

A DESMISTIFICAÇÃO DO URBANISMO PARAMÉTRICO PARA ANÁLISE DA DENSIDADE URBANA

CAROLINA GIROTTI¹

RESUMO

A densidade urbana é um conceito complexo, a qual está condicionada a fatores como congestionamento urbano, vitalidade urbana, acesso ao sol e clima urbano. Entende-se que relacionar a densidade urbana ao urbanismo paramétrico pode facilitar não apenas o entendimento da mesma, mas também a solução futura de problemas urbanos, como os citados a cima. O estudo da densidade urbana condiciona a aplicação de índices urbanísticos, como taxa de ocupação do solo e coeficiente de aproveitamento. A taxa de ocupação do solo e o coeficiente de aproveitamento são índices numéricos, os quais podem ser representados através de parâmetros dentro de uma linguagem de desenho paramétrico. A ferramenta de desenho paramétrico utilizada na presente pesquisa é o *Rhinoceros* com o editor algoritmo *Grasshopper* para o desenvolvimento da presente pesquisa. Conclui-se com a presente pesquisa que a escala de trabalho é fator chave quando se trata de densidade urbana.

Palavras-chave: Urbanismo Paramétrico, Densidade Urbana, Grasshopper, Rhinoceros, Desenho Paramétrico.

ABSTRACT

Urban density is a complex concept, which may be conditioned by factors such as urban congestion, urban vitality, access to the sun and people traffic. It is understood that interconnecting density urban with parametric urbanism would facilitate the understanding of the density urban and the future solution of urban problems. The study of urban density conditions the application numerical urban indices, which can be represented by parametric design language. It was decided to use parametric drawing tools such as the Rhinoceros with the algorithm editor Grasshopper for the development of this research. It is concluded with the present research that the work scale is a key factor when it comes to urban density.

Keywords: Parametric Urban, Urban Density, Grasshopper, Rhinoceros, Parametric Design.

¹ Carolina Girotti é Arquiteta e Urbanista, formada pelo Centro Universitário Belas Artes de São Paulo. Atualmente cursa mestrado em gestão urbana pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo com o tema de dissertação: Morfologia urbana e as condicionantes de potencial de energia solar fotovoltaica na escala de bairro.

INTRODUÇÃO

A densidade urbana possui influencia direta em questões urbanas como congestionamentos, acesso ao sol, vitalidade urbana, infraestrutura urbana, sustentabilidade e até mesmo consumo energético.

O urbanismo paramétrico é uma nova ferramenta de desenho digital, não apenas de representação gráfica, mas que através de parâmetros é possível simular previsões do projeto em qualquer fase de implantação, prevenindo assim futuros problemas e diagnosticando possíveis soluções para os mesmos. O estudo da densidade urbana condiciona a aplicação de índices urbanísticos, como taxa de ocupação do solo e coeficiente de aproveitamento, os quais podem ser representados através de parâmetros dentro de uma linguagem de desenho paramétrico.

As ferramenta de desenho parametrico escolhida para o estudo é o *Rhinoceros* com o editor algoritmo *Grasshopper*, os quais se mostram flexíveis com diversos tipos de problema por permitirem aplicação de uma série de plug-ins, adaptáveis com os mesmos.

OBJETIVO

Realizar a modelagem de parâmetros da densidade urbana com a ferramenta *Rhinoceros* e o *plug-in* editor de algoritmos *Grasshopper*.

METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa foi dividida por etapas. Sendo elas compostas por revisão bibliográfica da densidade urbana e da seleção de ferramenta de desenho paramétrico, as quais foram necessárias revisões bibliográficas e testes nas ferramentas.

Com a ferramenta de estudo determinada, sendo ela *Rhinoceros* e seu *plug-in* *Grasshopper*, foi realizada a aplicação dos parâmetros urbanísticos de densidade, permitidos pelo Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, para se obter um resultado visual, tridimensional, de uma malha urbana.

1 DENSIDADE URBANA

A densidade urbana parece um conceito simples, porém quando analisado, se demonstra complexo. A densidade urbana pode ser subdividida em: densidade construída (ou coeficiente de aproveitamento), densidade regional, densidade residencial (ou densidade populacional), densidade de ocupação (ou taxa de ocupação do solo), densidade de empregos, densidade de pessoas de passagem, densidade de população flutuante e até mesmo densidade percebida (MARINS; ROMÉRO, 2012; MARTINS, 2014; NG, 2010)

HUI (2001) explora efeitos positivos e negativos causados por densidades urbanas altas. Entre os efeitos positivos, ele cita que altas densidades tendem a promover o transporte público, sendo que reduz a duração e a necessidades por automóveis individuais, em contrapartida, a alta densidade pode causar congestionamentos e conseqüentemente reduzir a eficiência dos automóveis. Na infraestrutura, os aspectos positivos levantados pelo autor, são que a quantidade de infraestrutura muitas vezes se torna menores em cidades densas, como exemplo, o sistema viário. A implantação de sistemas como o de água e de energia tende a ser facilitada em cidades densas também. O aspecto negativo que o autor cita é que edifícios verticais geram gastos energéticos com transporte verticais (elevadores). Entre os aspectos positivos citados pelo autor estão os sistemas de aquecimento e resfriamento de edificação, segundo o autor, esses tendem a ser mais eficientes em cidades densas. O autor levanta também o sombreamento entre as edificações como algo positivo e negativo, positivo pois tal sombreamento pode amenizar a temperatura em cidades com clima quente e negativo pois tal sombreamento pode limitar o potencial de geração de energia fotovoltaica. Dentre os aspectos negativos, a alta densidade urbana tende a causar maiores efeitos de ilha de calor, além de influenciar negativamente na iluminação natural nas edificações, o que pode aumentar o consumo com iluminação artificial e conseqüentemente energia elétrica.

Para NG (2010), a densidade urbana construída (ou coeficiente de aproveitamento) é uma medida numérica, sendo a concentração de estruturas físicas dentro de uma determinada área geográfica. É um objeto indicador espacial quantitativo, no entanto, na prática, a densidade construída assume um significado quando estiver relacionado com uma escala de referência, a densidade urbana construída desempenha um papel importante na morfologia urbana.

Edifícios altos não estão necessariamente associados com altas densidades construída. Barcelona possui 32.022 pessoas por km² sendo uma das cidades mais compactas da Europa,

e seus edifícios possuem pavimentos variando entre 4 e 6 pavimentos. Em contrapartida, Nova Iorque, com 33.666 pessoas por km² caberia em blocos de 7 pavimentos, se utilizasse o padrão de ocupação urbana de Barcelona, porém é uma cidade muito mais vertical.

A taxa de ocupação do solo, também é um índice numérico que é capaz de interferir nos valores de densidade. A taxa de ocupação do solo é uma relação entre o espaço construído e o espaço livre, ou seja, esse pode ser o terreno, se a escala for uma edificação ou o espaço urbano, com suas vias e áreas verdes, se a escala for de bairro. É possível apresentar um valor de densidade através de cálculo de taxa de ocupação do solo e coeficiente de aproveitamento, porém a forma poderá ser diversificada (MARTINS, 2014).

A densidade percebida é a estimativa do número de pessoas presentes em uma área geográfica, essa estimativa pode variar de acordo com o espaço disponível e sua organização (RAPOPORT apud NG, 2010). Características espaciais são importantes na percepção da densidade percebida, mas a interação entre o indivíduo e o ambiente como um todo são mais relevantes, para essa interação, atributos cognitivos individuais e aspectos socioculturais são fundamentais (ALEXANDER apud NG, 2010).

A densidade residencial, ou populacional, também é quantitativa, porém é uma medida numérica da concentração de estruturas populacionais dentro de uma determinada área geográfica. A densidade populacional é motivada por ofertas de serviço, infraestrutura, culturas e aspectos topográficos (NG, 2010).

A densidade de empregos é um indicador das atividades econômicas urbanas. Cidades como Nova Iorque, Londres e Hong Kong são focadas em gestão do conhecimento e finanças, sendo favorecidas pela alta densidade e requerem mais espaços para escritórios, os quais normalmente ficam concentrados em regiões centrais das cidades. Já centros urbanos com significativa base industrial tem padrões de distribuição de empregos mais dispersos, nas regiões metropolitanas, como exemplo Bogotá e São Paulo (NG, 2010).

Como foi levantado pelos autores, são amplos os impactos da alta densidade urbana, dentre eles estão a durabilidade construtiva, a morfologia da edificação, a desigualdade urbana causada pela periferização, o congestionamento urbano, a falta de recursos e infraestrutura gerados por distâncias longas e pela desigualdade urbana, saturação do espaço construído, a alteração do clima urbano, a poluição sonora e atmosférica e a perda de privacidade.

Os principais benefícios da alta densidade urbana estão na eficiência nos serviços, sendo que é mais viável economicamente e tecnicamente oferecer serviços para uma área com densidade alta. A vitalidade urbana, com o maior número de pessoas circulando e vivendo a cidade. Também se incrementa a viabilização do transporte público, a pé e por bicicleta, uma cidade densa é sinônimo de uma cidade menos dispersa e com menos distancias para percorrer, com as distancias menores, a viabilização dos transportes, sobretudo os modos ativos é facilitada.

Os aspectos desfavoráveis da alta densidade urbana são o maior risco de degradação ambiental, o congestionamento e saturação do espaço construído, a alteração do clima urbano, o maior índice de ruído urbano, uma possível sobrecarga na infraestrutura e a interferência no potencial de geração de energia através de painéis fotovoltaicos.

Para estabelecer limites de adensamento e verticalidade urbana visando diminuir os aspectos desfavoráveis causados pelos mesmos, políticas públicas são essenciais mecanismos utilizados. O Plano Diretor Estratégico do Município tem por finalidade orientar a construção de espaços urbanos ou privados. Para estabelecer limites de adensamento e verticalidade, índices urbanísticos como coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação do solo e recuos são fatores essenciais para serem definidos pelo Plano Diretor do Município.

Um exemplo de como um Plano Diretor pode orientar a alta densidade é a revisão do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo de 2014, o qual definiu, um maior potencial de adensamento em áreas de desenvolvimento urbano denominadas “Eixos de Estruturação da Transformação Urbana” (EETU), com o intuito de otimizar o aproveitamento do solo nas áreas próximas à rede de transporte coletivo de média e alta capacidade, ou seja, linhas de metrô, trem e corredores de ônibus (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2014). Instrumentos foram criados para associar o adensamento habitacional e construtivo ao longo destes eixos oferta de transporte público de alta capacidade, associada à qualificação e ampliação dos espaços públicos e à oferta de outros serviços e equipamentos urbanos e sociais.

2 URBANISMO PARAMÉTRICO APLICADO NA DENSIDADE URBANA

Para SILVA (2016), o urbanismo paramétrico não é apenas uma representação gráfica, mas é uma ferramenta que está ligada a decisão de projeto. Uma ferramenta que funciona através de parâmetros que podem ser aplicados desde os primeiros processos dos projetos. Os parâmetros que podem ser analisados nesse tipo de projeto envolvem densidade urbana,

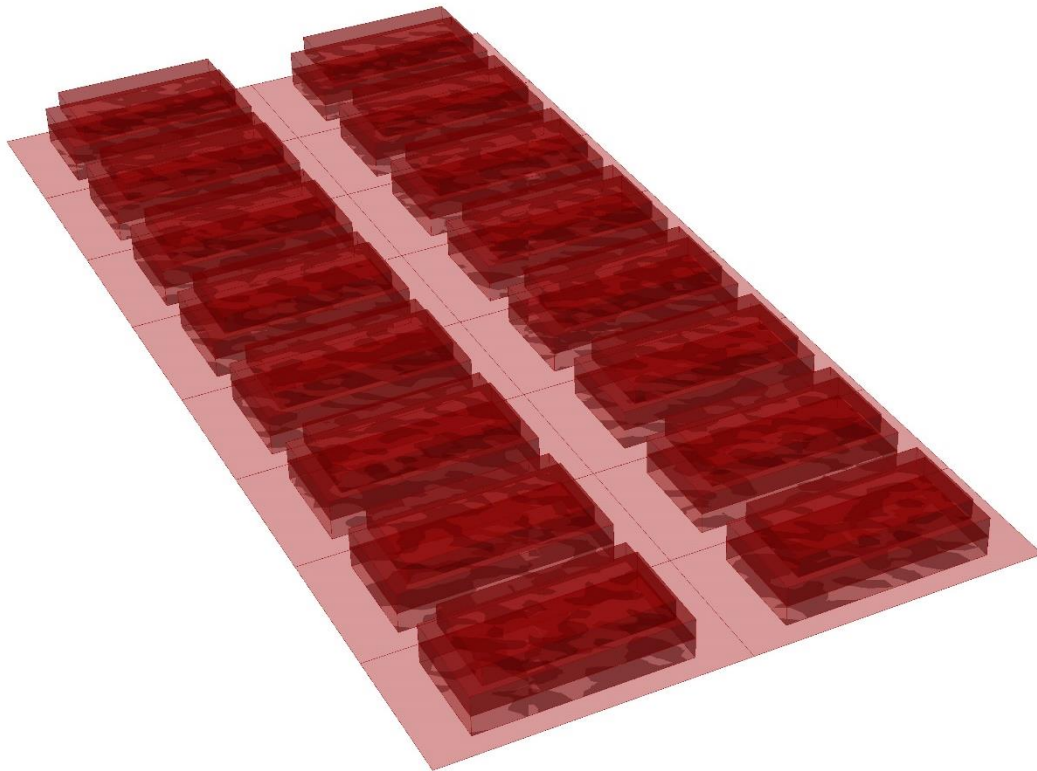
transporte, estrutura viária, zoneamento urbano, tráfego, radiação solar, entre outros parâmetros que influenciam no desenvolvimento de um projeto urbano.

O *Rhinoceros* é um *software* de modelagem tridimensional, que trabalha com a tecnologia geométrica *nurbs* (RHINO3D, 2017). O *Rhinoceros* possui uma capacidade de interoperabilidade ampliada, através de *plug-ins*, o que o torna flexível com diversos tipos de projetos e problemas. O *Grasshopper* é um editor algoritmo visual que constrói modelos paramétricos na plataforma de modelagem *Rhinoceros*, sendo assim o seu *plug-in* mais utilizado (ANTON; TĂNASE, 2016).

Autores como NG (2005), em estudos de acesso ao sol em cidades com densidades altas, trabalha com escalas onde os edifícios mais altos possuem 100m, os mais baixos 50m, e os medianos 75m. Essa escala de trabalho é aceita em Hong Kong, local de estudo do autor, porém a escala de trabalho de NG, é diferente de São Paulo, se tornando uma escala de trabalho difícil de ser aplicada no município de São Paulo, onde o coeficiente de aproveitamento básico é 1, ou seja, pode-se construir apenas a área do terreno, e o coeficiente de aproveitamento máximo é 2 na maior parte do município de São Paulo, ou seja pode-se construir duas vezes o terreno, com exceção aos EETU (eixo estruturados de transformação urbana) e ZEIS (zonas especiais de interesse social), onde o coeficiente de aproveitamento máximo é 4. Dificilmente, mesmo com o coeficiente de aproveitamento 4, se chegará a uma escala de trabalho utilizada no estudo de NG.

A visualização é facilitada com a aplicação do urbanismo paramétrico, ilustrado pela figura 1, um exemplo com terrenos de 700 m², coeficiente de aproveitamento 2 (CA máximo na maior parte do município de São Paulo) e Taxa de Ocupação de 0,70. Nesse exemplo, o gabarito não pode passar de 6 m, ou 2 pavimentos.

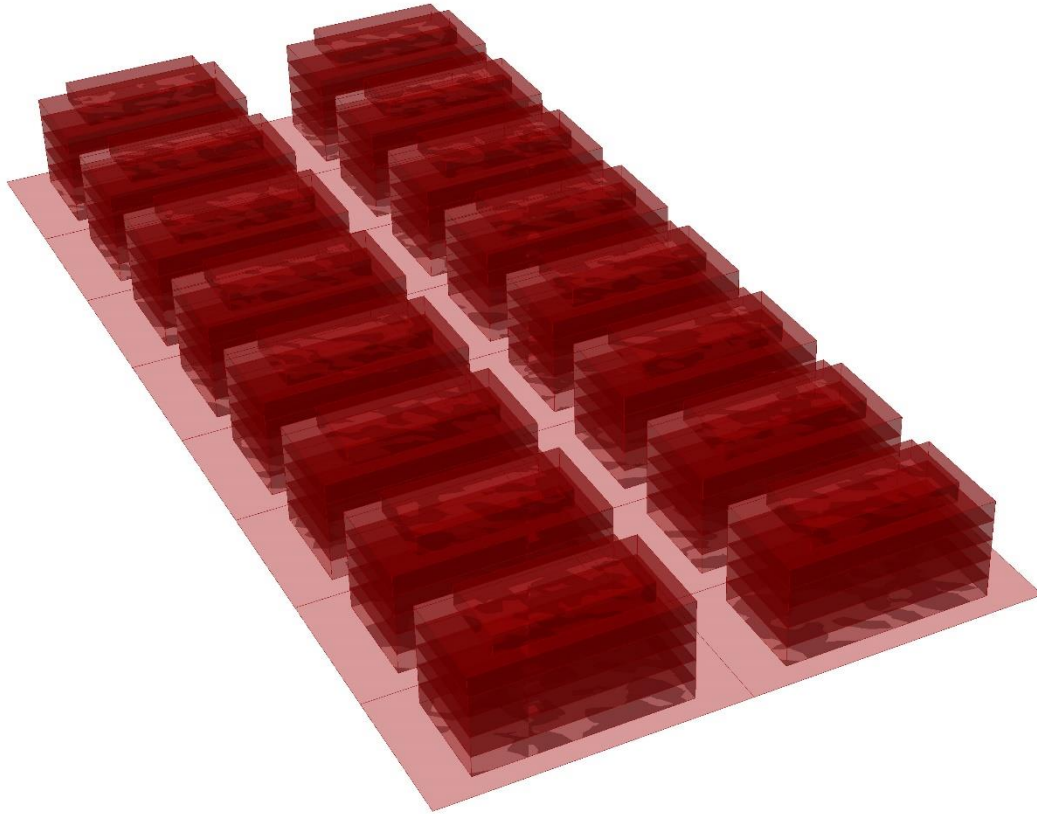
Figura 1: Exemplo de malha urbana com C.A. 2 e T.O. 0,70



Fonte: Elaborado pela autora com o Software Rhinoceros e Grasshopper (ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES, 2012a, 2012b).

Já no segundo exemplo, tem-se o máximo construtivo permitido no Município de São Paulo, de acordo com o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, ou seja, coeficiente de aproveitamento 4 (CA máximo permitido em regiões estratégicas), os outros parâmetros continuaram idênticos ao exemplo anterior, com terrenos de 700 m² e Taxa de Ocupação de 0,70. Nesse exemplo, o gabarito não pode passar de 15 m, ou 5 pavimentos, sendo assim, bem distante dos 100m, 75m e 50m estudados por NG, conforme ilustra a figura 2.

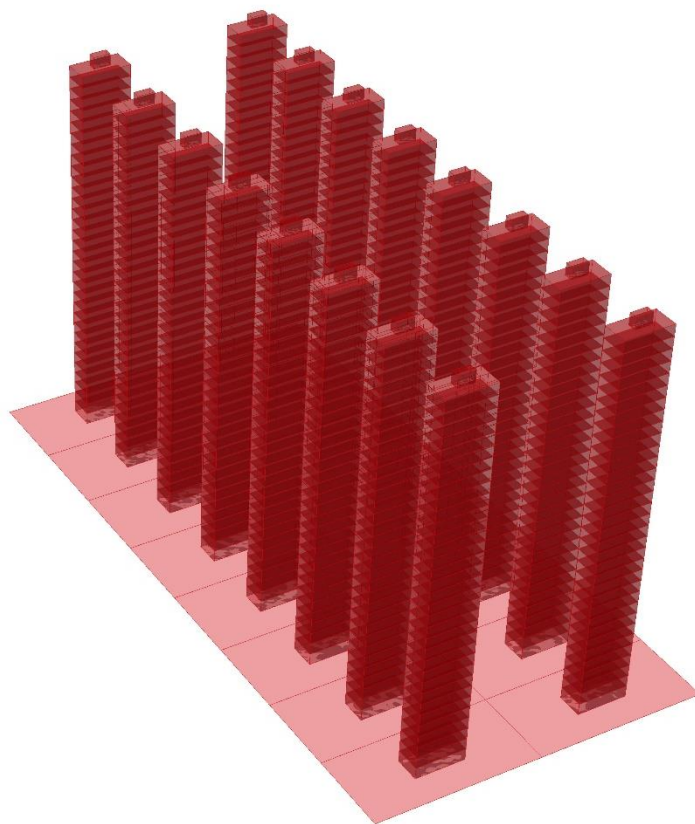
Figura 2: Exemplo de malha urbana com C.A. 4 e T.O. 0,70



Fonte: Elaborado pela autora com o Software Rhinoceros e Grasshopper (ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES, 2012a, 2012b).

Para se obter uma escala de trabalho do NG (2005), foi modificados os parâmetros de densidade urbana do Grasshopper, até se obter 33 pavimentos, o correspondente a um gabarito de 99 metros. Um dos resultados aceitáveis, foi um coeficiente de aproveitamento de 10 e uma taxa de ocupação do solo de 0,30, sendo que o autor, enfatiza em seus estudos, que cidades densas necessitam de maiores distâncias entre as edificações, conforme ilustra a figura 3.

Figura 3: Exemplo de malha urbana com C.A. 10 e T.O. 0,30

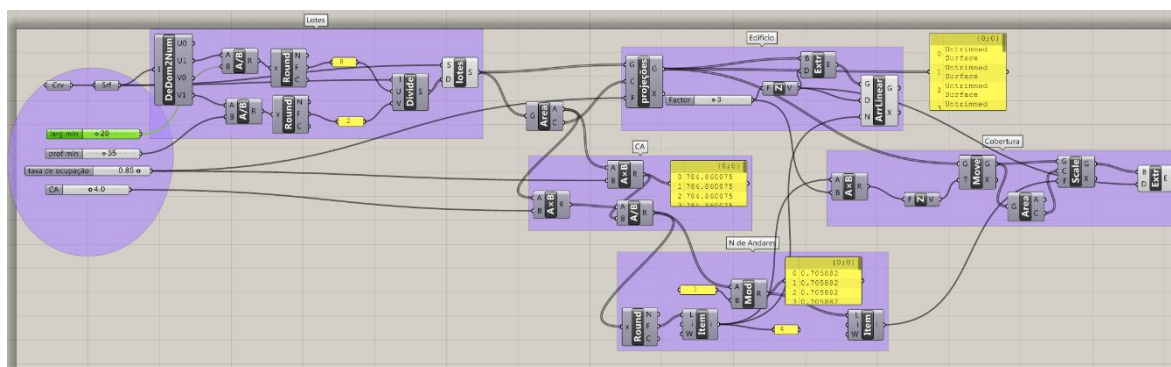


Fonte: Elaborado pela autora com o Software Rhinoceros e Grasshopper (ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES, 2012a, 2012b).

Os exemplos ilustram que os índices urbanísticos de taxa de ocupação do solo e o coeficiente de aproveitamento possuem influência direta na densidade urbana. Autores que trabalham com densidades altas, como o NG, defendem uma taxa de ocupação mais baixa, por atribuir a densidade urbana ao coeficiente de aproveitamento. Porém como foi mencionado, a densidade urbana é influenciada apenas pelo coeficiente de aproveitamento, como é o caso da cidade de Nova Iorque comparada com Barcelona, no início do artigo.

A programação necessária para desenvolver os exemplos está ilustrada pela figura 4, onde é possível notar que no lado esquerdo estão os parâmetros, largura do terreno, profundidade do terreno, taxa de ocupação e coeficiente de aproveitamento, os quais são alterados conforme a necessidade. No estudo, foi aplicado parâmetros urbanísticos condizentes com o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo.

Figura 4: Programação para execução dos índices urbanos na ferramenta Grasshopper



Fonte: Elaborado pela autora com o Software Grasshopper (ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES, 2012a).

CONCLUSÃO

Se entende que a densidade urbana é um fator determinante para diversos tipos de problemas urbanos, como transporte urbano, problemas de acesso ao sol, congestionamentos, tráfego de pessoas e vitalidade urbana. Por tal motivo, pensou-se em desenvolver uma programação para o software Grasshopper, que condiciona os fatores de densidade urbana, os quais são, coeficiente de aproveitamento e taxa de ocupação do solo. Dessa forma, a programação proposta pode auxiliar a solução dos problemas citados, além de desmistificar a densidade urbana e o urbanismo paramétrico de forma que muito autores retratam a densidade urbana apenas como alta e baixa densidade, porém, como foi visto, a densidade depende muito da escala de trabalho, exemplos de cidades densas para autores de Hong Kong serão difíceis de ser aplicadas em municípios como São Paulo, porém é necessário encontrar a escala de densidade que o município de São Paulo comporta, para usufruir dos benefícios que a alta densidade propõe.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida, para realização da pesquisa de mestrado, a qual possibilitou a realização deste artigo. Ao professor da FAU-USP, Arthur Lara, pelos conhecimentos concedidos de desenho paramétrico. À minha orientadora de mestrado da Poli-USP, Karin Marins.

REFERÊNCIAS

ANTON, I.; TĂNASE, D. Informed Geometries. Parametric Modelling and Energy Analysis in Early Stages of Design. **Energy Procedia**, v. 85, p. 9–16, 2016.

HUI, S. C. M. Low energy building design in high density urban cities. **Renewable Energy**, v. 24, n. 3–4, p. 627–640, 2001.

MARINS, K.; ROMÉRO, M. Integration of urban morphology constraints in the development of a methodology for urban energy planning. p. 117–137, 2012.

MARTINS, T. A. DE L. **De condicionantes solares à oportunidades de desenho urbano: otimização de tipo-morfologias urbanas em contexto de clima tropical**. Rio de Janeiro: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

NG, E. A study of the relationship between daylight performance and height difference of buildings in high density cities using computational simulation. **International Building Performance Simulation**, p. 847–852, 2005.

NG, E. **DESIGNING HIGH-DENSITY CITIES: For Social & Environmental Sustainability**. 1^a ed. London: Earthscan, 2010.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo**. Brasil, 2014.

RHINO3D. **Rhino3D**. Disponível em: <www.rhino3d.com/features>. Acesso em: 6 abr. 2017.

ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES. **Grasshoper**, 2012a. Disponível em: <www.grasshopper3d.com/>

ROBERT MCNEEL & ASSOCIATES. **Rhinoceros 5.0**, 2012b. Disponível em: <www.rhino3d.com/>

SILVA, E. R. J. **Urbanismo Paramétrico: Experimentos para uma cidade compacta e sustentável**. SIGraDi 2016, XX Congress of the iberoamerican Society of Digital Graphics. **Anais...**Buenos Aires: 2016.

