



## ENSAIOS DE PARAMETRIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO AMBIENTE CONSTRUÍDO PARA O MODELO DIGITAL DA CIDADE

**KNOPP, Leandro Tomaz (1); COSTA, Bruno Barzellay (2)**

(1) Universidade Federal do Rio de Janeiro, [leandroknopp@gmail.com](mailto:leandroknopp@gmail.com)

(2) Universidade Federal do Rio de Janeiro, [bruno.barzellay@macae.ufri.br](mailto:bruno.barzellay@macae.ufri.br)

### RESUMO

O modelo virtual é um dos maiores avanços proporcionados pela computação gráfica na indústria AECO, evoluindo a digitalização da construção. Além das formas geométricas, os objetos têm suas características físicas, cronológicas, financeiras, dentre outras dimensões representadas pelo computador. Os sistemas de informações baseados em BIM têm modelos mais complexos e extensos, permitindo a representação integrada de edificações, infraestruturas, topografia, entre outros elementos. Viabiliza-se o modelo digital da cidade, como base de dados para geração de imagens e informações operacionais do espaço real. A busca por este modelo é a motivação de profissionais e pesquisadores das áreas AECO, assim como do autor deste trabalho. O objetivo aqui é realizar um ensaio no sentido de organização das informações do ambiente construído nas várias escalas em prol da gestão urbana, como contribuição para um modelo digital da cidade. Adotou-se como método a verificação de teorias básicas do BIM, numa abordagem dos tipos de modelo e passagem pelos conceitos de parametrização para se chegar ao modelo digital. Como objeto de estudo empírico do ensaio foi adotado um recorte da cidade de São Paulo nas escalas micro, meso e macro, para fins de análise do possível modelo. Como constatação, foi verificada a necessidade de estabelecer uma hierarquia de informações de planejamento e gestão das áreas de arquitetura, urbanismo, engenharia e construção, que se organizam conforme a variação da escala de trabalho.

**Palavras-chave:** Modelo digital, Parametrização, BIM.

### ABSTRACT

*Virtual model is one of the biggest advances provided by computer graphics in the AECO industry, evolving the digitization of the building. In addition to geometric shapes, objects have their physical, chronological, financial characteristics, among other dimensions represented by the computer. BIM-based information systems have more complex and extensive models, allowing the integrated representation of buildings, infrastructures, topography, among other elements. The digital model of the city is made possible as a database for imaging and operational information of real space. The aim of this paper is to conduct an essay on the organization of built environment information at various scales in favor of urban management, contributing to a digital model of the city. As an aid, a verification of the basic theories of the BIM was made, in an approach of the model types and passing through the concepts of parametrization to arrive at the digital model. As object of study it was adopted a clipping of the city of São Paulo in the micro, meso and macro scales, for purposes of analysis of the possible model. As a finding, it was verified the need to establish a hierarchy of planning and management information of the areas of architecture, urbanism, engineering and construction, which are organized according to the variation of the work scale.*

**Keywords:** Digital model, Parametrization, BIM.

## 1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1990, o computador passou a substituir efetivamente a prancheta, o papel e a pena nas atividades de desenvolvimento de projetos de arquitetura, engenharia e construção. Os softwares e metodologias utilizados foram vários, resultando na ênfase do conceito de *Computer Aided Design* - CAD. No entanto, mudou-se apenas a ferramenta pois a forma de projetar foi mantida, baseando-se na representação de vistas bidimensionais em desenhos técnicos. Forma de trabalho que demanda esforço por conta dos profissionais, na produção de desenhos e documentação técnica. A evolução dos sistemas CAD trouxe a tridimensionalidade, inaugurando uma nova etapa da computação gráfica (AZHAR, 2011). Nesse contexto, surgiu o *Building Information Modeling* - BIM, como um modelo virtual do objeto projetado para gerar os produtos desejados, possibilitando maior dedicação ao ato de projetar, sendo os desenhos meras extrações do modelo (EASTMAN et al, 2014).

A representação dos produtos AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) por meio de modelos virtuais é um dos maiores avanços proporcionados pela computação gráfica, marcado pela digitalização do mundo real. Os objetos passam a ser representados graficamente pelo computador junto de suas características físicas, cronológicas, financeiras, dentre outras dimensões. As informações ganham robustez, consistência e passam a ser elemento central dos processos, exigindo métodos mais complexos e eficazes para o seu gerenciamento (BRAIDA, 2016).

Os sistemas permitem modelos AECO mais complexos e integração em representações espaciais extensas. A combinação de modelos de edificações, infraestruturas, topografia, dentre outros elementos, possibilita o desenvolvimento do modelo digital da cidade. Pode-se representar por computação gráfica o ambiente construído urbano, formando uma base de dados para geração de imagens e informações do espaço real a partir de meios virtuais. O BIM possui o ambiente ideal para atuar na gestão das informações do modelo digital da cidade, organizando os dados do ambiente construído na escala micro e fazendo sua integração na escala macro. Dessa forma, há necessidade de se estabelecer uma hierarquia de informações das áreas de arquitetura, urbanismo, engenharia e construção, que se organizam conforme a variação da escala de trabalho.

Este trabalho tem como objetivo realizar um ensaio que proporcione visualizar como se organizam as informações do ambiente construído quando o foco é a gestão urbana, nas várias escalas da cidade, de modo a contribuir para a construção do modelo digital. Para isto, verificou-se as teorias básicas do BIM e como podem contribuir para o modelo digital da cidade, partindo do modelo digital da edificação, infraestrutura e demais componentes urbanos. Como se comportam as interfaces do gerenciamento das informações da construção civil com uso do BIM ao ampliar a escala de atuação para toda a cidade.

## 2 MODELO DIGITAL, BIM E DESIGN PARAMÉTRICO

O BIM é um conceito que envolve plataformas de TIC's (Tecnologias da Informação e Comunicação) aplicadas à construção, com novas funcionalidades aos processos atuais a partir da união de políticas, processos, pessoas e técnicas diversas, formando uma metodologia de gerenciamento para as atividades de projetar e simular a execução de uma edificação ou infraestrutura (CATELANI, 2016). Sua essência surgiu de softwares criados especificamente para gerenciar as informações da construção civil. Baseia-se na manipulação de um modelo 3D que representa virtualmente o objeto a ser projetado. Esta característica, aliada a interfaces gráficas de fácil visualização e aprendizado, difundiu o uso de softwares e vem contribuindo para consolidar o BIM.

A unificação em um modelo central possibilita a integração disciplinar e a colaboração. Profissionais diferentes podem contribuir concomitantemente na modelagem sob uma coordenação centralizada. A gestão de pessoas torna-se um exercício de fácil execução, graças às possibilidades de distribuição de responsabilidades e tarefas. A troca de informações entre diversos atores baseia-se no conceito *open source*, com a prerrogativa de que o BIM deve ser de domínio público. Apesar da existência de diferentes plataformas e profissionais, não há propriedade sobre o BIM. Os protocolos IFC (*Industry Foundation Classes*) permitem modelos universalizados para a troca contínua de informações.

Através do modelo central o BIM pode simular o projeto em um ambiente virtual. Quando completado, o modelo contém dados geométricos precisos e relevantes necessários para dar suporte às atividades de concepção, aquisição, fabricação e construção para realizar o projeto (EASTMAN et al, 2011). Após a obra, o modelo pode ser utilizado para os processos de operação e manutenção. Os dados do pré e pós-obra podem ser usados na gestão de facilidades (AZHAR, 2011).

O modelo BIM assume tipos de acordo com as fases do ciclo de vida, representando a questão temporal. Em cada etapa, o modelo absorve e fornece informações para a cidade. Na pré-obra, é preciso absorver informações para a concepção; na obra, informações para a execução; no pós-obra, informações para a cidade. A figura 1 apresenta as três etapas do ciclo de vida de um edifício típico: Pré-obra – etapa onde é feita a viabilidade do empreendimento, toda a concepção, gerando projetos técnicos; Obra – etapa de planejamento e execução dos processos construtivos para erguer o empreendimento; Pós-obra – etapa em que o empreendimento teve sua construção concluída, foi ocupado e passa a ser utilizado, gerando processo de operação, manutenção e demolição.

**Figura 1 – Ciclo de vida típico da construção civil**

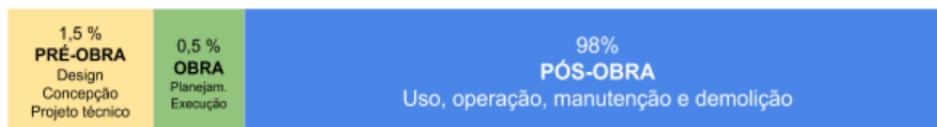


**Fonte:** Coletânea Implementação BIM para Construtores e Incorporadores (CBIC, 2016)

Ao contrário da etapa final que tem grandes proporções cronológicas, as duas etapas iniciais representam uma pequena parcela do ciclo de vida que tem início, meio e fim estabelecidos. Pode-se interpretar essas duas fases menores como um projeto, que é definido como um esforço temporário e progressivo para executar um produto ou serviço único. A aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para atingir os objetivos pretendidos é conhecido como gerenciamento de projetos. (GUIA PMBOK, 2014). Pode-se entender o BIM como um instrumento e como parte dos processos de gerenciamento de projetos.

As iniciativas de uso dos conceitos BIM da atualidade incorporam características intrínsecas de planejamento descritas no parágrafo anterior. Dedicam-se exclusivamente às etapas de projeto e obra do ciclo de vida. Voltam-se para a implantação de edificações e infraestrutura novas e modificação das existentes. A etapa complementar de uso, operação e manutenção ainda representa uma vasta área a ser desenvolvida e explorada, uma vez que corresponde a cerca de 98% do ciclo de vida. A Figura 2 mostra esquematicamente as três etapas do ciclo de vida estabelecendo uma relação de proporção temporal.

**Figura 2 – Proporção cronológica entre as etapas do ciclo de vida**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O modelo de projeto é aquele aplicado à primeira etapa conhecida como pré-obra. Envolve os processos de planejamento, viabilidade, documentação, contratos, etc. O ambiente de modelagem passa a ser um canteiro virtual no qual os envolvidos inserem os objetos e componentes da edificação ou infraestrutura, numa série de processos construtivos. Elaborado o modelo definitivo são extraídos os projetos técnicos, as simulações e o planejamento da obra. Assim, o modelo de projeto gerencia os dados dessa etapa para a geração de informações que auxiliem na modelagem e simulação.

O modelo de construção é aquele referente à obra. Envolve os processos de planejamento executivo, realizando a programação da obra. O modelo assume a dimensão temporal característica da construção e faz a simulação da obra em ambiente virtual. Assim como no modelo de projeto, também passa a ser um canteiro virtual, mas não para a modelagem e sim para visualizar a programação da obra, interligando as etapas construtivas com as condicionantes cronológicas. Assim, são gerenciados os dados dessa etapa para a geração de informações que auxiliem na execução.

O modelo *as-built* é aquele aplicado à terceira etapa pós-obra. Envolve os processos de checagem do que foi construído e cruzamento com o que foi planejado. Contém interposição de informações de fases temporais diferentes. É necessária a adequada gestão dessas informações, pois são necessárias ao uso e manutenção após a ocupação. A partir de então, é gerado o modelo operacional, o qual é a base para o gerenciamento de facilidades.

O termo “Paramétrico” refere-se a um adjetivo, podendo estar relacionado a uma aplicação ou comando de software paramétrico. “Parametrização” refere-se ao ato de parametrizar um modelo definindo-se os parâmetros que serão utilizados no projeto. Esta ação ou modelo de elaboração projetual vem sendo denominada por alguns autores de Modelagem Paramétrica (FLORIO, 2011) ou *Parametric Design* (LEACH, 2014). Diferentemente do comando paramétrico em que o projetista edita variáveis disponibilizadas em rotinas ou aplicações dentro de um determinado software, na modelagem paramétrica os parâmetros (variáveis e inter-relações) são programados pelo projetista para serem editados posteriormente.

O design paramétrico refere-se genericamente à utilização de software de modelagem paramétrica, que admitem ligar parâmetros numéricos e geométricos permitindo ajustes incrementais de uma peça que, em seguida, afeta todo modelo em cadeia. A diferença do design paramétrico para o processo tradicional de projeto é partes do projeto são inter-relacionadas e mudam juntas de forma coordenada. Essa conexão facilita mudanças, relações, adições e reparos no projeto, reduzindo retrabalho e facilitando possibilidades. Modelagem Algorítmica, por sua vez, refere-se especificamente ao uso de linguagens de script que permitem um passo além das limitações da interface do software, possibilitando modelar através da manipulação direta não da forma, mas do código (LEACH, 2014).

O termo “paramétrico” pode gerar um grupo de interpretações além do design. Pode ser visto como uma subárea da Computação Gráfica (HOFFMANN e JOAN-ARINYO, 2002), um recurso de modelagem para viabilizar a implementação de ferramentas BIM (EASTMAN e ET AL, 2011), um recurso para gerar e controlar formas complexas (BURRY e MURRAY, 1997), uma ferramenta com potencial para geração semiautomática de formas

(AISH e WOODBURY, 2005), uma maneira de possibilitar um novo estilo de arquitetura (SCHUMACHER, 2009), entre outros enfoques.

### **3 PARAMETRIZAÇÃO DO MODELO DIGITAL E AS ESCALAS DA CIDADE**

O método adotado neste trabalho compõe-se da verificação de teorias básicas do BIM, abordando os tipos de modelo e conceitos de parametrização, tarefa executada nos parágrafos anteriores. Nesta seção realiza-se a segunda parte do método do trabalho composta pelo ensaio empírico de alteração de escalas urbanas. Adotou-se um recorte da cidade de São Paulo por ser uma aglomeração de alta densidade composta por regiões de diferentes tipos, desde a rua (escala local) até a região metropolitana (escala regional). Desta forma, a visualização da cidade em escalas diferentes proporciona a variação na leitura das informações a serem representadas pelo modelo digital.

Foram feitos recortes territoriais utilizando imagens de satélite retiradas da base de dados do *Google Maps*, numa simulação de movimento *zoom in x zoom out*. A partir de cada recorte tem-se uma escala que possui propriedades específicas e em comum. À medida que se aproxima do nível do solo, as informações chave que interessam ao modelo se modificam e o nível de detalhamento aumenta. No movimento inverso, à medida que se afasta da superfície, a quantidade de detalhes diminui até que se tenha uma visão da cidade como um todo.

#### **3.1 Escala do quarteirão, da rua e do lote**

Este é o nível micro, no qual a escala de redução tem valores baixos e o recorte alcança pequenas áreas territoriais. Engloba o(s) quarteirão(ões) ou parte dele(s), as vias adjacentes (Figura 3), podendo enquadrar mais especificamente o lote e a edificação (Figura 4).

**Figura 3 – Recorte espacial de um quarteirão da cidade de São Paulo**

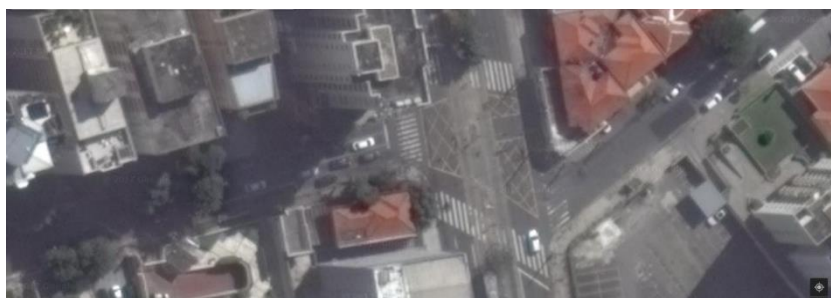


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

À medida que se aproxima da superfície, os detalhes aumentam e elementos que não eram visualizados, aparecem: componentes construtivos das edificações e infraestruturas, refinamentos topográficos, árvores, mobiliário urbano, etc (Figura 4).

Esta é a escala comumente utilizada pela indústria da construção civil, por meio de conhecimentos em disciplinas de arquitetura, engenharia civil e projeto urbano. Na hierarquia de gestão da cidade, caracteriza-se pelo nível operacional, aquele em que as ações são feitas por intermédio de projetos e por intervenções pontuais de impactos no entorno imediato. O foco deste nível de decisão está principalmente nas ações de curto prazo. O modelo digital precisa se ajustar à aproximação de *zoom in* e ao nível elevado de detalhes do ambiente construído que essa escala exige para proporcionar a devida gestão de suas informações.

**Figura 4 – Recorte espacial de lotes da cidade de São Paulo**



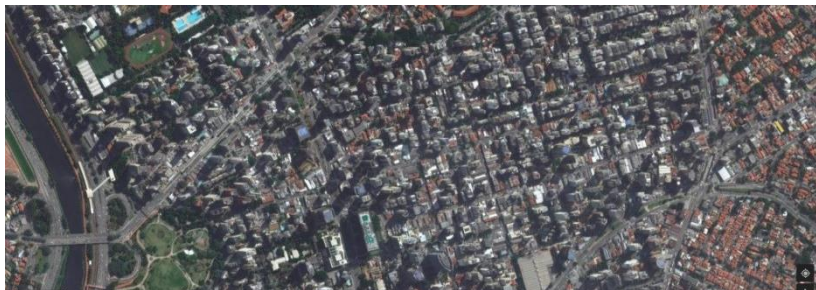
**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Tomando-se a gestão da mobilidade como eixo estruturante da cidade, a modelagem paramétrica deve propiciar análises normalmente realizadas nesse nível como: configuração do uso das faixas de tráfego, aplicação de dispositivos de controle de tráfego, espaçamento e localização de paradas de ônibus, implementação de ciclovias e ciclofaixas, adição de faixa para veículos com ocupação interna alta, dentre outras. Devido ao foco de curto-prazo, é importante que haja dados detalhados sobre o objeto de estudo. O mesmo comportamento acontece com a inserção das edificações no modelo. Parâmetros importantes de escala micro para a cidade precisam ser considerados como: número de pavimentos, número de unidades por pavimento, locação das circulações verticais, entradas e saídas da edificação para as vias, pontos de interligação com os sistemas urbanos, etc. Essas informações possibilitam estabelecer as interfaces entre os tipos de modelos.

### **3.2 Escala da região administrativa e do bairro**

Este é o nível meso, no qual a escala de redução tem valores intermediários e o recorte espacial da cidade alcança áreas territoriais maiores que o nível anterior (Figura 5).

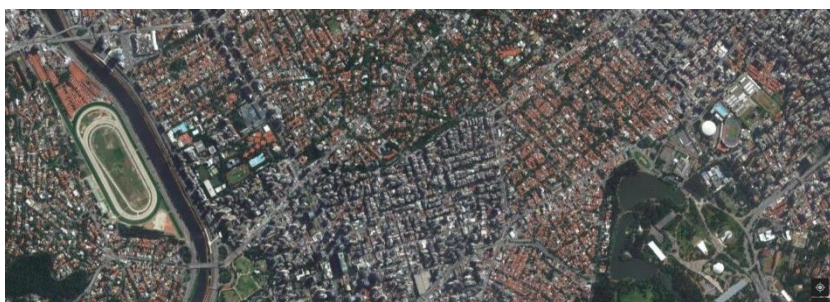
**Figura 5 – Recorte espacial de bairros da cidade de São Paulo**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

À medida que se afasta da superfície os detalhes diminuem, passando da visualização de alguns quarteirões ao(s) bairro(s) ou até a região administrativa por completo. Visualizam-se as vias locais mas as vias principais e arteriais ganham destaque nas imagens, assim como áreas verdes de porte, corpos d'água, etc (Figura 6).

**Figura 6 – Recorte de uma região administrativa da cidade de São Paulo**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Esta escala já não está no nível da construção civil e arquitetura, comumente mais abordada por disciplinas de urbanismo e planejamento urbano. Na hierarquia, abrange o nível tático, aquele em que as ações são orientadas por meio de projetos, podendo alcançar o nível estratégico, chegando a programas e políticas, aos quais os impactos têm alcance intermediário até regiões da cidade. Esse nível de decisão baseia-se em cenários com resultados de médio a longo prazos. O ambiente construído passa a ter considerável redução de detalhes, então o modelo digital precisa se adaptar ao movimento de *zoom out* e considerar a gestão apenas das informações de relevância.

No caso da mobilidade urbana, a modelagem paramétrica nesse nível deve propiciar o gerenciamento de informações do ambiente construído como projetos viários, projetos geométricos das vias (determinação de largura de faixas, declividade da via, dimensionamento de áreas para pedestres e largura de calçadas e passeios, etc), projetos de sinalização e de controle eletrônico do tráfego, dentre outros. Também são enquadrados os projetos habitacionais, loteamentos e áreas públicas, definição de uso e ocupação do solo, etc. As edificações passam a simples massas que

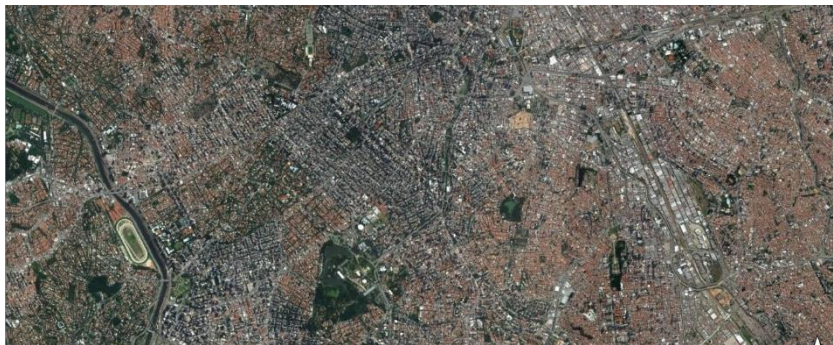


mostram apenas o volume básico. Alguns parâmetros urbanísticos tornam-se relevantes como: densidade populacional fixa e flutuante que a área pode atingir; tipos de atividades econômicas que podem ser praticadas; predominância de usos sobre outros; níveis de tráfego e poluição ambiental toleráveis; etc. Esses parâmetros, traduzem-se em índices urbanísticos que determinam as quantidades, formas e volumes que as edificações podem ter em cada área específica da cidade. Tarefas que podem ser consequência das diretrizes do planejamento estratégico, provenientes de decisões estabelecidas no plano diretor para a área, que por sua vez são condicionadas por fatores ambientais do local, pela capacidade suporte e vocação natural. Ou podem ser oriundas de decisões baseadas em problemas operacionais provenientes da escala micro.

### **3.3 Escala da cidade ou do município**

Este é o nível macro, no qual a escala de redução tem valores elevados e o recorte da cidade alcança grandes áreas territoriais (Figura 7).

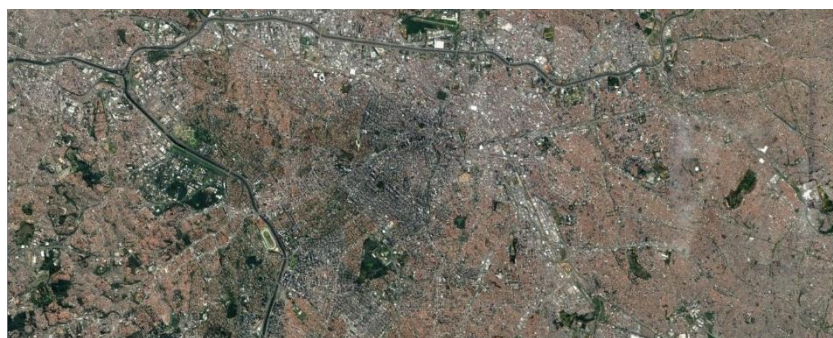
**Figura 7 – Recorte de regiões administrativas da cidade de São Paulo**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

À medida que se afasta da superfície, a quantidade de detalhes vai diminuindo até que se tenha uma visão de várias regiões administrativas ou da cidade como um todo. É possível ver as massas do relevo e de edificações, contornos básicos de corpos d'água, alinhamentos de eixos principais, grandes áreas verdes, etc (Figura 8).

**Figura 8 – Recorte de grande parte da cidade de São Paulo**



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Esta escala costuma ser abordada por disciplinas de planejamento urbano e regional. Na hierarquia abrange o nível estratégico, aquele orientado por programas e políticas públicas, às quais têm impactos que alcançam a cidade toda ou a região metropolitana. Esse nível de decisão define cenários com resultados de longos prazos. O ambiente construído passa a ser massas territoriais de poucos detalhes, sendo melhor representado por mapas.

O nível estratégico inclui programas e políticas públicas basicamente para o planejamento dos transportes, gestão habitacional, uso e ocupação do solo. Na gestão da mobilidade, preocupa-se em estabelecer ordenadamente programas sob os quais um sistema integrado de transportes possa ser inteiramente desenvolvido e que tenha sua operação e seu gerenciamento otimizados. Isso inclui as redes viárias e de transportes de massa, além das infraestruturas dos seus terminais. Deve-se considerar os usos de solo presentes e futuros e os requisitos resultantes de viagens para o movimento de pessoas e bens durante os próximos 20 a 25 anos em níveis de serviço aceitáveis e compatíveis com os recursos financeiros da comunidade. O plano deve considerar as metas da região e as políticas do estado e do país. As demais políticas urbanas, como habitacional e saneamento, seguem o mesmo comportamento, baseando-se nas características das macro áreas, na cidade como um todo e considerando também as dinâmicas regionais com os municípios vizinhos. O modelo digital da cidade resume-se aos mapas geográficos sem representações volumétricas e detalhes do ambiente construído.

#### **4 BIM X SIG**

Os Sistemas de Informações Geográficas são os instrumentos de apoio à tomada de decisão com base na informação. Direciona-se à representação das edificações e infraestrutura de um território, extraindo dados que poderão servir para o planejamento de intervenções. Segundo Karimi e Akinci (2010) apud Corrêa (2015), SIG é um sistema computacional capaz de arranjar, armazenar, manipular e exibir informação geograficamente referenciada. É um banco de dados integrado de múltiplas finalidades. Possibilita a livre manipulação de bases textuais (dados tabulares) e visuais (mapas e fotos aéreas) para realizar análises estatísticas, através de pesquisas (queries) e combinações variadas, gerando representações gráficas, vetoriais ou raster (mapas) (FOOTE e LYNCH, 1995). Assim, a TIC é aplicada para integrar dados reais georreferenciados de naturezas distintas, obtendo-se análises quantitativas e qualitativas de vastas extensões territoriais.

Przybyla apud Almeida e Andrade (2015) define a abrangência dos sistemas, estabelecendo as escalas de alcance do CAD, BIM e SIG, de acordo com a Figura 10.

**Figura 10 – As escalas de alcance do CAD, BIM e GIS**



**Fonte:** Przybyla apud Almeida e Andrade, 2015.

O BIM caracteriza-se pela parametrização e gestão de informações construtivas das edificações e infraestruturas. Objetiva o detalhamento através da representação por coordenadas espaciais, pois é voltado para a indústria AECO. O SIG representa as características dos objetos conforme sua posição geográfica, necessárias para a criação de mapas (REUVERS, 2014 apud CORRÊA, 2015). Ambos possuem suas especificidades, mas observa-se que o alcance das escalas de cada sistema proposto por Przybyla (2010) pode ser ultrapassado. Pode-se adotar as duas soluções para a gestão urbana ou haver sua integração para a construção do modelo digital da cidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução tecnológica no campo da representação gráfica computacional teve enorme avanço com potencial para se desenvolver ainda mais. São mudanças inexoráveis para proporcionar melhores formas de atuação aos gestores, mas que devem ser tratadas com cautela. Verifica-se isso nos conceitos derivados do BIM que estão emergindo como o DIM (*District Information Modeling*), o UIM (*Urban Information Modeling*) e o CIM (*City Information Modeling*). Este último destaca-se por não se resumir a um modelo virtual e tridimensional da cidade, mas, seguindo os conceitos do BIM, um novo paradigma para o planejamento e gestão urbanos, por meio da adoção de tecnologias avançadas, trabalho colaborativo e cooperativo, e integração de informação heterogênea, usando não só as ferramentas atuais da TIC, mas também empregando análises do tipo Big Data. O CIM deve adotar diversas dimensões como arquitetônica, social, econômica, dentre outras, abordagem que vai de encontro aos conceitos de cidades inteligentes. Esta pode ter seis eixos ou dimensões, integrados através de um conjunto de variáveis e indicadores: economia, pessoas, mobilidade, estilo/qualidade de vida (lugar), governança e meio ambiente. Essa ótica reforça que haverá cada vez mais integração entre BIM e SIG para se alcançar o modelo digital da cidade.

## REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. **Cidades Inteligentes e City Information Modeling**. In: SIGRADI 2016, XX CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, Buenos Aires, Argentina, p. 9-11, November, 2016.

\_\_\_\_\_. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos - Guia PMBOK** - 5ª edição. Project Management Institute. Saraiva, 2014.

AISH, R.; WOODBURY, R. **Multi-Level Interaction in Parametric Design**. In: International Symposium On Smart Graphics. Berlin: [s.n.]. 2005. p. 151-162.

ALMEIDA, F.; ANDRADE, M. **A integração entre BIM e GIS como ferramenta de gestão urbana**. In: Encontro Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção, 2015, Recife. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2015.

AMORIM, A. L. **Discutindo City Information Modeling (CIM) e conceitos correlatos**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 87-99, jul./dez. 2015.

AZHAR, S. **Building information modeling (BIM): trends, benefits, risks and challenges for the AEC industry**. AMASCE. Leadership and Management in Engineering, 241. July, 2011.

BRAIDA, F. et al. **101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital**. São Paulo: ProBooks, 2016. 348 p.

BURRY, M.; MURRAY, Z. **Computer Aided Architectural Design Using Parametric Variation And Associative Geometry**. In: CHALLENGES OF THE FUTURE. Vienna: [s.n.]. 1997.

CATELANI, Wilton S. **Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras – Volume 1 Fundamentos BIM**. 1ª Edição. Brasília: CBIC, 2016.

EASTMAN, C.; ET AL. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 503 p.

FLORIO, W. **Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto: Duas Experiências Com Estudantes de Arquitetura**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 43-66, Dezembro 2011.

HOFFMANN, C.; JOAN-ARINYO, R. **Parametric Modeling**. In: FARIN, Gerald; HOSCHEK, Josef; KIM, Myung-soo. Amsterdam: [s.n.]. 2002. p. 519-541.

LEACH, N. **Parametrics explained. Next Generation Building**, Delft, v. 1, n. 1, p. 33-41, JAN, 2014.

SCHUMACHER, P. **Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design**. Digital Cities, v. 79, n. 4, JUL/AGO 2009.s