

LIMA, M. Q. C; FREITAS, F. S. MODELAGEM PARAMÉTRICA E OS LIMITES DOS MECANISMOS TRADICIONAIS DE REGULAÇÃO DA FORMA URBANA. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, v.4, n.1, p.117 – 138, jan./jul., 2016.

MODELAGEM PARAMÉTRICA E OS LIMITES DOS MECANISMOS TRADICIONAIS DE REGULAÇÃO DA FORMA URBANA

MODELLING PARAMETRIC AND LIMITS OF MECHANISMS OF TRADITIONAL URBAN FASHION REGULATION

MODELADO PARAMÉTRICO Y LÍMITES DE LOS MECANISMOS DE LOS TRADICIONALES MODA URBANA REGLAMENTO

Mariana Quezado Costa Lima

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Design (PPGAD), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE – Brasil, E-mail: marianaqc@gmail.com

Clarissa Figueiredo Sampaio Freitas

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Design (PPGAD), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE – Brasil, E-mail: clarissa@arquitetura.ufc.br

RESUMO | Propõe-se aqui refletir sobre o planejamento urbano tradicional e estanque que usa as normas como instrumento de proteção da valorização imobiliária, favorecido pela ausência de visualização das repercussões dos parâmetros legais na forma urbana. Diante desse problema, evidencia-se a necessidade de produção de dados e visualização de cenários para informar decisões a respeito dos instrumentos de regulação urbana. Busca-se apresentar um método alternativo de definição de indicadores urbanísticos, baseado em uma metodologia paramétrica e na matriz de indicadores de Berghauser Pont e Haupt (2009) para discutir o adensamento de um bairro central de Fortaleza. Como ferramenta para efetivação desse método, optamos pelo Esri *CityEngine*TM, um *software* de modelagem geométrica especializado na geração de ambientes urbanos a partir de um conjunto de regras pré-definido. O estudo evidencia a importância da visualização dos parâmetros para relacionar objetivos de adensamento - presentes frequentemente nos planos urbanos - com a forma urbana resultante, confirmando portanto as limitações inerentes aos métodos tradicionais de definição de indicadores urbanos.

PALAVRAS-CHAVE | forma urbana, regulação urbana, modelagem paramétrica, densidade urbana.

INTRODUÇÃO

As cidades brasileiras apresentam uma paisagem dita desordenada, produzida por um insustentável modelo de espraiamento urbano, extremamente excludente. A sensação de desordem refere-se à desobediência dos instrumentos normativos, porém a regra, além de atuar como fator de exclusão, também não tem garantido qualidade urbana (CYMBALISTA, 1999; FERREIRA, 2012).

A cidade é a expressão espacial das relações econômicas, políticas e culturais de uma sociedade. É território de disputas, desequilíbrios e desigualdades. E porquanto para pensar a cidade, em permanente mudança, o planejamento urbano nunca deve terminar. Essa noção primordial convida-nos – e porque não, convoca-nos – a abordar o planejamento urbano enquanto processo.

Tal visão contrasta com o planejamento tradicional, como será chamada aqui, conforme Cymbalista (1999), a abordagem em que predomina um modelo de

instrumentos de regulação urbanística que incide sobre a maior parte das cidades brasileiras, dominado pelas leis de zoneamento. Esse modelo e, em particular, as normativas urbanísticas que dele derivam, ao definirem indicadores estanques, guardam pouca relação com as diretrizes urbanas para as quais foram definidas.

Questiona-se a capacidade do planejamento urbano tradicional de edificar um espaço que expresse as necessidades sociais, econômicas e culturais dos seus fruidores, diante de um descolamento cada vez maior entre cidade legal e real, e entre plano e projeto. Parte-se do princípio que a legislação urbana é concebida para ser o elemento mediador entre o planejamento urbano e a intervenção física na cidade para problematizar a normativa urbanística como agente modelador da forma urbana (MARICATO, 1996; ROLNIK, 1997).

No Brasil, verifica-se a existência de uma série de estudos da forma urbana voltados, mais tradicionalmente, para uma perspectiva histórica e identificação de tipologias (COSTA, 1995), para o desenho urbano (DEL RIO, 1995), para os elementos morfológicos e sua relação (SANTOS, 1988) e, mais recentemente, para o seu desempenho enquanto espaço utilizado pelas pessoas. Esta última linha pode ser classificada, conforme Holanda et al. (2000), em: questões funcionais, como a distribuição dos usos do solo e a motorização; questões de percepção do espaço construído, como a identidade dos lugares; questões de tradição e modernização, e questões relativas à preservação patrimonial. A produção de conhecimento científico capaz de informar políticas urbanas apropriadas para viabilizar a forma urbana desejada, no entanto, encontra-se pouco desenvolvida.

Por outro lado, há uma série de estudos que abordam a economia política da urbanização, e os conflitos relacionados à distribuição dos ônus e benefícios da urbanização, em particular os estudos relacionados a aplicação dos instrumentos do Estatuto da Cidade (EC). Porém tais estudos não problematizam a forma urbana, sendo que os próprios instrumentos de inclusão urbana trazidos pelo EC não parecem capazes de influenciar de maneira significativa a forma urbana, para além de questões de acesso a terra. Tal limitação é apontada inicialmente por Cymbalista (1999) em seu estudo realizado em cidades do interior paulista. Os mecanismos de inclusão urbana do EC, embora importantes no sentido de viabilizar acesso ao solo urbanizado para a população de baixa renda, não contribuem de maneira direta para qualificação da forma urbana

existente em sua microescala¹. Esta limitação tem sido apontada mais recentemente por autores como Martins (2013).

Temos portanto uma encruzilhada na medida em que estudos da forma urbana tendem a não problematizar questões político-econômicas de viabilização da forma desejada, enquanto a literatura político-econômica passa ao largo da materialização do espaço construído. O presente trabalho pretende contribuir para reverter essa lacuna, ao propor uma reflexão sobre o planejamento tradicional e estanque que usa as normas como instrumento de valorização imobiliária, favorecido pela ausência de visualização das repercussões dos parâmetros na forma urbana.

Diante desse problema, evidencia-se a necessidade de produção de dados e visualização de cenários para informar decisões a respeito dos instrumentos de regulação urbana. Apresentamos um método alternativo de definição de indicadores urbanísticos, baseado em uma metodologia paramétrica e na matriz de indicadores de Berghauser Pont e Haupt (2009), e aplicá-la a um bairro de Fortaleza, central e dotado de serviços urbanos, mas com pequena densidade habitacional, onde, para além dos problemas de valorização imobiliária especulativa, destaca-se uma forma urbana pouco qualificada do ponto de vista do espaço público, que é acentuada pelo plano vigente e seus indicadores estanques.

A primeira parte do trabalho desenvolve o questionamento da capacidade do planejamento tradicional e das normas urbanísticas vigentes em assegurar qualidade urbana. Em seguida, ilustra-se o argumento aqui desenvolvido com um exercício analítico sobre a regulação do espaço construído do Bairro José Bonifácio em Fortaleza. Para tanto, apresenta-se a matriz de indicadores urbanísticos de Berghauser Pont e Haupt (2009), em que a regulação da forma é feita através de uma combinação de parâmetros para relacionar a forma urbana com a densidade. Discute-se ainda o conceito de modelagem paramétrica, com a qual é possível gerar diversas alternativas a partir da alteração de valores de indicadores pré-definidos, e o conceito de CIM (City Information Modeling). Por fim, utilizamos o *Esri CityEngine*TM, um *software* de modelagem geométrica urbana, para modelar 3 cenários. O primeiro, ilustra a situação existente, o segundo cenário corresponde à aplicação da legislação vigente e o terceiro a um exercício projetual alternativo.

¹Embora o estudo de Cymbalista seja anterior à aprovação do Estatuto da Cidade, que é de 2001, ele trata de aplicações de seus instrumentos em cidades que forma percussoras a esta legislação federal.

O método fornece evidências que suportam a hipótese da importância da visualização dos parâmetros para relacionar os objetivos de planejamento com a forma urbana. Confirma ainda as limitações dos indicadores atualmente definidos pelo plano diretor para o bairro estudado, e revela algumas vantagens e limites dos processos paramétricos.

PLANEJAMENTO TRADICIONAL: A BUSCA DA FORMA "IDEAL" E OS EFEITOS SOCIOESPACIAIS

Desde as suas origens, a legislação urbana aparece como uma garantia de proteção do espaço das elites. Essa é uma das facetas mais intrigantes da lei, porque ela é colocada como elemento qualificador, uma espécie de molde da cidade ideal, mas ao instituir os limites entre o permitido e o proibido, define territórios legais e ilegais, tornando-se instrumento de segregação e incapaz, assim, de qualificar o ambiente urbano como um todo, visto que determina apenas a menor parte do espaço urbano (MARICATO, 1996; ROLNIK, 1997).

Nas cidades brasileiras, o zoneamento tradicional, justificado como instrumento para controlar a densidade de ocupação do solo e para evitar conflitos entre usos incompatíveis, até hoje utilizado como elemento segregador de classes sociais impedindo a desvalorização dos bairros nobres (NETTO & SABOYA, 2010).

A teoria do zoneamento, importada de países centrais, define um modelo de cidade ideal - baseado em parâmetros como taxas de ocupação, coeficientes de aproveitamento, tamanhos mínimos de lotes - que desconsidera as necessidades e as capacidades de pagamento da maior parte da população, julgando-a capaz de alcançar esses padrões, algo impensável nos países periféricos (ROLNIK, 2000). Como consequência, esse modelo "[...] cuja obediência produziria uma cidade saudável acaba por produzir imensos territórios de eterna ilegalidade, [...] produzindo assim efeitos contrários àqueles que os índices pregam." (ROLNIK, 2000, p. 9).

Em um contexto mais global, Beirão e Duarte (2005) destacam que os planos urbanos tradicionais caracterizam-se por uma repetição inconsciente de procedimentos, em vez de um ajuste dos métodos a contextos específicos, ou seja, segue regras arbitrariamente replicadas. Planeja-se sem dados sobre o lugar, quando a informação deveria ser o *input* básico do processo decisório.

Nesta prática percebe-se nitidamente um distanciamento entre a cidade legal e a cidade real, o que pode explicar a dificuldade dos instrumentos de intervenção

tradicionais no enfrentamento do complexo padrão de urbanização brasileiro vivido. Mais que isso, a ausência de dados capazes de mensurar os problemas urbanos contribui para a manutenção do descolamento entre as diretrizes estabelecidas nos planos e as dinâmicas existentes na cidade, permitindo muitas vezes a adoção de indicadores que privilegiam determinados grupos. Esse descolamento entre discurso e prática deve-se, não apenas à falta de informações sobre a cidade real, mas também à dificuldade de visualização - muitas vezes do próprio planejador, mas sobretudo dos cidadãos - dos efeitos concretos dos parâmetros propostos (FREITAS, GOMES & BORGES, 2013; MARICATO, 1996).

As normas urbanísticas distanciam-se ainda do conhecimento da população ao apresentar uma gama complexa de coeficientes, índices e taxas, assim como uma grande quantidade de zonas que definem o que é permitido e o que não é (ROLNIK, 2000).

Em suma, o planejamento tradicional adota zoneamentos com indicadores pouco embasados na dinâmica urbana existente e nas possibilidades socioeconômicas da maior parte da população urbana brasileira, numa abordagem estanque, restritiva, de difícil compreensão, descolada dos problemas da cidade real e, sobretudo, excludente.

Nesse sentido, é interessante notar que a baixa qualidade do ambiente construído (formal e informal) é consequência direta e indireta da normativa vigente, que não assegura uma repercussão das suas diretrizes na forma urbana e com frequência promove a ilegalidade. O isolamento do edifício no lote e os muros – muitas vezes altíssimos – são exemplos da má qualidade urbanística na cidade regular, enquanto na cidade irregular predomina a superlotação e a ausência de infraestrutura mínima.

Diante das características do planejamento tradicional apontadas, pretende-se ponderar os limites e as possibilidades de mecanismos que possam levar a novas maneiras - mais flexíveis e baseadas em dados - de se planejar e regular a cidade. Esses mecanismos devem ter como principal subsídio a informação, sobretudo - visto que o planejamento urbano possui um componente espacial importante - a informação espacializada, embora sem deixar de levar em conta os outros tipos de informação.

NOVAS FORMAS DE SE PLANEJAR

A busca pela informação espacializada não é uma exclusividade contemporânea: a utilização de mapas para registrar, apresentar e comunicar informações espaciais é prática tradicional. As formas de utilização desses mapas foram sendo modificadas ao longo do tempo e acompanharam o desenvolvimento tecnológico de outras áreas da

ciência, notadamente por necessidades militares e ambientais (PEREIRA & SILVA, 2009). No entanto, os recentes desenvolvimentos tecnológicos têm aumentado a nossa capacidade de produzir e se apropriar de informações especializadas.

François Ascher (2010), em seu livro “Os novos princípios do urbanismo”, anuncia as características de um novo tipo de planejamento urbano, com diferentes formas de concepção, implementação e gestão das cidades, diante das diversas mudanças tecnológicas e de uma sociedade contemporânea caracterizada por “uma diversidade complexa de interesses e com uma complexidade de desafios que dificilmente podem se materializar em interesses coletivos estáveis e aceitos por todos” (ASCHER, 2010, p. 87). No “neourbanismo”, o projeto urbano deixa de ser um mero desenho e passa a ser uma ferramenta de análise e negociação, as quais não antecedem o projeto em si, mas são simultâneas a ele, contando com avaliações sucessivas e hipóteses provisórias, numa permanente recorrência. Os problemas são descritos caso a caso e demandam respostas específicas adaptadas a cada situação com suas especificidades e incertezas, não soluções repetitivas e padronizadas. E para isso, fazem-se necessárias ferramentas capazes de “[...] integrar as lógicas dos atores, avaliar suas propostas, julgar sua adequação em relação aos objetivos e sua eficiência para a coletividade, identificando e avaliando seus possíveis efeitos” (ASCHER, 2010, p. 85).

Dentre essas ferramentas, destacam-se *a priori* as de geoprocessamento, por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Um SIG é “um sistema computacional capaz de arranjar, armazenar, manipular e exibir informação referenciada geograficamente” (KARIMI & AKINCI, 2010) e mais ainda, de produzir informação com a sobreposição dos dados espacializados. Essa é uma das mais importantes funções do SIG e o que confirma a sua utilidade: a capacidade de gerar informação adicional através da visualização da sobreposição de dados, o que permite “[...] expor tendências e relações que nem sempre são percebidas numa análise inicial” (PEREIRA & SILVA, 2009). Embora o SIG venha sendo utilizado para dar suporte ao chamado planejamento baseado em dados, esse sistema presta-se mais para a análise da cidade existente, do que para visualizar cenários das consequências do planejamento, sistematizar padrões urbanos e analisar os indicadores legais (GIL et al, 2010; SABOYA, 2000). Para isso, fazem-se necessárias plataformas de modelagem e mensuração urbana que conciliem funções descritivas e prescritivas.

Compreender e avaliar o ambiente urbano através de métodos quantitativos ainda é uma prática bastante questionada, mas que tem ganhado força nas últimas décadas,

sobretudo e porquanto pode incrementar as questões qualitativas. Nesse sentido, para Beirão (2012), a concepção de planos urbanos só pode ser aprimorada se os planejadores fizerem uso de indicadores urbanos ao longo do processo, visto que esses, ao medir algumas das relações entre componentes da cidade, aumentam a consciência do planejador do contexto específico em que se encontra e das consequências das suas decisões. Nesta linha, que busca avançar na reflexão sobre o potencial dos indicadores urbanos para a atividade de projetar a cidade, discute-se a seguir métodos pouco usuais nas cidades brasileiras: um que regula a forma através de indicadores de densidade e outro que se baseia na modelagem paramétrica.

O papel de indicadores urbanos em planejamento e projeto urbano foi extensamente abordado por Berghauser Pont e Haupt (2009), especialmente indicadores de densidade. Esses autores baseiam-se em parâmetros bem definidos para gerar indicadores precisos de densidade que, isoladamente, não produziriam uma morfologia urbana específica, mas que em conjunto o fazem: a densidade construtiva, a taxa de ocupação e a densidade de sistema viário. Pelo desenvolvimento de uma matriz (*Spacematrix*), redefiniram a densidade como um fenômeno multivariável e multiescalar, compatível com uma cidade e uma sociedade contemporâneas, complexas e mutáveis.

Consistindo em um dos mais importantes parâmetros de desenho urbano a ser utilizado no processo de planejamento, sobretudo para informar, analisar e estabelecer metas em planos urbanos, a densidade urbana contém informações valiosas sobre propriedades espaciais, com potencial de articular aspectos quantitativos e qualitativos da forma urbana (BERGHAUSER PONT & HAUPT, 2009; BEIRÃO, 2012). A densidade surge, então, como instrumento para condicionar as performances do tecido urbano, isto é, os aspectos que, juntos, definem a forma da cidade e qualidade do ambiente urbano, como por exemplo, a relação entre espaço público e área construída. Aparece também como guia que não prescreve soluções ou formas edificadas específicas, mas define princípios ou critérios para a forma da cidade, como processo de planejamento. Além dessas funções normativas, a densidade também é eficaz como instrumento descritivo, para verificar se os projetos seguem as diretrizes dos planos.

A regulação da forma através de parâmetros aparece como uma ferramenta útil no processo de projeto, capaz de induzir e monitorar as características urbanísticas positivas, como a alta densidade, a vitalidade, a mistura de usos, entre outros aspectos.

A modelagem paramétrica, por sua vez, que surgiu como conceito nas indústrias aeroespacial e automotiva e começa a se estabelecer no campo da arquitetura, tem sido

gradativamente introduzido no urbanismo, diante das vantagens que esse sistema possibilita no sentido de gerar, rapidamente, diversas alternativas a partir da alteração de valores de um parâmetro (SILVA; AMORIM, 2010). Através de ferramentas paramétricas, é possível não apenas realizar um processo sistemático de desenho, mas também avaliar os pros e os contras de cenários com diferentes ajustes para cada indicador.

A modelagem paramétrica associada ao planejamento urbano tem sido chamada por alguns autores (i.e. GIL et al, 2010) de City Information Modeling (CIM) – em português, Modelagem da Informação da Cidade– partindo de uma analogia ao já consolidado conceito de BIM (AMORIM, 2015). Tendo em vista a elaboração de uma plataforma CIM - que posteriormente seria detalhada por Beirão (2012) e denominada CltyMarker - Gil et al (2010) avaliaram os problemas e as potencialidades de diferentes *softwares* que abordam a modelagem urbana paramétrica. Dentre esses softwares, encontra-se o *Esri CityEngine™*, que foi escolhido aqui como ferramenta para efetivação de um processo de um método alternativo de definição de indicadores urbanísticos.

UM MÉTODO PARAMÉTRICO DE DEFINIÇÃO DE INDICADORES URBANÍSTICOS

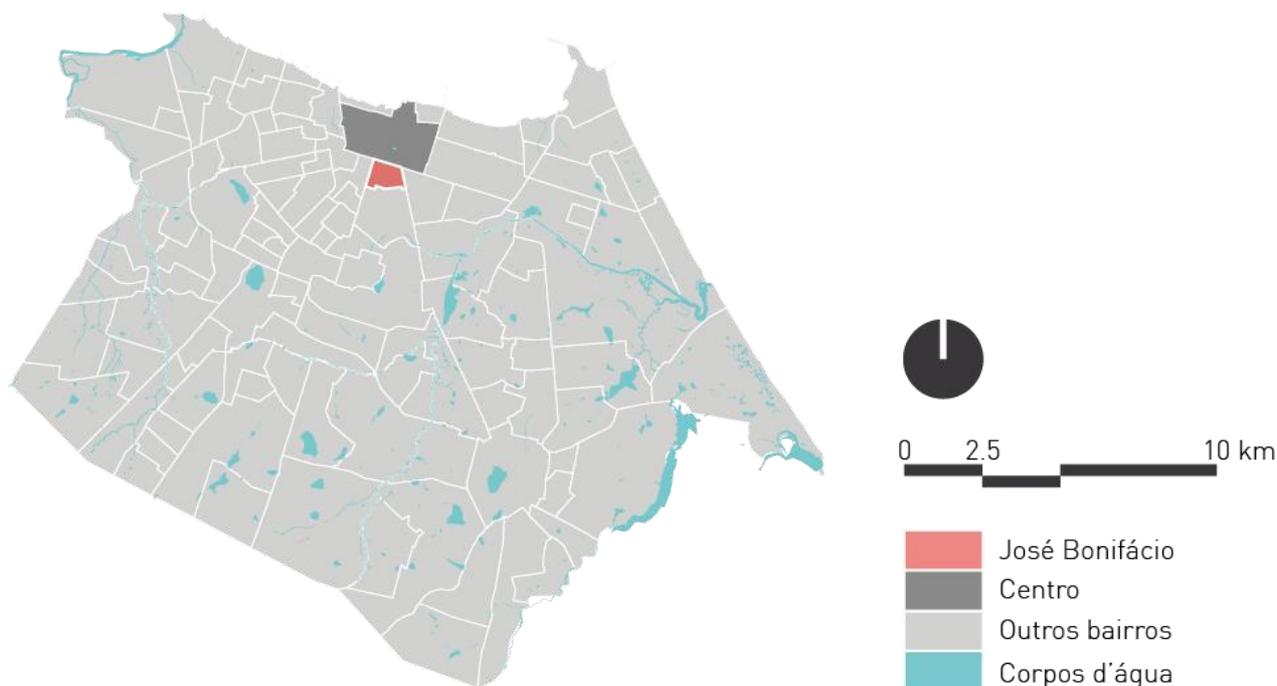
O *Esri CityEngine™* utiliza metodologia processual e gera automaticamente os modelos através de um conjunto de regras pré-definido, utilizando uma linguagem de programação chamada CGA (*Computer Generated Architecture*). Tais regras podem ser alteradas tanto quanto necessário para dar espaço para novas possibilidades de projeto. Assim, o modelo de cidade pode ser ajustado alterando parâmetros ou o próprio conjunto de regras.

Com a ferramenta, três cenários foram modelados, os quais classificaremos em dois tipos - de acordo com a abordagem do *software* - segundo definições derivadas do método de Berghauer Pont e Haupt (2009), a saber: descritivo, em que a forma urbana já existe e os indicadores urbanos surgem como um resultado; e prescritivo, em que os indicadores urbanos (regras) são formulados e aplicados e a forma urbana surge como resultado.

A área escolhida para a aplicação do método corresponde ao bairro José Bonifácio (Figura 1), em Fortaleza, localizado imediatamente ao sul do Centro. Trata-se de um bairro de morfologia relativamente homogênea, central e servido de infraestrutura, cujo potencial de adensamento é subaproveitado, apresentando baixas densidades e tendências a futuros problemas morfológicas importantes, sobretudo do ponto de vista do espaço público, não abordados pelos instrumentos normativos em vigor. Sua população

em 2010 é de 8881 habitantes (distribuídos em 2842 domicílios) numa área de aproximadamente 88 hectares, resultando em uma densidade populacional de 99 habitantes por hectare. Embora a densidade populacional seja baixa, o bairro apresenta uma insuficiente quantidade de área livre pública (cerca de 1 hectare) constituída majoritariamente por vias de circulação.

FIGURA 1 - Localização do bairro em Fortaleza.



FONTE: Elaborada pelos autores com base em dados do IPECE (2007).

CENÁRIOS ANALÍTICOS

Antes de mais, procedeu-se a modelagem do bairro José Bonifácio existente (Figura 2) e de um cenário a partir da legislação vigente (Figura 3). O primeiro cenário nada mais é que um modelo descritivo da situação existente, com seus gabaritos e usos do solo, a partir de informações coletadas em restituições aerofotogramétricas, e observações *in loco*. No seguinte, simulou-se uma aplicação randômica dos indicadores recorrentes na normativa urbanística brasileira, utilizando os valores limítrofes correspondentes à área de estudo: recuos, taxa de ocupação, índice de aproveitamento e gabarito.

Apesar de tratar-se de uma análise e não de uma proposição, essa modelagem possui caráter prescritivo, na medida em que consiste na investigação da lei urbanística vigente a partir de uma simulação de como seria a forma urbana edificada se todas as construções obedecessem a essa normativa. A ideia era investigar o tipo de forma urbana

estimulada por essa legislação, de modo a comprovar a hipótese de que a lei, além de atuar como fator de exclusão, também não é capaz de garantir qualidade urbanística.

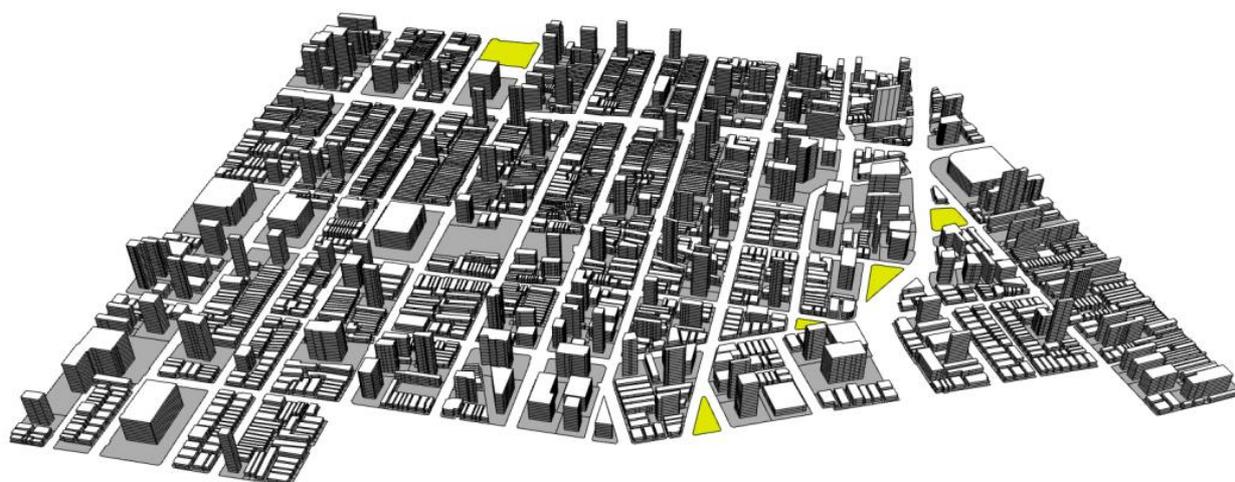
Ao longo do processo de formulação do conjunto de regras, no qual foi necessária uma plena compreensão do parâmetros urbanísticos e de suas relações, foram observadas algumas falhas e limitações, a partir das quais foram delineadas sugestões. Alguns autores que criticam as normas urbanísticas também apresentam recomendações para o estabelecimento dos parâmetros, que compiladas, serão apresentadas a seguir.

FIGURA 2 - Existente - Perspectiva aérea.



FONTE: Elaborada pelos autores.

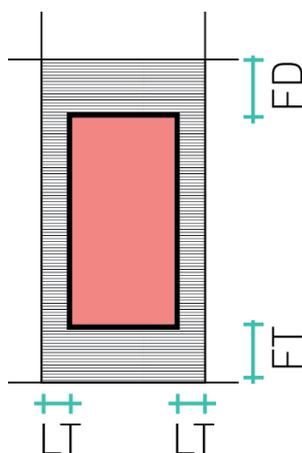
FIGURA 3 - Aplicação da lei vigente - Perspectiva aérea.



FONTE: Elaborada pelos autores.

De uma maneira geral, durante a modelagem da lei vigente, comprovou-se a complexidade do número de parâmetros presentes na normativa urbanística brasileira e como eles se sobrepõem, gerando limitações redundantes. Nas legislações municipais, estes são frequentemente conceituados e aplicados de maneira isolada, desconsiderando-se as suas relações.

FIGURA 4 - Recuos Mínimos - Esquema ilustrativo.

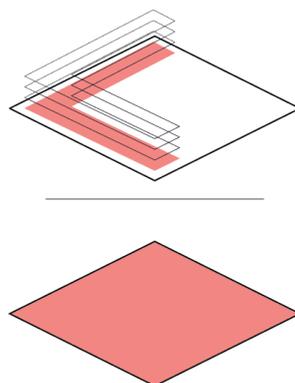


FONTE: Elaborada pelos autores

Quanto aos recuos mínimos (Figura 4), se observou a partir dessa simulação que esse modelo não só estimula como obriga a tipologia do edifício isolado no lote. As consequências disso, comprovadas por Netto, Vargas e Saboya (2012), são, entre outras coisas, dificuldades de implantação de atividade comercial e de transição entre o interior das edificações e os espaços públicos, diminuição da apropriação do espaço público pelos pedestres.

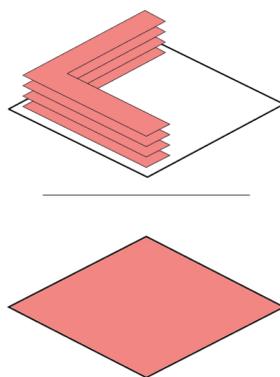
Já a taxa de ocupação (Figura 5) é definida como quociente entre a área de projeção da construção e a área total do lote. Valores altos desse indicador foram por muito tempo associados à pobreza, às habitações populares coletivas, à doença e à imoralidade, numa visão sanitarista e extremamente distorcida que possui resquícios até hoje da legislação urbana brasileira, embora alguns autores como Jacobs (2011) defendam, desde os anos 60, a importância de taxas de ocupação entre 60 e 80% para possibilitar altas densidades e vitalidade urbana.

FIGURA 5 - Taxa de Ocupação - Esquema ilustrativo



FONTE: Elaborada pelos autores

FIGURA 6 - Índice de Aproveitamento - Esquema ilustrativo.

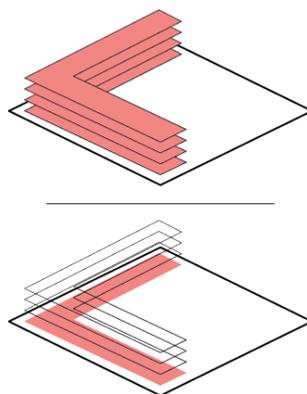


FONTE: Elaborada pelos autores

O Índice de Aproveitamento (Figura 6) é entendido como quociente entre a soma da área construída de todos os pavimentos do edifício e a área total do terreno. É atualmente adotado pela legislação municipal como o principal parâmetro de controle da densidade demográfica, mas, na prática, seu papel é muito mais de valorização dos terrenos.

A limitação da altura máxima dos edifícios (Figura 7), segundo Moretti (1997), em geral, tem objetivos relacionados sobretudo à iluminação e à insolação e ao confinamento provocado por prédios de altura elevada em ruas estreitas. Apesar dessas justificativas, o Plano Diretor de Fortaleza estabelece, como altura máxima das edificações no bairro, 72 metros, o que corresponde a aproximadamente 24 andares. Esse gabarito já tem sido atingido em alguns edifícios multifamiliares do José Bonifácio, contrastando com a morfologia predominantemente horizontal do bairro.

FIGURA 7 - Altura máxima (Gabarito) - Esquema ilustrativo



Fonte: Elaborada pelos autores

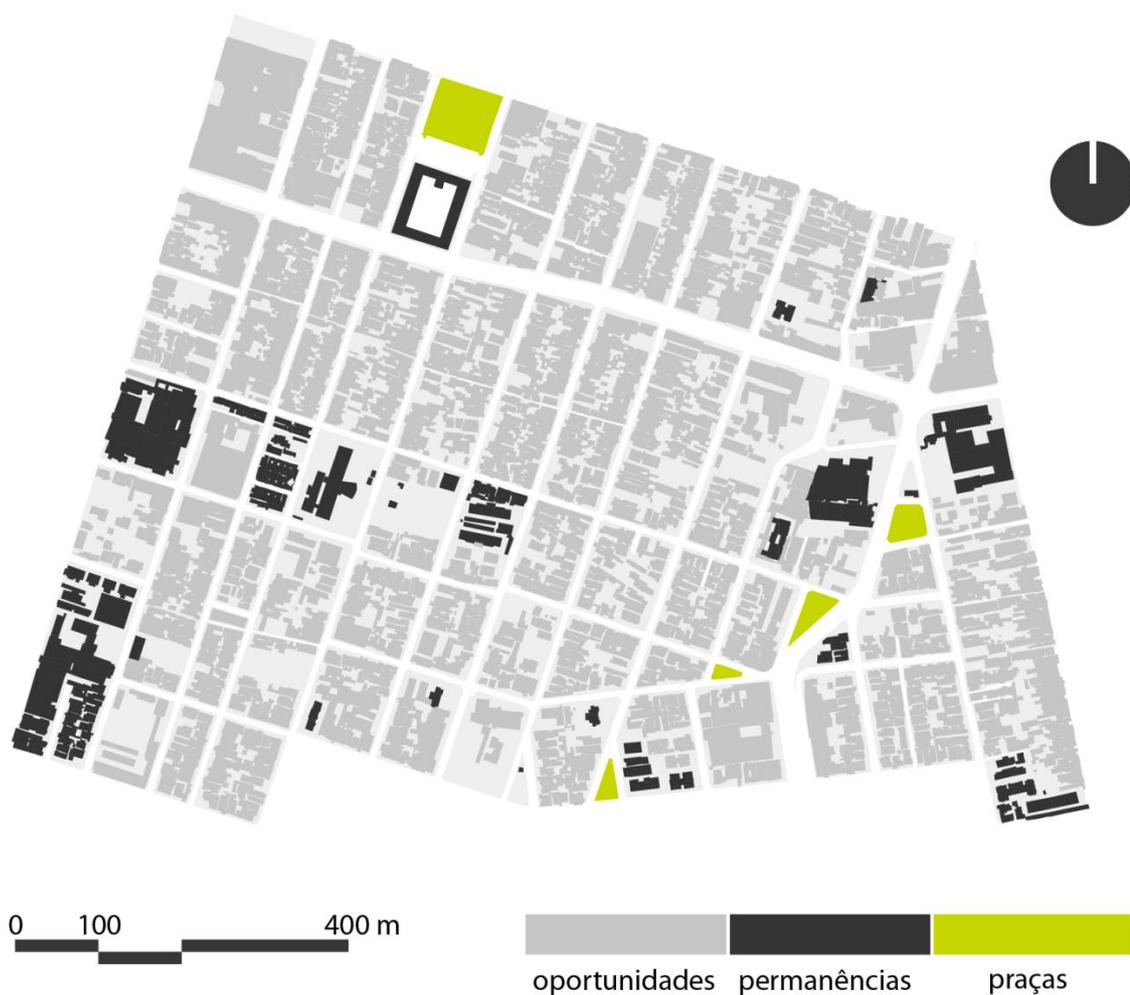
Note-se que o estabelecimento desses indicadores relativamente generosos (índice de aproveitamento e gabaritos altos) possui a declarada intenção de adensar o bairro. Entretanto eles ainda não demonstraram capacidade de alterar a dinâmica urbana neste sentido: O José Bonifácio continua com uma densidade populacional muito baixa. Tal constatação reitera a hipótese de Cymbalista (1999) de que os indicadores vigentes são usados como mecanismos de valorização imobiliária - o que foi confirmado Hissa (2005) em seu estudo em Fortaleza -, impedindo, portanto, o adensamento do bairro pela população de baixa renda que constitui a maior demanda habitacional da cidade.

Essa rápida discussão de quatro dos principais indicadores urbanísticos, da forma como eles se apresentam na legislação local e da sua incapacidade de estimular soluções urbanísticas pretendidas levou a um terceiro cenário - prescritivo e propositivo - de ocupação para o bairro, um exercício projetual de um modelo possível de ocupação para o bairro através de mudanças nos parâmetros urbanísticos.

EXERCÍCIO PROJETUAL

Primeiramente, foram traçados os objetivos de planejamento para o bairro. Em seguida, a partir das informações obtidas em extenso diagnóstico da área de estudo, foram mapeadas as permanências e as oportunidades (Figura 8), isto é, respectivamente, edificações que dificilmente serão substituídas, mesmo em longo prazo, e aquelas mais prováveis de serem substituídas naturalmente em um plano que induza ao adensamento.

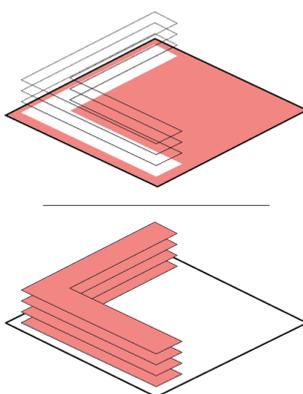
FIGURA 8 - Permanências e Oportunidades.



FONTE: Elaborada pelos autores

Nesse cenário, um novo indicador de densidade foi utilizado, que não está presente nas legislações municipais brasileiras, apresentado por Berghauer Pont e Haupt (2009): o indicador da amplitude (tradução livre de *Spaciousness*). A adoção deste parâmetro pretende dispensar os indicadores índice de aproveitamento (IA) e taxa de ocupação (TO), pois estes surgiriam como consequência da amplitude, definida como a razão entre a área de lote não edificada e a área total construída (Figura 9).

FIGURA 9 - Amplitude - Esquema ilustrativo.



FONTE: Elaborada pelos autores.

Para Berghauser Pont e Haupt (2009) esse parâmetro forneceria uma indicação da pressão por utilização do espaço livre. Isto é: “quanto maior a área construída (com a mesma projeção), menor a amplitude e maior o número de pessoas que vai utilizar a área livre (BERGHAUSER PONT & HAUPT, 2009, p. 108, tradução nossa).

Ao determinar um valor fixo (ou faixa de valores) para esse indicador, a quantidade de área passível de construção passa a ser diretamente proporcional à quantidade de espaços livres. A lógica é simples: justifica-se o adensamento pela quantidade de áreas livres. Pode-se estabelecer que parte da área livre ou toda a área livre seja pública, de forma a ir de encontro à atual tendência de provisão de áreas livres privadas como estratégia de valorização imobiliária em detrimento da manutenção de áreas livres públicas.

A atual legislação de Fortaleza não considera os espaços construídos coletivos para efeito de cálculo do índice de aproveitamento - o que estimula a construção de espaços coletivos privados. Buscando evitar tal tendência, o conceito de índice de aproveitamento adotado será não o da lei brasileira, supracitado, mas o que abrange toda a área construída, visto que o estímulo às áreas coletivas (e públicas) será feito mediante a adoção da Amplitude.

Quanto ao gabarito, mantendo o valor da amplitude fixo – e isso vale também para a lei vigente se a área construída for mantida constante – a cada pavimento acrescentado numa edificação o ganho percentual de área livre diminui, tornando-se irrisório a partir de sete pavimentos. Em suma, a partir de certo número de pavimentos, o ganho em verticalização não é devidamente compensado em quantidade de áreas livres. Para efeito comparativo, adotou-se como gabarito máximo na maioria dos cenários 5 pavimentos e em um deles 10 pavimentos.

Foi, então, elaborado um novo conjunto de regras do *CityEngine*TM aplicado nas áreas não consolidadas e que poderão ter seus lotes lembrados e/ou suas edificações substituídas seja a curto, seja a longo prazo. Dentro da lógica de construção do bairro, partiu-se do princípio que as edificações de menor porte só seriam substituídas por edificações multifamiliares e não por outras unifamiliares. Como consequência dessas regras, foi construído um modelo possível de ocupação do bairro. A partir do modelo base, diferentes cenários possíveis – de acordo com o valor adotado para os parâmetros pré-definidos – foram experimentados e suas formas e indicadores conseguintes visualizados (Tabela 1).

Tabela 1. Indicadores resultantes dos cenários.

INDICADORES	EXISTENTE	LEI VIGENTE	PERMANENCIAS	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		CENÁRIO 3		CENÁRIO 4	
				NOVOS	TOTAL	NOVOS	TOTAL	NOVOS	TOTAL	NOVOS	TOTAL
AREA DA GLEBA	886759	886759			886759		886759		886759		886759
AREA TOTAL DOS LOTES	539068,38	539068,38			539068,38		539068,38		539068,38		539068,38
AREA LIVRE TOTAL*	233218,57	353552,25	70802,76	339896,64	410699,4	339896,64	410699,4	339896,64	410699,4	339896,64	410699,4
ÁREA LIVRE PÚBLICA	10699,87	10699,87	10699,87	339896,64	350596,51	339896,64	350596,51	339896,64	350596,51	339896,64	350596,51
ÁREA LIVRE PRIVADA	222518,7	342852,38	60102,89	0	60102,89	0	60102,89	0	60102,89	0	60102,89
AREA CONSTRUIDA TOTAL	704548,38	1260237,08	193674,31	820980,7	1014655,01	889281,6	1082955,91	937401,62	1131075,93	1203471,91	1397146,22
AREA CONST. HABITAÇÃO	454020,14	809286,848	103497,21	679484,10	782981,31	747785,00	851282,21	795905,02	899402,23	1061975,31	1165472,52
AREA CONST. OUTROS USOS	250528,24	446564,06	90177,1	141496,6	231673,7	141496,6	231673,7	141496,6	231673,7	141496,6	231673,7
INDICE DE APROVEITAMENTO MÁXIMO	-	2,80	-	2,08	-	2,44	-	2,93	-	3,98	-
INDICE DE APROVEITAMENTO MÉDIO	1,07	1,97	-	1,53	-	1,68	-	1,79	-	2,25	-
INDICE DE APROVEITAMENTO MÍNIMO	-	0,25	-	0,56	-	0,56	-	0,56	-	1,11	-
DOMICÍLIOS	2842	10116			9787		10641		11243		14568
POPULAÇÃO	8811	31360			30341		32987		34852		45162
DENSIDADE (HAB/HA)	99,36	353,65			342,15		372,00		393,02		509,29

CENÁRIO 1 > Amplitude = 0.4
Nº de pavimentos máx. = 5

CENÁRIO 2 > Amplitude = 0.3
Nº de pavimentos máx. = 5

CENÁRIO 3 > Amplitude = 0.2
Nº de pavimentos máx. = 5

CENÁRIO 4 > Amplitude = 0.3
Nº de pavimentos máx. = 10

*fora o sistema viário

FONTE: Elaborada pelos autores

A Tabela 1 compara não somente os indicadores apenas entre os cenários testados, mas também entre estes e o modelo da lei vigente aplicada e o existente.

Algumas considerações podem ser feitas a partir da tabela e das imagens:

- A lei vigente não só estimula, mas obriga o tipo isolado no lote;
- A quantidade de áreas livres da proposta é cerca de 15% maior que a da lei vigente, porém visualmente a discrepância parece muito maior, visto que a primeira possui áreas livres concentradas e a segunda áreas livres pulverizadas. A

quantidade de áreas livres públicas, por outro lado, é cerca de 32 vezes maior na proposta que com a lei vigente;

- A verticalização é bem mais limitada nos cenários propostos, porém ainda assim a área construída total prevista com a aplicação da lei vigente é pouco maior;

- Quando comparados os Índices de Aproveitamento máximo e médioresultantes, os valores de lei vigente são um pouco maiores que o Cenário 2e menores que os Cenários 3 e 4, porém, nos cenários propostos, a contrapartida do Índice de Aproveitamento para a população é direta e imediata, por meio da criação de espaços livre públicos;

- Entre os diferentes cenários da proposta, a área construída cresce à medida que a Amplitude é diminuída e ainda mais quando o número de pavimentos é aumentado, assim como a densidade populacional, calculada considerando a média do bairro de 3,1 habitantes por Unidade Habitacional (UH) e cada UH de área média 80,00 m²;

- Para efeito de cálculo, estimou-se que a área construída total prevista com a aplicação da lei vigente seria dividida em habitação e outros usos na mesma proporção existente (no cenário mais otimista, visto que a tendência apresentada é de aumento da quantidade de outros usos). Por isso, apesar da área construída total prevista com a aplicação da lei vigente ser maior que as dos Cenários 2 e 3, os últimos, que não preveem novos usos não residenciais isolados, produzem uma densidade maior.

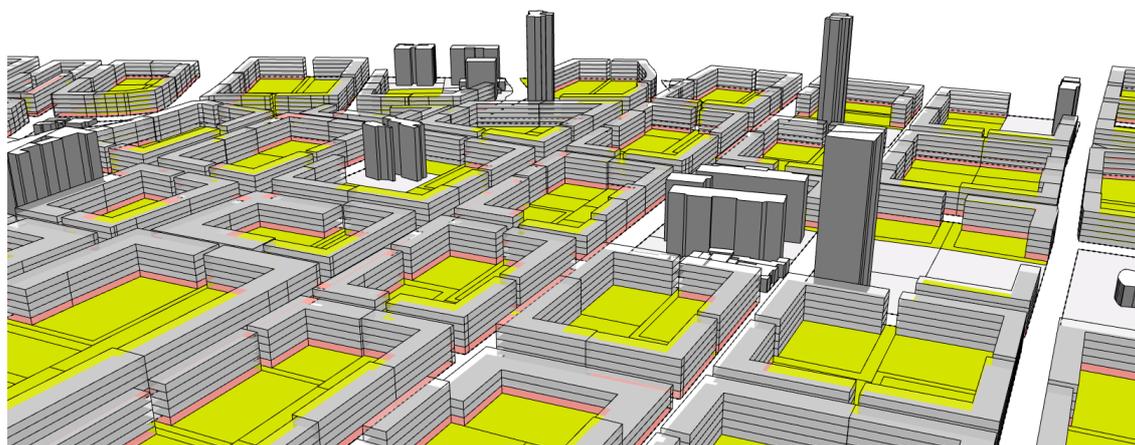
Diante das experimentações empreendidas e seus resultados, poder-se-ia então optar pela adoção dos parâmetros de uma das soluções (Figuras 10 e 11). Reitera-se ainda que graças à metodologia paramétrica, esses parâmetros poderiam ser revistos com o passar dos anos, compatibilizando o planejamento e a regulação às necessidades dinâmicas do bairro.

FIGURA10 - Cenário 2 - Perspectiva aérea.



FONTE: Elaborada pelos autores.

FIGURA11 - Cenário 2 - Perspectiva aérea aproximada



FONTE: Elaborada pelos autores.

CONCLUSÕES

Deste trabalho, muito mais que um produto final, deriva uma metodologia processual, que se amparou em parâmetros urbanísticos para regular a forma de uma área específica da cidade, objetivando não apenas adensá-la, mas, sobretudo, monitorar seu processo de adensamento por meio da visualização da qualidade do espaço construído. Os resultados alcançados subsidiam um questionamento ao modelo tradicional de regulação territorial das cidades brasileiras através de índices estanques que confundem adensamento construtivo com adensamento populacional. Esse processo legaliza práticas especulativas de alguns agentes imobiliários em detrimento de objetivos coletivos como a qualidade ambiental urbana e a inclusão socioespacial.

O resultado da metodologia é um conjunto de soluções para alguns dos problemas encontrados, expressos através de um conjunto de regras, ao invés da tradicional solução fixa. Longe de ser a solução para os problemas da cidade contemporânea, o resultado cumpre seus objetivos, na medida em que a simulação de parâmetros para regulação da forma permitiu antecipar cenários em que se promove o adensamento do bairro em estudo.

Retomando os questionamentos motivadores do trabalho, pode-se afirmar que uma metodologia que regule a forma através de indicadores de densidade possui grande potencial para assegurar uma tomada de decisão embasada em um contexto e seus objetivos específicos. Uma abordagem de planejamento que mensure indicadores e visualize as consequências das decisões ao longo do processo pode promover uma flexibilidade baseada em dados, calibrando os efeitos de determinados valores adotados. Possui ainda o potencial de informar processos de participação e controle social dos diversos atores na produção da cidade. Ademais, a visualização das consequências da adoção de determinados parâmetros permite reconectar os objetivos de adensamento com a forma urbana resultante.

Para isso, porém, ainda há muitos desafios pela frente, que vão desde as questões puramente técnicas e conceituais até questões políticas. Ressaltam-se as dificuldades relativas às plataformas: ainda são poucos os softwares voltados para a metodologia paramétrica e, mesmo os que são aplicáveis à metodologia, ainda apresentam limitações importantes. Mais especificamente no caso do software aqui escolhido, o *Esri CityEngineTM* é proprietário, estrangeiro e de uso bastante rarefeito no Brasil, o que torna a elaboração de algoritmos e regras paramétricas ainda mais complexa, devido à falta de uma comunidade virtual consolidada e à incompatibilidade das “regras prontas” com a lógica da normativa urbanística brasileira.

Além disso, as questões de cunho mais técnico anunciadas em 2005 por Beirão e Duarte ainda permanecem sem resposta: “Como licenciar um plano que tem soluções flexíveis? Pode um conjunto de regras e um plano ilustrativo gerado por essas regras ser usado objetivamente para este fim?” (p. 49, tradução nossa). Cabe acrescentar ainda - em um cunho mais político - como evitar que a flexibilidade no planejamento urbano seja usada também em favor dos grupos dominantes e em detrimento de grupos socialmente excluídos?

Um desafio que une questões técnicas e políticas é que essas ferramentas possibilitem a visualização e o entendimento tanto por parte do planejador quanto por

parte da sociedade civil, devendo haver uma reflexão quanto a questões de usabilidade da plataforma por profissionais e por leigos. Aqui, será necessária antes de mais nada a capacitação dos planejadores, bem como o desenvolvimento de metodologias adaptadas.

Nesse sentido, mais que a flexibilidade, metodologias como a apresentada nesse estudo devem ter como objetivo a visualização das informações urbanas e das consequências dos indicadores propostos pelas leis urbanísticas - qualitativa e quantitativamente -, por parte do planejador e, principalmente, por parte da sociedade civil. Essa visualização tem a capacidade de empoderar a população, munindo-a de argumentos para um controle social embasado, fundamental para uma prática de planejamento democrática.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, A. 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.
- ASCHER, F. Os novos princípios do Urbanismo. São Paulo: Romano Guerra, 2010. p. 81-100 (Tradução de Nádia Somekh).
- BEIRÃO, J. N.; DUARTE, J. P. Urban Grammars: Towards Flexible Urban Design. In: Congresso eCAADe'23. Anais... Lisboa: 2005. p. 491-500.
- BEIRÃO, J. N. CityMaker: Designing Grammars for Urban Design. Delft: ABE TU Delft, 2012.
- BERGHAUSER PONT, M. Y.; HAUPT, Per. A. Space, Density and Urban Form. Netherlands: Technische Universiteit Delft, 2009.
- COSTA, L.. Lúcio Costa: registro de uma vivência. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.
- CYMBALISTA, R. Regulação urbanística e morfologia urbana. In: ROLNIK, Raquel. (coord.). Regulação urbanística e exclusão territorial. São Paulo: Instituto Pólis, 1999. (Publicações Pólis 32).
- DEL RIO, V. Introdução ao desenho urbano no processo de planejamento. São Paulo: Pini, 1995.
- FERREIRA, J. S. W. Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano. Parâmetros de qualidade para a implementação de projetos habitacionais urbanos. São Paulo: LABHAB: FUPAM, 2012.
- FREITAS, C.; GOMES, V.; BORGES, M. Planejamento urbano com uso de sistema de informação geográfica: o caso de Feira de Santana, BA. *Universitas: Arquitetura e Comunicação Social*, v. 10, n. 1, p. 35-45, jan./jun. 2013.
- GIL, Jorge et al. Assessing Computational Tools for Urban Design: Towards a 'city information model'. In: Congresso eCAADe'28. Anais...Zurich: 2010.
- KARIMI, H.; AKINCI, B. CAD and GIS integration. Florida: CRC Press, 2010.
- HISSA, F. N. Legislação Urbana e ambiente construído: uma abordagem sistêmica dos parâmetros de controle de uso e ocupação do solo em Fortaleza - CE, 122 f. Dissertação (Mestrado) –Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- HOLANDA, F. R. B. et al. Forma Urbana: que maneiras de compreensão e representação? R. B.

Estudos Regionais, n. 3, p. 10-18, out. 2000. Disponível em: <<http://unuhospedagem.com.br/revista/rbeur/index.php/rbeur/article/viewFile/43/29>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

JACOBS, J. Morte e Vida de Grandes Cidades. São Paulo: WMF, 2011.

MARICATO, E. Metrôpole na periferia do capitalismo: ilegalidade, desigualdade e violência. São Paulo: Hucitec, 1996.

MARTINS, M. L. R. Novos instrumentos de regulação e os limites da política urbana. In: XV Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 2013, Recife. Anais do XV ENANPUR. Recife: ANPUR, 2013. v. 1. p. 1-15.

MORETTI, R. de S. Normas Urbanísticas para habitação de interesse social: recomendações para elaboração. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1997.

NETTO, V. de M.; VARGAS, J. C.; SABOYA, R. T. de. (Buscando) Os efeitos sociais da morfologia arquitetônica. In: urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v. 4, n. 2, p. 261-282, jul./dez. 2012. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/pb/index.php/urbe?dd1=7400&dd99=view&dd98=pb>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

NETTO, V. M.; SABOYA, R. T. A urgência do planejamento: a revisão dos instrumentos normativos de ocupação urbana. Arquitextos - Vitruvius, v. 125, 2010. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.125/3624>>. Acesso em: 14 mar. 2015.

PEREIRA, G.C.; SILVA, B. C. Geoprocessamento e Urbanismo. In: GERARDI, Lúcia H.; MENDES, Iandara A. Temas da Geografia Contemporânea. Rio Claro: Programa de Pós-Graduação em Geografia: UNESP: Rio Claro/AGETEO, 2009.

ROLNIK, R. A Cidade e a Lei: Legislação, Política Urbana e Territórios na Cidade de São Paulo. São Paulo: Studio Nobel: Fapesp, 1997.

ROLNIK, R. Regulação Urbanística no Brasil: conquistas e desafios de um modelo em construção. In: Seminário Internacional Gestão da Terra Urbana e Habitação de Interesse Social, 2000, Campinas. Anais... Campinas: Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2000. 18 p. Disponível em: <<https://raquelrolnik.files.wordpress.com/2009/10/regulacao-urbanistica-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2015.

SABOYA, R, T. Análises espaciais em planejamento urbano: novas tendências. R. B. Estudos Urbanos e Regionais, n. 2, p. 61-79, out. 2000.

SANTOS, C. N. F. A Cidade como um Jogo de Cartas. Niterói: Universidade Federal Fluminense: EDUFF; São Paulo: Projeto Editores, 1988.

SILVA, R. C.; AMORIM, L. M. E. **Urbanismo paramétrico**: emergência, limites e perspectivas de nova corrente de desenho urbano fundamentada em sistemas de desenho paramétrico. In V!RUS. N. 3. São Carlos: Nomads.usp, 2010. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus03/submitted/layout.php?item=2&lang=pt>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

Recebido em 22 de janeiro de 2016, aprovado em 10 de agosto de 2016

ABSTRACT | *This work reflects upon traditional and static planning modes that use building codes and land use regulations to protect property values. It claims that lack of data visualization has obstructed the assessment of negative impacts of urban regulations on both, urban form and urban development process in general. This problem highlights the need for data production and scenario visualization capable of informing decisions regarding land use regulations. The article presents an alternative method for the definition of urban codes based on a parametric methodology and on Berghauser Pont and Haupt (2009)'s space matrix*

to discuss the densification of a central neighborhood in Fortaleza. It uses Esri CityEngine™ - a geometric modeling software specialized in urban environment generation from a set of predefined rules - as a tool for putting the method in practice. The research provides evidence of the important role that techniques of modeling/visualizing urban regulations play on the implementation of planning policies. In particular, it stresses how such techniques are capable of relating the general planning goal of densification with the production/design of the built environment, thus confirming the limitations of traditional/static methods of defining urban regulations.

KEYWORDS | *Urban form. Urban coding. Parametric modeling. Urban Density.*

RESUMEN | *El presente trabajo reflexiona sobre la planificación territorial tradicional y estancamiento que utiliza normas urbanísticas como instrumentos de protección de la valoración inmobiliaria. Tal práctica es favorecida por la ausencia de visualización de las repercusiones de los parámetros legales en la forma urbana. En face de este problema, es evidente la necesidad de producción de datos y visualización de escenarios para informar decisiones respecto a los instrumentos de regulación urbana. Se presenta un método alternativo de definición de indicadores urbanísticos basado en metodología paramétrica y en la matriz de indicadores Berghauser Pont e Haupt (2009) para discutir el adensamiento de un barrio central de Fortaleza. Como herramienta para efectivación de este método, se optó por Esri CityEngine™. Tal software de modelación geométrica es especializado en la generación de ambientes urbanos partiendo de un conjunto de reglas definidas con anterioridad. El presente estudio evidencia la importancia de visualización previa de los parámetros para relacionar objetivos de adensamiento - presentes con frecuencia en los planos urbanos - con el resultado de la forma urbana. Se confirmarían, así, las limitaciones inherentes a los métodos tradicionales de definición de indicadores urbanos.*

PALABRAS CLAVE | *Forma urbana. Regulación urbana. Modelización paramétrica. Densidad urbana.*