivo" (Smith & Tardif, 2009, p. 32) instigando uma "mudança de processo" (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011, p. vii), ou como inovação "não-vinculada" e "sistêmica" (Harty, 2005, p.51) (Taylor & Levitt, 2004, p. 84).

O que caracteriza o BIM como um processo, que permite a gestão da informação integrada a partir da "união" de modelos tridimensionais, ricos semanticamente. E isso posiciona o BIM como uma expressão atual e de inovação constante.

Fica evidente a diferença do que seria o processo e o que seria um objeto desse processo, no caso um modelo, rico em dados. Neste contexto Underwood e Isikdag (Apud Mazione, 2013, p.36) definem algumas características dos Modelos de Informação da Construção (Building Information Models):

1. Orientados a objetos;
2. Ricos em dados e abrangentes: os modelos são ricos em dados e abrangentes enquanto cobrem e mantêm as características físicas e funcionais e os estados dos elementos do edifício;
3. Tridimensionais: os modelos representam a geometria do edifício em três dimensões;
4. Espacialmente relacionados: as relações espaciais entre os elementos do edifício são mantidas nos modelos de maneira hierárquica;
5. Semanticamente ricos: os modelos mantêm uma grande quantidade de informação semântica sobre os elementos do edifício;

6. Modelos capazes de suportar vistas: as vistas do modelo são subjuntos ou instantâneos do modelo que podem ser gerados com base no modelo principal. Essas vistas podem ser automaticamente geradas resguardando as necessidades do usuário.

Percebe-se que enquanto modelo o BIM possui delimitações claras, isso ainda não acontece no CIM. O modelo CIM deve-se conectar a uma fonte de dados contextual ou uma ferramenta de análise de vários componentes da cidade, incluindo as edificações, as infraestruturas, os espaços públicos e principalmente as pessoas.

Adotando o esquema de conceituação e divisão de níveis de BIM da NIBS²⁶ (2008) divididos em produtos, ferramenta e processo. Percebe-se que enquanto produto, os modelos BIM estão atendendo essa demanda, tanto na compreensão da diversidade de modelos existentes durante todo o ciclo de vida da construção. Como ferramenta ainda estão em processo de elaboração, pois já existe um conjunto de softwares que permitem interpretar esses modelos e agregar informações a eles, entretanto ainda existem problemas de interoperabilidade no processo. Como processo é um caminho a ser percorrido principalmente pelas mudanças culturais e organizacionais a serem vencidas.

Percebe-se que mesmo que o CIM não seja apenas uma evolução do BIM, os modelos CIM e BIM devem-se conectar, é inevitável que essa união seja satisfatória e necessária. Assim como no BIM é importante destacar que a colaboração é um fator chave para que esse processo aconteça. No cenário da indústria, o BIM já tem proporcionado mudanças com a digitalização dos processos, alterações significativas começaram a acontecer, mostrando que a transformação não é possível de ser evitada.

Dentre as discussões presentes nesse capítulo se fez necessário a compreensão e distinção de certos termos, principalmente no que tange a conceituação do CIM. Como dito anteriormente, existe um acrônimo para CIM, e o subtítulo a seguir tratará de diferenciar esses termos.

²⁶ NIBS - *National Institute of Building Sciences*, elaboraram um guia nacional de modelagem BIM, voltado para os proprietários dos edifícios, que descreve todo o processo da construção.

3.3. Modelagem e Modelo

O planejamento é uma das ferramentas que tem evoluído com o tempo, mesmo que as vezes negligenciado ainda representa uma importante ferramenta para execução de uma tarefa, principalmente na gestão das cidades, sendo necessário modelar adequadamente o problema a ser resolvido, e transformando isso em uma estrutura que seja capaz de facilitar a solução deste problema.

Uma tomada de decisão pode materializar em diferentes tipos de gestão e ação. Quando se pensa em um modelo de informação deve-se preocupar em representar a realidade, ficando nítido o atributo do objeto que foi mensurado, e isso não deve depender do profissional ou agente que irá processar aquele dado ou atributo.

O processo ou técnica de elaboração de modelos é conhecido como modelagem. Na “modelagem” estaria o processo de ligar os modelos, de acordo com os requisitos estabelecidos. Dentre os fatores importantes estão a variedade e a diversidade das informações que devem ser analisadas e canalizadas de forma correta para o modelo.

Para Câmara (1995, p.36) “a modelagem de dados tem um papel crítico ao determinar a capacidade de uso e a rapidez de aprendizado do sistema”. Neste caso, para que um sistema funcione é necessário a criação de um modelo, no qual visa facilitar o entendimento e a manipulação das possíveis relações que ocorrem entre as variáveis de um processo ou sistema.

Para a descrição do funcionamento de um sistema, são criados modelos que retratam a construção de algo, empregando teorias, que fornecem a sua base conceitual. Primeiramente elege-se uma amostra, que possui um grupo de variáveis, posteriormente identifica-se suas relações, delimitando as dependências existentes e a representação do processo ou de um sistema.

Segundo Beuren (2002, p. 28), “Os gestores necessitam de informações que estejam em consonância com seus modelos decisórios”. Para que o processo de decisão aconteça é necessário a existência de alternativas viáveis, reconhecendo a realidade de um problema e definindo todas as alternativas plausíveis para a solução do mesmo.

Dentre os modelos de decisão estão os de simulação que permitem avaliar antecipadamente as alternativas, criando cenários futuros para testar as alternativas formuladas.

O futuro em si possui um grau de incerteza, e na maioria das vezes causa grande dificuldade para a tomada de decisão. Neste caso, a simulação proporciona modelos mais estruturados, que permitem encontrar soluções satisfatórias.

A base para um modelo de informação é análise cuidadosa do processo de decisão e do fluxo de informação. A informação é um importante recurso, mas dentro das características principais está a importância de mensurá-la, determinando suas características, dentre estas estão qual o custo, o valor, a qualidade e a validade dessas informações para que elas se transformem em dados relevantes.

Os modelos de informação precisam dar suporte no processo de tomada de decisão, desde o reconhecimento do problema, até a identificação da melhor alternativa a ser tomada para a solução do mesmo. Lembrando que esses modelos representam o diagnóstico da realidade, e servem de suporte para caracterização de etapas de trabalho, como a definição de regras e parâmetros a serem adotados.

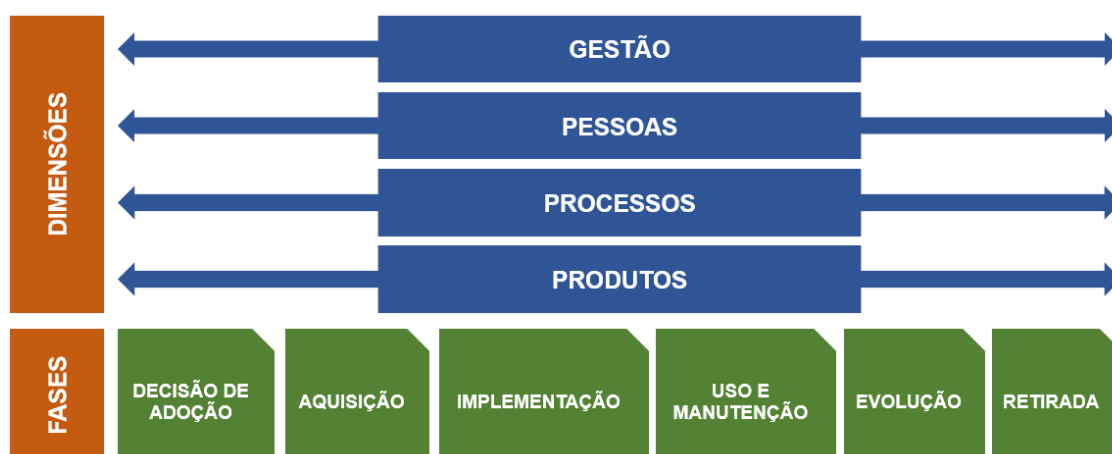
Para Resende e Abreu (2006, p.38), “Informação é todo dado trabalhado, útil, tratado com valor significativo atribuído ou agregado a ele com um sentido natural e lógico para quem usa a informação”. E neste caso, o dado seria um elemento que faz parte da informação, mas que sozinho normalmente não transmite conhecimento, e esta atribuído a um conjunto de símbolos, números ou letras.

A informação trabalhada propicia simulações, dentre os principais conceitos que estão atrelados ao de gestão e ao de sistema, no qual existem várias partes interagindo entre si, a cidade é um sistema, e quando esse conjunto de atividades, setores e atores interage, precisam se integrar para gerar resultados. Neste caso, para que o sistema cidade funcione as várias partes devem estar interligadas de alguma forma.

Os sistemas de informação estão ligados a um conjunto de normas e procedimentos, que estabelecem uma estrutura formal, que geram um processo de transformação de dados em informações. Quando a tecnologia da informação é um dos recursos desses sistemas existe um conjunto de softwares, hardwares e recursos humanos.

A gestão das cidades passa hoje por problemas de cunho estratégico, tático e operacional. De certa forma a criação de modelos de informação podem auxiliar a solução desses problemas. Um modelo de informação baseado em um sistema possui um determinado ciclo de vida, e está dividido em fases e dimensões que acompanham todo o ciclo de vida. A Figura 10 mostra como Esteves e Pastor (1999) estruturaram o ciclo de vida, suas fases e as dimensões envolvidas.

Figura 10: Ciclo de Vida de um sistema de Informação



Fonte: Adaptado de Esteves e Pastor (1999).

Percebe-se que existem semelhanças ao fazer essa relação, de um sistema de informação para as cidades, entretanto pressupõe que com as constantes modificações e as atualizações no modelo, não exista a decadência, não ocorrendo a necessidade de sua retirada.

Na gestão urbana integrada a um modelo de informação também podem ser consideradas uma dessas dimensões, no qual o produto são os modelos de informação da cidade. A Modelagem da Informação da Cidade pode ser considerada esse processo, ou no caso, um conjunto de processos que atrelados vão formar o desenvolvimento e a capacidade de gestão através do planejamento adequado. Por fim incluem-se as pessoas, compreendendo todos os agentes ou *stakeholders* envolvidos no processo.

É importante destacar que principalmente em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a falta de cuidado nas fases de implantação, implementação e atualização pode causar o declínio rápido do sistema, antes mesmo que ele seja totalmente utilizado.

Se existe a modelagem incompleta de dados e informações a segurança no sistema é pouca, e gera falta de resultados.

A tecnologia da informação não se trata apenas de hardwares, softwares e seus periféricos, mas também dos recursos tecnológicos e computacionais para gerar e utilizar a informação. Questões conceituais também são de grande importância, como as questões comportamentais que influenciam diretamente na utilização efetiva das tecnologias.

Para que o CIM funcione é necessário um sistema operacional que inclua hardwares, softwares e os seus respectivos dispositivos. Também deve-se determinar quais recursos computacionais serão utilizados para a realização de tarefas. Posteriormente, um programa de computador, para o desenvolvimento de atividades específicas. Normalmente esses programas são escritos com linguagem de programação, fornecendo instruções ao computador para que ele execute a atividade de processamento adequada.

3.3.1. Um acrônimo entre Modelo e Modelagem

Assim como no campo da AEC existe uma reflexão acerca do acrônimo BIM, levando isso também ocorre no CIM, principalmente destacando pelo desenvolvimento desse conceito, quando se refere em termos diferenciados de exercício prático.

No caso do BIM, ele pode ser entendido como *Building Information Model* (Modelo de Informação da Construção), e a palavra *Model* ou modelo é um substantivo e está relacionado ao modelo BIM, um produto do processo de projeto, um modelo de dados multidisciplinares.

Já o BIM, enquanto *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção), a palavra modelagem se refere a uma ação, referente ao processo de projeto em si, o ato de criar o modelo.

Um modelo digital pode ser entendido como uma descrição digital de cada aspecto do ativo construído, um modelo baseado em informações montadas colaborativamente e atualizadas nas principais fases do processo de projeto. Quando se fala em modelagem é importante pensar no gerenciamento das informações em um ambiente em equipe, trabalhos realizados com base nos mesmos padrões.

Então assim como o BIM, o CIM também detém essa complexidade em suas terminologias, e apresentam enquanto Modelagem da Informação da Cidade uma união de processos, políticas e tecnologias, mesmo que grande partes dessas etapas ainda não estejam claras e efetivas, elas devem ser entendidas como macro-fluxos de processos de modelagem para a utilização do que seria um modelo CIM. Esses macro-fluxos iniciam-se no processo de planejamento e percorrem todo o período de gestão das cidades, no qual diferenciadamente existe um processo para o projeto e um processo para a modelagem, ambos com as fases de concepção, definição, desenvolvimento, análise, documentação, execução, operação e manutenção.

Quando se fala de CIM é importante destacar que a primeira relação que o envolve e a construção 3D de um modelo de cidade. Criar um ambiente virtual com uma cidade 3D permite diversas interações, e mais que isso, conecta a relação de dados existentes dentro dessas cidades, pois a partir de um modelo esses dados podem ser acessados, analisados e compartilhados. O objetivo de um modelo CIM, seria armazenar todas as informações referentes a cidade, de todas as operadoras da cidade em um hub colaborativo²⁷.

3.3.2. O modelo CIM

Criar um modelo de informação da cidade é um processo complexo, principalmente devido à complexidade das informações e as mais diferentes interações com os atores.

A construção de modelos tem sido utilizada a muito tempo, desde a concepção de “maquetes” pelos arquitetos até os modelos organizacionais pelos gestores. Possuem a intenção de compreender as complexas relações existentes nas estruturas de estudo, sejam edificações, empresas ou até mesmo cidades, nas quais com a criação de modelos é possível facilmente identificar as mudanças ocorridas com o passar do tempo, demonstrando os resultados positivos ou negativos das intenções realizadas.

Dentre as diversas vantagens na utilização de modelos, eles servem para o estabelecimento e o aprimoramento de parâmetros, e auxiliam na identificação de várias relações possíveis entre os elementos da realidade, mesmo que apresentados

²⁷ Um hub colaborativo pode ser entendido como uma peça central de colaboração, ou um espaço de colaboração no qual ela receberia os sinais e transmitiria para as outras operadoras.

de forma gráfica e normalmente simplificados em termos de visualização. Eles representam a realidade, permitem compreender as diversas e complexas relações existentes no campo das cidades.

Para Beuren (2002, p.17) “Um modelo representa ou descreve os elementos relevantes de um processo ou de uma situação e as interações existentes entre eles”. Vernadat (1996) e Mayer et al.(1993), possuem definições distintas de modelo, no qual para o primeiro autor, o modelo seria uma representação útil de um determinado tema, enquanto para o segundo esse modelo é um sistema caracterizado por objetos, propriedades e relações.

Pressupõe-se que a criação do modelo CIM requer habilidades técnicas ainda não mensuradas, principalmente devido ao campo multidisciplinar que é a cidade. Na elaboração desse modelo pressupõe-se a necessidade de diversas especialidades envolvidas.

Ademais ainda existe a necessidade de diversos aprimoramentos na utilização de modelos, principalmente porque na sua maioria possuem limitações na identificação de todas as variáveis que são relevantes para a concepção dos mesmos. Além disso, muitas são esquecidas ou negligenciadas e acabam posteriormente influenciando em alguma situação, além das variáveis é importante definir as propriedades que devem ser mensuradas para alguns tipos de procedimentos, que influenciam no entendimento da informação para os usuários.

Verifica-se que a utilização de modelos se tornou uma importante ferramenta para a concepção de algo, sejam como representação, simulação ou idealização. Os modelos possuem estrutura particular e conforme descrito por Mazione (2013, p.80) “O poder de um modelo vem de sua habilidade em simplificar os sistemas reais que ele representa e de sua capacidade de previsão do comportamento do sistema real a partir de simulações feitas por ele”.

A construção de modelos pode auxiliar no aprimoramento e na precisão do produto ou processo final. Stojanovski (2013, p.5) ressalta que na modelagem computadorizada 3D os objetos são polígonos ou arestas que são mapeadas com texturas ou imagem. Os programas modeladores 3D, como os programas CAD usam

uma caixa de ferramentas geométricas de objetos 3D e modificadores, e essa caixa de ferramentas muito mais complicada e dificultosa.

Normalmente os programas BIM permitem que essa modelagem seja mais completa e real, pois o modelo é verdadeiramente tridimensional e normalmente possuem o processo de modelagem mais simples. Em sua maioria os objetos 3D são interativos e possuem uma gama de informações presentes, conhecidos como atributos.

Segundo Stojanovski (2013) as cidades e seus espaços urbanos são representados por variáveis, modelos, fórmulas e matrizes econômicas, transporte urbano, modelagem urbana, planejamento de sistemas e ciência regional. Ela ressalta os diferentes modelos e matrizes que definem as variáveis existentes, e também a atribuição dos agentes que integram e interagem no sistema.

“Os modelos são usados para representar objetos, fatos e fenômenos. Geralmente são formulações simplificadas para fins específicos e, conseqüentemente, são menos que a realidade, construindo um sistema homomórfico do mundo real” (SIMONELLI E AMORIM, 2018, p.319). Segundo Câmara (1995, p. 36) “Um modelo de dados é um conjunto de ferramentas conceituais utilizado para estruturar dados num sistema computacional”.

Discorrendo sobre modelos Forrester (apud GAVIRA, 2003, p. 44),

diz que eles têm se tornado largamente aceitos como um meio de estudar fenômenos complexos, e que seu valor provém da melhoria da nossa compreensão das características de comportamento do sistema real, compreensão essa mais efetiva do que aquela realizada pela observação do sistema em si. Um modelo, comparado ao sistema real que ele representa, pode lidar com informação a um baixo custo, além do conhecimento ser obtido mais rapidamente e em condições não observáveis na vida real.

A palavra modelo muitas vezes funciona de forma ambígua, podendo ser uma teoria, no caso uma lei, uma hipótese, uma ideia ou até mesmo uma síntese de dados. Assim como, pode substituir uma representação ou uma demonstração (SKILLING, 1964 e HAGGETT e CHORLEY,1967).

Hesse (apud Echenique, 1975, p.238) distingue três tipos de teorias de acordo com seus poderes preditivos: teorias formais, que são apenas fracamente preditivas, incluindo o chamado modelo matemático; modelos conceituais, que são fortemente

preditivos, mas ou justificados por critérios de seleção; modelos analógicos materiais, ambos fortemente preditivos e justificados por critérios de seleção que se referem aos modelos como dados empíricos.

Um modelo é uma representação da realidade, onde a representação se faz através da expressão de certas características relevantes da realidade observada e onde a realidade consiste nos objetos e sistemas que existem, existiram ou podem existir (ECHENIQUE, 1975, p.238).

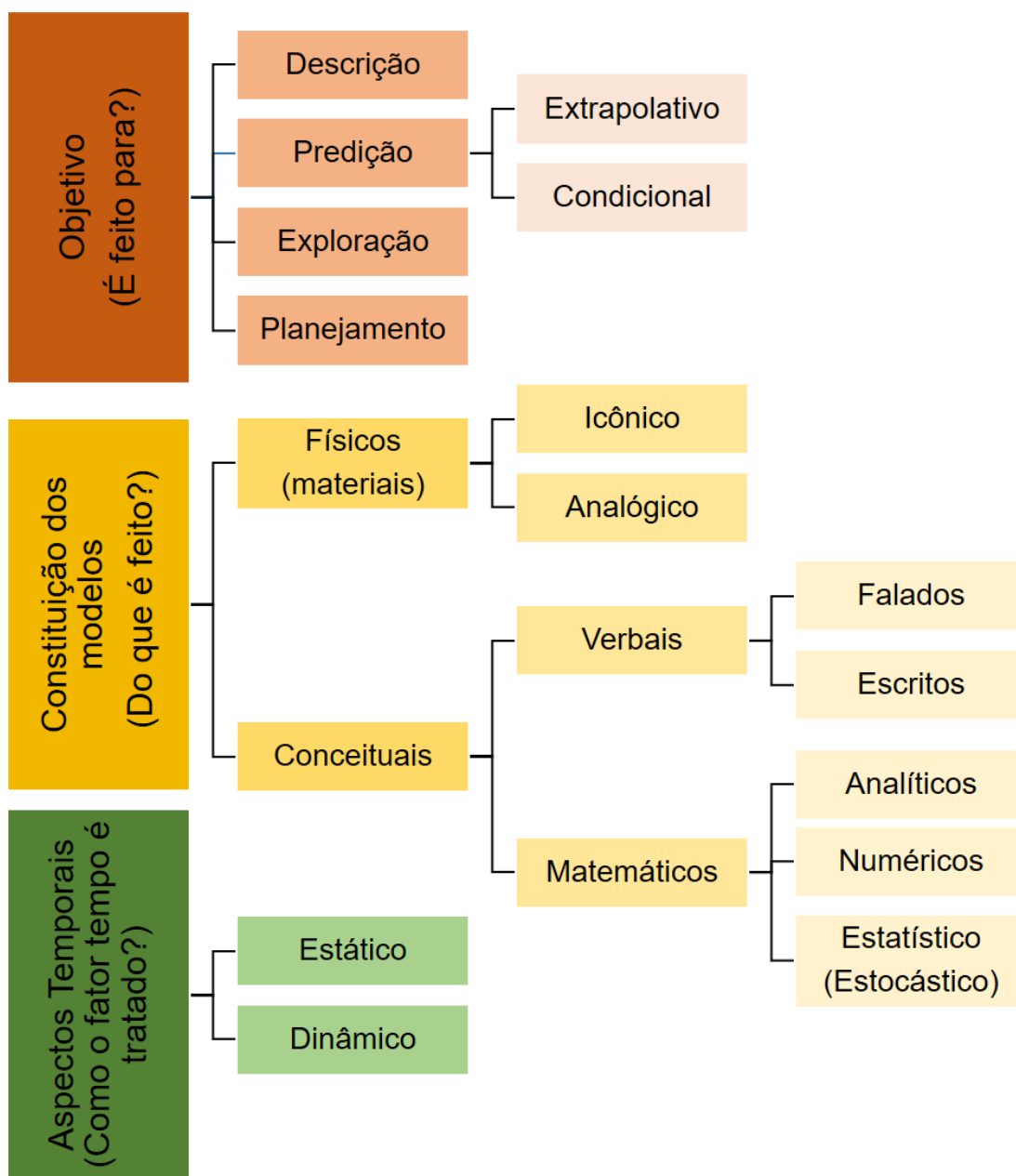
Para Andrade (apud Lopes, 2008, p. 28) os modelos podem ser de três tipos: conceituais, matemáticos e heurísticos. Entretanto, com os estudos realizados por Echenique (1975) os modelos podem ser classificados em três categorias (conforme a Figura 11). Na primeira categoria o objetivo do modelo presta-se segundo, as intenções de realização. Neste caso os modelos podem ser descritivos, preditivos, exploratórios e planejadores.

Os modelos descritivos tem como objetivo principal compreender a realidade, descrevendo as relações entre os fatores relevantes, com uma intenção explicativa. Os modelos preditivos tem por objetivo prever o futuro, e podem ser extrapolativos que utilizam as tendências atuais para projetar o futuro e ainda condicionais, no qual os mecanismos de causa e efeito governam as variáveis a serem especificadas. Os modelos exploratórios tem a intenção de descobrir mediante especulações, identificar assim novas realidades possíveis. Já os modelos de planejamento, que através de critérios selecionados permitem a otimização das variáveis para realização de simulações (ECHENIQUE, 1975).

Existem também dentro dos modelos de planejamento, os modelos de simulação. Segundo Lopes (2008, p 28) “os modelos de simulação oferecem uma maior flexibilidade ao analista”. Neste caso eles normalmente representam a realidade e permitem analisar diversas variáveis, assim como criar um ambiente futuro.

Freitas Filho (2008) relata que através da simulação, busca-se a construção de modelos que sejam capazes de imitar um sistema real, principalmente em suas dinâmicas e características operacionais. Isso facilitaria o estudo do sistema em um contexto isolado e controlado.

Figura 11: Classificação de Modelos segundo Echinique (1975).



Fonte: Elaborado pela autora.

Os modelos ainda podem ser classificados segundo a sua constituição, que podem ser físicos ou conceituais. Nos modelos físicos, as características físicas são representadas conforme a realidade e são subdivididos em icônicos (As propriedades físicas são representadas apenas por uma diferença de escala) e analógicos (As propriedades físicas do mundo real são representadas por propriedades diferentes) (ECHENIQUE, 1975). Entretanto, é importante destacar que para outros autores um ícone está relacionado a uma imagem e modelo analógico, relacionado ao não digital.

Nos modelos conceituais as características relevantes estão apresentadas mediante conceitos, sejam eles de linguagem ou de símbolos. Eles são divididos em verbais ou matemáticos, no caso dos modelos verbais a descrição da realidade é realizada em forma de palavras ou escritas, englobando discursos lógicos, que de acordo com Bunge (Apud, Echenique 1975 p. 246) “Apresenta uma perfeita claridade, assim como liberdade frente as contradições”. Destaca-se também a existência de modelos conceituais não verbais, classificados como imagéticos.

Os modelos matemáticos apresentam a realidade pelo uso de símbolos, empregando lógicas e propriedades matemáticas. Na sua subclassificação estão os modelos analíticos, que consistem no uso de deduções matemáticas, a partir de simbologias e notações abstradas: os modelos numéricos, que selecionam um conjunto de valores e variáveis para produzir a solução adequada, baseados principalmente em interações, neste caso normalmente são digitais por ser implementados em computadores (FREITAS FILHO, 2008). Modelos determinísticos conhecidos também como estatísticos, que podem ser divididos em técnicas para determinar qual o resultado desejado, como os sistemas de equações, métodos de simulação e algoritmos de computação. (ECHENIQUE,1975).

E por fim a terceira classificação que relaciona com os aspectos temporais, onde os modelos podem ser estáticos, que se concentram no equilíbrio dos fatores estruturais (passado, presente e futuro), a partir de um momento específico. E os modelos dinâmicos que se concentram nos processos e funções através do tempo. (ECHENIQUE,1975).

Ao analisar os modelos CIM e as descrições apresentadas acima, é possível caracterizar a necessidade de um ambiente digital para a concepção dos modelos CIM. Assim verifica-se que diante a constituição do modelo, o modelo CIM pode ser classificado como conceitual matemático numérico, realizado através de uma representação digital, neste caso vários objetos ou elementos são representados em um ambiente computacional, constituindo assim um modelo digital.

Segundo Simonelli e Amorim (2018, p.319),

Na modelagem da informação da cidade, são utilizados modelos numéricos 3D das cidades, que representam os diferentes tipos de objetos urbanos (edificações, sistema viário, mobiliário urbano, vegetação, corpos d'água entre outros), relacionamentos e

comportamentos. Cada um dos objetos que constituem esses modelos de cidades tem características: geométrica (forma), gráfica (aparência, topológica (relações) e semântica (propriedades/comportamentos).

Atualmente a maioria dos modelos 3D existentes são modelos que possuem apenas informações geométricas. Segundo Xu et al. (2014) estes modelos podem até ser aplicados em diversas áreas nas cidades, entretanto eles não atendem aos requisitos de simulação, principalmente porque não possuem informações semânticas.

Os modelos geométricos normalmente utilizam de objetos espaciais, como pontos, linhas, planos, superfícies para representar as propriedades de seus objetos e elementos, e são representações da forma do objeto em si. Já os modelos semânticos usam de definições de classe para representar os objetos espaciais dentro de modelos virtuais, para definir entidades e suas características não espaciais e relações entre as entidades.

Dentre os métodos matemáticos para a criação de modelos estão os algorítmicos, no qual se estabeleceram métodos de programação para a automatização de processos. Dentre esses métodos está a modelagem procedural²⁸, que supera a limitação existente nos modelos geométricos, possibilitando a junção de dados à função algorítmica, no qual através de uma sequência de rotina, sub-rotinas, funções é possível a realização de um modelo, além de permitir que os objetos mais complexos sejam representados, incluindo os parâmetros de comportamento do mesmo. Segundo Leite (2017, p. 67) as técnicas para modelagem procedural podem ser divididas em “[...] modelagem interativa, reconstrução por uso de dados do mundo real e modelagens procedurais baseadas em regras. ”

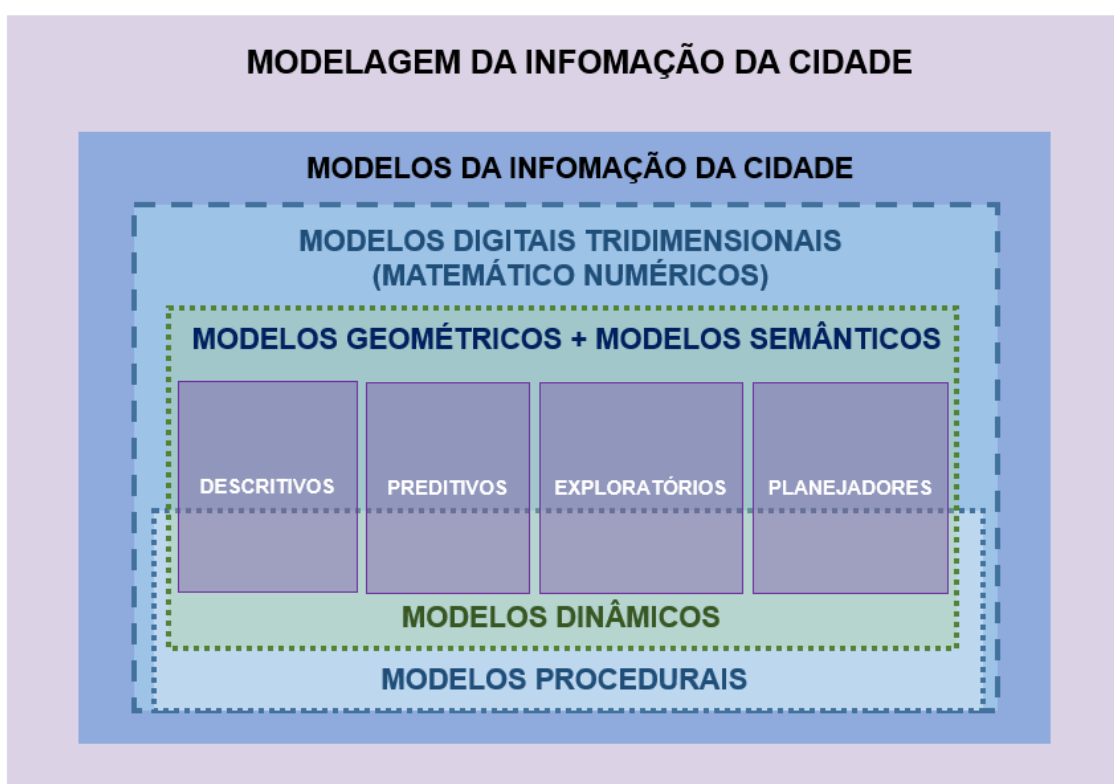
Atualmente vários plug-ins como o Grasshopper® juntamente com o Software *RhinoCeros* permite a construção de modelos generativos ou até mesmo elaborar *scripts* para facilitar o processo de projeto. Também há o *Dynamo*, uma ferramenta de programação de código aberto utilizada principalmente nos softwares da *Autodesk*, para criar rotinas. Essas ferramentas têm sido utilizadas para realizar a otimização desses processos, através da criação de rotinas, permite a facilidade no processo de

²⁸ A modelagem procedural engloba métodos alternativos a modelagem tradicional, baseada em uma série de parâmetros, entretanto tem como objetivo representar a complexidade dos objetos do mundo real, tanto a sua forma como também o seu comportamento no meio, para que esses objetos possam interagir dentro do modelo (FISCHER E BHOOSAN, 2008).

modelagem, assim como nas fases de documentação, ou até mesmo a possibilidade de integração dos dados, de diversos formatos.

Neste contexto a Figura 12 representa os modelos envolvidos para a concepção de um modelo CIM. Esses modelos estão contidos no processo de Modelagem da Informação da Cidade, sendo assim eles são um produto dentro desse processo. Essa é uma classificação abrangente, tendo em vista as tantas questões específicas capazes de englobar, situações envolvendo problemas das mais diversas naturezas. Nessas circunstâncias, abre-se a perspectiva da compreensão dos problemas por distintas estratégias, e que elas possibilitem um conjunto de conhecimentos.

Figura 12: Estrutura do modelo de informação da cidade.



Fonte: autora.

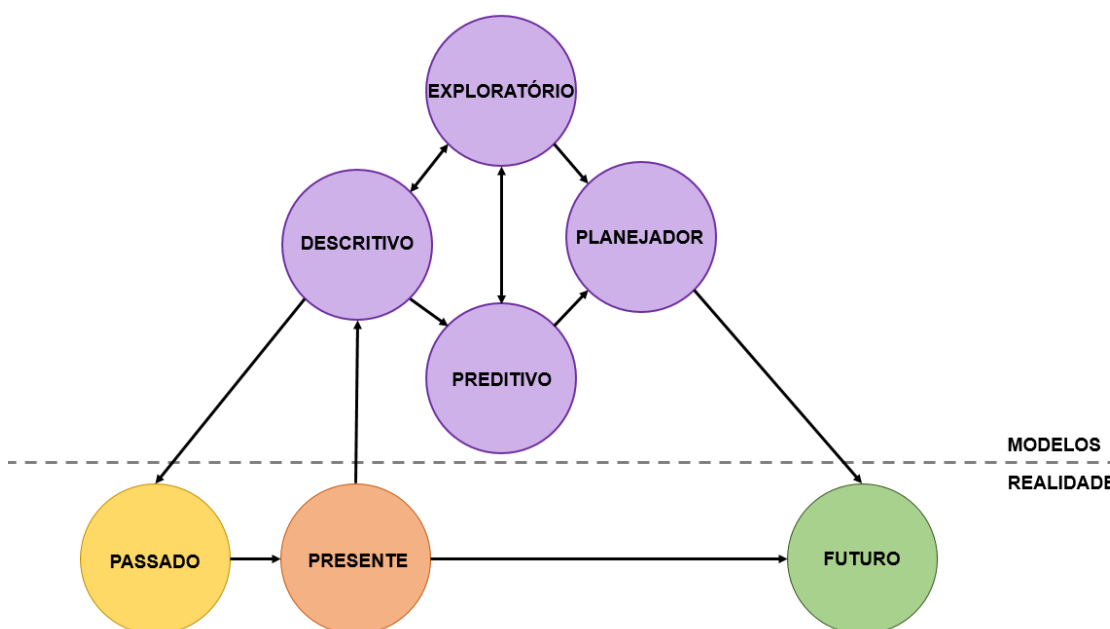
Os modelos de informação de cidade são modelos matemáticos numéricos, no caso um modelo digital que deve necessariamente ser tridimensional. Esse modelo digital tridimensional é constituído de objetos e elementos geométricos que necessitam ter características semânticas em suas propriedades, assim como atributos paramétricos, permitindo que os modelos sejam dinâmicos. Esses modelos podem ou não ser procedurais, entretanto a elaboração de algoritmos é fundamental para facilitar o

desenvolvimento e as modificações instantâneas no processo, o que no caso de uma cidade é fundamental.

Quanto ao objetivo da utilização dos modelos de informação da cidade, eles podem ser descritivos, para permitir a compreensão da realidade das cidades, e descrever as diversas relações existentes na estrutura urbana, assim como na gestão das cidades. Podem ser preditivos com a intenção de prever os acontecimentos da cidade, e estabelecer cenários futuros.

No caso dos modelos exploratórios seria justamente explorar novas possibilidades no processo de desenvolvimento das cidades, assim como revisar a realidade urbana existente e estabelecer parâmetros a serem implementados. Por fim, há também os modelos de planejamento que são fundamentais para a gestão urbana das cidades, permitindo através do planejamento estabelecer metas para o desenvolvimento sustentável das cidades.

Figura 13: Processo ideal de elaboração de modelos em relação à realidade



Fonte: Adaptado de ECHENIQUE, 1975.

Cada tipo de modelo requer uma utilização adequada, e em seu tempo determinado. Para a construção de modelos é necessário entender esses passos. A Figura 13 mostra um processo ideal de construção de modelos em relação à realidade, assim

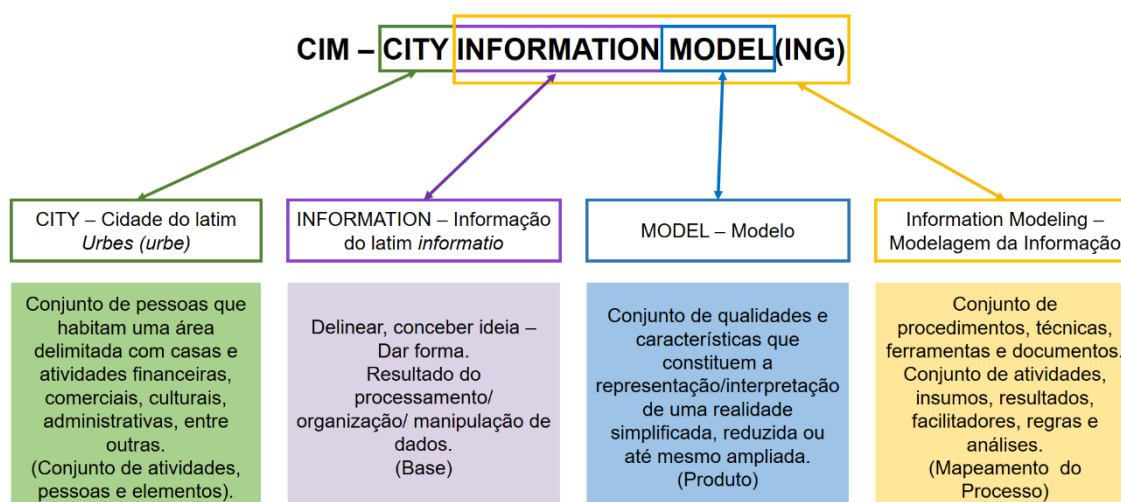
como as relações que existem entre os modelos, no qual um mesmo modelo pode ser contruído e utilizado para mais de um objetivo.

Adaptando esse processo para a cidade, cabe a escolha correta de qual o objetivo do modelo e qual tipo de modelo será empregado para a concepção do modelo de informação da cidade. No caso das cidades é inevitável que essa modelagem seja composta por diversos e inúmeros modelos. No qual não necessariamente exista um único modelo que seja capaz de suportar todos os complexos processos existentes em uma cidade. No próximo capítulo pretende-se exemplificar melhor quais seriam os objetos CIM e tipos de modelos a serem elaborados para que a modelagem da informação aconteça.

3.4. Estruturando um conceito para o City Information Modeling

O CIM é um processo de desenvolvimento de um modelo digital de uma cidade com diferentes dimensões e característica definidas. Um conjunto que integra processos, políticas, pessoas, tecnologias, dentre elas softwares que fundamentados por um processo colaborativo, permite ser um instrumento para facilitar a gestão das cidades. Inclui, portanto, o detalhamento de fluxos de informações que entram e saem do sistema durante a execução desse processo. A Figura 14 demonstra parte dessa estrutura terminológica do CIM.

Figura 14: Terminologia CIM



Fonte: Autora.

Entende-se que é indispensável à diferenciação do trabalho do arquiteto projetista e do arquiteto planejador urbano, onde a projeção de edificações permite certa liberdade de formas e materiais, enquanto, por outro lado, os planejadores estão presos a outros tipos de restrições, como a necessidade de planejamento que produzem efeitos a curto e longo prazo, além da indicação de diretrizes e metas relacionadas a um cenário futuro. Diante disso, percebe-se que as tecnologias, plataformas e ferramentas para projeção devem possuir características específicas para cada um.

Os dados disponibilizados pelos modelos de informação devem estar além de dados geométricos ou de custos, as informações devem permitir diversos gerenciamentos. Parte dos desenvolvedores de softwares já tem desenvolvido programas que permitem a elaboração de modelos CIM. Países como o Reino Unido juntamente com algumas empresas privadas já impulsionaram a utilização desses modelos para a construção de modelos de cidades a partir de georreferências e imagens tridimensionais. Alguns desses processos têm sido utilizados principalmente em projetos de complexos habitacionais, túneis, pontes, projetos de gerenciamento de energia e saneamento básico, na infraestrutura de transporte como no processamento de dados sobre o fluxo de veículos, mas percebe-se que esses modelos assim como os modelos BIM possuem diversas possibilidades no planejamento urbano.

Ao se tratar do CIM não se pode ignorar os processos que envolvem o desenvolvimento das cidades inteligentes. Segundo Simonelli e Amorim (2018, p.322) “O CIM e as cidades inteligentes são conceitos complementares”. Destacando que as cidades inteligentes estão a serviço dos cidadãos e dos administradores urbanos, já o CIM estaria focado nas demandas dos projetistas, operadores, planejadores, construtores, dentre outros.

Voltando aos aspectos relacionados a terminologia do CIM, Almeida e Andrade (2018, p.33) associando ao conceito de Succar et al. (2007) para BIM constroem o seguinte conceito para CIM,

um modelo de conhecimento baseado em computação envolvendo processos, políticas e tecnologias que permite que múltiplas partes interessadas colaborem no desenvolvimento de uma cidade sustentável, participativa e competitiva.

A Tabela 2 permite compreender o significado de cada termo diante do conceito apresentado. O conceito apresentado é de grande importância na tentativa de compreensão dessa terminologia, entretanto é preciso tomar cuidado com algumas questões, principalmente no que refere a ideia de cidade competitiva. Mesmo que atualmente entende-se que as cidades é um local de negócios, é necessário superar a produção do espaço urbano apenas voltado para o capital.

Tabela 2: Termos essenciais para compreensão do CIM

TERMO	Referência (Almeida e Andrade 2018, p.34)
Modelo de conhecimento	“Conjunto articulado de classificações, taxonomias, ontologias, modelos, estruturas e teorias. (Succar, 2013)”.
Baseado em Computação	Suporte onde os dados são predominantemente coletados, armazenados e processados em formato digital por meio de processos computacionais, e cuja informação é entregue/devolvida em meio digital.
Tecnologias	“Campo de aplicação do conhecimento científico com propósitos práticos (OXFORD, 2007 apud Succar, 2009, p.359), e que envolve agentes especializados no desenvolvimento de softwares, hardwares, middleware ²⁹ , equipamentos e sistemas de rede necessários para promover o aumento da eficiência, produtividade e aproveitamento de um determinado setor produtivo.”
Processos	Ordenamentos específicos de atividades de trabalho distribuídas no tempo e espaço, com início e fim, entradas e saídas (<i>inputs e outputs</i>) claramente identificados (DAVENPORT, 1992 apud Succar, 2009), e envolvem aqueles agentes envolvidos em licitações, projetos, planos, construção, uso, gestão e manutenção de construções e equipamentos urbanos.”
Políticas	“Princípios ou regras escritas que guiam as tomadas de decisão (CLEMSON,

²⁹ Etimologicamente do prefixo Middle – Meio e o sufixo Ware – Conjunto. Middleware representa as tecnologias intermediárias, ou no caso o agrupamento de todas as tecnologias em um software para sua aplicação final.

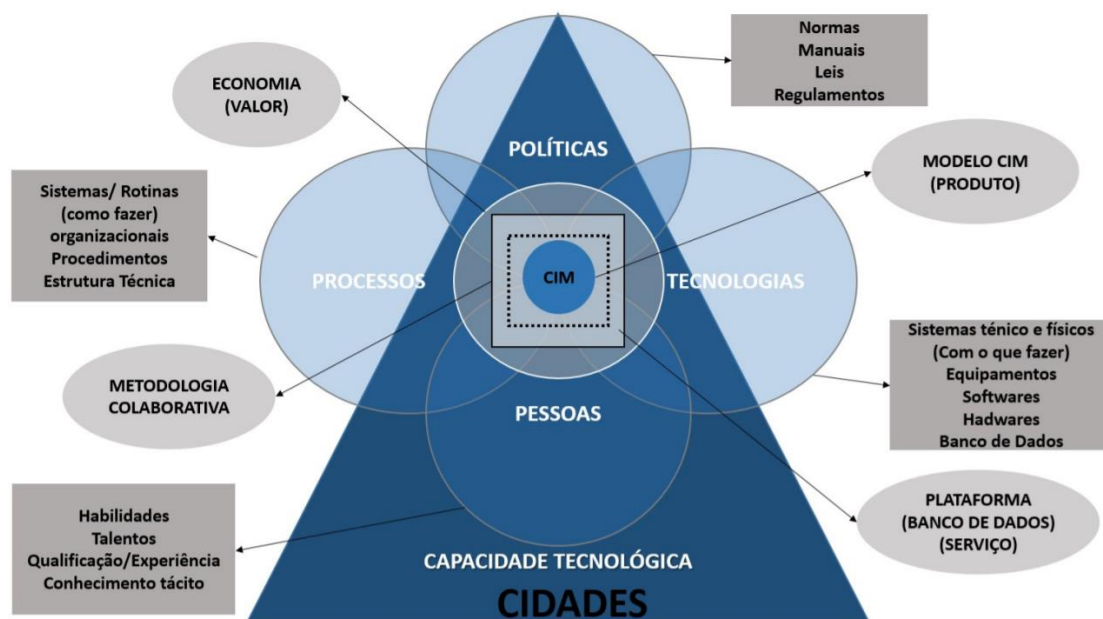
	2007 apud Succar, 2009, p.5), e que envolvem os agentes de formação, pesquisadores, além daqueles que distribuem benefícios, alocam riscos e minimizam conflitos na produção de soluções para o espaço urbano, não gerando nenhum produto construído, mas exercendo um papel central de preparação, regulação e contratação nos processos de projeto, planejamento e gestão urbanas e construção.”
Cidade Sustentável	“Entende-se que é aquela na qual segue-se uma agenda de otimização de consumo de recursos de modo a não comprometer seu uso por gerações futuras.”
Cidade Participativa	“Aquela na qual há o fortalecimento de canais de comunicação direta, transparência e abertura de dados, permitindo alto grau de interação dos cidadãos e sociedade em geral com a governança local.”
Cidade Competitiva	“Aquela que, pelo conjunto de indicadores favoráveis que detém, apresenta um grande potencial para atrair investimentos e gerar negócios (Bouskwla, Casse, Bassi, Luca e Facchina, 2016)”.

Fonte: Adaptado de Almeida e Andrade (2018, p.34).

A partir da tabela anterior e também da definição criada por Almeida e Andrade (2008) entende-se o CIM como **um modelo de conhecimento apto a mapear as cidades, baseado em computação envolvendo processos, políticas, tecnologias e pessoas, através de estratégias de gestão e colaboração, capaz de permitir que múltiplas partes interessadas colaborem no desenvolvimento de uma cidade sustentável e participativa, que tem como produto um ou mais modelos de informação da cidade.**

A Figura 15 expõe um pouco dessa estrutura, um modelo de conhecimento, para a modelagem da informação da cidade, principalmente pautada pelo âmbito tecnológico.

Figura 15: Diagrama *City Information Modeling* e Capacidade Tecnológica das cidades.



Fonte: Autora.

A capacidade tecnológica está diretamente ligada ao capital humano, físico e organizacional de uma empresa ou cidade, e reflete na capacidade que uma organização tem de realizar uma atividade tecnológica. Nesse cenário divide-se a capacidade tecnológica na capacidade operacional e na capacidade inovadora, que está ligada à grandes modificações relacionadas aos processos e produtos que a tecnologia pode gerar.

As capacidades estão ligadas ao uso, a adaptação e a criação, principalmente em termos de produtividade, e podem ser dimensionadas por sistemas técnicos, sistemas físicos, sistemas organizacionais ou institucionais, produtos e serviços e ao fator humano, ligado ao conhecimento, habilidades e qualificações.

Grande parte das tecnologias são desenvolvidas para resolver um problema específico, logo elas são um conjunto de “dados” ou “conhecimentos” utilizados pelo capital humano através de métodos e processos para a produção de algo, que pode ser um produto ou um processo.

Necessariamente o desenvolvimento e a implantação de tecnologias estão ligados a capacidade tecnológica de uma organização ou cidade, assim como a relação

gerencial para o uso e operação dessas tecnológicas, e de que forma os produtos ou serviços podem ser criados para fim comercial ou organizacional.

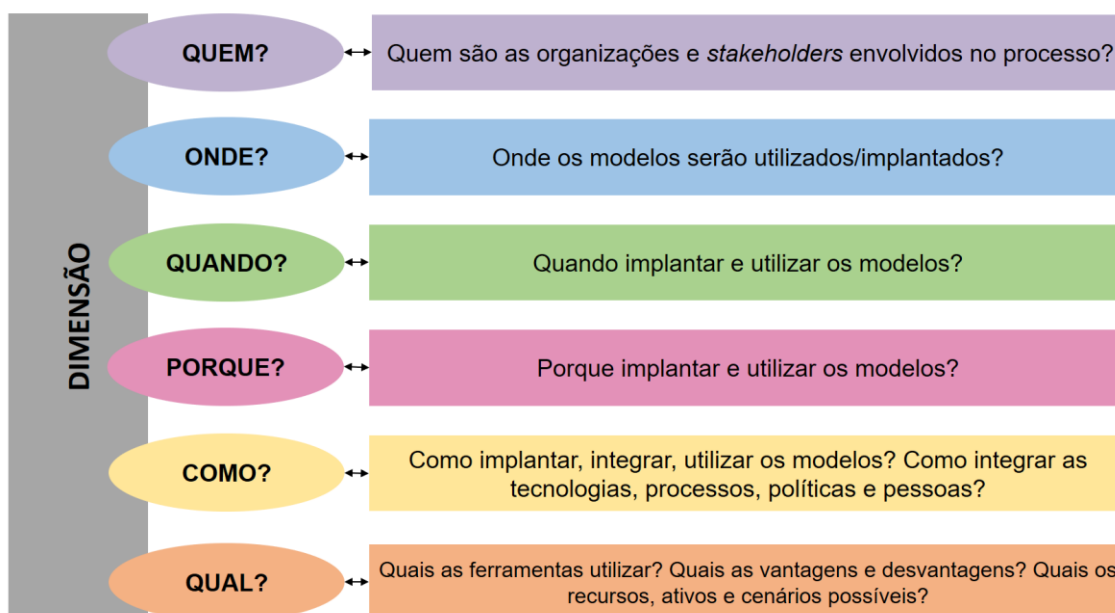
É neste fator que fica claro a importância de mensurar a capacidade tecnológica das cidades para a implantação de novas formas de gestão, dentre elas o *City Information Modeling*. Definindo os recursos, no caso os investimentos a serem empregados, os recursos humanos utilizados e o tipo de infraestrutura necessária para a implementação do mesmo. Quais são as atualizações tecnológicas necessárias nesse processo, e as fases de controle e de processamento da informação, assim como os processos e rotinas que possuem como índice o planejamento e controle dessas cidades; o monitoramento e a gestão dos projetos urbanos; e a articulação dos dados e informações disponibilizadas pelas simulações realizadas nos modelos de informação virtual que permitem interação direta com o ambiente externo, no caso a “cidade real”, e também a possibilidade de troca de informação com a população.

Normalmente um projeto é limitado pelo ambiente que ele faz parte, e isso está presente claramente nos projetos urbanos, é indispensável que alguns processos urbanos, principalmente os ligados à inovação passem por um período de maturidade, que implica em seu potencial de crescimento e na sua capacidade de organização, que permite a elaboração de uma documentação que será utilizada no decorrer de sua implementação e no monitoramento contínuo para que os usuários dos sistemas sejam capazes de operá-lo corretamente.

Diante desse critério percebe-se que para a criação de um modelo de conhecimento é necessário empregar o desenvolvimento de ontologias, o que permite verificar metodologicamente a construção e a verificação desse processo. Normalmente o desenvolvimento de ontologias envolvem as seguintes etapas: especificação, aquisição do conhecimento, implantação e verificação (SURE; STUDER, 2003).

Empregando sempre todos os envolvidos no processo, e identificando as suas dimensões (Figura 16). Neste caso, para compreender as dimensões de um processo relacionado a cidade e a concepção desse modelo de informação, propõe a base de uma estrutura, que inicialmente são feitas por perguntas a serem respondidas.

Figura 16: Dimensões para determinar o desenvolvimento de um modelo de conhecimento CIM.



Fonte: Autora.

As questões trazidas acima são questões mínimas a serem respondidas diante uma possível estruturação das dimensões de um modelo de informação para a cidade, no qual o mapeamento de todos os modelos, processos, políticas, tecnologias, ativos, elementos, objetos, pessoas, dentre outros devem ser claramente evidenciados. Dentro do escopo planejado para esse trabalho não há o objetivo de realizar esse mapeamento, o próximo capítulo traz um pequeno esboço de quem seriam esses agentes, onde os modelos poderiam ser empregados, e quais as possíveis ferramentas a serem utilizadas.

4 A COLABORAÇÃO NO PROCESSO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CIDADE

Diversos serviços têm sido empregados nas cidades, com a intenção de desenvolver estratégias que permitam que elas sejam mais sustentáveis. As relações existentes dentro de uma cidade podem caracterizar um processo complexo e contínuo.

Para que o CIM seja implantado há que se integrar diversas ações, nas quais todas as pessoas envolvidas devem cooperar estrategicamente. É indispensável que os gestores conheçam o modelo de conhecimento CIM empregado, e a relevância das grandes modificações envolvidas em todos os níveis do processo das cidades. Deve haver também comunicação entre todos os envolvidos, entendendo que elemento principal desse processo é a informação.

O CIM permite a implementação de novas tecnologias de forma integrada para a gestão das cidades. Se o objetivo é tornar o CIM uma realidade, é indispensável que todos os componentes e elementos estejam integrados, em todos os níveis organizacionais.

Para que se possa explorar o potencial oferecido pelo CIM é importante a integração dos sistemas, e que os aspectos tecnológicos de implementação sejam resolvidos, como têm acontecido com o BIM e com o SIG. Percebe-se que a implantação do CIM, tanto quanto processo como modelo, requer a atenção para algumas questões, e que as mesmas sejam adequadamente verificadas. Abaixo segue algumas dessas questões:

1. Quais os problemas que o CIM tentará resolver ou minimizar;
2. Quais as expectativas relacionadas à implementação do CIM;
3. Formação de especialistas e equipes multidisciplinares;
4. A Interligação do setor público com o setor privado;
5. Mudança na forma de gestão, identificando onde estão as principais falhas e necessidades de intervenções, principalmente no que tange ao planejamento urbano;

6. Identificação das tecnologias adequadas;
7. Formalização das políticas para a operação do CIM;
8. Criação de rede colaborativa interoperável (tanto pessoas como softwares).
9. Criar metodologias de implementação;
10. Acompanhar o processo e progresso da implementação.

As questões acima não esgotam outras questões a serem respondidas no estudo do paradigma CIM, apenas motiva a realização da elaboração de algumas respostas, e principalmente da atenção que deve ser dada para que o modelo de conhecimento CIM seja empregado. Isso também não significa que o processo seja infalível ou que diversos ajustes não devam acontecer. O CIM abre perspectivas para o reconhecimento de problemas complexos, mas é ainda provável o surgimento de questões não completamente previstas anteriormente.

Assim como no BIM existe o estabelecimento de regras (mais ou menos flexíveis), a elaboração de tarefas e o mapeamento de processos. O emprego do CIM na gestão das cidades é uma mudança não somente social, mas cultural que planejada e executada adequadamente pode gerar enormes benefícios.

Dentre as questões apresentadas acima foram consideradas algumas indagações a serem respondidas diante da estruturação do CIM, dentre elas a importância da interoperabilidade no sistema.

4.1. Interoperabilidade e Compartilhamento

A capacidade de múltiplos sistemas e organizações trabalharem em conjunto é conhecido como interoperabilidade. Pode ser compreendida pela compatibilização das tecnologias envolvidas, de modo a não gerarem entraves nas suas tarefas, pelas tantas disparidades existentes entre os envolvidos. E tem como objetivo garantir que as pessoas, as organizações e os sistemas computacionais interajam de forma eficaz e eficiente para trocarem as informações.

Diversos estudos têm sido realizados sobre interoperabilidade, principalmente no que tange a área da governança pública, e os seus benefícios para a gestão pública, assim

como o termo tem sido bastante utilizado nos sistemas computacionais. Segundo a ISO 19119 (2016, p.04) a interoperabilidade é a “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”.

Os sistemas interoperáveis podem interagir juntos para executar certas tarefas, e é importante que isso aconteça cooperativamente, principalmente por meio de uma plataforma, que possibilite a manipulação das informações, assim como execute as aplicações necessárias. Esse sistema pode ou não ser informatizado, quando se trata do CIM é importante que essa comunicação transparente de dados seja aberta e informatizada.

Segundo a ISO 19119 (2016) a interoperabilidade pode ser dividida entre sintática e semântica, 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.

Neste caso os modelos de informação também utilizam essa divisão. Assim eles podem ser sintaticamente interoperáveis, haja visto que dois sistemas utilizam a mesma estrutura para que a informação flua e seja processada pelos sistemas. No caso dos semanticamente interoperáveis, os sistemas devem possuir a mesma semântica da informação, capaz de fluir/transitar e ser processada entre os sistemas (ISO 19119, 2016).

Diferentemente dos modelos de informação geográficos que normalmente são modelos estruturais comuns e definidos pela sua interoperabilidade sintática, percebe-se que os modelos de informação de cidade, os seus sistemas devem também ser semanticamente interoperáveis, entendendo a complexidade existente entre os fenômenos e relações de cada modelo.

Um modelo de informação vai requisitar certas estruturas dos sistemas, assim como sua semântica, estabelecendo os objetos, as propriedades e os relacionamentos entre eles. A modelagem da informação das cidades também é constituída por um grande

conjunto de dados, dentre eles os dados geográficos. Verifica-se que o CIM deve ser coordenado com informações geográficas, e como está relacionado ao conceito de dados, inclui os metadados³⁰.

É importante diferenciar os conceitos de interoperabilidade e integração, pois mesmo que pareçam sinônimos e sejam muitas vezes utilizados como sinônimos na Tecnologia da Informação e Comunicação, eles são distintos, mas ao mesmo tempo complementares. A integração refere-se ao processo de conectar dois ou mais sistemas gerando uma dependência tecnológica entre os mesmos, no caso a incorporação de um elemento num conjunto. Segundo Vernadat (1996) a integração serve para facilitar o acesso à informação, melhorando assim sua comunicação, cooperação e coordenação.

Já a interoperabilidade diz respeito ao processo de comunicação entre dois ou mais sistemas sem a geração de uma dependência tecnológica entre os mesmos. Assim ela não se refere a integração de sistemas ou de redes. Para Silva (2004) a interoperabilidade é a capacidade de um sistema se comunicar de forma transparente com um outro sistema. Esse sistema tem a habilidade de transferir e utilizar as informações de maneira eficiente e uniforme entre diversos atores. Primeiramente para que a interoperabilidade aconteça é importante que todos estejam conectados, garantindo que atores heterogêneos interoperem entre si, e troquem informações de forma coordenada, eficaz e eficiente.

Nesse sentido, a interoperabilidade estaria longe de simplesmente ser apenas uma questão de máquinas e sistemas conversando entre si, mas que as pessoas consigam se comunicar com esses e através desses sistemas (ALMEIDA, 2013). É evidente que ocorrendo a interoperabilidade governamental, com políticas e especificações diante a gestão urbana claramente definida permite o exercício da cidadania, o compartilhamento de informações.

As informações de fluxos de trabalho e integração colaborativa são fundamentais para criar um modelo de informação. O conhecimento dos padrões tecnológicos a serem

³⁰ Os metadados são informações que são acrescentadas aos dados, no caso são dados que descrevem dados, normalmente pontos de referência que facilitam a sua organização. O prefixo “Meta” vem do grego “além de”, e são de fundamental importância para a gestão dos dados (ALVES, 2010).

utilizados é indispensável para que a interoperabilidade aconteça. Segundo Chede (2008) esses padrões devem ser abertos e devem estar disponíveis.

A interoperabilidade pode contribuir enormemente para uma integração entre gestão, sociedade civil e comunidade. Quando se fala de governança pública a interação torna-se fundamental, relação essencial na obtenção de bons resultados. De acordo com Almeida (2013) a interoperabilidade permite a realização de buscas a recursos informacionais heterogêneos.

Ao se tratar da interoperabilidade dos modelos de informação, primeiramente é importante entender quais são as informações a serem processadas, como elas são disponibilizadas e como acontece a troca de informação. Os serviços devem ser concatenados e os dados espaciais devem estar em ambiente interoperável e multiplataforma.

Arlego, Lima e Cardoso (2017) apresentam duas tabelas que trazem algumas questões relacionadas à interoperabilidade CIM, inicialmente apresentam as diferenças entre BIM e CIM (Tabela 3) e no segundo quadro (Tabela 4) a ocorrência de limitações e restrições de interoperabilidade e hardware/software no CIM. Estes quadros abrem uma perspectiva de onde os fabricantes de softwares, e os pesquisadores podem se concentrar.

Tabela 3: Diferença entre BIM e CIM.

	BIM	CIM
Modelagem 3D	Representa edificações com objetos paramétricos	Representa mapas de cidades com informação semântica
Aplicações e funcionalidades	Planejamento, projeto, construção e gestão de instalações com foco na colaboração e integração de dados	Análise da dinâmica espacial, apoio na tomada de decisões para planejamento e gestão da infraestrutura urbana e da operação de sistemas e serviços (com contexto espacial, paramétrico e com interoperabilidade), mitigação de desastres e simulação de cenários com medição de indicadores de desempenho
Modo de produção	Natureza privada, mas regulado por agências públicas	Controle público
Base de dados	Cada empresa tem sua base de dados	Única e interoperável para toda a cidade
Formatos	IFC (IFC4)	Ainda não unificado e interoperável (deve unir o CityGML do GIS com o IFC do BIM), IFG e IFC5 (com classes de alinhamento) como tentativas de unificação
Quando usado em pleno potencial ajuda a gerar	Edifícios sustentáveis	<i>Smart Cities</i>

Fonte: Arlego, Lima e Cardoso (2017, p.213)

Tabela 4: Ocorrência de cada limitação

Autores										
Limitações	Almeida e Andrade (2016)	Amorim (2016)	Correa e Santos (2015)	Cavalcante F. (2016)	Lima (2016)	Gil et al. (2010)	Cavalcanti e de Souza (2015)	Billen et al. (2015)	Müller, Broschart e Zeile (2016)	Beirão, Montenegro e Arrobas (2012)
Serviço de internet							x			
Hardware/Software				x	x	x	x			x
Escalas múltiplas e detalhes (LOD)		x	x							
Interoperabilidade	x	x	x							x
Aquisição de dados				x			x			
Pequena produção bibliográfica	x									
Número de stakeholders envolvidos		x								
Qualificação da mão de obra							x			
Ambiguidade de conceitos								x		
Privacidade e qualidade dos dados		x						x		
Cultura									x	
Conflito de interesses										x
Pequeno número de aplicações	x									

Fonte: Arlego, Lima e Cardoso (2017, p.213)

Percebe-se que ainda existem grandes limitações para o real funcionamento do CIM, principalmente no que tange as questões da interoperabilidade. Como dito anteriormente, nas cidades isso vai muito além da interoperabilidade de sistemas e observa-se também a problemática da disponibilidade de softwares e hardwares eficientes para suportar um modelo de informação de cidade. É importante destacar que o CIM está para além de meros registros gráficos, ou a condensação de informações sob diferentes aspectos visuais que incluem aspectos semânticos.

4.1.1. Colaboração, integração e gestão urbana

Pensar, projetar e produzir cidades constituem atos intermináveis, principalmente diante das grandes complexidades e dinâmicas existentes. São necessários novos métodos de planejamento e gestão urbana para contemplar as mudanças das cidades, assim como da sociedade.

Em uma sociedade de n dimensões e em territórios que mudam de tamanho e de natureza, conforme as práticas e as mobilidades individuais, torna-se necessário elaborar dispositivos de âmbito estatal com escalas relativamente flexíveis, fundamentadas mais fortemente sobre o princípio da subsidiariedade, permitindo mecanismo de consulta à população e aos atores de forma continuada e diversa (ASCHER, 2012, p.73).

A tecnologia pode facilitar a gestão urbana, logo modelos de informação da cidade podem contribuir nesse aspecto. Além disso, deve haver interatividade, de modo a facilitar “a comunicação entre os usuários e poder público, reforça a participação e contribui para que se estabeleça uma boa governança territorial” (PEREIRA, 2018, p.106).

A gestão segundo Morris e Brandon (1994) é uma intervenção que tem como objetivo melhorar a eficiência e a eficácia das atividades realizadas, e elas devem ser executadas até alcançar o objetivo proposto. Essa intervenção diretamente ligada à questão urbana, colabora na forma com que cada participante estará envolvido no processo.

Morris e Brandon (1994) ainda relatam a necessidade da gestão estar associada às questões da tecnologia da informação, ao envolver questões da interface entre as pessoas, organizações, cadeias de suprimentos e tecnologias. Essa interdependência apresenta-se fundamental no que tange a da interoperabilidade. Quanto mais complexo for o processo, os diversos dados incluídos nessa gestão das cidades, mais extensos e difíceis se apresentam.

Aplicar e usar uma nova tecnologia requer grandes mudanças nos métodos de gestão e no fluxo de trabalho. A necessidade de interação contínua entre os envolvidos no “projeto” é diária e constante. Dentre os principais desafios relacionados tanto ao BIM como no CIM é a mudança cultural, principalmente relacionado ao planejamento³¹. Percebe-se que anteriormente na tecnologia CAD os processos não mudaram, eles

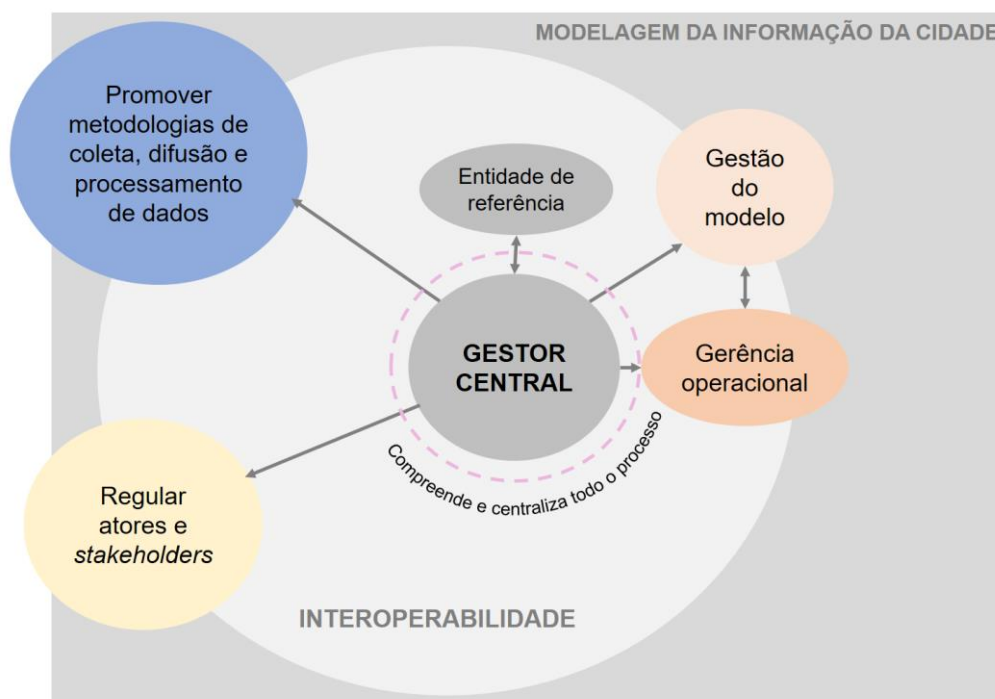
³¹ Percebe-se que ainda existe uma distância entre a gestão e o planejamento. O termo planejamento e gestão são termos intercambiáveis, por possuírem referências temporais distintas. Planejar refere-se ao futuro, a tentar prever algo que vai acontecer, já a gestão, vem do verbo gerir, refere-se ao presente, administrar uma situação, dentro dos recursos e necessidades daquele momento. Entretanto é necessário que os conceitos estejam atrelados em um aspecto temporal, no qual o planejamento serve para gerenciar melhor.

continuaram baseados em desenhos, e isso não proporcionou grandes avanços no cenário da construção civil.

Ao que tudo demonstra diante da gestão urbana, assim como da gestão da Modelagem da Informação da Cidade é indispensável a figura de um gestor central, responsável por toda a equipe relacionada à operacionalização do modelo de informação. No diagrama apresentado na Figura 17, este gestor deve fazer parte da principal instituição envolvida na elaboração e desenvolvimento do projeto (neste caso não indica-se o agente principal público ou privado).

É importante que a interoperabilidade aconteça em todos os âmbitos do processo, com o intuito que a coleta, a difusão e o armazenamento de dados aconteça de forma sistêmica e eficaz. O gestor central deve compreender todo o processo e tem como objetivo promover essas metodologias de integração, assim como regular os demais atores e *stakeholders* envolvidos no processo, atribuindo suas atividades diante do processo e da elaboração do modelo, ou modelos a serem desenvolvidos. Presume-se que direta ou indiretamente as informações estejam centralizadas inicialmente, principalmente para a integração dos bancos de dados, e aí posteriormente disponibilizadas conforme os objetivos estabelecidos.

Figura 17: Diagrama referente ao gestor central.



Fonte: Autora.

Como dito anteriormente, a ideia de “modelagem” pode auxiliar nesse processo, justamente por ter a intenção de mapear todo esse conjunto de atividades e através dele contribuir para uma dinâmica mais “limpa” e colaborativa. Mesmo com a existência de um gestor central, o fluxo de trabalho³² deve ser claro e interoperável e isso deve fazer parte do processo de planejamento.

O entendimento das instituições responsáveis e que interagem com o modelo é de grande importância. Assim como a visão clara das hierarquias de cada uma, que deve ser pré-estabelecida, para que o fluxo seja transparente e sem barreiras humanas ou tecnológicas.

Diferentemente de uma edificação que tem um “proprietário”, a cidade e a sua dinâmica possuem muitos agentes envolvidos diretamente nos processos decisórios e operacionais, representados por esferas de governo, agências reguladoras, empresas públicas e diversas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, e sem contar com um sem número de empreiteiras e de prestadores de serviço que atuam de forma mais ou menos regular (AMORIM, 2016a, p.4).

³² Para a ISO 19119 (2016, p.7) o fluxo de trabalho, é a “automação de um processo de negócios, total ou parcialmente, pelo qual documentos, informações e tarefas são passados de um participante para outro por ações, de acordo com um conjunto de regras de processamento”.

Assim, o planejamento é de fundamental importância, principalmente para dimensionar o êxito da gestão municipal e a execução das políticas públicas. No entanto, percebe-se que ainda existe uma cultura do não planejamento, e muitas vezes as atividades de planejamento são deixadas de lado.

Para que os municípios tenham uma boa gestão é necessário a realização de planejamento. Uma das características fundamentais do planejamento está o reconhecimento da realidade. A partir daí, são estabelecidas prioridades e dimensionamentos dos recursos adequados, tais como humanos, financeiros, naturais, dentre outros a serem desenvolvidos por políticas adequadas.

Torna-se indispensável que nos municípios exista uma Secretaria de Planejamento, tendo como objetivo implementar as políticas de regulação urbana de forma integrada, intersetorial e regionalizada, buscando o cumprimento da Constituição Federal no que tange as funções sociais da cidade e da propriedade. Dentre as principais competências dessa secretaria está o planejamento, coordenação e a execução das políticas de regulação urbana e de posturas urbanas dos municípios, definindo quais são as diretrizes técnicas para executar as atividades.

Em alguns municípios há o Conselho Municipal de Política Urbana, um órgão colegiado, que tem caráter consultivo, deliberativo, fiscalizador, normativo, mobilizador e propositivo. Ele auxilia no processo de gestão democrática das cidades.

Existem instrumentos legais de vinculação direta à gestão urbana, e normalmente essas legislações são os principais instrumentos legais para a gestão do município, dentre essas leis estão a lei que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e as legislações urbanas básicas, como parcelamento do solo, edificações e uso e ocupação do solo.

Na área municipal, a experiência de planejamento é bastante pequena no nível administrativo e razoável no plano físico-urbanístico. Os Municípios brasileiros, especialmente de grande e médio porte, têm procurado disciplinar o crescimento urbano com a adoção de Planos Diretores e Planos de Desenvolvimento Local Integrado, os quais, transformados em leis, buscam conseguir permanência e continuidade. Constituem-se mais em planos de disciplinamento e de regulamentação

do que em planos de ação das Administrações Municipais. Os Planos Diretores, pois, ao lado das diretrizes urbanísticas, formulam políticas, programas e projetos nas áreas econômica, social e institucional. Entretanto, tais planos geralmente não se institucionalizam como base do planejamento municipal, pois sua programação de investimentos é realizada de forma idealista, desvinculada da realidade orçamentária do Município (GIACOMONI, 1997).

Há uma enorme disparidade entre as legislações e as realidades dos municípios. As leis não acompanham em mesma realidade os problemas. O planejamento não é integrado e os parâmetros normalmente estabelecidos são rígidos, quando não chegam a ser incompreensíveis. Os gestores municipais precisam compreender que as TICs podem oferecer recursos para auxiliar na gestão municipal, as novas tecnologias devem fazer parte do planejamento e das atividades das prefeituras.

Para Beirão (2012) a forma de melhorar a formulação dos planos para as cidades é quando os projetistas conseguirem abordar os reais indicadores urbanos no processo de projeto.

Os gestores municipais e os urbanistas tentam compreender e intervir na nova dinâmica municipal contemporânea. Nessa perspectiva Koolhaas e Mau (1995) estudam o cenário da complexidade desse novo espaço urbano contemporâneo, desenvolvendo novos métodos e instrumentos de análise e compreensão dos problemas.

A modelagem da informação da cidade não tem como objetivo solucionar todos os problemas existentes na cidade, mas é evidente que como modelo de conhecimento pautado em modelos de informação da cidade, pode se tornar uma ferramenta extremamente útil para suprir certas lacunas. A promulgação da Constituição de 1988 trouxe grandes avanços no cenário da questão da urbana no Brasil, principalmente nas atribuições e competências dos municípios, entretanto percebe-se visivelmente a existência de lacunas a serem preenchidas nesse processo.

Observa-se que os dados podem ser um desafio tanto técnico como institucional na conformação do processo, principalmente pela desestruturação da maior parte dos municípios brasileiros. Um modelo de informação ao longo de seu processo pode

ganhar ou perder dados e isso pode ser determinante no planejamento e consequentemente para a gestão urbana.

Ao se tratar de gestão urbana, observa-se que ela está ligada a um conjunto de ações estratégicas para garantir que uma demanda de serviços seja eficazmente prestados à população. Os modelos de serviços são um ponto de vista para essas aplicações. Diante disso baseado na classe de serviços da ISO 19101 (2014), para esse estudo foi estabelecido os serviços relacionados a Modelagem da Informação da Cidade (Figura 18), baseado nessa norma.

Figura 18: Serviços relacionados a Modelagem da Informação da Cidade



Fonte: Autora.

As seis classes de serviços trazidas acima são referentes aos serviços de tecnologia da informação e referem-se ao Modelo de Informação Geográfica³³, de acordo com a ISO 19101 (2014). Neste estudo entende-se que inicialmente são uma base para a concepção de uma estrutura do CIM, enquanto seus serviços, e que fazem parte da ideia do processo de Modelagem da Informação da Cidade. Abaixo apresenta-se uma Tabela 5 baseada nos conceitos estabelecidos pela ISO 19101 (2014) que apresenta o significado de cada um dos serviços apresentados acima.

Tabela 5: Os serviços relacionados a Modelagem da Informação da Cidade

SERVIÇOS	CONCEITO SEGUNDO A ISO 19101 (2014)
INTERAÇÃO HUMANA	Serviços para a gestão das interfaces de usuários, gráficos, multimídias e para apresentação de documentos compostos.
TAREFAS/FLUXOS DE TRABALHO	Serviços para o suporte de tarefas específicas ou atividades relacionadas ao trabalho realizado por pessoas.
PROCESSAMENTO	Serviços que realizam cálculos em grande escala incluindo quantidades substanciais de dados. Um serviço de processamento não inclui a capacidade de fornecer armazenamento de dados constante ou transferência de dados pelas redes.
GESTÃO DE MODELOS DE INFORMAÇÕES	Serviços para a gestão do desenvolvimento, manipulação e armazenamento de metadados, esquemas conceituais e conjuntos de dados.
GESTÃO DE SISTEMAS	Serviços que gerenciam os componentes do sistema, aplicações e redes. Esses serviços também incluem gerenciamento de contas de usuários e privilégios de acesso do usuário.
COMUNICAÇÃO	Serviços de codificações e transferência de dados através de redes de comunicação.

Fonte: Autora baseada ISO 19101 (2014)

³³ Segundo a ISO 19101 (2014) é o modelo de informação relativa aos fenômenos implícitos ou explícitos associados a uma localização relativa à Terra. No qual os serviços de informação geográfica, transformam, gerencia ou apresenta informações geográficas para os usuários.

Neste caso, como dito anteriormente, é indispensável entender os serviços existentes dentro da gestão das cidades, para a partir desse critério estabelecer quais serão os possíveis modelos a serem realizados, auxiliando nesse processo. Inicialmente os serviços apresentados não extinguem a possibilidade de outras integrações, que devem ser estudadas e estabelecidas para a formação do que seria esse modelo de conhecimento.

Verifica-se diante das mudanças constantes de políticas de governo que é necessário que as propostas estejam diretamente ligadas ao plano de meta dos municípios. Essas propostas devem ser estratégias das metas governamentais, propiciando a existência de termos de cooperação técnica com academias e empresas, possibilitando a criação de grupos de trabalho colaborativo e permitindo que a tecnologia seja empregada e esteja em constante evolução.

A existência de problemas relacionados a colaboração e fluxo de trabalho estão diretamente ligadas ao compartilhamento de riscos existentes no processo, assim como nas relações contratuais existentes. Assim no que tange modelos de informação, foram criados padrões que permitem a interoperabilidade entre os modelos e também sobre os processos, facilitando os fluxos de trabalho.

4.1.2. O estabelecimento de Formatos Padrão

Atualmente a comunicação digital é necessariamente dependente de formatos. Para a globalização é necessário que exista interoperabilidade entre os países, as organizações, as empresas e principalmente entre as pessoas. Para Santana, Rossini e Pretto (2012, p.112) “Formato é um modo específico de codificar a informação para o seu armazenamento e recuperação em um arquivo de computador. Formatos são implementados por softwares”. Habitualmente esses formatos geram um padrão no uso das tecnologias.

Normalmente esses formatos são divididos em proprietários (fechados) e não-proprietários (abertos). A maior parte dos desenvolvedores de softwares criam um formato “proprietário”, isso significa que existe uma patente ou estão licenciados em *copyright*, existindo assim uma limitação do uso do “produto”, no qual a informação só pode ser usada por quem tiver o mesmo software, ou plataforma. O exemplo mais simples dessa situação pode ser compreendido pela extensão que o documento

possui, onde certos softwares possuem (ou não) compatibilidade com outros. Muitas vezes empresas rivais não permitem que sejam abertos (lidos, editados, alterados) preservando suas condições de origem. Comumente quando se dissemina um formato, o uso do software é maior, levando ao sucesso da plataforma utilizada, e gerando ganhos econômicos. Quando não existe esse bloqueio, esses formatos possuem a codificação aberta.

O acesso a dados não proprietários é indiscutivelmente de grande importância e prioridade ao se tratar da interoperabilidade dos modelos CIM. A criação de padrões de dados abertos, ou até mesmo a sua adaptação diante dos modelos CIM devem ser analisadas rapidamente, principalmente para estabelecer a integração dos dados, assim como garantir que a elaboração dos modelos e a transferência dos mesmos tenham a consistência (o que pode ser resolvido por meio de políticas) de informações necessárias para o seu fim.

No portfólio da *buildingSMART*³⁴ existem diferentes padrões abertos, o objetivo é que exista um padrão para cada função na entrega ou manuseio do arquivo de ativos, a serem utilizados no ciclo de vida da construção. O objetivo deles é a troca de informações estruturadas, a Figura 19 mostra parte do princípio técnico desses padrões. Os padrões inicialmente foram concebidos para o BIM, entretando, em alguns casos é indiscutível a possibilidade de integração desses formatos para a Modelagem da Informação da Cidade.

³⁴ A *buildingSMART* é uma organização sem fins lucrativos, que teve origem em um grupo privado (*Private Alliance – 1995/ International Alliance for Interoperability (IAI) - 1996*) formado pela Autodesk com a intenção de comprovar os benefícios da interoperabilidade entre softwares utilizados na indústria da construção, a partir daí estabeleceu-se um conselho internacional para coordenar e desenvolver padrões internacionais. Em 2008 a AIA muda seu nome para *buildingSMART*, propondo formas inteligentes de se trabalhar e fomentando o uso do BIM e dos arquivos em formato IFC, ela desenvolve padrões abertos de trabalhos em BIM, o que ficou conhecido com *openBIM* e tem como objetivo identificar maneiras de facilitar o trabalho da indústria da construção e da infraestrutura.

Figura 19: Princípios Técnicos de padrões abertos da *buildingSMART*



Fonte: Adaptado de buildingSMART

<<https://www.buildingsmart.org/standards/technical-vision/open-standards/>>

Referentes ao processo, existe o Padrão IDM (*Information Delivery Manual*) traduzindo, Manual de Entrega de Informações, uma norma relacionada ao processo. Nesse caso, são realizadas especificações detalhadas das informações referentes ao processo de negócios, e as funções de cada usuário, ou *stakeholders* dentro do projeto. Nesse sentido, admitir quais são as informações que devem ser disponibilizadas em cada etapa, e quais são os requisitos de troca de informações.

Quanto ao Modelo em si, existe o padrão IFC (*Industry Foundation Class*), muito conhecido no cenário BIM, principalmente por se tratar de um padrão de dados, que permite manter e trocar dados. Ele possibilita o compartilhamento de informações entre os diversos membros da equipe do projeto, realizando a interoperabilidade também entre os aplicativos de softwares utilizados, no que tange as etapas de projeto, construção, suprimento, manutenção e operação de um edifício.

A coordenação de mudanças, ou até mesmo gestão de coordenação normalmente é realizada pelo formato de colaboração BCF (*BIM Collaboration Format*), um padrão aberto simplificado, baseado no esquema XML (*Extensible Markup Language*)³⁵, que

³⁵ O XML é um formato de texto simples, compacto, flexível e extensível. Uma linguagem para representação de dados, para criar formatos de informações e compartilhar esses dados. Ele tem sido bastante utilizado na troca de informações de dados na Web, facilitando a interoperabilidade.

codifica as mensagens e permite a troca de informações entre diferentes ferramentas BIM, facilitando o fluxo de trabalho. A partir de novos estudos realizados pela *buildingSMART* e desenvolvidos pela *Tekla Corporation* e pela *Solibri Inc.*, esse novo padrão será o “*Affiliation Scheme*”.

Além da possibilidade da criação de arquivos IFC, com a intenção de propiciar um ambiente colaborativo de informações sem a necessidade de enviar todo o arquivo do modelo. Surgiu também o *BIM Collaboration Format* (BCF) que permite a realização de uma troca de informações de forma rápida, principalmente através de *viewports*, comentários e imagens, através de um arquivo XML (TENDRAL, 2016).

O IFD (*International Framework for Dictionaries*), ou Mapeamento de Termos, é um dicionário realizado pela *buildingSMART* e estabelecido pela ISO 12006-3, que é uma biblioteca de referência desenvolvida no padrão IFD, e tem como objetivo suportar a interoperabilidade existente no ciclo de vida da construção. A intenção é vincular os bancos de dados aos modelos de informação da construção (BIM).

A tradução dos processos, no caso o MVD (*Model View Definition*), uma definição de vista do modelo, permite estabelecer quais são os subconjuntos de modelos de dados IFC, que são necessários para suportar a troca de dados durante o ciclo de vida, assim como seus requisitos específicos. Através de um MVD é possível implantar os conceitos existentes no padrão IFC, como classes, atributos, relacionamentos, conjuntos de propriedades, definições de quantidades, dentre outros. Neste caso, eles apresentam principalmente requisitos de softwares, no que tange a troca de informações a partir de modelos IFC.

Além de todos os padrões estabelecidos pela *buildingSMART*, é indiscutível a imensidade de outros padrões e formatos envolvidos na concepção de modelos 3D. Por outro lado, é importante destacar que para serem utilizados para a concepção do modelo da informação da cidade, esses padrões devem possuir certos critérios.

Inicialmente é interessante entender os casos potenciais de formatos de dados abertos baseados em modelos GIS, CAD e BIM, então a seguir serão apresentadas duas tabelas, a Tabela 6 refere-se ao domínio, seus modelos de dados e suas aplicações, a Tabela 7 faz a comparação entre esses modelos de dados abertos para modelagem 3D.

Tabela 6: Aplicação de Domínios e modelo de dados 3D

Domínio	Modelo de Dados 3D (extensões)	Aplicações
CAD	OBJ, DXF, 3DS, COLLADA	Modelagem geométrica e visualização.
CG ³⁶ /VR ³⁷ / Simulações	VRML, X3D, COLLADA, U3D, OpenFlight	Visualização e representação baseadas na Web.
BIM	IFC, gbXML	AEC (Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção).
SIG/UIM	GML, CityGML, KML, Shapefiles	Troca e redenrização de objetos espaciais 3D.

Fonte: Autora - Adaptado de Kumar e Saran (2015) e Kolbe (2009).

Tabela 7: Comparação de modelos de dados 3D

Padrão/ Critério	KML	VRML	X3D	COLLADA	CITYGML	IFC	gbXML
Propósito Geral/ Modelo de Informação	Propósito Geral	Propósito Geral	Propósito Geral	Propósito Geral	Modelos de Informação	Modelo de Informação	Propósito Geral
Baseado em XML	Baseado em XML	Baseado em testes	Baseado em XML	Baseado em XML	Baseado em XML	Baseado em testes	Baseado em XML
Georreferenciamento	Básico	Básico	Sofisticado	Básico	Compreensivo	Básico	Básico
Geometria	Geometria Primitiva	Geometria em nós.	Geometria em nós.	Mesh	B-spline	CSG	Shell
Geometria 3D	Básica	Básica	Sofisticada	Sofisticada	Sofisticada	Compreensiva	Básica
Semântica	Não semântico	Não semântico	Não semântico	Não semântico	Semanticamente rico	Semanticamente rico	Semanticamente rico
LOD	Não suportado	Suporte Básico	Suporte Básico	Não suportado	5 LODs discretos	Não suportado	Suportado
Textura	Suporte Básico	Rico em texturas	Rico em texturas	Rico em texturas	Suporte Básico	Não suportado	Não suportado
Renderização na WEB	Suportado	Suportado	Suportado	Suportado	Suportado	Não suportado	Não suportado

Fonte: Autora - Adaptado de Kumar e Saran (2015) e Kolbe (2009).

³⁶ GC - Sigla para *Computer Graphics* - Computação Gráfica.

³⁷ VR – Sigla para *Virtual Reality* – Realidade Virtual.

Como relatado anteriormente, cada modelo tem um propósito específico. Para o estabelecimento de modelo de informação existem determinados critérios, principalmente na sua capacidade de “carregar” informações conjuntas aos seus objetos semânticos. Neste caso observa-se na Tabela 7 que os padrões capazes de suportar inicialmente um modelo de informação, são os padrões abertos CityGML e IFC.

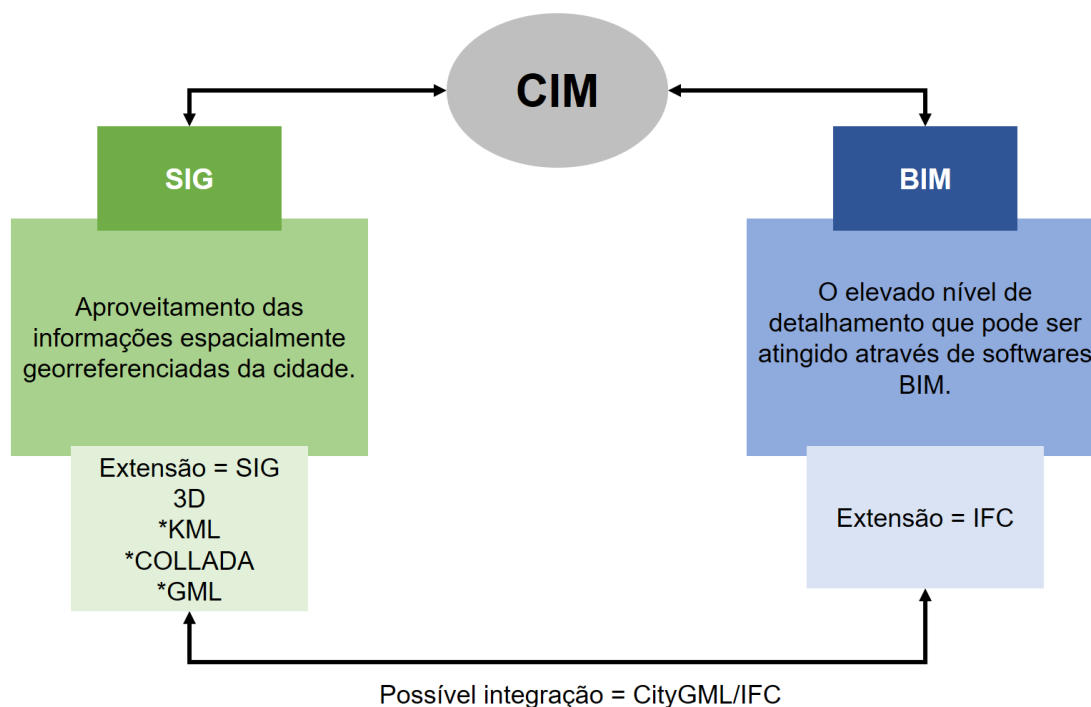
Neste caso, para que o paradigma CIM aconteça, inicialmente devem ser consideradas essas duas realidades, primeiramente a estabelecida pela OGC – *Open Geospatial Consortium* – através do padrão CityGML e na segunda iniciativa o IFC da *buildingSMART*.

Os contratantes consideram que existem necessidades não supridas pelo IFC e que a aceitação de formatos de diversos softwares exigiria proporcional aumento de esforços na criação de *templates*, manuais de utilização, capacitação de equipes e custos, contrariando os princípios da padronização, da compatibilidade de especificações técnicas e da economicidade da legislação licitatória (BRITO, FERREIRA e COSTA, 2017, p.222).

O formato CityGML (usado em 3D-GIS) é uma tentativa de fazer isso, mas “possui uma semântica inferior aos formatos IFC (usados no BIM) e não tem algumas classes de objetos que são relevantes para o CIM como infraestrutura subterrânea”. (ARLEGO, LIMA E CARDOSO, 2017, p.209).

Como mostrado anteriormente nos estudos de Xu et al. (2014), existem estudos que tentam reunir o IFC e o CityGML, conforme a Figura 20. Entretanto além dessa união a escala dos projetos no que se refere ao CIM também é uma problemática a ser verificada, pois tanto o SIG como o BIM possuem uma diferença de escala projetual extremamente diferenciada, além de estender isso aos formatos padrões, ainda existem grandes barreiras a serem enfrentadas. Traduzir corretamente os problemas reais em informações digitais representa uma tarefa de grande dificuldade.

Figura 20: Integração SIG e BIM



Fonte: Adaptado de Xu et al (2014).

A estrutura do IFC está baseada em elementos semânticos, relatórios e propriedades, logo cada elemento é pensado para descrever um componente de uma construção. Neste caso os objetos são associados segundo as suas grandezas, como: forma, custo, posição, desempenho energético, conexão com outros objetos, características físicas e mecânicas, assim como códigos para pedidos de manutenção, dentre outros.

No âmbito do BIM o IFC têm sido questionado, principalmente no que se refere à real interoperabilidade, principalmente na elaboração de projetos complexos. Isso principalmente porque a maioria dos softwares ainda não conseguem garantir um modelo em formato IFC que resguarde todas as informações assim como nos seus formatos nativos. Grande parte das entregas em BIM ainda acontecem nos formatos originais dos softwares que as geraram. A maioria dos programas BIM foram projetados para atender a versão do IFC 2x3, essa versão é referente aos estudos de 2007, e a versão atual já está no IFC 4.0.

A *BuildingSMART International* tem patrocinado o projeto “*IFC for GIS*” envolvendo o desenvolvimento de novas extensões como Formato IFG, que tem como objetivo criar um formato semelhante ao IFC para o SIG, neste caso uma conexão dos esquemas

BIM/IFC e as informações contidas nos bancos de dados SIG. Esse formato poderia ser uma resposta de integração dos modelos, entretanto ainda não existem conclusões relacionadas ao projeto.

Outro projeto em desenvolvimento é a versão do IFC 5. Segundo Corrêa e Santos (2015) o IFC5 enquanto formato surge para a integração de todos os dados e incorporar todos os elementos urbanos e que são necessários para um modelo CIM, diferentemente do IFC4 que ainda não possuem essas classes.

Não se deve esperar que o IFC5 já venha como um “padrão acabado”, capaz de representar todos os sistemas e componentes relativos às necessidades urbanas, com alto nível de detalhes, e isento de lacunas ou imprecisões. Entretanto, talvez este primeiro padrão, ainda que com deficiências e aquém das necessidades, represente de fato a possibilidade da materialização ou da implementação dos modelos CIM, a partir de uma visão mais ampla como aqui estabelecida (AMORIM, 2016a, p. 11).

Diante desse desenvolvimento, será detalhado mais à frente os dois padrões possíveis para o estabelecimento de um padrão aberto para o CIM, principalmente no que tange uma realidade a ser materializada para os modelos de informação de cidade.

4.1.2.1. O padrão IFC

O IFC é um esquema de dados comum, no caso um modelo, pelo qual é possível manter dados e trocar dados relevantes, através de diferentes tipos de softwares. A primeira aplicação da ideia de um padrão IFC foi feita pela companhia *Graphisoft*, desenvolvedora do software BIM *ArchiCAD* (KHEMLANI, 2004). Com o objetivo de criar um formato não-proprietário, o IFC seria uma modelo de dados de tradução.

Para Eastman et al. (2008) o IFC foi desenvolvido com a intenção de criar um grande conjunto de dados consistentes, que permitiria a troca de informações entre todos os envolvidos na Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, independentemente do tipo de software.

O padrão IFC é um padrão extremamente complexo e extenso. (STEEL, DROGEMULLER E TOTH, 2012). Essa complexidade se dá principalmente pelas diferentes questões semânticas envolvidas em cada objeto. Outro “problema” normalmente relacionado aos arquivos IFC são o tamanho dos arquivos, dificultando

em alguns casos a sua operação e computadores com pouca memória podem não suportar.

O padrão IFC³⁸ permite o reuso dos dados no projeto, principalmente por ser um esquema extensível e garante a consistência entre os modelos independente de sua representação. Conforme a ISO 16739-1:2018 o IFC é um esquema de dados, representados por esquemas EXPRESS³⁹ e XML (*Extensible Markup Language*), a partir de dados de referência, que são representados como definições de nomes de propriedades e quantidades de descrições formais e informativas.

Em 2018 a *buildingSMART* lançou um projeto internacional, “*IFC for Site, Landscape, and Urban Planning*” (IFC para o planejamento local, paisagem e planejamento urbano) com o objetivo de criar uma modelagem de dados, definição de fluxos de trabalho e trocas de dados em padrões abertos para projetos, construção e operação desses espaços.

Segundo a *buildingSMART* (2018) a intenção é estender o IFC para expressar a infraestrutura construída, descrevendo amplamente o ambiente urbano. Segundo eles muitos elementos relacionados a paisagem urbana e ao planejamento urbano, como árvores, calçadas, mobiliários urbanos, estruturas de drenagem, corpos hídricos ainda não são representados geometricamente e muito menos semanticamente dentro do esquema de padrões estabelecido com regras de nomenclatura o *IfcBuildingElementProxy*.

Diante disso, a primeira ideia é entender esses fluxos de trabalho de forma padronizada e prática, assim como foi feito no BIM, identificando as necessidades atuais e quais as soluções e deficiências contemporâneas. Assim, no aprimoramento das características, verifica-se a existência de lacunas dentro dos sistemas, e a proposição de novas soluções para o esquema IFC e as trocas de dados MVD (*Model View Definitions*).

³⁸ A definição dos esquemas de dados conceituais do IFC e o formato de arquivos para troca de dados BIM é feita pela ISO 16739:2018.

³⁹ O EXPRESS é uma linguagem de especificação de dados, definida pela norma ISO 10303-11: 2004. Que consiste em elementos de linguagem que permite a definição de dados, no caso os tipos de dados e a especificação de restrições em diversas instâncias a partir dos dados definidos. É importante ressaltar que EXPRESS não é uma linguagem de programação.

Além disso, dentre as intenções do projeto esta a realização das comparações e análises, com o objetivo de entender os demais formatos existentes, suas codificações, o funcionamento da troca de dados, cumprimento ou falha de requisitos, e suas relações com o IFC4. Dentre os formatos estão o LandXML, CityGML, dentre outros.

A proposta estabelecida pela *buildingSMART* (2018) deve operar em dois fluxos, primeiramente com a ideia de suplementar o IFC4, que é o esquema atual, essa primeira maneira através da criação de conjuntos de propriedades personalizadas teria a intenção de utilização imediata, já o segundo fluxo seria ampliar e adicionar novos suportes, dando a possibilidade para uma nova versão, o que seria o IFC 5 ou posterior.

A Tabela 8 mostra quais são as propostas do projeto que está em andamento na *buildingSMART* (2018), no qual a primeira fase é identificada pelo Fluxo A, que são as propostas do esquema atual, a serem realizadas ainda na versão IFC4 e a segunda pelo Fluxo B, que seria uma proposição futura para o que se entende como o IFC5.

Tabela 8: Proposta dos Fluxos de trabalho para IFC

FLUXO A		
Proposição	Produto	Prototipagem
Aumentos específicos para o esquema do IFC existente (IFC4) e opcionalmente para o IFC2x3. Com um conjunto de propriedades personalizadas e padronizadas para preencher as lacunas existentes.	Documentação	Prototipagem por fornecedores

FLUXO B		
Proposição	Produto	Prototipagem
Acrescentar e adicionar futuros esquemas específicos, para preencher as lacunas identificadas: <ul style="list-style-type: none"> • Classes e tipos de objetos adicionais. • Representações geométricas para classes e tipos de objetos. • Atributos de classe e tipo de objeto. 	Documentação para o Grupo de apoio ao Modelo bSI (MSG) para incluir extensões propostas para esquema do IFC 5.	Prototipagem por fornecedores e testes por participantes do projeto.

<ul style="list-style-type: none"> • Valores de enumeração adicionais para classes de objeto e atributos de tipos existentes. • Conjuntos de propriedades e tipos de valor. • Estabelecer classes de relacionamento apropriadas para novos objetos e tipos (Ex: agregados, montagens de componentes, dependências e hierarquias) 		
---	--	--

Fonte: Adaptado de *buildingSMART* (2018).

Percebe-se assim que ainda não existem soluções prontas para o modelo de IFC voltado para o planejamento urbano, entretanto essas soluções já estão em desenvolvimento. E podem vir a atender as demandas estabelecidas pelo CIM.

Entretanto, é perceptível a complexidade existente na linguagem IFC, desde suas funções, propriedades, seleções dentre outros. A complexidade semântica de cada elemento denota diferentes tipos de análises, o que faz com que os arquivos sejam grandes.

Tentar preencher as lacunas existentes dentro do padrão IFC voltado para a questão urbana permitirá não apenas o mapeamento para uma solução tecnológica e de um padrão para um modelo, mas principalmente poderá auxiliar no entendimento do processo desse planejamento urbano, sistematizando parte relacionadas a essa complexidade.

O documento de estudo da *buildingSMART* (2018) para essa nova solução propõe uma lista de algumas categorias de elementos que fazem parte do universo do projeto urbano. Essa lista, apresentada na Tabela 9 divide certas categorias relacionadas aos elementos fundamentais para elaboração de projetos urbanos, e alguns termos foram adaptados e traduzidos para melhor compreensão.

Tabela 9: Lista de categorias de elementos para modelos no padrão IFC

ABSTRACTS – BASES
<ul style="list-style-type: none"> • Limite, linha de propriedade (delimitação do terreno); • Linha de centro/alinhamento – Afastamentos; • Dados cadastrais; • Marcas de referência; • Facilidades; • Contornos do terreno/pontos de levantamento; • Limites políticos ;

GEOTÉCNICO
<ul style="list-style-type: none"> • Estratos da terra (solo/rocha); • Vazios; • Estruturas geotérmicas; • Vias navegáveis subterrâneas; • Cursos d'água subterrâneo (lençol freático); • Planícies de inundação;
ORGÂNICO
<ul style="list-style-type: none"> • Árvores (Caducas ou Perenes); • Cobertura do solo (gramado ou não); • Plantios de sub-bosque: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arbustos ▪ Perenes e Anuais ▪ Bulbos e tubérculos ▪ Plantações agrícolas.
CORPOS E RECURSOS D'ÁGUA
<ul style="list-style-type: none"> • Água doce/ água salgada/ água salobra; • Porto, enseada e baía; • Rio, córrego e riacho; • Lago e lagoa;
MOBILIÁRIO URBANO
<ul style="list-style-type: none"> • Balizadores; • Móvel (Assentos – bancos e cadeiras, mesas, lixeiras, bicicletário); • Iluminação; • Sinalização; • Postes; • Equipamentos de playground; • Proteção de árvores; • Arte pública;
ESTRUTURAS DE DRENAGEM
<ul style="list-style-type: none"> • Entrada de drenagem; • Sarjeta; • Boca de lobo; • Bueiro; • Bacias de captura; • Armazenamento da Água coletada; • Barragem; • Filtros; • Reservatórios;
MELHORIAS NO SÍTIO
<ul style="list-style-type: none"> • Calçada; • Caminhos; • Estacionamento; • Pavimentação (permeável/impermeável), (Concreto/asfáltico/rocha triturada/cascalho/ pedra/dentre outros); • Paredes de contenção; <ul style="list-style-type: none"> ▪ Solida (concreto fundido, alvenaria, madeira); ▪ Gabião; ▪ Terra batida; • Corrimãos; • Rampas; • Escadas/ degraus; • Cerca/ telas; • Abrigos/ pérgolas/ galpões;

<ul style="list-style-type: none"> • Fonte; • Proteções solares;
SERVIÇOS DE UTILIDADE PÚBLICA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abastecimento de Água; ▪ Esgoto Sanitário; ▪ Galeria de águas pluviais; ▪ Vapor; ▪ Energia elétrica (aérea ou subterrânea); ▪ Gás natural; ▪ Comunicação (aérea ou subterrânea);

Fonte: Adaptado de *buildingSMART* (2018)

De acordo com a tabela é visível que diversos elementos e objetos ainda precisam de uma especialização, principalmente porque grande parte deles possuem múltiplas ocorrências no que tange o projeto urbano, sendo fundamentais na formação de um modelo de informação da cidade. Ao mesmo tempo percebe-se que certas categorias ainda precisam ser melhor especializadas, ou até mesmo subdivididas. Isso facilitaria o desenvolvimento de softwares voltados para esse processo.

4.1.2.2. O padrão CityGML

O padrão CityGML foi criado pela *Open Geospatial Consortium* (OGC) em 2008, inicialmente uma iniciativa do *Geodata Infrastructure North-Rhine Westphalia* (GDI NRW). Para a OGC (2012) o CityGML – *City Geography Markup Language* é um padrão de modelagem, utilizado para representar a realidade tridimensional, a intenção é a realização do armazenamento e da interoperabilidade entre os modelos.

Para a produção de modelos urbanos a OGC (*Open Geospatial Consortium*) adotou o CityGML como um padrão oficial. Esses modelos foram criados em discussões e fóruns realizadas pela *3D Information Modelling Working Group* e a *European Spatial Data Research Organization*.

O CityGML é um conceito que ultrapassa a modelagem das cidades 3D (KOLBE&GRÖGER, 2003). Formato baseado em XML, que permite o intercâmbio de informações. Esse padrão tem sido apoiado por diversos fornecedores para o seu desenvolvimento, e utilizado por softwares ligados ao SIG 3D.

Alguns autores afirmam que o CityGML é apenas uma nova versão do GML3 (*Geography Markup Language*) ou um aplicativo para esse padrão. O GML3 é um padrão internacional extensível que permite a troca de dados espaciais, estabelecido pela série ISO 19100.

A criação de modelos de dados espaciais 3D é extremamente importante, entretanto criar formas de armazenamento e manipulação das informações em seus diversos sistemas de informação geográfica é indispensável principalmente no que tange as atividades envolvidas com o cadastro territorial.

Com o objetivo de descrever a geometria e os diversos atributos de uma cidade, o CityGML permite criar maneiras para que esses objetos sejam representados, como por exemplo a construção de elementos 3D de edifícios, estradas, vegetação, mobiliário urbano, corpos hídricos. As representações desses elementos normalmente podem ser complementadas por cores, texturas e principalmente dados.

Segundo KOLBE (2009, p.15) “Os modelos de cidade 3D semânticos incluem, além dos aspectos espaciais e gráficos, a estrutura ontológica incluindo classes temáticas, atributos e suas inter-relações”. O CityGML permite a troca de dados, assim como formato de visualização de fonte de dados, tanto em navegadores WEB como em aplicações dedicadas. Na função de análise o padrão também tem sido utilizado, realizando principalmente análises espaciais.

No âmbito da gestão territorial, em 2012 foi estabelecida a ISO 19152:2012 *Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM⁴⁰)*, um modelo de domínio de administração territorial. A norma pretende consolidar a relação existente entre o elemento físico e o elemento jurídico. Um exemplo de elemento físico, seria o lote ou o apartamento, e o elemento jurídico seria o direito à propriedade.

Segundo ARROYO OHORI et al. (2018, p.1) “Em comparação com os padrões BIM, como IFC, modelos CityGML são geralmente menos detalhados, mas cobrem uma extensão espacial muito maior”. O CityGML com a intenção de fornecer diferentes tipos de representação de projetos para as suas diferentes aplicações dentro do ciclo

⁴⁰ O LADM é um modelo conceitual, que tem como objetivo descrever quais são os conceitos básicos que podem ser assumidos em todo território mundial. Conceitos como parte ou titular de direito, unidade administrativa e espacial, DRR (Direito/Restrição/Responsabilidade), restrições, responsabilidades, fontes administrativas, dentre outros. É importante destacar que esse modelo não é um padrão prescritivo e sim um padrão descritivo. Um dos objetivos da ISO 19152:2012 é criar um serviço de informação padronizado em uma rede nacional e internacional no caso uma ontologia que fique implícita no modelo. O LADM estabelece uma relação entre pessoas e unidades territoriais (SANTOS, 2012).

de vida do modelo, define diferentes padrões para os tipos de detalhes para objetos 3D.

O CityGML também permite o agrupamento dos seus objetos de armazenamentos em diferentes módulos, que especificam seu próprio arquivo de definição e esquema XML, combinando um conjunto de módulos a Tabela 10 adaptada do material da OGC (2012) apresenta os módulos temáticos envolvidos nesse processo.

Tabela 10: Módulos CityGML

MÓDULOS	TRADUÇÃO	DESCRIÇÃO
<i>CityGML Core</i>	Núcleo	Componentes básicos dos dados.
<i>Appearance</i>	Aparência	Modelar as aparências, propriedades observáveis da superfície (Texturas e materiais).
<i>Bridge</i>	Pontes	Aspectos temáticos e espaciais (Estruturas relacionadas a pontes, possivelmente dividida em partes, como peças de pontes, instalações de pontes. (LOD 1 - 4)
<i>Building</i>	Edifício	O exterior e possivelmente o interior de edifícios com superfícies individuais que representam (portas, janelas, etc.). (LOD 0 - 4)
<i>CityFurniture</i>	Mobiliário Urbano	Representar objetos móveis da cidade. Bancos, semáforos, sinais, ponto de ônibus, etc.
<i>CityObjectGroup</i>	Grupo de objetos	Grupos de objetos de outros tipos. Um grupo pode ser classificado por atributos específicos.
<i>Generics</i>	Genéricos	Extensões genéricas para o modelo de dados. Outros tipos que não são explicitamente cobertos. Só devem ser usadas, se as classes ou atributos temáticos apropriados não forem fornecidos por outro módulo.
<i>LandUse</i>	Uso do Solo	Áreas que refletem diferentes usos da terra, tais como urbanos, agrícolas, etc.
<i>Relief</i>	Relevo/Topografia	Permite a representação do terreno em um modelo de cidade. A forma do terreno, que pode ser especificado como <i>raster</i> ou <i>grade regular</i> .
<i>Transportation</i>	Transporte	Representar os recursos de transporte dentro de uma cidade. Estradas, ferrovias, quadras, dentre outras.
<i>Tunnel</i>	Túnel	Túneis, possivelmente dividido em partes, suas instalações e estruturas. (LOD 1 - 4)
<i>Vegetation</i>	Vegetação	Representação do módulo de vegetação. Áreas com vegetação (florestas, etc) ou árvores individuais.
<i>WaterBody</i>	Corpos Hídricos	Geometria 3D da água. Lagos, bacias, rios, canais, etc.
<i>TexturedSurface</i>	Superfícies Texturizadas	Atribuem suas propriedades de aparência visual (cor, brilho, transparência) e texturas para as superfícies 3D. (As informações desse módulo pode ser convertida no módulos de aparências).

Fonte: OGC (2012), adaptado pela autora.

O CityGML pensado módulos, possuem especificações mais utilizadas e sistematizadas, no que tange os projetos urbanos, entretanto não comportam todas

as partes relacionadas à infraestrutura urbana. Essa infraestrutura constitui um dos módulos de grande importância no cenário dos sistemas urbanos, e conseqüentemente da gestão urbana. Também como na ideia estabelecida pelo formato IFC, ainda precisam rever certos módulos e categorias para conseguir abarcar todas as relações existentes dentro da estrutura de uma cidade, e assim ser capaz de realizar o planejamento e a gestão das cidades por um modelo de informação.

4.1.2.3. Nível de desenvolvimento e nível de detalhamento do modelo.

Em todos os processos estão embutidas diversas variáveis, ao se tratar de informações esse processo se torna mais complexo e as variáveis mais extensas, ainda se vive em um mundo de incertezas e imprevisibilidades, isso acontece também no processo de modelagem da informação.

Entretanto, é preciso que nesse processo de concepção os sistemas e componentes de um modelo de informação estejam extremamente claros, as informações existentes no modelo precisam ser confiáveis, assim como seus usuários devem saber quais são as informações disponíveis e como utilizá-las, propiciando o planejamento de seu trabalho.

Atualmente o termo LOD tem sido utilizado para interpretar dois significados, que possuem diferenças importantes entre elas. Primeiramente como *Level of Development*, traduzindo Nível de desenvolvimento, e também como *Level of Detail*, traduzindo Nível de detalhe.

O nível de detalhe é medido pela quantidade de informações fornecidas em um objeto, já o nível de desenvolvimento refere-se à quantidade de informações presentes nesse elemento, a geometria desse elemento, e principalmente como essas informações foram anexadas, determinando o quanto uma equipe de projeto pode confiar nas informações presentes no modelo.

Segundo Mazione (2013, p. 85) “O nível de desenvolvimento descreve o grau de completude para o qual um elemento do modelo é desenvolvido e incorpora um princípio importante o IPD⁴¹”. A *American Institute of Architects – AIA* (2007, p. 23)

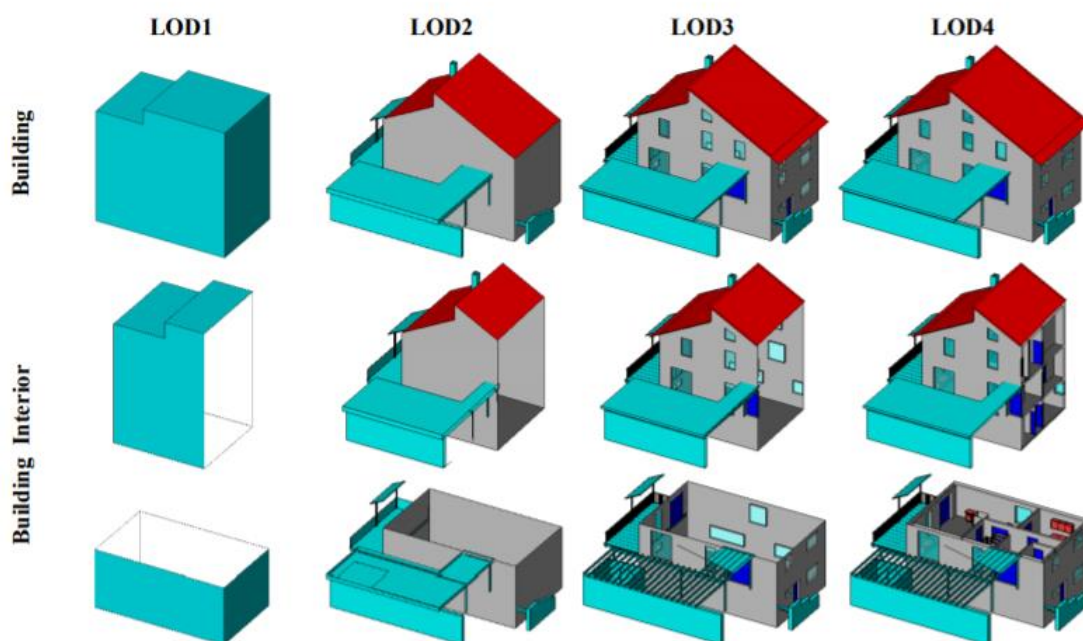
⁴¹ IPD – *Integrated Project Delivery* (Entrega Integrada de Projeto). Segundo a AIA (2017) é uma abordagem de entrega de projeto que integra pessoas, sistemas, estruturas de negócios e práticas em

(Apud Mazione (2013, p.85) estabelecem que “Os produtos de cada fase ou etapa do projeto precisam ser definidas sucintamente para que os membros da equipe entendam o nível de detalhe no qual eles devem trabalhar e quais as decisões devem ou não estar finalizadas”.

A OGC através do padrão CityGML, apresenta o conceito de nível de detalhe, com a intenção de diferenciar as representações em escalas múltiplas dentro dos modelos de informações de cidade. Inicialmente o conceito está envolvido no detalhamento geométrico no que tange a sua representação, mas também apresentam relações com suas informações semânticas.

A Figura 21 mostra os níveis de detalhe estabelecidos pela OGC (2012), são cinco níveis de detalhe (Level of Detail - LoD) mostrando sua correspondência dos diferentes temas geométricos e semânticos, variando de 0 a 4. Eles representam as propriedades, formas e as relações entre os objetos. Cada “volume” em sua representação é expresso por um GML (Geometria Solida ou Geometria de MultiSurface).

Figura 21: Modelo de Construção em LOD1 e LOD 4



Fonte: OGC (2012)

um processo colaborativo, visando otimizar os resultados, aumentar seu valor agregado, reduzir desperdícios e maximizar a eficiência em todas as fases do projeto.

Segundo a OGC (2012), os níveis de detalhes (LoD) são representadas na escala das cidades e são definidos como:

LOD 0 – Possui menor nível de detalhe, uma representação em escala regional. A abstração das características do terreno, o edifício é representado por superfícies horizontais, um polígono que representa as bordas do telhado. Apresentando uma transição do 2D para o 3D, não possuem características volumétricas.

LOD 1 – Representadas por poliedros, uma extrusão que permite a formação de um bloco, com elementos horizontais e verticais, com altura específica, e sobre uma superfície digital. As diferentes entidades estruturais de um edifício são agregadas a um bloco simples e não diferenciadas em detalhes.

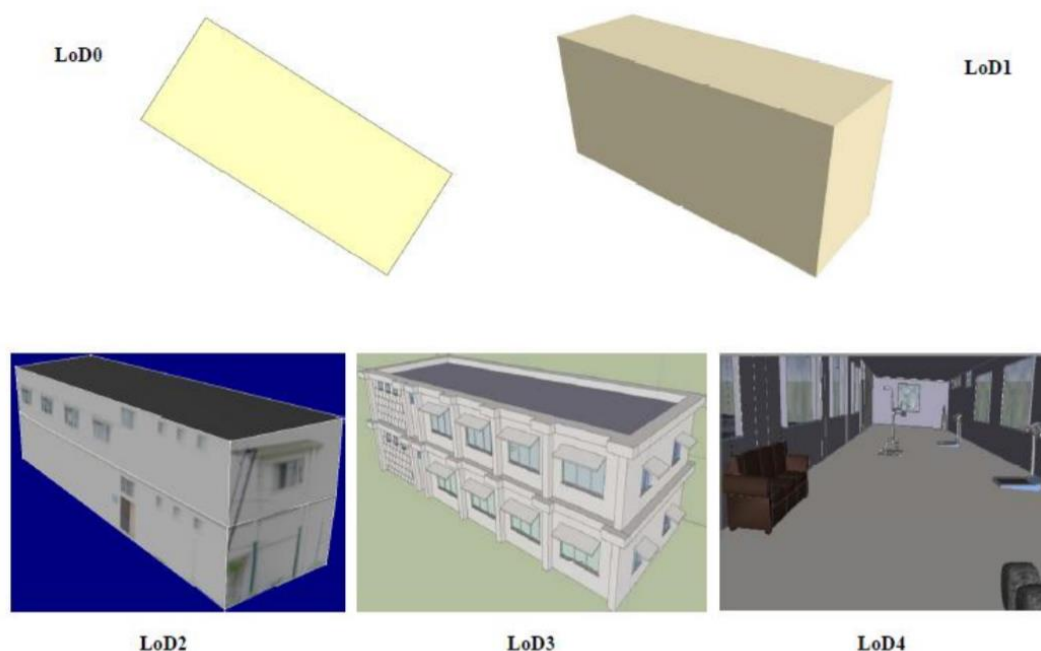
LOD 2- Níveis mais altos de detalhe, a casca exterior de um edifício não é apenas representada geometricamente, são compostos por objetos semânticos. Possuem superfícies inclinadas e já possuem texturas.

LOD 3 – Modelo arquitetônico detalhado, com todas as características presentes no projeto, como definição de fachadas, aberturas, saliências e outros detalhes. Assim como suas texturas, um modelo que possui melhor resolução.

LOD 4 – Modelo arquitetônico detalhado ou explorável, contendo todos os seus recursos internos, com todas as suas divisões, espaços e mobiliários.

Percebe-se que quanto maior o nível de detalhe, maior são os conjuntos de dados modelados, no CityGML além das informações geométricas que são acrescentadas são necessários incluir as informações semânticas. A Figura 22 representa um exemplo de construção de um objeto, no caso uma edificação e sua evolução observando os níveis de detalhe.

Figura 22: Exemplo de objeto de construção representado no conceito de LOD pelo padrão CityGML



Fonte: Wate et al., 2013

No LOD 1 existe inicialmente a facilidade na representação justamente, pela quantidade de técnicas que permitem esse mapeamento, inicialmente extraídos de ortofotos ou através de levantamentos de laser scanner. Nos modelos realizados com LOD 2 são utilizados principalmente para alguns tipos de análises, como solares. Esses modelos são obtidos por técnicas de fotogrametria.

Os modelos LOD 3 podem ser obtidos pelos modelos BIM, ou com a sistematização e construção de modelos a partir dos sistemas de varredura a laser. A quantidade de detalhe permite a realização de análises como simulações energéticas. Os modelos LOD 4, marca os limites existentes entre o GIS e o BIM, utilizados principalmente para as análises espaciais, integrando recursos internos e externos.

Diferentemente dos padrões estabelecidos pela OGC (2012) para os níveis de detalhe o BIMForum (2018) estabelece outra escala para os níveis de desenvolvimento, no qual o detalhamento ocorre gradualmente ao longo do processo de projeto. As definições trazidas pelo BIMForum⁴² são baseadas nos estudos desenvolvidos pela

⁴² BIMForum é uma conferência para profissionais da Arquitetura, Engenharia e Construção, com o objetivo de discutir o BIM e novas tecnologias, além de processos inovadores para área.

American Institute of Architects – AIA, no qual os elementos são caracterizados diante seus níveis de desenvolvimento.

A Tabela 11 apresenta a divisão e descrição do *Level of Development (LOD)*, segundo o manual do BIMForum de 2018.

Tabela 11: Divisão do Nível de Desenvolvimento

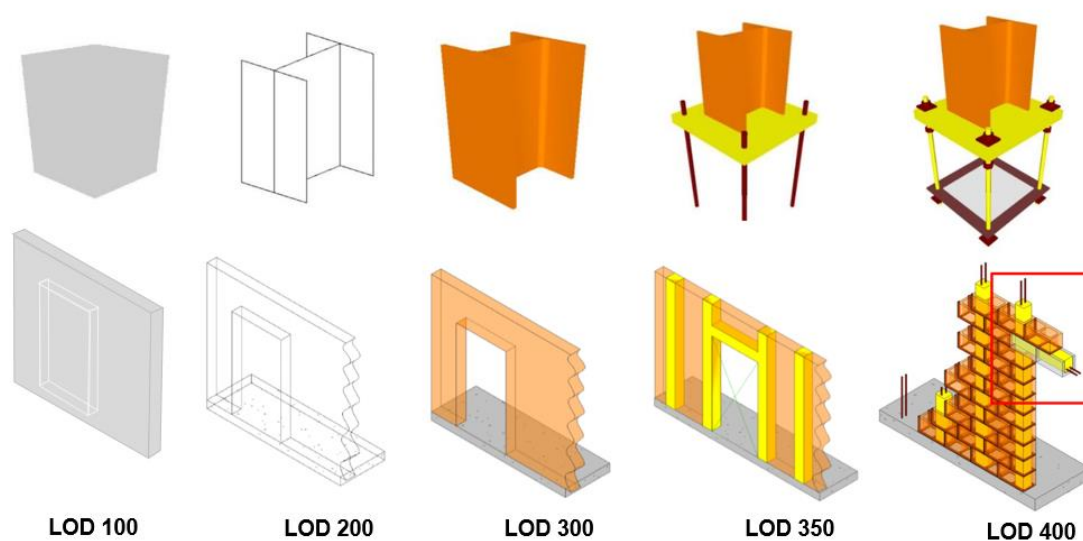
NÍVEIS LOD	FASE	DESCRIÇÃO
LOD 100	Conceitual	O elemento do modelo pode ser representado graficamente no modelo com um símbolo ou uma representação genérica, entretanto os elementos LOD 100 não são representações geométricas, são informações anexadas, no qual através da existência de símbolos podem mostrar a existência de um componente específico, mas não sua forma, tamanho ou localização. Qualquer informação do LOD 100 deve ser considerada aproximada.
LOD 200	Geometria aproximada	O elemento do modelo é representado graficamente dentro do modelo como um sistema ou objeto genérico, as informações não gráficas podem ser anexadas ao elemento do modelo. Neste LOD os elementos são marcadores genéricos. Eles podem ser reconhecíveis como os componentes que representam ou podem ser volumes para reserva de espaço. Qualquer informação do LOD 200 deve ser considerada aproximada.
LOD 300	Geometria Precisa	O elemento do modelo é representado graficamente dentro do modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação (e podem ser medidos diretamente do modelo sem referir-se a informações não modeladas, como anotações ou chamadas de dimensões). Informações não gráficas podem ser anexadas ao elemento do modelo. A origem do projeto é definida e o elemento é localizado com precisão em relação à origem do projeto.
LOD 350	Geometria Precisa para coordenação e simulação	O elemento do modelo é representado graficamente dentro do modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e interfaces com outros sistemas de construção específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação (e podem ser medidos diretamente do modelo sem referir-se a informações não modeladas, como anotações ou chamadas de dimensões). Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos do modelo. As peças necessárias para a coordenação do elemento como elementos próximos ou conectados são modeladas. Essas partes incluirão itens como suporte e conexões.
LOD 400	Execução e Fabricação	O elemento do Modelo é representado graficamente dentro do modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma localização, quantidade e orientação como informações de detalhamento, fabricação, montagem e instalação (e podem ser medidos diretamente do modelo sem referir-se a informações não modeladas, como anotações ou chamadas de dimensões). Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento de modelo. Um elemento LOD 400 é modelado com detalhes e

		precisão suficientes para a fabricação do componente representado.
LOD 500	Como foi construído	O elemento do modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos do modelo. Como o LOD 500 se refere à verificação de campo e não é uma indicação de progressão para um nível mais alto de geometria de elemento de modelo ou informação não gráfica, está especificação não define ou ilustra isso.

Fonte: Adaptado de BIMForum (2018)

Abaixo são apresentadas algumas imagens (Figura 23) que representam os níveis de desenvolvimento de um modelo. Para o BIM é fundamental a existência desses níveis principalmente no que concerne a troca de informações, e a utilização dos modelos.

Figura 23: Nível de desenvolvimento de detalhe



Fonte: Adaptado de Level of Development Specification - BIMForum (2018).

É perceptível uma diferença existente entre os níveis de desenvolvimento estabelecido pelo BIMforum (2018) e os níveis de detalhe apresentados pela OGC, principalmente referentes a escala no qual ambos os projetos estão inseridos, um voltado para o edifício e outro voltado para as cidades. Entretanto como dito anteriormente, ao se considerar as informações semânticas de um objeto, o que é caracterizado pela OGC como nível de detalhe, passa a ter características de nível de detalhamento.

Em toda coleta de dados para a construção dos modelos tridimensionais de informações é indispensável a preocupação com a qualidade dessas informações, principalmente nos casos das reconstruções, para futuramente não trazerem problemas para os processos, como dificuldade de conversão de formatos, dificuldade nas operações espaciais e problemas com a interoperabilidade dos modelos.

Os objetos assim como os dados CityGML precisam ser validados, assegurando a conformidade, as especificações e as definições que foram padronizadas e estabelecidas anteriormente (OGC, 2012). A validação acontece segundo algumas definições e aspectos estabelecidos pela OGC (2016), verificando questões relacionadas a qualidade dos dados.

São considerados cinco aspectos: conformidade com os esquemas, geometria, semântica, requisitos de conformidade e regras específicas da aplicação. No caso da validação semântica, incluem desde testes para verificação dos elementos semânticos puros, relações cadastrais dos modelos semânticos, principalmente quanto a sua geometria e quanto aos conjuntos de informações adicionais. Principalmente porque cada classe de objetos semânticos correspondem e definem um objeto e seu significado no mundo real.

Se um modelo CIM deseja “receber” um modelo BIM, é importante que alguns conceitos entre os mesmos estejam alinhados, nesse caso conjectura-se que para a formação de um conceito de níveis, a ser utilizado no desenvolvimento do processo CIM pressupõe-se a necessidade que o conceito de LOD para o CIM seja estabelecido como Nível de desenvolvimento. E que as características desse desenvolvimento sejam trazidas para a realidade do processo CIM. Através da criação dos grupos de elementos a serem utilizados no modelo, o conteúdo do modelo, as fases do processo e os usos recomendados de cada modelo.

4.1.3. Os agentes do processo

Em todo projeto existe um conjunto de interessados (*stakeholders*) que de alguma maneira pode estar envolvida no processo. Cada processo tem um grupo de interessados, neste caso é importante identificar todos os envolvidos no projeto. Nos projetos urbanos, os interessados podem estar direta ou indiretamente envolvidos, assim sendo é essencial destacar os principais interessados. É importante identificar

e fazer a análise dos *stakeholders*, coletando e analisando as informações e os interesses de cada um.

Segundo Melhado (1994) os agentes envolvidos no processo de um empreendimento são os empreendedores, projetistas, construtores e usuários.

Diferente de uma edificação que tem um “proprietário”, a cidade e a sua dinâmica possuem muitos agentes envolvidos diretamente no processo decisórios e operacionais, representador por esferas de governo, agências reguladoras, empresas públicas e diversas concessionárias e permissionárias de serviços públicos, e sem contar com um número de empreiteiras e de prestadores de serviço que atuam de forma mais ou menos regular (AMORIM, 2016, p.4)

Diversos autores, como Jean Bastiê (1964), Capel (1975), Alain Duran Lasserre (1986), Corrêa (2000), Lefebvre (1968) e Vasconcelos (2011) propõe a classificação dos agentes urbanos, a partir do seu campo de ação. Como referentes ao espaço intra ou interurbano; ao seu objetivo social e espacial, no caso individual ou social; ao seu tipo de iniciativa político-administrativa, seja pública ou privada; a participação direta ou indireta nas atividades que estruturam o espaço urbano; quanto a sua competência legal e a sua área de atuação.

Corrêa (2000) em sua obra *O espaço urbano*, identifica e classifica alguns agentes urbanos, dentre eles estão:

- Os proprietários dos meios de produção, sobretudo as grandes indústrias;
- Os proprietários fundiários;
- Os promotores imobiliários;
- O estado;
- E os grupos sociais excluídos.

Algumas mudanças aconteceram com o passar dos anos principalmente na estruturação dos agentes envolvidos na formação do espaço urbano, atualmente é quase impossível estabelecer todos os envolvidos nesse processo, devido a multiplicidade de agentes urbanos.

Para poder elucidar essa questão, Marx em seu livro “*O capital*” divide a sociedade capitalista contemporânea em três classes, o Estado, o mercado e a sociedade civil. No caso o Estado que tem dentro de suas funções a mediação de interesses, o mercado que representa o capital, e as forças movidas por ele e a sociedade civil, que

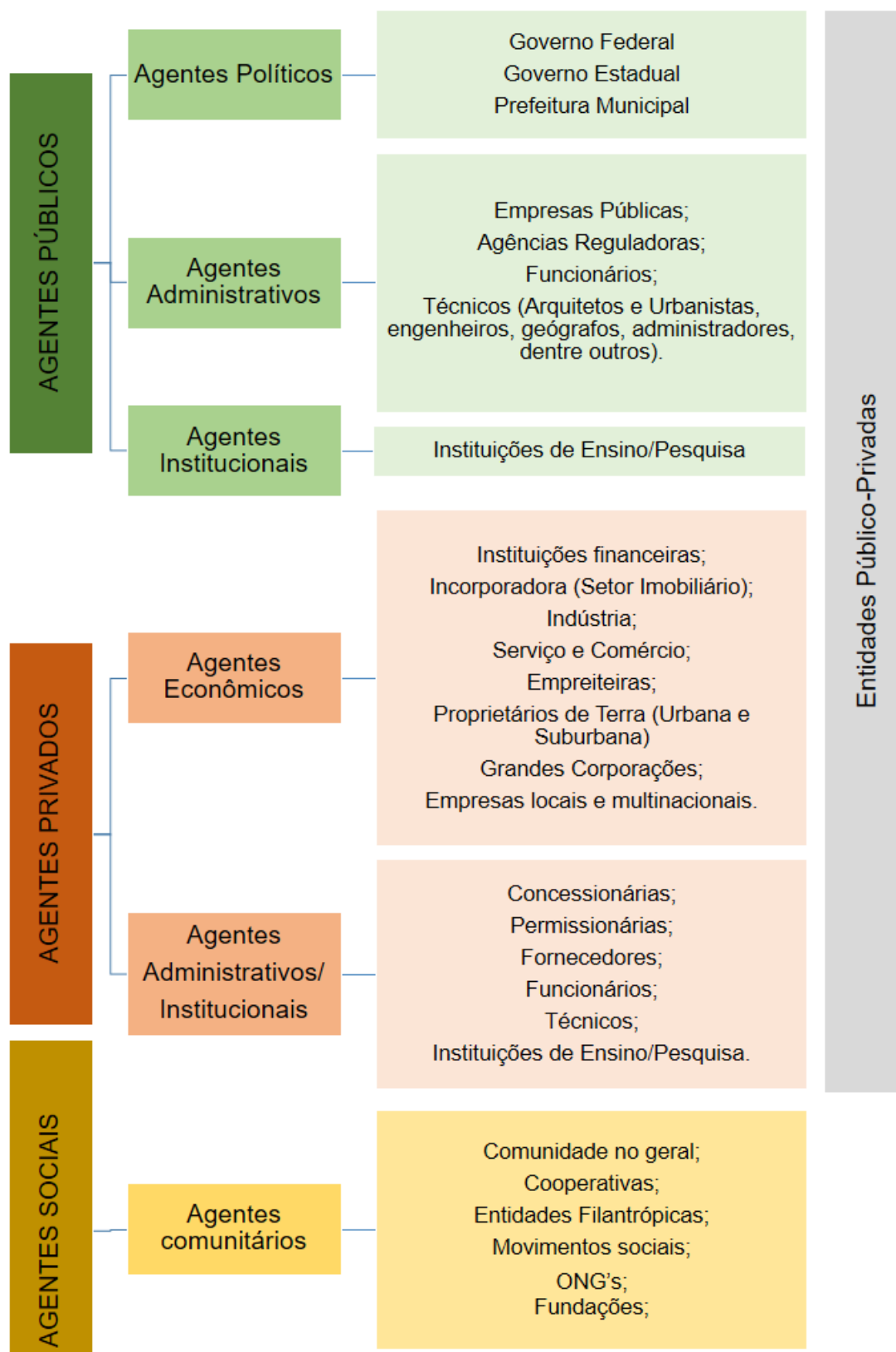
são todas as organizações da sociedade, que não estão ligadas as grandes corporações e nem ao Estado.

As cidades atualmente diferem-se pela sua localização geográfica, seu traçado espacial, sua vocação econômica e principalmente por suas características demográficas. Entretanto dentro das próprias cidades existem espaços extremamente diferenciados, criando quase que cidades dentro de outras cidades, como zonas industriais, financeiras, turísticas, comerciais, residenciais e de lazer. E isso interfere visivelmente nos agentes urbanos, assim como os agentes urbanos interferem consideravelmente nas cidades.

Quanto maior forem as cidades, e principalmente suas complexidades funcionais, maior será os agentes urbanos envolvidos no processo, e isso evidentemente dificulta a gestão das cidades. Guell (2013) divide esses agentes em locais e supralocais, e posteriormente relata a existência de uma base cidadã. Aqui esses agentes serão divididos em públicos, privados e sociais.

A Figura 24 tem como objetivo identificar e sistematizar partes desses agentes, principalmente quanto a sua participação no Processo CIM. Entretanto não esgota a quantidade de agentes envolvidos no processo.

Figura 24: Diagrama de Agentes Urbanos



Fonte: Autora.

A divisão entre agentes permite visualizar a influência de cada “setor” na produção das cidades, assim como que diretamente ou indiretamente todos fazem parte da gestão das cidades, conseqüentemente são atores fundamentais para o planejamento urbano. As organizações institucionais podem ser públicas ou privadas, e tem como objetivo resolver as necessidades de uma comunidade.

Atualmente existem diversas coalizações entre setores públicos e privados, que formam uma rede e as vezes ultrapassam os critérios estabelecidos diante os interesses públicos e privados. Entretanto os principais interessados em todo o processo de gestão urbana devem ser a sociedade no geral, participando ativamente no processo decisório, e necessário que o poder público forneça subsídios para que isso aconteça, a utilização de plataformas digitais interativas podem ser um canal para essa comunicação.

Os agentes políticos dispõem dentro de suas habilidades mobilizar os demais atores, intermediando conflitos e canalizando os interesses, possibilitando assim a construção de consensos e criando iniciativas que sejam benéficas a todos os cidadãos e grupos de interesse.

O setor público segundo o seu papel é identificado por Cheng e Lu (2015) como um demonstrador, incentivador financeiro com linhas de crédito, proporcionador dos benefícios fiscais para a aquisição de sistemas e equipamentos, regulador e educador. Diante do processo voltado as cidades percebe-se que o Setor Público será um líder e fomentador das tecnologias, além de ser o principal integrador, responsável pela fiscalização e manutenção do bem comum.

Grande parte dos municípios brasileiros ainda não possuem uma estrutura organizacional adequada, de recursos humanos capacitados, isso está diretamente ligado as dificuldades de gerenciamento.

As discontinuidades administrativas, são grandes problemas enfrentados na gestão das cidades, a cada mudança de administração municipal, ocorre modificações no projeto estabelecido, no programa de governo e até mesmo nas filosofias de trabalho, que colocam em risco o desenvolvimento de projetos urbanos.

É evidente que para a possível implantação do CIM será necessária a formulação de uma legislação setorial básica, fixando o planejamento específico das atividades do órgão competente.

5 A ESTRUTURA DO MODELO DE INFORMAÇÃO DA CIDADE

A estruturação dos modelos CIM são muito importantes para atender aos objetivos estabelecidos, assim como a qualidade desejada dentro desse modelo. Assim como no BIM, diferentes modelos poderão ser desenvolvidos. Modelos específicos com usos e propósitos para cada demanda existente dentro da cidade. Pensar em um modelo único, padrão e com uma única função para a cidade parece extremamente inviável.

Em um modelo CIM é preciso primeiramente identificar qual o objetivo do modelo CIM, um dos critérios fundamentais diante a capacidade de processamento dos dados. A transformação das informações em dados úteis, utilizados de modo correto, adequado ao bem comum. A falta e excesso de dados pode se transformar em grandes problemas nos modelos de informação. Segundo Thompson et al. (2016) é importante verificar, a acessibilidade e disponibilidade dos dados, a precisão e consistência dos dados, a gerenciabilidade e a integração dos dados.

O custo decrescente de algumas tecnologias, como o sensoriamento remoto e o armazenamento de dados permitem a realização de novos tipos de coleta de dados, como a utilização de LIDAR (*Light Detection and Ranging*), que fornece a representação tridimensional em alta resolução.

Segundo Lima (2016) apud (ARLEGO, LIMA e CARDOSO, 2017, p.209) a classificação da implementação do CIM ocorre em três etapas.

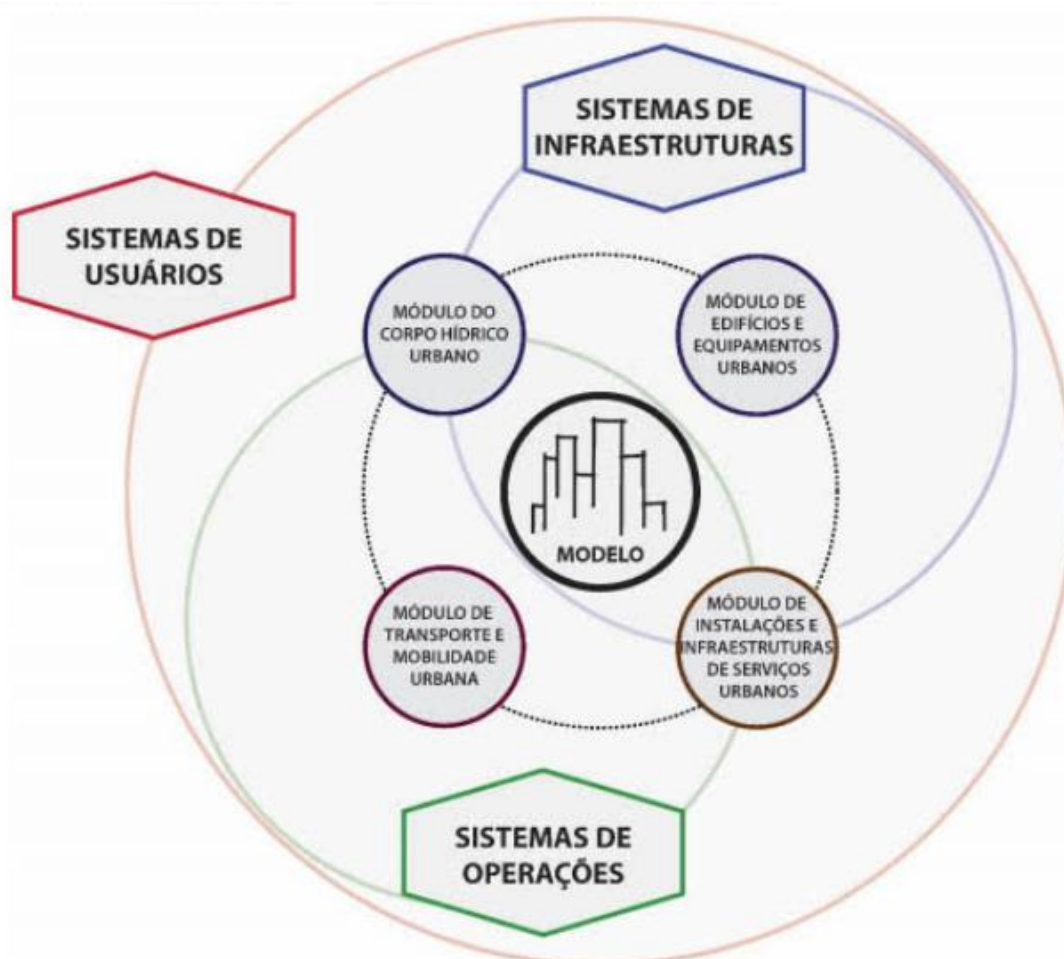
A primeira é seu uso como uma ferramenta, substituindo análises do GIS e modelos do CAD com os modelos 3D georreferenciados da cidade. A segunda é o seu uso pelos urbanistas, com coordenação e interoperabilidade, sobreposição de informações e extração de indicadores. A última etapa é o seu uso aberto por todos da cidade com a interação em tempo real.

Anteriormente foi realizada a discussão sobre a divisão dos modelos em módulos. Xu et al. (2014) propõe a divisão dos modelos CIM em submódulos: Módulo de edifícios, módulo de transporte, módulos de recursos hídricos (ou corpos hídricos), módulo de sistemas de infraestruturas, módulos de equipamentos urbanos que pode ser visto na Figura 6.

Entretanto não é mostrado as aplicações de cada modelo em seus estudos, o que dificulta a compreensão de como esses modelos CIM e seus respectivos submódulos seriam empregados na gestão das cidades, assim como a especificidades que cada um contém.

Pereira (2018) propõe uma nova integração entre os estudos de Xu et al. (2014) e Jucevievus et al. (2014), interpretando as relações dos submódulos do modelo CIM, com os sistemas de gestão da cidade. No qual para os sistemas de gestão estabelecidos são os de usuários, infraestrutura e operações. E os sistemas operáveis acontecem apenas nos sistemas de Infraestrutura, corpo hídrico e transporte. Ele ainda ilustra (Figura 25) a proposição de uma estrutura metodológica organizacional para um modelo CIM no contexto Brasileiro.

Figura 25: Proposta de uma estrutura metodológica para um modelo CIM



Fonte: Pereira (2018, p.69).

Na proposta de Pereira (2018) existe um grande modelo central, que concentra todas as informações, este modelo é a somatória de diversos outros modelos alimentados por informações tratadas, baseadas em padrões pré-estabelecidos.

Entretanto, percebe-se que a estrutura estabelecida fornece apenas uma utilização do modelo, no caso a gestão urbana, como se esses modelos já estivessem prontos, e cada um numa determinada operação. O que visivelmente não acontece, ao se tratar do processo CIM, os modelos acabam sendo apenas um produto. Com a complexidade existente nas cidades e até mesmo na gestão urbana, percebe-se que as aplicações desses modelos são extremamente variadas, servindo a fins bastante diversos.

Biljecki et al. (2015), mesmo sem se referir ao CIM e a modelos de informação em seus estudos, propõe uma série de aplicações voltadas para os modelos de cidade 3D, dentre elas estão: a estimativa do potencial solar na cidade, e numa determinada região, o cadastro 3D das edificações, o planejamento da infraestrutura, a propagação do ruído no cenário urbano, a realização do gerenciamento de utilitários, a estimativa da demanda de energia, análise de viabilidade, dentre outros. No que tange modelos básicos de representação tridimensional de cidades, seria possível realizar uma grande quantidade de análises e simulações. E em alguns casos retirar informações desses modelos.

Diante disso propõe-se primeiramente analisar as aplicações dos modelos. Determinando os possíveis modelos a serem utilizados no processo de gestão das cidades, e entendendo as possíveis informações existentes dentro de cada modelo, e a contribuição dos mesmos nesse processo.

5.1. Estrutura conceitual para aplicação de modelos CIM

A proposta de uma estrutura conceitual para aplicação dos modelos CIM é baseada principalmente na necessidade de compreensão dos modelos CIM e como eles podem influenciar diretamente na gestão urbana, seus aspectos principais e possíveis ramificações.

Normalmente as estruturas conceituais são utilizadas para entender problemas complexos, a partir de uma visão hipotética sobre determinado assunto. Segundo Mazione (2013, p. 186) o uso da estrutura conceitual

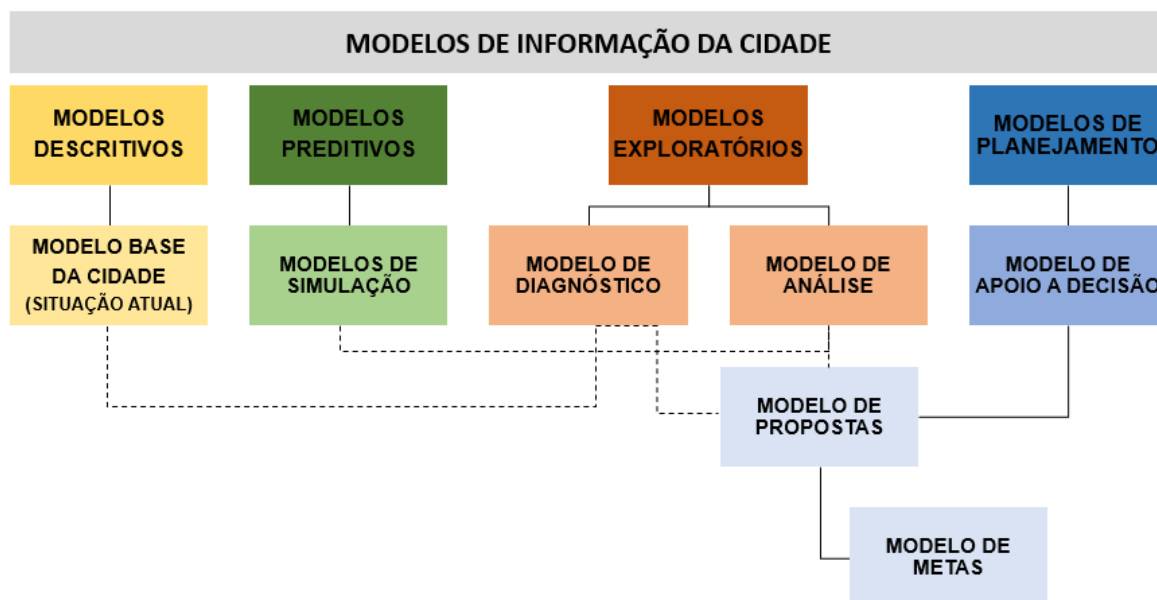
[...] permite uma visão holística, fornece uma abordagem estruturada para lidar com problemas específicos e serve de base para a construção de modelos ou estruturas conceituais mais simples e particulares.

É evidente que a estrutura proposta não tem a intenção de suprir todas as necessidades do modelo CIM, ela tem como objetivo não ser estanque, necessitando de modificações conforme os estudos sobre CIM forem se aprimorando, possibilitando certa flexibilidade no processo.

Um dos problemas a serem enfrentados quanto da elaboração desses modelos está nos direitos de propriedade, isso certamente causarão ainda muitas discussões técnicas e jurídicas. Principalmente por tratar-se de cidades. Os direitos seriam compartilhados com todos os envolvidos nos processos.

Diante disso, primeiramente é importante voltar a algumas questões iniciais da pesquisa, como os objetivos do modelo, que conforme Echenique (1975) podem ser divididos em modelos descritivos, preditivos, exploratórios e de planejamento. Os objetivos tratam principalmente de suas aplicações, nesta situação ao aplicar a ideia de modelos de informação de cidade, teremos cinco tipos de modelos, conforme apresentado na Figura 26.

Figura 26: Diagrama de modelos de informação da cidade



Fonte: Autora.

Os modelos seriam divididos em modelo base da cidade (situação atual), que apresenta todos os dados e informações, principalmente quanto a estrutura física das cidades, um modelo descritivo. Os modelos de simulação, que a partir do modelo base possibilitaria realizar testes nas cidades, esse modelo é do tipo preditivo que tem a intenção de prever os cenários futuros.

Os modelos exploratórios, que têm como objetivo investigar, sendo assim eles foram divididos em dois modelos o de diagnóstico, que é um processo analítico, e tem como intenção identificar o conjunto de dados existentes na cidade, assim como seus problemas e potencialidades e o modelo de análise, que realiza o estudo pormenorizado de cada parte de um conjunto.

E por fim os modelos de planejamento, que é um modelo de apoio a tomada de decisão, com o objetivo de realizar estimativas, previsões e seu principal serviço está na função de planejar, criando um modelo de propostas e um modelo de metas. O planejamento é uma ferramenta administrativa, principalmente na gestão urbana, que avalia os caminhos a seguir para alcançar os objetivos propostos. É importante destacar que no caso dos modelos de planejamento, eles não necessariamente serão modelos tridimensionais, mas utilizam-se do modelo para o seu fim.

Contudo apenas os modelos apresentados acima não conseguem suportar todas as demandas existentes na gestão urbana. Para isso, propõe-se uma estrutura conceitual do modelo integrado de gestão da cidade, dividindo todos os possíveis modelos a serem utilizados na gestão urbana, baseado em modelos CIM, apresentado na Figura 27.

Figura 27: Estrutura conceitual do Modelo Integrado para gestão da cidade



Fonte: Autora.

O modelo CIM de base da cidade é um modelo central, ou modelo mãe, pois seria a partir dele que todos os outros modelos seriam desenvolvidos. O modelo base tem

como objetivo trazer suporte para as demais aplicações, diante disso nele estariam toda parte de estrutura urbana, como pode ser visto na Figura 28.

As demais aplicações são divididas conforme suas funções, neste caso modelos de diagnóstico, análise e simulação que dão suporte na criação dos modelos de planejamento. Os modelos ainda são divididos em modelos de gestão de novos projetos, modelos de monitoramento e controle, que possuem duas ramificações o modelo de uso e operação, e o modelo de gestão de manutenção, ambos são de fundamental importância para a gestão urbana, principalmente porque grande parte dos serviços relacionados ao monitoramento das cidades são serviços com alto valor agregado e consomem boa parte dos recursos do município.

Dentre as aplicações ainda aparecem o modelo de apresentação e visualização, que seria basicamente visualização do modelo base ou outro modelo necessário. No caso esses modelos poderiam ser apresentados através de uma plataforma nuvem em tempo real, propiciando a facilidade no trabalho colaborativo e viabilizando a tomada de decisões. Alguns atores envolvidos no processo de gestão urbana não fazem parte do corpo técnico de elaboração, administração e gestão desses modelos, neste caso seria habilitado a eles apenas a visualização do modelo de informação das cidades.

Um exemplo para esses possíveis modelos de apresentação e visualização é a plataforma da Autodesk BIM360, que permite a facilidade no processo de coordenação do projeto através de um serviço de nuvem. Na plataforma é permitido compartilhar, visualizar e editar arquivos, no qual a coordenação habilita a função de cada integrante do projeto. Além disso a plataforma oferece serviços de detecção de conflitos, coordenação e colaboração, avaliação de viabilidade, gerenciamento de campo, análise energética e estrutural e renderização.

Por fim o modelo de interação pública, que visa através de modelos CIM criar uma plataforma de interação, permitindo que a sociedade participe do processo de gestão. No caso, eles possibilitam a gestão democrática, no qual os modelos podem funcionar como um mecanismo de participação e controle social. Além de ser um instrumento para monitoramento e avaliação das ações. Logo essa interação permite os processos participativos, no qual o ator pode imputar informações ao modelo, e requerer da gestão pública soluções para seus problemas. O modelo de interação permite também

chamar e mapear as audiências públicas realizadas pela gestão municipal, diante dos diversos projetos envolvidos.

A legislação urbanística deve estar presente em todo o processo, e principalmente no que tange as relações com os elementos urbanos. Inicialmente por ser um pilar base da gestão urbana, e também para que através dos modelos, sejam eles de qual tipo for, permitir o entendimento de quais são os impactos da legislação, assim como suas recorrentes modificações no processo de formação das cidades, propiciando a identificação de tendências, interesses, problemas e potencialidades.

Abaixo serão expostos alguns diagramas referentes a estruturas e aplicações de modelos apresentadas. Inicialmente apresenta-se o modelo base (Figura 28) que compõe a estrutura física urbana das cidades, e é de fundamental importância para realização de qualquer aplicação do CIM.

A ideia de modelo dinâmico esta atrelada ao conceito das cidades ubíquas ou onipresentes. Essas cidades são consideradas cidades do futuro, a cidade onipresente é criada pelos chips de computador ou sensores inseridos nesses elementos urbanos (Lee et al., 2013).

Alguns autores denominaram a ideia de cidade ubíqua como *U-City*. Segundo Ho Lee et al. (2008, p.2) “O objetivo da *U-City* é criar um ambiente construído onde qualquer cidadão possa obter qualquer serviço em qualquer lugar e a qualquer momento através de qualquer dispositivo TIC”.

Dentre as principais necessidades para o funcionamento de uma *U-City* seria a velocidade das TIC's, e da internet. As tecnologias “*Ubiquitous*” ou onipresentes propiciariam facilidades nos serviços inteligentes como teleconferências, *homebanking*, sistema de transporte inteligente (STI), sensoriamento remoto, monitoramento e controle da infraestrutura urbana. E visivelmente na dinamicidade do modelo base CIM, que através de sensores, hardwares e softwares possibilitariam a mudança instantânea no modelo.

Figura 28: Diagrama do modelo base da cidade

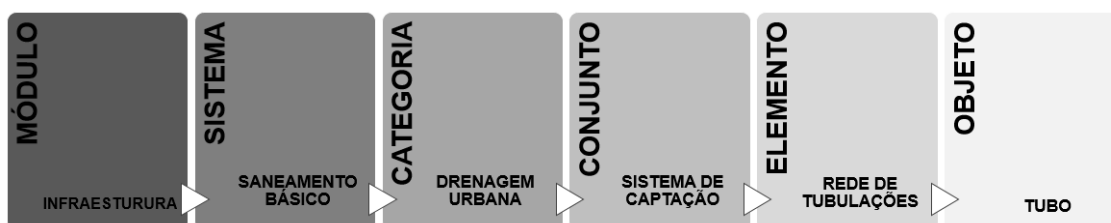


Fonte: Autora.

A estruturação do modelo base está pautada em três subdivisões, que podem ser referências para outros submodelos: plano urbano, infraestrutura urbana e elementos naturais. Essa subdivisão pode influenciar diretamente, nos módulos, sistemas, categorias, conjuntos, elementos e objetos, que auxiliam os fabricantes de plataformas e softwares. A Figura 29 exemplifica a divisão dessa estrutura, um modelo

e seus submodelos seriam constituídos por módulos que representa a estrutura máxima de algum objeto. No exemplo, o módulo de infraestrutura, depois pelo seu sistema que é o de saneamento básico, a categoria seria drenagem urbana, que possuem diversas redes, e em conjunto formam um sistema de captação (o elemento seria a rede de tubulações envolvidas e o objeto é o tubo).

Figura 29: Estrutura objeto CIM



Fonte: Autora

Esse cenário serve para todos os módulos e sistemas apresentados acima, sendo que em alguns casos não existem o que podemos entender como camadas ou grupos. Diante disso inicia-se um processo de categorização dos elementos da cidade, facilitando o processo de gestão e a identificação de cada objeto. Dentro de um modelo de informação cada objeto possui um código (ou nome) que permite identificar todas as suas características, o que sem dúvidas é fundamental para o monitoramento, operação e controle das cidades.

Para a implementação de cidades sustentáveis, é necessária a implantação de políticas integradas, no qual a ocupação do solo urbano deve ser coordenada. Dessa maneira o desenho urbano juntamente com os sistemas de infraestrutura é indispensável para a efetivação da qualidade desses espaços. A estrutura inadequada pode causar consequências no desenvolvimento da sociedade.

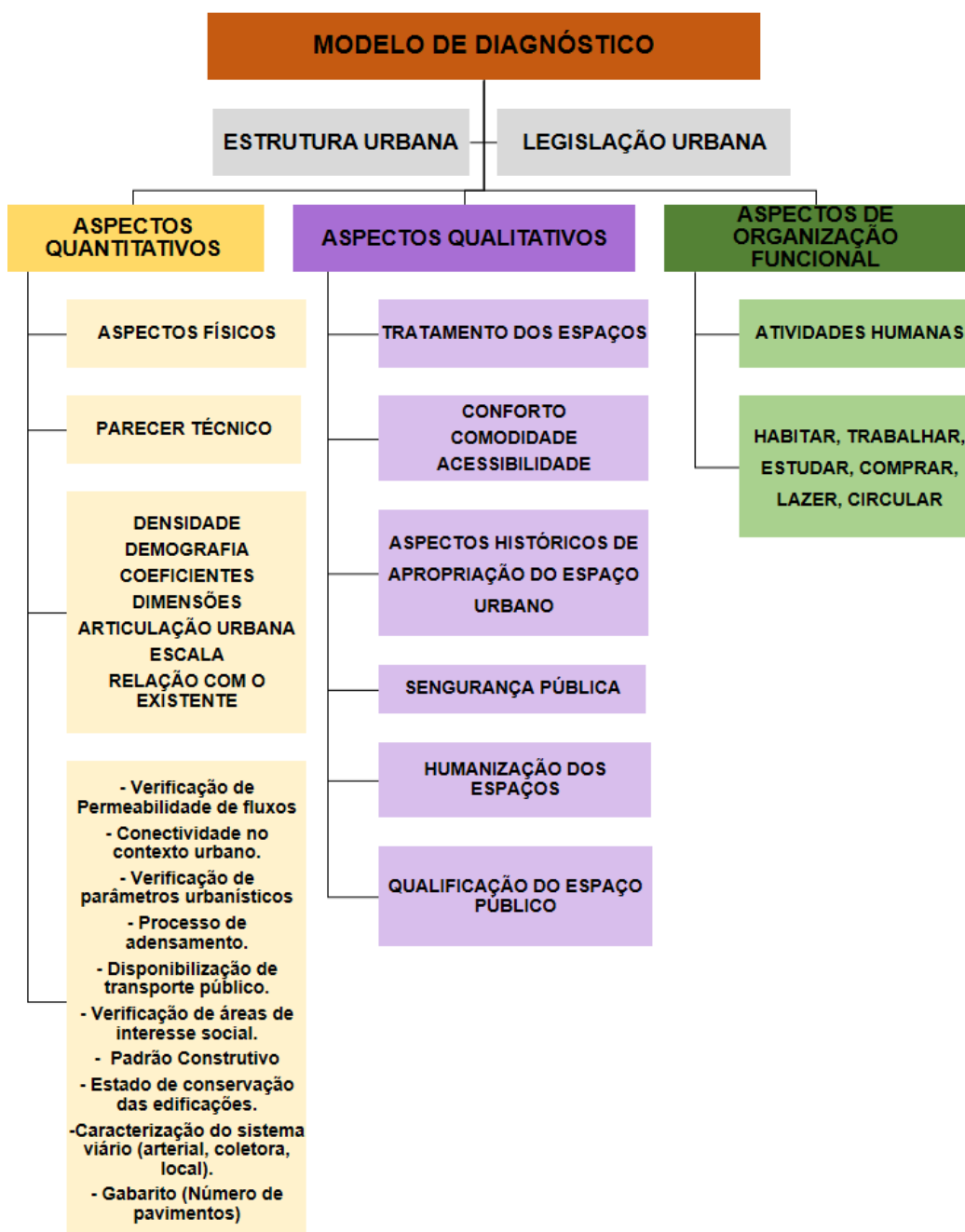
Para Mascaró e Yoshinaga (2005), o projeto urbano e a implantação de infraestrutura ainda são executados de forma isolada e descoordenada, afetando a qualidade, segurança e custos dos sistemas, além de congestionar o espaço subterrâneo.

Ainda sobre a Figura 28 entende-se que a parte de arborização urbana é um sistema de infraestrutura, assim como as infraestruturas verdes existentes, principalmente por demandarem um serviço constante de manutenção, e em alguns municípios possuem uma legislação específica para elas, no caso um Plano Diretor de Arborização. Sendo

assim é função da gestão pública o planejamento, a concepção, a implantação e a manutenção da arborização urbana.

Quanto ao modelo de diagnóstico, ele possui aspectos quantitativos, qualitativos e de organização funcional, como pode ser visto na Figura 30. A principal função do modelo de diagnóstico é a elaboração de um parecer técnico diante as questões relativas a cidade, sejam elas relacionadas aos aspectos físicos, estruturais ou humanos.

Figura 30: Diagrama de modelo de diagnóstico



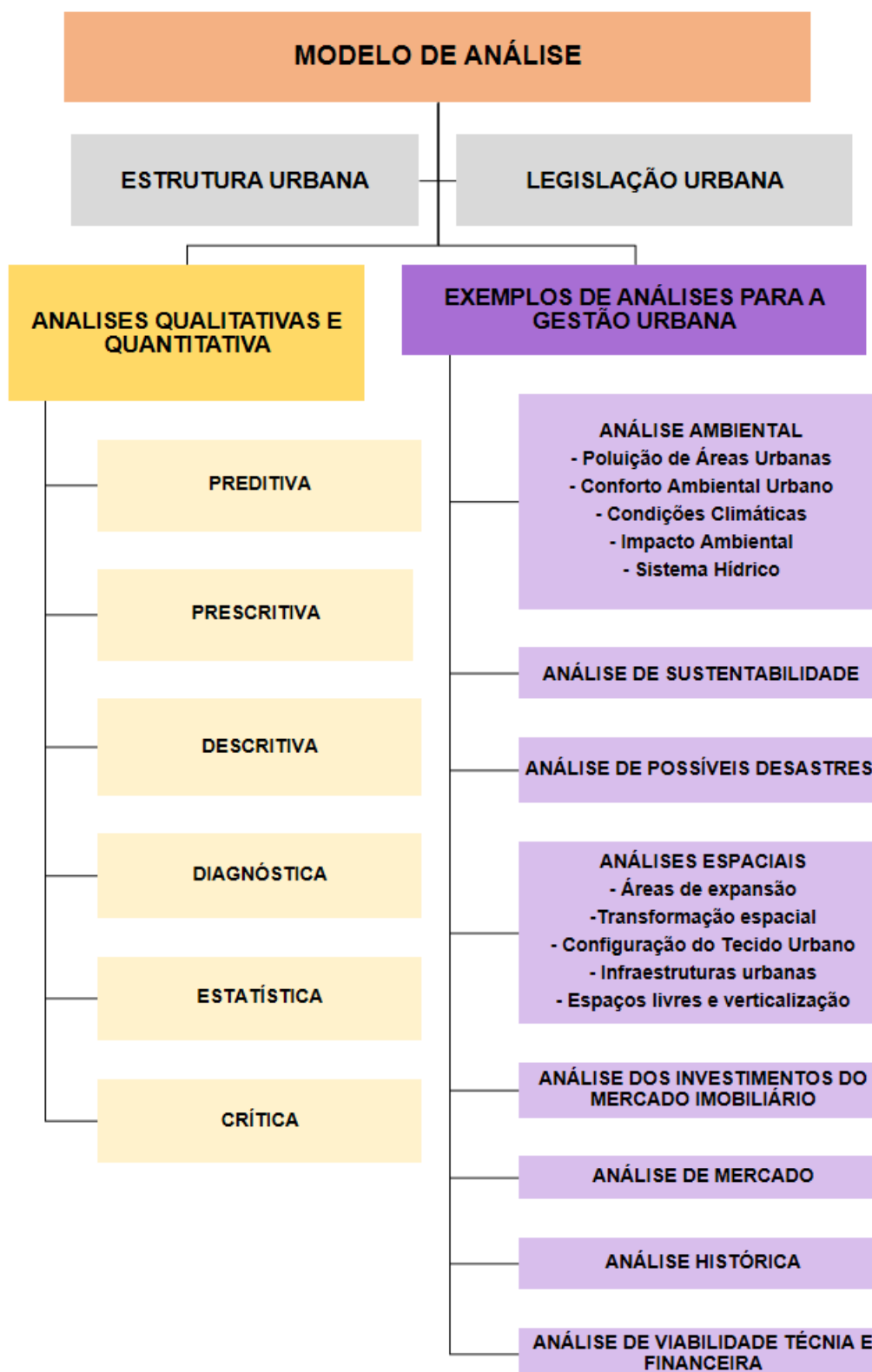
Fonte: Autora.

É possível através desses modelos verificar diversas questões, relacionadas ao contexto urbano, seus fluxos, como estão ocorrendo os processos de adensamento na cidade, o estado e conservação das edificações e dos espaços públicos. Diagnosticando quais áreas precisam de intervenção e aplicação de recursos. Esses modelos devem estar diretamente ligados com as plataformas de interação pública, por que grande parte das demandas de uma cidade parte do cidadão de circula e habita nela.

Como dito anteriormente o modelo de diagnóstico faz parte de um modelo de análise. Normalmente as análises são estruturadas de forma qualitativa e quantitativa, e subdivididas em preditiva, prescritiva, descritiva, diagnóstica, estatística e crítica. Percebe-se uma relação direta com a classificação dos objetivos do modelo.

A Figura 31 mostra alguns exemplos relacionados a análises urbanas, dentre elas as ambientais, que são de fundamental importância para o atual cenário das cidades. Grande parte dos municípios brasileiros sofrem com algum tipo de problema ambiental, seja a ocupação de áreas de preservação, inundações, ou problemas relacionados ao conforto ambiental, no caso do conforto térmico principalmente pela grande quantidade de áreas impermeabilizadas e no conforto acústico pela grande quantidade de ruídos proveniente principalmente dos automóveis, que também causam poluição.

Figura 31: Diagrama modelo de análise



Fonte: Autora

Dentre as questões que devem ser pautadas estão as análises de possíveis desastres, que através dos modelos são capazes de realizar simulações, criando sistemas de evacuação rápida e gestão de resgates.

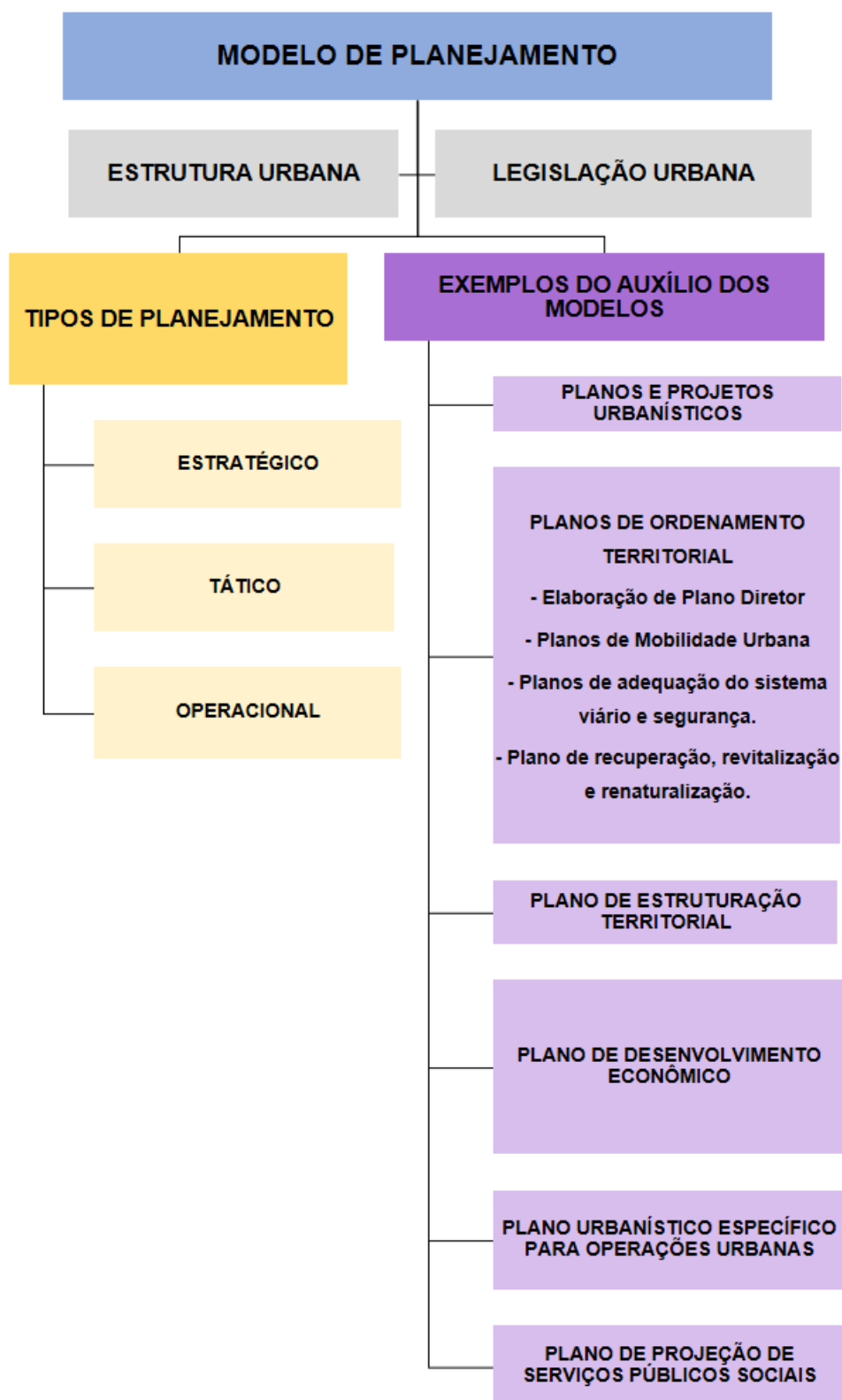
É importante que para qualquer tipo de análise são necessários métodos claros, normalmente divididas em etapas, realizando o cruzamento de dados, assim como sobreposição das informações levantadas. A partir do diagnóstico é possível identificar os problemas e as potencialidades, cruzar informações e compreender novos cenários.

Normalmente a partir das simulações é possível extrair diversos dados. Esses podem ajudar tanto nas análises como no planejamento. As simulações permitem levantar certos padrões, e estabelecer propostas mais assertivas. Inicialmente se estabelece uma hierarquia de cenários possíveis, que serão simulados. As simulações permitem extrair certos resultados além de demonstrar questões. Os tipos de modelo de simulações podem ser desde a simulação de futuras ocupações, áreas de expansão, além de permitir a definição de parâmetros.

Como dito anteriormente os modelos de planejamento (Figura 32) podem ou não ser modelos tridimensionais. Os modelos de planejamento costumam se apoiar em diagnósticos, análises e simulações para criar propostas. Existem três tipos de planejamento, o estratégico que normalmente é por onde as coisas começam, onde as decisões são tomadas, na definição do que se pretende fazer; e a partir do planejamento estratégico ocorre a execução, com o objetivo de não ter variações bruscas no processo.

O planejamento tático, tem a função de criar e estabelecer as metas, descrevendo quais são as condições possíveis, sejam elas de recurso tecnológico, financeiro ou humano, concretizando assim o que foi definido no planejamento estratégico. Já o planejamento operacional possui metas estabelecidas, onde começam a ser executadas. É importante a participação de todos os envolvidos no processo para que a execução aconteça de forma a atender os objetivos.

Figura 32: Diagrama Modelo de Planejamento



Fonte: Autora

A gestão urbana conta com muitas formas de planejamento, principalmente no que se refere aos planos elaborados, entretanto é importante que esses planos saiam do papel e sejam executados, os modelos de informação de cidade podem influenciar positivamente nesse aspecto, principalmente por conseguir espacializar esses planos, e possibilitar a verificação dos mesmos.

A falta de planejamento causa graves problemas para a cidade, principalmente no que tange a oferta de infraestrutura básica. A ocupação desordenada do território é atualmente um grande problema, principalmente nas grandes cidades, o uso e a ocupação irregular do solo gera complicações nos sistemas de infraestrutura, nos quais normalmente as instalações são feitas de forma irregular, fragmentadas e descontinuadas.

A informalidade é um problema para os serviços de infraestrutura. Dentre os transtornos causados estão a desarticulação do sistema viário, ligações clandestinas de energia elétrica, comprometimento dos mananciais de abastecimento de água e do lençol freático, a ausência de equipamentos públicos urbanos, como escolas, creches, praças, dentre outros, aumentando assim o custo de urbanização.

É necessário planejar espaços para fornecer as cidades e conseqüentemente a população redes de infraestrutura que atentam as suas necessidades mínimas. Mas percebe-se que algumas redes de infraestrutura ainda são construídas sobre padrões e práticas ultrapassadas tecnologicamente. Na maioria das vezes a falta de infraestrutura é ocasionada devido à falta de recursos da administração das cidades.

As grandes cidades enfrentam grandes problemas devido à falta de infraestrutura para o trânsito, distribuição de recursos, bens e serviços. A rede viária daqui para frente precisará de grandes cirurgias urbanas, para dar lugar a cidade pós-industrial (MASCARÓ, 2016).

O Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsórios (PEUC), o Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) progressivo no tempo e a Desapropriação-Sansão são alguns dos instrumentos previstos na Constituição Federal (Art. 182), e regulamentados pelo Estatuto das Cidades. A Lei Federal sustenta o princípio da função social da propriedade urbana, evidenciando que o interesse particular não pode sobrepor o interesse da coletividade.

Entretanto estas diretrizes devem estar presentes no Plano Diretor de cada município, delimitando áreas urbanas onde cada instrumento deverá ser aplicado, o que induz os investimentos imobiliários urbanos corretamente na cidade. É na Lei Municipal específica que devem ser fixados as condições e os prazos para implementação da obrigação de parcelar, edificar e utilizar os terrenos. Entretanto, em muitos municípios brasileiros essa legislação não existe ou está desatualizada, e em alguns casos não existe a fiscalização adequada por parte do município, implicando em graves problemas na infraestrutura das cidades.

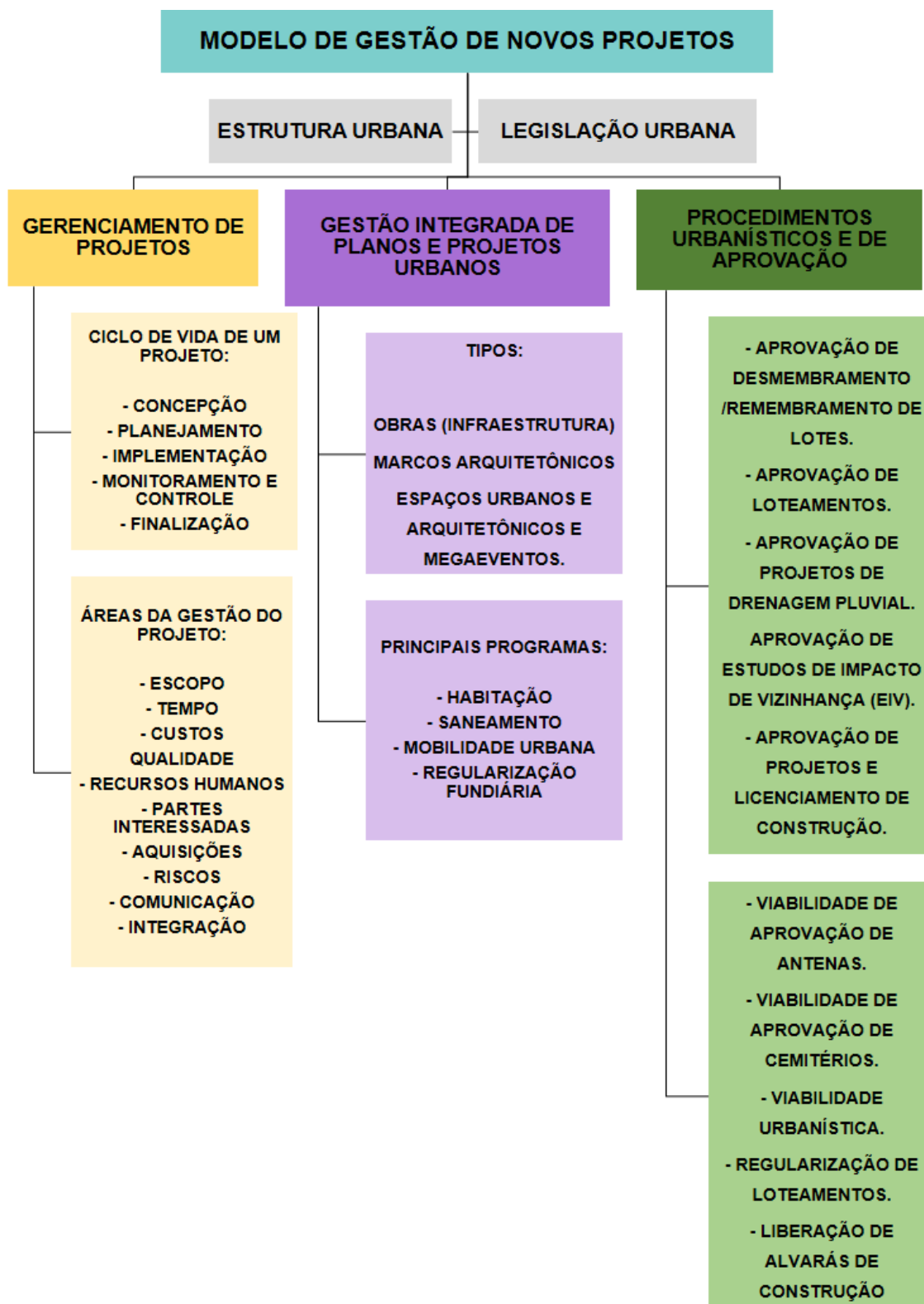
Devido à grande quantidade de variáveis existentes na elaboração do planejamento e construção dessas redes, além da interdependência entre elas, é indiscutível a importância do conhecimento e funcionamento de cada uma delas, e principalmente a legislação na qual elas estão baseadas.

As cidades estão em constantes mudanças, com isso novos projetos surgem a cada momento, é importante que esses novos projetos urbanos já sejam concebidos dentro dos critérios da Modelagem da Informação da Cidade. Esses modelos seriam diante todo o cenário dos modelos CIM os mais fáceis de implantação ou execução, principalmente pela possibilidade de início da proposta nessa nova estrutura, entretanto verifica-se que mesmo cidades planejadas costumam não sair exatamente como projetada.

Entretanto é preciso observar que normalmente os novos projetos, não são geridos apenas pela gestão pública. Grande parte dos novos projetos existentes nas cidades são de iniciativa privada ou parcerias público-privadas.

Diante disso caracteriza-se Figura 33 algumas relações importantes, como o ciclo de vida de um projeto, estabelecido pelo PMBOK (*Guide to the Project Management Body of Knowledge*) ou guia para o conjunto de conhecimento de gerenciamento de projetos. O PMBOK não é uma metodologia, mas sim uma padronização, que conceitua os processos, as ferramentas e as técnicas necessárias para o desenvolvimento de um projeto, é importante entender que existem etapas de projeto, e conseqüentemente isso será parte da criação dos modelos, sendo fundamental para o sucesso do projeto.

Figura 33: Diagrama de modelo de gestão de novos projetos



Fonte: Autora.

Existem diversos tipos de projetos e obras a serem realizadas no contexto urbano a Figura 33 mostra alguns, mas ao mesmo tempo é importante identificar programas

que são prioridades no que tange o governo e a distribuição de recursos, normalmente são projetos relacionados a habitação, saneamento urbano, mobilidade urbana e regularização fundiária. Assim como é importante destacar os procedimentos urbanísticos de aprovação, que no caso da construção de um modelo de informação de cidade, esses processos são otimizados.

Dentre os projetos e obras urbanas estão os de loteamentos e infraestrutura urbana. A infraestrutura é de fundamental importância para a estruturação do espaço urbano. No processo de urbanização e construção de loteamentos, a abertura de vias é um dos primeiros passos na execução, ali serão instaladas as redes de energia elétrica e saneamento. São as redes de infraestrutura que permitem o acesso aos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, distribuição de energia elétrica, serviços de telecomunicações e transportes.

Os projetos de loteamentos devem atender as diretrizes e normas estabelecidas pela prefeitura de cada município. Em um loteamento tanto os lotes como os serviços de infraestrutura são parte integrantes. Percebe-se que existe uma grande dificuldade do planejamento urbano, em coordenar a densidade de ocupação de cada região e a quantidade de infraestrutura, os modelos de informação da cidade podem auxiliar nesse processo. Segundo o Estatuto das Cidades (2001) um dos objetivos do controle e da ordenação do uso do solo está em “evitar o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana” (art. 2º, VI, c, do Estatuto da Cidade).

No Brasil, a Lei Nº 6.766, de 1979, dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano, e de forma integrada trata do uso do solo e da infraestrutura urbana para a elaboração de projetos de loteamentos. Terminologicamente, a legislação considera a infraestrutura como sendo um conjunto de equipamentos urbanos. “*A infraestrutura básica dos parcelamentos é constituída pelos equipamentos urbanos de escoamento de águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação*” (art. 2º, parágrafo 5º).

Em cada loteamento também poderá ser exigido uma faixa *non aedificandi*, que deve ser destinada aos equipamentos urbanos. “Consideram-se urbanos os equipamentos

públicos de abastecimento de água, serviços de esgotos, energia elétrica, coletas de águas pluviais, rede telefônica e gás canalizado.” (Art. 5º). Diante disso os sistemas de infraestrutura devem ser instalados em áreas *non aedificandi* ou públicas.

As leis urbanísticas ainda são um dos elementos que sustentam o planejamento urbano, principalmente na definição de diretrizes para o desenvolvimento das cidades. A engenharia urbana é responsável pelo planejamento e construção das infraestruturas, tanto em sua dimensão física como na caracterização das redes de serviços. Segundo Bertei et al. (2014, p. 304), “a engenharia urbana é a arte de conceber, realizar e gerenciar sistemas técnicos”.

As cidades precisam de manutenção, e esses gastos são extremamente dispendiosos para o município. A conservação das cidades, como o recapeamento de vias, limpeza urbana, poda de árvores são manutenções que devem ser frequentes no que tange a estrutura urbana, para essa manutenção os modelos de informação podem auxiliar nesse processo, facilitando na identificação dessas áreas e mapeando, com datas e valores de investimento para cada tipo de manutenção, facilitando a verificação dos gastos para cada serviço e as regiões que eles foram realizados. Os modelos de gestão de monitoramento e controle, podem ser divididos em modelos de gestão de uso e operação e modelos de gestão de manutenção, conforme demonstrado na Figura 34.

Figura 34: Diagrama de gestão de monitoramento e controle



Fonte: Autora.

Na parte dos sistemas de monitoramento, percebe-se a importância desses modelos para a gestão municipal, principalmente pelo acompanhamento da taxa de produtividade das empresas, visando atingir metas estabelecidas, o controle de qualidade, e principalmente o atendimento aos requisitos estabelecidos no contrato.

A implantação do CIM é um grande desafio, principalmente quanto a infraestrutura necessária para criação do modelo. Dentre os obstáculos estão a viabilidade legal e financeira do projeto.

Conforme Pereira (2018, p.54) “A utilização de ferramentas com alta tecnologia agregada, como o SIG, o BIM ou mesmo o CIM na gestão das cidades implica, inevitavelmente, que essas ferramentas sejam definidoras de selos e roupagens” dadas as cidades nessa busca por aumento de sua competitividade.

Como a capacitação dos agentes envolvidos, em diversos níveis desde a construção, alimentação e interpretação, o conhecimento e domínio dos softwares de modelagem tridimensional, a compreensão do fenômeno urbano e das cidades contemporâneas e a criação de políticas públicas, que incentivem a inovação dentro das instituições públicas.

Ao contrário as cibercidades oferecem uma complexidade maior de infraestruturas de comunicação e informação que de forma operante podem oferecer grandes contribuições aos modelos CIM. E ao se tratar do conceito de Cidades Inteligentes, é indispensável um raciocínio integrado entre as infraestruturas da cidade, os objetivos relacionados a sustentabilidade, observando os diversos níveis de detalhes. O que pode visivelmente ser integrado a Modelagem da Informação da Cidade.

É importante destacar que o CIM não depende diretamente da rotulagem urbana proposta as cidades, como as denominadas cidades inteligentes ou digitais, que por muitas vezes são rótulos criados através do marketing urbano, com a intenção de apresentar as novas tecnologias que agregam no estilo de vida urbano contemporâneo. Mas quando se trata da real significação das cidades inteligentes, diante os diversos atores, suas características e seus fatores de avaliação, percebe-se que o CIM enquanto Modelagem da Informação da Cidade e Modelo da Informação da Cidade, podem contribuir para a sua estruturação, conectando teorias e práticas

necessárias para o desenvolvimento das cidades, e principalmente para a sociedade enquanto produtora desse cenário urbano.

A estrutura dos tipos de modelo de informação da cidade é sem dúvidas um início para o entendimento de toda a complexidade envolvida na cidade, e principalmente no que tange a sua gestão. Pensar em um modelo de informação da cidade de forma única, no qual em um único modelo seja possível comportar todas as relações de uma cidade ainda é uma utopia, entretanto é possível verificar que modelos de informação tridimensionais da estrutura física da cidade já existem, o que aqui foi chamado anteriormente de “modelo base” e já são empregados em algumas cidades no mundo. Eles têm ajudado na gestão das cidades, e na construção de cenários futuros para essas cidades.

Um dos exemplos é a cidade de Helsinki capital da Finlândia, no qual foi criado um modelo tridimensional da cidade para utilização da gestão urbana. E durante o processo dividiram esse modelo em dois modelos, um modelo de informação semântico e um modelo tridimensional da realidade da cidade, o que foi considerado um modelo visual da cidade. O primeiro modelo é voltado para a realização das análises e do planejamento da cidade, como o consumo de energia ou as simulações de tráfego, já o modelo “visual” foi designado para utilização de serviços online, como por exemplo o mapeamento de eventos que acontece na cidade. Ambos os modelos estão disponíveis como dados abertos, e foram realizados no padrão CityGML.

Verifica-se que os modelos tridimensionais, assim como os modelos de informação mesmo que de forma incipiente já tem sido utilizados, e para o seu desenvolvimento é necessário a construção dessas estruturas que permitam entender como esses modelos podem ser importantes e como eles podem ser utilizados, e que futuramente eles serão fundamentais para a gestão das cidades e também para o planejamento urbano. A construção desses modelos influencia diretamente nos profissionais envolvidos nesse processo e na forma com eles podem ver a cidade, entendendo os fluxos de pessoas, veículos, dados de uma cidade e como combiná-los. Os modelos de informação podem auxiliar na construção de novos projetos, permitido planejar digitalmente, prevendo falhas que são tão comuns na gestão das cidades.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cidades são organismos que estão em constante transformação. Os surgimentos de bairros, a modificação do uso do solo e até mesmo a mudança do interesse do capital imobiliário são fatores que transformam o arranjo da cidade. Percebe-se que a urbanização desorganizada é um fator que, posteriormente, acarreta na necessidade de intervenções em muitos lugares da cidade, e mais que isso, propiciam a facilidade de, muitas vezes, uma manipulação indiscriminada. Esses processos em pouco tempo, propiciam grandes transformações socioespaciais na cidade, transformando o perfil e a característica desses espaços, além do modo de vida da sociedade urbana. As cidades são experimentos, alvos de intervenções das mais diversas naturezas, umas deram certo, outras errado (JACOBS, 2011).

Observa-se que para o desenvolvimento, as cidades precisam de infraestrutura adequada, e em grande parte delas esses sistemas já estão obsoletos. Além de haver desigualdade na aplicação desses recursos, a resolução desses problemas têm um tempo de maturidade diferente, alguns de pequeno, outros de longo prazo. Diante disso torna-se claro a necessidade da adoção de sistemas que ajudem a contribuir para a superação desses desafios.

A representação da cidade contemporânea tem que ser vista a partir de uma arquitetura urbana composta por um sistema de espaço-tempo tecnológico, avançando as barreiras materiais, e possibilitando novas formas de acesso à informação e novas propostas projetuais mesmo que a princípio essa ocorra no campo da imaterialidade. As respostas de projeto desenvolvidas na máquina constituem-se de soluções mediadas pela interface computacional. O âmbito é imaterial porque a princípio toda a sorte de manipulações se dá por intermédio dessa interface. Os objetos não são físicos (estritamente não possuem massa, peso, volume, etc. – a não ser em circunstâncias que simulam essas propriedades). Dentro desse aspecto há um esforço muito grande das ciências da computação em dotar esse meio com propriedades muito similares às físicas (onde o olho pode perceber como essas coisas ocorrem, em sequências similares às “naturais”). Além disso, todas as operações possíveis no âmbito natural são exponencialmente ampliadas nesse campo imaterial. As tecnologias digitais puderam incrementar cálculos extremamente complexos e com

isso, funções matemáticas polinomiais de n graus foram associadas para a execução de soluções intrincadas.

A tecnologia, utilizada para a solução de determinado problema não é meramente uma resposta interveniente dada por um grupo de profissionais (programadores, urbanistas, sociólogos... etc.) que a desenvolveram segundo dados enumeráveis e prescritíveis. A tecnologia atual é fruto de anos de desenvolvimento, por meio de centenas de profissionais dedicados no aperfeiçoamento e revisão de conceitos e tarefas auxiliares a uma posterior decisão. As respostas dadas pelos softwares não podem ser consideradas inequívocas, mas ainda passíveis de outras interpretações posteriores por uma equipe capaz de julgar/avaliar aquelas soluções. As interpretações posteriores representam instâncias subjetivas de aprimoramento de resultados e, portanto, é indispensável investigar tanto o software como mero suporte de tarefas, auxiliando nos encaminhamentos, e ele como protagonista das tomadas de decisão, substituindo as funções antes empregadas aos arquitetos e urbanistas.

E, neste caso, os primeiros paradigmas têm que ser vencidos, principalmente por se tratar de novas tecnologias. O urbanismo conduzido pelas novas tecnologias muitas vezes pode ser compreendido como crítica a antigos modelos, não por uma contraposição apenas, mas porque deseja reverter situações que se apresentaram inadequadas, incoerentes no decorrer dos anos. Além disso, se o futuro se apresenta cada vez mais instável, pouco assertivo, o uso das novas tecnologias pode permitir maiores graus de flexibilidade às respostas, ou mesmo apontar aberturas que sejam melhor definidas posteriormente. Todas as questões consideradas instáveis, com grande repercussões na vida das pessoas devem ter um trato especial e dependem de diferentes modos com que podem ser lidadas. As novas tecnologias podem incorporar pensamentos muito complexos sob o rol das linguagens computacionais e, ainda que os resultados não sejam inequívocos, ampliam exponencialmente as capacidades do pensamento humano.

Ressalta-se que a implantação de diversas tecnologias no cenário da gestão pública urbana já foram e têm sido empregadas, entretanto grande parte dessas tecnologias não “evoluem” enquanto processo devido a falta de vontade política, ou até mesmo de instrumentos legais que possibilitem essa continuidade. A sensação é que grande parte das cidades já não possuem controle, e que a gestão municipal não está apta a

retomar o planejamento e o controle das cidades. Pensar as cidades sem planejamento urbano parece ser a resposta para o caos. Grande parte das cidades já vivem em um caos diário o que não é aceitável. É importante planejar e principalmente respeitar esse planejamento. As novas tecnologias podem contribuir para esse processo.

Ao verificar a necessidade de atualização desse modo de fazer planejamento, acredita-se que o uso da tecnologia pode ser um caminho eficiente para facilitar as tomadas de decisões principalmente no que tange a gestão urbana. É indispensável que os gestores municipais contemporâneos sejam capazes de visualizar suas ações e resultados de forma ampla e integrada. A importância da criação de uma secretaria de informação e tecnologia é fundamental nos municípios, pois possibilita a criação e implantação de sistemas computacionais em um ambiente digital integrado, reunindo diversas secretarias.

Possibilita assim a implementação das TICs, adotadas em todo o âmbito da administração pública. Isso é relevante para adaptar a gestão das cidades a partir do paradigma da Modelagem da Informação da Cidade e da criação de um modelo tridimensional de informação da cidade.

Parece estar cada vez mais evidente que certos problemas não serão resolvidos apenas pela implantação de novas tecnologias. Para a utilização de modelos de informação de cidade percebe-se a necessidade de uma mudança cultural, capaz de superar os paradigmas relacionados ao planejamento, entendendo que para uma gestão eficaz é necessária a efetividade nos processos empregados.

Em uma cidade existe um número infindo de serviços, assim como os prestadores desses serviços. Parte deles acontecem simultaneamente no espaço urbano, mas em sua maioria são fragmentados e desestruturados, o que causa diversos problemas para a estrutura das cidades. Os diversos agentes envolvidos principalmente no que tange a prestação de serviços, são concorrentes e disputam entre si o mercado, atuando de forma descoordenada, o que causa grandes transtornos a cidade, além de prejuízo aos cidadãos.

Nessas condições, não existem milagres nessa área, para o CIM também não existem milagres, a inovação é um processo e diante de todas essas questões cabe ressaltar

que para que as tecnologias funcionem é necessário que as pessoas se adaptem a elas, e em grande parte modifiquem suas rotinas para adequar a essas mudanças, e isso está diretamente ligada a questão das cidades. Percebe-se que os agentes devem ser motivados na implantação de uma nova estrutura, principalmente por ser uma grande mudança no cenário da gestão das cidades.

Assim como o BIM, o CIM tende a passar por diversos questionamentos, e uma grande fase de transição. Essas questões são necessárias principalmente para consolidar uma nova tecnologia, e que ela seja realmente eficaz para essas transformações.

No cenário brasileiro ainda existem inúmeras barreiras, dentre elas de cunho ideológico, a ideia de fazer e depois planejar é um grande problema. Ao se tratar da descrição de processos, e do desenvolvimento de tecnologias só serão possíveis se essas barreiras forem quebradas.

Não se pode viver em um ciclo vicioso, de graves problemas no processo de planejamento, isso prejudica o desenvolvimento das cidades. O excesso de burocracia, as obras sem projeto, a falta de coordenação causam graves prejuízos para a cidade, principalmente financeiros. Grande parte dos municípios brasileiros está passando por crises financeiras, e parte desse problema está relacionado a gestão inadequada das cidades.

Ao tratar da Modelagem da Informação da Cidade fica evidente que além de estabelecer requisitos físicos para os modelos que serão construídos é indispensável entender a complexidade existente por trás do processo de gestão das cidades. Esses processos influenciarão significativamente no desenvolvimento de propostas relacionadas ao CIM. É impossível pensar esse processo apenas no campo da iniciativa privada.

Quando se fala de modelos 3D é indispensável que as equipes de projetos compartilhem um objetivo comum. Além de proporcionar a colaboração em todo um ciclo de vida relacionados a estrutura urbana, desde o planejamento, o projeto, a construção, a gestão e o gerenciamento na fase de operação e manutenção. E para as cidades essas características se tornam cada vez mais complexas, principalmente devido a multiplicidade de fatores relacionados a gestão urbana e a gama de soluções

projetuais apresentadas no planejamento urbano, e que as cidades possuem longos ciclos de vida.

Mais do que necessariamente para os projetistas o CIM deve servir como suporte na tomada de decisão da gestão urbana e deve estar ligado a população no geral, através de modelos interativos que sejam acessíveis, sendo indispensável que ele faça parte do processo de gestão como um todo, e não simplesmente um ferramental para análises. A partir daí percebe-se que a necessidade dos pilares trazidos no conceito da gestão das cidades inteligentes, esteja empregado no processo de modelagem da informação. Assim novas estruturas devem ser criadas para atender esse paradigma.

Esses processos de inovação no campo das cidades devem ser pensados de forma institucional, justamente para a possibilidade da construção de uma infraestrutura e de uma cultura organizacional, a possibilidade de mudança e na criação de modelos de informação de cidades só funcionarão se forem pensados de forma corporativa, justamente pela quantidade de métodos, práticas e procedimentos necessários para que eles permaneçam posteriormente, logo parte da iniciativa tem que ser do município, aliada ou não a parcerias privadas.

Sabe-se que a iniciativa privada está avançando rapidamente nas pesquisas relacionadas aos modelos de informação, principalmente para a construção de edifícios, utilizando tecnologias como o BIM para a melhoria em todo o processo e ciclo de vida da construção civil. As cidades ainda têm muito o que avançar em relação aos seus “modelos inteligentes” e isso está diretamente ligado à questão da capacidade tecnológica de nossas cidades.

A capacidade de melhoria desses processos está diretamente ligada à gestão. A gestão das cidades atualmente tem como objetivo alcançar resultados para a melhoria na qualidade de vida de sua população, e o desempenho disto relaciona-se diretamente aos esforços e metodologias aplicadas. É fundamental que as ferramentas utilizadas na gestão das cidades seja um produto de fácil acesso à população, principalmente porque as cidades não são formadas apenas com decisões técnicas, mas elas sofrem modificações consideráveis, tanto socialmente, como morfológicamente pelos indivíduos que a habitam.

Não existe uma resposta pronta para as cidades, assim como essa resposta também não é única. O CIM não é uma resposta, mas uma alternativa, não apenas no campo do projeto urbano, mas uma possibilidade de mudança em todo o processo e sistematização da gestão das cidades, e que pode contribuir direta ou indiretamente em diversas áreas dentro das cidades.

A Modelagem da Informação da Cidade deve estar em consonância com os planos e legislações urbanas, não se pode ter um modelo ideal e ele não ser um modelo legal. Destaca-se a necessidade do compartilhamento de responsabilidades. O poder público não será capaz de elaborar, desenvolver, aplicar e manter tudo sozinho, é fundamental a parceria de instituições, dentre elas o capital privado, que sem dúvida é um dos grandes interessados no desenvolvimento das cidades.

Diferente do BIM, no CIM não se pode especificar claramente e sucintamente as “disciplinas” envolvidas em uma cidade, pois como dito anteriormente a complexidade de uma cidade é muito maior do que a de um edifício. Assim como as relações existente entre cada um dos elementos.

Um modelo de informação pode possuir diversos níveis de desenvolvimento, e isso depende principalmente da capacidade e do tipo de processamento de dados. As aplicações de modelos são diversas, dentre elas os modelos que podem ser usados no planejamento urbano das cidades.

Foi possível verificar que o paradigma CIM está em constante desenvolvimento, e sem dúvidas pode ser uma ferramenta de extrema relevância para a gestão das cidade, assim como para os desenvolvedores de projetos urbanos. A estrutura conceitual da utilização dos modelos CIM possibilitou a visão sistêmica do processo e a quantidade de atores envolvidos, assim como o grande desafio que eles têm a percorrer. A Modelagem da Informação da Cidade será composta por diversos modelos de informação, o quanto forem necessários para dar conta das demandas e necessidades.

A abordagem metodológica adotada permitiu reunir um conjunto de autores com diferentes aproximações do assunto. Essas distintas visões se tornaram fundamentais para uma visão mais ampla do CIM, ao observar diferentes percepções. Por meio

desses estudos foi possível compreender os tantos fatores complexos envolvidos no CIM e assim detalhar a estrutura conceitual.

Percebe-se que o CIM ainda é uma tecnologia incipiente e que a gama de transformações devem acontecer em todo o processo para o seu funcionamento. Sem dúvida o principal problema não são as tecnologias, ou o desenvolvimento de softwares, mas a mudança necessária na forma de ver o planejamento e a gestão das cidades. Existem grandes barreiras políticas a serem quebradas, assim como de ordem legal e operacional.

O CIM pode contribuir de forma significativa para o estabelecimento das Cidades Inteligentes, além disso é de grande importância que os dois estejam interligados de alguma forma, as novas estruturas das Cidades Inteligentes podem influenciar diretamente na formação do processo da Modelagem da Informação da Cidade. E mais que isso, diante de um modelo de conhecimento, essa nova forma de estruturação das cidades permite o real conhecimento das infindas complexidades de uma cidade.

Como foi esplanado no início da dissertação é preciso que esse modelo seja dinâmico e possua suas modificações atualizadas, sempre que possível. A partir dessa ideia da criação de um modelo dinâmico, é importante que ela esteja atrelada ao conceito de cidade ubíqua, ou cidade onipresente.

A cidade onipresente pode ser considerada uma tendência para as cidades do futuro, uma extensão da cidade digital, na qual a onipresença computacional estaria presente e disponível em todos os elementos urbanos, principalmente em termos de acessibilidade e infraestrutura. O CIM pode contribuir para esse cenário, no qual toda a estrutura urbana será captada por sensores e controlada por computadores.

7 REFERÊNCIAS

ACKEL FILHO, D. **Município e Prática Municipal à Luz da Constituição Federal de 1988**. Goiânia: Editora Revista dos Tribunais, 1992.

AIA. **Integrated project delivery: a guide**. AIA California Council. 2007. Disponível em: https://info.aia.org/SiteObjects/files/IPD_Guide_2007.pdf. Acesso em: 20 abr. 2017.

ALBINO, V.; BERARDI, U.; DANGELICO, R. M. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. **Journal of Urban Technology**, v. 22, n.1, p. 3-21, fevereiro. 2015.

ALMEIDA, D. F. **Governança Pública, Interoperabilidade e Interoperatividade: Desafios para a Gestão do Dado Institucional na UNEB**. Salvador, 2013. Disponível em: http://www.uneb.br/gestec/files/2013/06/Dissertacao_Djalma_Fiuza_Almeida.pdf. Acesso em: 29 maio 2017.

ALMEIDA, F. A. S.; ANDRADE, M. L. V. X. **Considerações sobre o conceito de City Information Modeling**. In: InSitu – Revista Científica do Programa de Mestrado Profissional em Projeto, Produção e Gestão do Espaço Urbano, 4(1), São Paulo, 2018, p. 21-38.

ALVES, R. C. **Metadados como elementos do processo de catalogação**. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Faculdade de Filosofia e Ciências – Universidade Estadual Paulista, 2010.

AMORIM, A. L. **Discutindo City Information Modeling (CIM) e conceitos correlatos: Gestão e Tecnologia de Projetos**. São Paulo. v. 10. n. 2. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org.br/10.11606/gtp.v10i2.103163>. Acesso em: 22 maio 2017.

_____. **Estabelecendo Requisitos para a modelagem da informação da cidade (CIM)**. In: IV enanparq. Anais eletrônicos. Porto Alegre. 2016a. Disponível em: <https://enanparq2016.files.wordpress.com/2016/09/s14-02-amorim-a.pdf>. Acesso em: 22 maio 2017.

s_____. **Cidades Inteligentes e City Information Modeling Smart Cities and City Information Modeling**. In: SIGraDi 2016, XX Congresso f the Iberoamerican Society of Digital Graphics 9-11, Buenos Aires, Argentina, 2016b.

ARAUJO, R. A. **A cidade sou eu**. Rio de Janeiro: Novamente, 2011.

ARLEGO, R.; LIMA, M.; CARDOSO, D. CIM: Um passo em direção ao futuro. In: **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**. 2017, Fortaleza – Ceará Anais... Fortaleza, 2017. p. 206 - 218.

ARROYO, O. K.; BILJECKI, F.; KUMAR, K.; LEDOUX, H.; STOTER, J. **Modeling Cities and Landscapes in 3D with CityGML**. In: Building Information Modeling. Springer, 2018, pp. 199–215.

ASCHER, F. **Os novos princípios do urbanismo**. São Paulo: Romano Guerra, 2010.

ASH, A.; THRIFT, N. **Cities: reimagining the urban**. Cambridge: Polity Press, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15965**: Sistema de classificação da informação da construção.

BARRIONUEVO, J.M.; BERRONE, P.; RICART, J. E. **Smart Cities, Sustainable Progress**. IESE Insight, Vol. 14, pp. 50-57, 2012.

BASTIÉ, J. **La croissance de la banlieu parisienne**. Paris, PUF, 1964, 624 p.

BEIRÃO, J. N. **CityMaker**: Designing Grammars for Urban Design. Tese (Doutorado em Urban Design) - TU Delft, Delft, 2012.

_____. **Gramáticas urbanas: por uma metodologia de desenho urbano flexível**. 2004. 243p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa. Lisboa, 2014.

BEIRÃO, J. N.; MENDES, L. e CELANI, G. O uso do CIM (City Information Modeling) para geração de implantação em Conjuntos de Habitação de Interesse Social: Uma experiência de ensino. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 101-112, jul./dez. 2015.

BEIRÃO, J. N.; MONTENEGRO, N.; ARROBAS, P. “City Information Modeling: parametric urban models including design support data”. In: **Conferência da Rede Lusófona de Morfologia Urbana**. Anais Eletrônicos, Lisboa, 2012.

BERGER, P.; LUCKMANN, T. **A construção social da realidade**. Petrópolis/RJ: Vozes, 2005.

BERTEI, R. M.; PANDOLFO, A.; BARBACOVI, N. E.; MORO, L. D.; GOMES, A. P.; MORO, P. D.; BERTICELLI, R.; TAGLIARI, L. D.; PANDOLFO, L. M. **Desenvolvimento de um Sistema de Informação para o Gerenciamento de Redes de Infraestrutura Urbana**. Revista de Administração IMED - RAIMED, Passo Fundo - RS, v. 4, n. 3, p. 300-313, set/dez, 2014.

BEUREN, I. M. **O papel da Controladoria no processo de gestão**. In: SCHMIDT, Paulo (Org.). Controladoria: agregando valor para a empresa. Porto Alegre: Bookman/Artmed, 2002.

BILJECKI, F.; STOTER, J.; LEDOUX, H.; ZLATANOVA, S.; O’Ltekin, A. **Applications of 3D city models**: State of the art review. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2015.

BIMForum. **LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY**. For Building Information Models and Data. 2018. Disponível em: <https://bimforum.org/lof/>. Acesso em: 16 dez 2018.

BOGGS, J.; RANTISI, N. **The 'relational turn' in economic geography**. Journal of Economic Geography, Vol 3 No, pp. 109-116, 2003.

BOLAÑO, C. R. S. **Sociedade da informação, reestruturação produtiva e economia do conhecimento**. Telos, jul./set. 2005.

BORJA, J. CASTELLS, M. **Local and global: the management of cities in the information age**. London: Earthscan. 1997.

BOUSKELA, M.; CASSEB, M.; BASSI, S.; LUCA, C. D.; FACCHINA, M. **Caminho para as Smart Cities: da gestão tradicional para a Cidade Inteligente**. BID (Ed.) (pp. 148), 2016. Disponível em: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7743/Caminho-para-as-smart-cities-Da-gestao-tradicional-para-a-cidadeinteligente.pdf>

BRASIL, Governo do. **Constituição da República Federativa do Brasil**. FEDERAL, S. Brasília: Centro Gráfico 1988.

_____. **Estatuto da Cidade: Lei Nº 10.257/2001 que estabelece diretrizes gerais da política urbana**. DEPUTADOS, C. D. 2001.

_____. **Lei nº 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Brasília.

BRITO, D. M.; FERREIRA, E. A.M.; COSTA, D.B. Desafios e oportunidades para implantação de BIM pelo setor público brasileiro. In: **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção**. 2017, Fortaleza – Ceará Anais... Fortaleza, 2017. p.219 e 226.

BuildingSMART. **IFC for Site, Landscape, and Urban Planning**. Activity Proposal, Author: Jeffrey W. Ouellette, V1.0, 2018. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/ifc-for-site-landscape-and-urban-planning-call-for-participation/> Acesso em: 16 dez 2018.

BYUN, J.; KIM, S.; SA, J.; KIM, S.; SHIN, Y.; KIM, J. **Smart City Implementation Models Based on IoT Technology**. Advanced Science and Technology Letters ,vol.129 (Mechanical Engineering), pp.209-212, 2016.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos**. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, Dezembro, 1995.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Coletânea Implementação do BIM para construtoras e Incorporadoras – Building Information Modeling**. Vol. 1 a 6. Brasília –DF, 2016.

CAPEL, H. **Capitalismo y morfología urbana en España, Barcelona, Los Libros de la Frontera**, 1975, 142 pág. (4ª edición 1983). Nueva edición con un capítulo sobre "El planeamiento urbano en España, 1975-1989", Barcelona, El Círculo de Lectores, 1990, 151 p.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. **Smart cities in Europe**. In: 3rd Central European Conference in Regional Science – CERS, 2009.

CARRATO, A.; MUÑOZ, D. Big Data y Modelos Urbanos inteligentes: Del Building Information Modeling al Planeamiento Urbano Sostenible. Book of the **III Smart Cities Congress**, Madrid. 2017.

CARVALO, R. S.; SAVIGNON, A. P. O professor de projeto de arquitetura na era digital: desafios e perspectivas. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 6, n. 2, p. 4-13, 4 fev. 2012.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e Terra, 2009.

_____. **As tecnologias da inteligência**. São Paulo: Ed. 34, 1997.

_____. **La Era de la información: economía, sociedad y cultura**. México: Siglo Veintiuno Editores, 1999.

CHENG, J.C.P.; LU, Q. A review of the efforts and roles of the public sector for BIM adoption worldwide. In: **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 20, 442-478, 2015.

CHEDE, C. T. **Padrões abertos, interoperabilidade e interesse público**. 2008. Disponível em: <http://www.politics.org.br/edicoes/padr%C3%B5es-abertos-interoperabilidade-e-interesse-p%C3%ABlico>. Acesso em: 29 maio 2018.

CHEN, K.; LU, W.; XUE, F.; TANG, P. **Automatic building information model reconstruction in high-density urban areas: Augmenting multi-source data with architectural knowledge**. In: *Automation in Construction* 93: p. 22-34, 2018.

CHOO, C. W.; AUSTER, E. **Environmental scanning: acquisition and use of information by managers**. *Annual Review of Information Science and Technology* v.28, 1993, p.279-314.

CORRÊA, F. R.; SANTOS, E. T. **Na direção de uma modelagem da informação da cidade (CIM)**. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 2000. 94p.

COUGO, P. S. **Modelagem conceitual e projeto de banco de dados**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1997.

CURRÁS, E. **Ontologias, taxonomia e tesouros em teoria de sistemas e sistemática**. Tradução Jaime Robredo. Brasília: Thesaurus, 2010. 182 p.

_____. **Tesouros: linguagens terminológicas**. Brasília: IBICT, 1995. 286 p.

DEL RIO, V. **Considerações sobre o desenho da cidade pós-moderna**. Novos recortes territoriais, novos sujeitos sociais: desafios ao planejamento. Anais do VI I Encontro Nacional da ANPUR. MDU/ UFRE, v. 1, p. 685. Recife, 1997.

_____. **Introdução ao Desenho Urbano no Processo de Planejamento**. São Paulo: Pini, 1990.

DEMPSEY, L.; HEERY, R. **A review of metadata: a survey of current resource description formats**. Work Package 3 of telematics for research Project DESIRE (RE1004), 1997.

DUARTE, J. P.; MONTENEGRO, N. **Computational Ontology of Urban Design: Towards a City Information Model**. Paper presented at the 27th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), Istanbul, Turkey, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/30873190_Computational_Ontology_of_Urban_Design_Towards_a_City_Information_Model

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook. A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. John Wiley and Sons, 2008.

_____. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 2014. Porto Alegre: Bookman.

ECHENIQUE, M. **El concepto de sistemas, modelos y teorías en los estudios urbanos**. In: Echenique, M. et al. Modelos Matemáticos de la Estructura Espacial Urbana: Aplicaciones en América Latina., Buenos Aires : Ediciones SIAP, 1975.

ESTEVES, J. M.; PASTOR, J. A. **An ERP Life-cycle-based Research Agenda**. First International workshop in Enterprise Management and Resource Planning: Methods, Tools and Architectures (EMRPS). Itália: Veneza. 1999.

FERRARI, C. **Curso de planejamento municipal integrado**. 2ª edição. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1979.

FISCHER, N.; BHOOSAN, S. Parametric urbanism, procedural complexity. In: INTERNATIONAL CONFERENCE on Computer Graphics and Interactive Techniques – ACM SIGGRAPH 2008. **Anais Eletrônicos**. Nova York: ACM , 2008.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.

FUNG, A; GILMAN, H. R; SHKABATUR, J. **Six Models for the Internet + Politics**. *International Studies Review*, 15, pág. 30-47, 2013.

GALEGO, A. C. **Exploring the potential of the City Information Models in Territorial Management Instruments for Urban Scale**, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal, 2014.

GAVIRA, M. O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos, São Paulo, 2003.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. 2ed São Paulo Perspectiva, 2013.

GEHL, J.; GEMZOE, L. **Novos espaços urbanos**. Barcelona, Espanha: Edição em português editorial Gustavo Gili, SA, 2002.

GIACOMONI, J. **Orçamento público**. São Paulo: Atlas, 1997 (7. ed., revista e atualizada).

GIFFENDER, R.; FERTNER, C.; KRAMAR, H.; KALASEK, R.; PICHLER-MILANOVIĆ, N.; MEIJERS, E. **Smart cities: ranking of european medium-sized cities**. Centre Of Regional Science At The Vienna University Of Technology. Vienna, 2007. Disponível em: <http://www.smart-cities.eu>. Acesso em: 5 nov. 2017.

GIL, J.; ALMEIDA, J.; DUARTE, J. **The backbone of a City Information Model (CIM): Implementing a spatial data model for urban design**. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 29., 2011, Ljubljana. Proceedings... Ljubljana, University of Ljubljana / Faculty of Architecture, 2011.

GIL, J.; BEIRÃO, J.; MONTENEGRO, N.; DUARTE, J. **Assessing Computational Tools for Urban Design: towards a city information model**. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 28., 2010, Prague. Proceedings [...] Prague, Czech Technical University in Prague / Faculty of Architecture, 2010.

GREENBERG, J.; SUTTON, S.; CAMPBELL, D. **Metadata: a fundamental component of the semantic web**. *Bulletin of the American Society for Information Science*, v. 29, n. 4, 2003.

HAGGETT, P.; CHORLEY, R. J. **Models Paradigms and the New Geography**. In: R. J. Chorley and P. Haggett (eds.) *Models in Geography*, Methuen, London, 1967.

HAMILTON, A.; WANG, H.; TANYER, A. M.; ARAYICI, Y.; ZHANG, X.; SONG, Y. **Urban information model for city planning**. *ITcon*, 10(Special Issue: From 3D to nD modelling), 55-67, 2005.

HARVEY, D. **Cidades Rebeldes do direito a cidade à revolução urbana**. São Paulo, Martins Fontes, 2014.

_____. **Condição Pós-Moderna**. São Paulo: Loyola, 1992.

_____. Do administrativismo ao empreendedorismo: a transformação da governança urbana no capitalismo tardio, In: **A Produção Capitalista do Espaço**. São Paulo: Annablume, 2005.

_____. **Do gerenciamento ao empresariamento urbano: a transformação da administração urbana no capitalismo tardio**. Espaços & Debates, 39, p.48-64, 1996.

HISHAM, A. **The new trend of CIM**. In: Ahmad's Findings. 2010. Disponível em: <http://ahmadsfindings.blogspot.com.br/2010/05/new-trend-of-cim.html>. Acesso em: 20 set. 2018.

HO LEE, S.; HOON HAN, J.; TAIK LEEM, Y.; YIGITCANLAR, T. **Towards ubiquitous city: concept, planning, and experiences in the Republic of Korea**. In: Yigitcanlar, Tan and Velibeyoglu, Koray and Baum, Scott, (eds.) Knowledge-Based Urban Development: Planning and Applications in the Information Era. IGI Global, Information Science Reference, Hershey, Pa., p. 148-169, 2008.

HOLLANDS, R. G. **Will the real smart city please stand up?** In: City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action. Routledge, v. 12, ano 3, p. 303–320, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19119:2016: **Geographic information: Services** (ISO 19119:2016). Switzerland: ISO, 2016.

_____. ISO 19101:2014: **Geographic information: Reference model** (ISO 19101:2014). Switzerland: ISO, 2014.

_____. ISO 12006-3:2007: **Building construction: Organization of information about construction works – Part 3: Framework for object-oriented information**. Switzerland: ISO, 2007.

_____. ISO 16739-1:2018: **Industry Foundation Class (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data Schema**. Switzerland: ISO, 2018.

_____. ISO 19152: 2012: **Geographic information: Land Administration Domain Model (LADM)**. Switzerland: ISO, 2012.

ISHIDA, T. **Digital city Kyoto**. Communications of the ACM, Vol. 45, No. 7, pp.78-81, 2002.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: Martins Fontes, [2000] 2011.

JASPER R.; USCHOLD, M. A. **Framework for understanding and classifying ontology applications**. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (IJCAI-99), July 31 - August 6, Stockholm, Sweden, 1999.

JUCEVIEIUS, R.; PATASIENE, I.; PATASIUS, M. **Digital dimension of a smart city: critical analysis**. 19th International Scientific Conference; Economics and Management 2014, ICEM 2014. Riga, Latvia: Kaunas University of Technology/Elsevier Ltd.: 146-150p. 2014.

KHEMLANI, L. **Hurricanes and their aftermath: how can technology help?**. AECbytes, Sep. 2005 (29/09/2005). Disponível em: <https://web.archive.org/web/20111008085537/http://aecbytes.com/buildingthefuture/2005/HurricaneTechHelp.html>. Acesso em: 21 out. 2017.

_____. **City Information Modeling**. AECbytes, Sep. 2016(22/09/2016). Disponível em: <http://www.aecbytes.com/feature/2016/CityInformationModeling.html>. Acesso em: 21 out. 2017.

_____. **The IFC building model: a look under the hood**. AECbytes Archived Article (March 30, 2004). Disponível em: <http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFC.html>. Acesso em: 21 out. 2017.

KOLBE, T. H. Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. In: **3D Geo Information Sciences**. Harover, 2009.

KOLBE, T. H.; GRÖGER, G. **Towards unified 3D city models**. ISPRS Comm. IV Joint Workshop on Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II. 2003.

KOMNINOS, N. Intelligent cities: Variable geometries of spatial intelligence. **Intelligent Buildings International**, Vol. 3, No. 3, pp. 172-188, 2011.

KOOLHAAS, R.; MAU, B. **Small, medium, large, extra-large: office for metropolitan architecture**. New York, Monacelli Press, 1995.

KUMAR, K. SARAN, S. **CityGML based interoperability for the transformation of 3D Data Models**. Transaction in GIS. Manuscript ID 2015, TGIS-ORA-1209, 2015.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1978.

LAISERIN, J. **Comparing Pommés and Naranjas**. The Laiserin Letter. Retrieved 12/03/2016, 2016. Disponível em: <http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php>

LASSERVE, A. D. **L'Exclusion des pauvres dans les villes du Tiers-Monde**. Paris, L'Harmattan, 1986.

LEE, F.; BEAURECUEIL, A. S. **Museu Mercedes-Benz e o modelo de arquitetura paramétrica**. UNStudio – Stuttgart, Alemanha, 2002/2006. Revista aU, edição 181, abr. 2009. Disponível em: www.revistaau.com.br. Acesso em: 21 out. 2017.

LEE, J. H.; PHAAL, R.; LEE, S. **An integrated service-device-technology roadmap for smart city development**. Technological Forecasting and Social Change, Vol. 80, No. 2, pp. 286-306, 2013.

LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. São Paulo: Centauro. [1968] 2008.

LEITE, G. P. Modelagem procedural: modelos e aplicações, p. 61 -76. In: **Games, Ludi & Ethos**. São Paulo: Blucher, 2017.

LEMOS, A. **Cibercidades: um modelo de inteligência coletiva**. In: Lemos, André (org.). Cibercidade: A cidade na cibercultura. E-papers Serviços Editoriais, Rio de Janeiro. 2004.

LEVY, P. **As tecnologias da inteligência**. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1997.

_____. **Cibercultura**. São Paulo: Ed.34,1999.

LOPES, H. S. **Modelagem e simulação como ferramentas ao diagnóstico operacional de sistemas: Estudo aplicado ao transporte de minério de ferro na hidrovía do Araguaia-Tocantins**. Fortaleza, 2008

LOPES, R. **A cidade intencional: o planejamento estratégico de cidades**. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.

MARTIN, L.; MARCH, L.; ECHINIQUE, M. Modelos: Una discusión. In: **La Estructura del Espacio Urbano**. Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1975.

MASCARÓ, J, L (org). **Infraestrutura urbana para o século XXI**. Porto Alegre, Masquatro Editora, 2016. 207p.

MASCARÓ, J. L.; YOSHINAGA, M. **Infra-estrutura urbana**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2005.

MAYER, R.; MENZEL, C.; PAINTER, M.; de WITTE, P.; BLINN, T.; BENJAMIN, P. **IDEF3 Process Description Capture Method Report**, Wright-Patterson AFB, Ohio, AL/HRGA, 1993.

MAZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**. 1994. 310p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MIGNARD, C.; NICOLLE, C. **Urban Information Modeling Combining BIM and GIS**. In: Encyclopedia of Information Science and Technology, Third Edition, 2015.

MILES, M. B.; HUBERMAN, A.M. **Qualitative data analysis: an expanded source book**. SAGE Publications, 2nd Edition, 1994, 352p.

MONTENEGRO, N.; BEIRÃO, J. N.; DUARTE, J. P. **Public space patterns: towards a CIM standard for urban public space**. Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe, 29. Ljubljana, Slovenia: Proceedings...pp. 79-86, 2011.

MOREIRA, A. **Tesouros e Ontologias**: estudo de definições presentes na literatura das áreas das Ciências da Computação e da Informação, utilizando-se o método analítico-sintético. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Ciência da Informação. Belo Horizonte, 2003.

MORRIS, D.; BRANDON, J. **Reengenharia: reestruturando sua empresa**. São Paulo: Editora Makron Books do Brasil, 1994.

NAM, T.; PARDO, T. A. **Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions**. Proc. 12th Annual International Conference on Digital Government Research, 2011.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. **Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem**. Revista da Casa de Geografia de Sobral. Sobral, v.6/7, nº 1, 2004/2005.

NIBS. **United States National Building Information Modeling Standard**, Version 1, Part 1: Overview, Principles, and Methodologies. Oct. 30, 2008.

NOGUEIRA, T. C.; JÚNIOR, J. F. P.; RODRIGUES, S. C. **Compartimentação Morfológica com Base em Dados SRTM: Estudo de Caso Bacia do Rio Uberabinha, Uberlândia-MG**. Revista Geográfica Acadêmica, Revista Eletrônica, v. 2, n. 2, p.154-169, 2008.

OLIVEIRA FILHO, J. **A participação popular no planejamento urbano: A experiência do Plano Diretor de Porto Alegre**. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009.

ONU. Assembleia Geral das Nações Unidas. **Population Facts**. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition, 2018.

OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM (OGC). **OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard**. Editores: Gerhard Gröger, Thomas H. Kolbe, Claus Nagel, Karl-Heinz Häfele. Versão: 2.0.0. OGC, 2012.

_____. Open Geospatial Consortium inc. **CityGML Quality Interoperability Experiment**. Document OGC 16-064r1, Editores: Detlev Wagner, Hugo Ledoux, OGC, 2016.

OUELLETTE, J. W. **IFC for Site, Landscape, and Urban Planning**. buildingSMART, 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/194CwV2JLzdVga-QdpoqJmRTL1oSQXgs5/view>. Acesso em: 20 jun 2018.

PANHAN, A. M.; MENDES, L. d. S.; BREDAS, G. D. **Construindo Cidades Inteligentes**. Appris, 2016

PARK, R. E.; BURGESS, Ernest W. **The City: suggestions for Investigation of human behavior in the urban environment**. The University of Chicago Press, 1925.

PAULK, M.C.; CURTIS, B.; CHRISSIS, M.B.; WEBBER, C.V.W. **The Capability Maturity Model For Software Version 1.1**. Technical Report SEI-93-TR-24. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, U.S.A, 1993.

PENTTILÄ, H. **Early Architectural Design and BIM**. Computer-Aided Architectural Design Futures (CAADFutures 07) in 19th ECAADE Conference Proceedings, Helsinki, Finland, 2007 pp. 291-302. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.662.4373&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 20 jun 2018.

PEREIRA, A. P. **Os desafios para a implementação do City Information Modelling como instrumento na gestão urbana: o caso de Curitiba, Paraná**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana. Curitiba, 2018.

POSTER, M. *The information subject: critical voices in art, theory and culture*. Amsterdam: G+B Arts Internacional, 2001.

RAFFESTIN, C. A produção das estruturas territoriais e sua representação. In: **Territórios e territorialidade: teorias processo e conflitos**. Organizado por Marcus Aurélio Saquet & Eliseu Savério Spósito. 1ª ed. São Paulo. Expressão Popular: UNESP. Programa de Pós-graduação em Geografia, 2009, p. 17- 35.

RECLUS, E. **L'homme et la terre**. v. V. Paris: Librairie Universelle, 1905.

RESENDE, D. A.; ABREU, A. F. **Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais**. São Paulo: Atlas. 2006.

ROLNIK, R. **O que é cidade**. São Paulo: Brasiliense, 2001.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. UFU – Instituto de Geografia, Laboratório de Geoprocessamento, 2013.

RUGGERI, R. G. **BIM: tecnologia, metodologia, paradigma... Afinal o que é?**. PKMB, 2018. Disponível em: <https://pmkb.com.br/artigos/bim-tecnologia-metodologia-paradigma-afinal-o-que-e/>. Acesso em: 22 jun 2018.

SACO, D. **Cybering democracy: public space and internet**. London: Electronic Mediations, 2002.

SANTANA, B.; ROSSINI, C.; PRETTO, C. **Recursos Educacionais Abertos: práticas colaborativas públicas**. Salvador; Edufba; São Paulo: Casa da Cultura Digital, 2012.

SANTANA, S. **Geoprocessamento na modelagem parametrizada da paisagem territorial: aplicações da geovisualização na simulação da paisagem urbana**. Tese

(Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

SANTOS, J. C. **Análise da Aplicação do Modelo de Domínio de Conhecimento em Administração Territorial (LADM) ao Cadastro Territorial Urbano Brasileiro**. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Recife, 2012.

SCHIEFELBEIN, J.; JAVADI, A.; LAUSTER, M.; REMMEN, P.; STREBLOW, R.; MULLER, D. **Development of a City Information Model to support data management and analysis of building energy systems within complex city districts**. In: CISBAT 2015 – INTERNATIONAL CONFERENCE FUTURE BUILDINGS AND DISTRICTS: SUSTAINABILITY FROM NANO TO URBAN SCALE, Lausanne, Switzerland, 2015.

SCHENCK, D.; WILSON, P. **Information Modeling: the EXPRESS Way**. Oxford University Press, Inc. New York, 1994. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=8avPlxCVFLEC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 20 out. 2017.

SECCHI, B. **A cidade do século vinte**. Série debates, 2006.

SHAPIRO, A. **The control revolution**: how the internet is putting individuals in charge and changing the word we know. New York: A Century Foundation Book, 1999.

SILVA, R. **Urbanismo Paramétrico: parametrizando urbanidade**. Recife: ABEU, 2010.

SILVA, R. C.; AMORIM, L. M. E. Da arquitetura paramétrica ao urbanismo paramétrico. In: SIGraDi 2010, **Proceedings of the 14th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics**. Bogotá, nov.17-19, 2010. Disponível em: http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2010_419.content.pdf. Acesso em: 21 maio 2017.

SILVA, R. F. **A importância da interoperabilidade**. Php Brasil - 18/08/2004. Disponível em: <http://phpbrasil.com/articles/article.php/id/851>. Acesso em: 29 maio 2017.

SKILLING, H. **An Operational View**. American Scientist, 52, 388A-396^a, 1964.

SIMONELLI, L; AMORIM, A.L. **City Information Modeling: General Aspects and Conceptualization**. In: American Journal of Engineering Research(AJER). Vol. 7, no.10, 2018, pp.319-324.

SMIT, J. W. **Análise documentária: a análise de síntese**. Brasília: IBICT, 1987. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/1011/1/An%C3%A1lise%20document%C3%A1ria.pdf>. Acesso em: 24 ago 2018.

SOJA, E. W. **Geografias Pós-Modernas** – Reafirmação do Espaço na Teoria social Crítica. São Paulo: Zahar, 1993.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade**: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. 10ª ed., Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2015.

_____. O território: sobre espaço e poder, autonomia e desenvolvimento. In: CASTRO, I. E. de et al.(Orgs). **Geografia: Conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, RJ. 1995. p.77-116.

STAVRIC, M.; MARINA, O.; MASALA, E.; KARANAKOV, B. From 3D building information modeling towards 5D city information modeling. In: BILLEN, R.; CAGLIONI, M., et al (Ed). **3D Issues in Urban and Enviromental Systems**. Bolonha, Itália: Esculapio, 2012.

STEEL, J.; DROGEMULLER, R.; TOTH, B. **Model interoperability in building information modelling**. In: Software and Systems Modeling. QUT Digital Repository, 2012.

STOJANOVSKI, T. City Information Modeling (CIM) and Urbanism: blocks, connections, territories, people and situations. In: **Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design**, San Diego, Anais eletrônico, 2013.

SUCCAR, B.; KASSEM, M. **Building Information Modelling**. Point of Page 2 of 11 Adoption, CIB World Congress, Tampere Finland, May 30 - June 3, 2016.

SUCCAR, B.; SHER, W.; ARANDA-MENA, G.; WILLIAMS, T. **A proposed framework to investigate Building Information Modelling through knowledge elicitation and visual models**. Conference Paper, paper presented at the Australasian Universities Building Education, Melbourne, Australia. 2007.

SUCCAR, B. **Effects of BIM on project lifecycle phases**. 2008. Disponível em: <http://changeagents.blogs.com/thinkspace/2008/11/effects-of-bim-on-project-lifecycle-phases.html>. Acesso em: 22 maio de 2017.

_____. **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in Construction, (18), 357-375. 2009. Disponível: https://www.academia.edu/170356/Building_Information_Modelling_framework_a_research_and_delivery_foundation_for_industry_stakeholders

SURE, Y.; STUDER, R. A Methodology for ontology-based knowledge management. In: DAVIES, J. et al. (Eds.). Towards the semantic web: ontology-driven knowledge management. Chichester: John Wiley & Sons, 2003. p. 33-46.

TEIXEIRA, A.; MATIAS, L.; NOAL, R.; MORETTI, E. Qual a melhor definição de SIG, Fator GIS, **Revista de Geoprocessamento**, Curitiba, n.11, p.20-24, 1995.

THOMPSON, E. M. City “is” real-time. In: **Proceedings of the 33rd eCAADe Conference**, Volume 1 (pp. 501-510). Vienna: eCAADe, 2015

THOMPSON, E. M.; GREENHALGH, P.; MULDOON-SMITH, K.; CHARLTON, J.; DOLNÍK, M. Planners in the future city: using city information modelling to support planners as market actors. **Urban Planning**, v.1, n.1, p.79-94, 2016.

TURCU, C. **Re-thinking sustainability indicators: local perspectives of urban sustainability**. *Journal of Environmental Planning and Management*, volume 56:5, p.695-719, 2012.

VASCONCELOS, P. A. A utilização dos agentes sociais nos estudos de Geografia urbana: avanço ou recuo? In: CARLOS, A. F. A; SOUZA, M. L; SPOSITO, M. E. B. (Orgs.), **A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios**. São Paulo: Contexto, 2011.

VERNADAT, F. B. **Enterprise modelling and integration: principles and applications**. London, Chapman & Hall, 1996.

VELLUCCI, S. L. Metadata. In: **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 33, 1998.

VICTORINO, M. C. **Organização da Informação para dar Suporte à Arquitetura Orientada a Serviços: Reuso da Informação nas Organizações**. Tese (doutorado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Ciência da Informação, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Brasília, 2011.

VILLAÇA, F. **Espaço intra-urbano**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

WASHBURN, A. **Smart Cities: a promoção da desigualdade?**. Archdaily 2017. Common Edge: Can the Wired City Also Be the Equitable One?. Disponível em: <http://commonedge.org/when-all-is-optimized/> Acesso em: 10 nov. 2018.

WATE, P.; SARAN, S.; SRIVASTAV, S. K.; MURTHY, Y. V. N. K. 2013. **Formulation of Hierarchical Framework for 3D-GIS Data Acquisition Techniques in context of Level-of-Detail (LoD)**. In: 2013 IEEE Second International Conference on Image Information Processing (ICIIP-2013). IEEE, Shimla, India, 2013, pp. 154–159.

XU, X.; DING, L.; LUO, H.; MA, L. **From Building Information Modeling to City Information Modeling**. *Journal of Information Technology in Construction*, 16v. 19, p. 292-307, 2014.

XUE, F.; LU, W.; WEBSTER, C. J.; CHEN, K. **A derivative-free optimization-based approach for detecting architectural symmetries from 3D point clouds**. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 148, 32-40, 2019.

YEUNG, H. W. **Rethinking relational economic geography**. *Transactions of the Institute of British Geographers* 30(1), 37–51, 2005.