

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano

URBANISMO PARAMÉTRICO: PARAMETRIZANDO URBANIDADE

Robson Canuto da Silva
AUTOR

Luiz Manuel do Eirado Amorim
ORIENTADOR

Mauro Normando Macêdo Barros Filho
CO-ORIENTADOR

Recife, outubro de 2009

ROBSON CANUTO DA SILVA

URBANISMO PARAMÉTRICO: PARAMETRIZANDO URBANIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco em atendimento aos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Urbano.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Manuel do Eirado Amorim.

Co-orientador: Prof. Dr. Mauro Normando Macêdo Barros Filho.

RECIFE
2009

Silva, Robson Canuto da
Urbanismo paramétrico: parametrizando
urbanidade / Robson Canuto da Silva. – Recife: O
Autor, 2009.

135 folhas. : il., fig., graf., quadros.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal
de Pernambuco. CAC. Desenvolvimento Urbano,
2009.

Inclui bibliografia.

1. Planejamento urbano. 2. Vida urbana. 3.
Projeto urbano. 4. Sintaxe espacial. I. Título.

711.4
711.4

CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)

UFPE
CAC2010-31

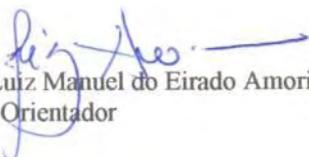


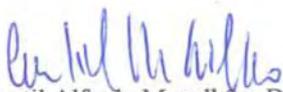
Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano
Universidade Federal de Pernambuco

Ata de Defesa de dissertação em Desenvolvimento Urbano do mestrando **ROBSON CANUTO DA SILVA**.

Às 15.00 horas do dia 30 de outubro de 2009 reuniu-se no Mini Auditório 2,a Comissão Examinadora de dissertação, composta pelos seguintes professores: Luiz Manuel do Eirado Amorim (orientador), Gentil Alfredo Magalhães Duque Porto Filho (examinador externo) e Fernando Diniz Moreira (examinador interno) para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: "URBANISMO PARAMÉTRICO: parametrizando urbanidade", requisito final para a obtenção do Grau de Doutor em Desenvolvimento Urbano. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Luiz Manuel do Eirado Amorim, após dar conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra ao candidato, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Pelas indicações, o candidato foi considerado APROVADO. O resultado final foi comunicado publicamente ao candidato pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar eu Rebeca Júlia Melo Tavares, lavrei a presente ata, que será assinada por mim, pelos membros participantes da Comissão Examinadora e pelo candidato. Recife, 30 de outubro de 2009.

- Indicação da Banca para publicação (X)


Prof. Luiz Manuel do Eirado Amorim
Orientador


Prof. Gentil Alfredo Magalhães Duque Porto Filho
Examinador Externo/UFPE/PPG Design


Prof. Fernando Diniz Moreira
Examinador Interno – UFPE/MDU


Rebeca Júlia Melo Tavares
Secretária do Programa


Robson Canuto da Silva
Candidato

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho e, em particular, ao professor Luiz Manuel do Eirado Amorim, orientador da dissertação, por aceitar o desafio de conduzi-la, bem como pela confiança, compreensão, incentivo e apoio nestes últimos anos; ao professor Mauro Normando Macêdo Barros Filho, co-orientador, pelas contribuições importantes em diversos momentos da produção do trabalho; aos professores José Brandão e Gentil Porto Filho, pelas sugestões dadas durante a defesa do projeto de dissertação, as quais foram fundamentais para a delimitação do objeto de pesquisa, bem como para os recortes necessários; ao professor Luis de La Mora, por incentivar a pesquisa, mesmo em um momento em que as ideias não estavam tão claras; ao professor Alex Dias Ramos do Departamento de Estatística da UFPE, pelas importantes lições e esclarecimentos sobre os procedimentos estatísticos utilizados na dissertação, bem como a Jonas Oliveira e Sheila Rebeca Rodrigues, que indicaram os caminhos para a resolução dos problemas estáticos e os softwares a serem utilizados; a Karla Denise Moury Fernandes Leite, pelas contribuições com informações relativas à área de Engenharia de Transporte, como artigos e sites que foram de grande valia; à professora Circe Maria Gama Monteiro, que me introduziu no mundo acadêmico por meio de pesquisas de iniciação científica; a Rebeca e a Catarina, pelo apoio em diversos momentos; aos amigos Lúcia Vasconcelos Mota, Renata Sena Caldas, Gustavo Miranda, João Domingos Azevedo, Manoela Muniz Machado e Renata Bezerra, pelo apoio, sugestões e/ou empréstimos de livros. Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo apoio financeiro para a realização desta dissertação.

RESUMO

A dissertação trata de uma nova corrente de desenho urbano - o urbanismo paramétrico - que surgiu no âmbito da prática do escritório Zaha Hadid Architects e no ambiente acadêmico da Architectural Association School. O urbanismo paramétrico se fundamenta essencialmente nos sistemas de desenho paramétrico, nos quais os parâmetros do modelo digital é que são declarados e não a sua forma, ou seja, o foco de interesse não é a forma em si, mas os parâmetros que a geram. Essas ferramentas, desenvolvidas originalmente, na indústria aeroespacial e automotiva, vêm apresentando um forte impacto nos processos de projeto arquitetônico, especialmente por aprimorar o desenho de componentes do edifício. Nos últimos anos, técnicas e tecnologias de desenho paramétrico vêm sendo, paulatina e deliberadamente, transladadas para o urbanismo, isto é, para o desenho urbano de larga escala, sob o argumento de que os sistemas paramétricos possibilitam gerar, rapidamente, diferentes alternativas de desenho a partir da simples alteração de valores de um parâmetro particular, permitindo a geração de diferentes modelos para serem posteriormente avaliados, facilitando, assim, a tomada de decisão durante o processo de criação. Todavia, verifica-se que, apesar das potencialidades oferecidas para aumentar a eficiência e qualidade das propostas de projeto urbano, o urbanismo paramétrico emprega apenas estratégias de morfogênese digital, de mistura de usos e de densidade para criar vida urbana. Este novo modelo de urbanismo explora apenas parâmetros de natureza formal, ambiental e funcional para constituir espaços urbanos vibrantes. Embora densidade e mistura de atividades sejam importantes atributos da vida urbana, não são os primordiais. Teorias urbanas recentes, propostas por Bill Hillier e Julienne Hanson, têm argumentado que a configuração espacial dos grids urbanos determina padrões de movimento (movimento natural) através do espaço, independente de atratores. Parâmetros de configuração do espaço, ignorados pelo urbanismo paramétrico, são fundamentais para o entendimento das dinâmicas urbanas, bem como para a proposição de novas formas urbanas. Assim sendo, são propostas alternativas de aperfeiçoamento do modelo a partir da introdução de parâmetros de configuração espacial, fundamentados nos paradigmas de urbanidade e de formalidade, formulados por Frederico de Holanda. Holanda desenvolveu uma metodologia para aferição do grau de urbanidade das porções urbanas, a Medida de Urbanidade (URB), que varia entre 1 (nível de máxima formalidade) e 5 (nível de máxima urbanidade). As variáveis espaciais empregadas por Holanda podem ser facilmente convertidas em parâmetros manipuláveis computacionalmente de modo a facilitar sua introdução em uma metodologia de projeto urbano paramétrico, visando à proposição de layouts urbanos mais eficientes, no sentido de poder melhor suportar uma relação integral entre a ocupação (a partir da definição de locais ideais para diferentes atividades) e os movimentos de pedestres, a fim de garantir a animação de áreas urbanas. Entende-se que, criar vida urbana é um problema especial de desenho da configuração espacial e argumenta-se: urbanidade é parametrizável e pode ser utilizada como critério de desempenho desde a fase inicial do processo de desenho urbano, a fim de criar um campo potencial para estabelecer espaços urbanos ativos. O método desenvolvido por Frederico de Holanda foi parametrizado e, com isso, construiu-se um novo modelo de desenho urbano paramétrico em função da vida urbana.

Palavras chaves: Urbanismo paramétrico. Desenho urbano. Sintaxe espacial.

ABSTRACT

The dissertation deals with a new urban design's current which has been known as parametric urbanism, emerged from the Zaha Hadid Architects' practice and from the Architectural Association School's academic environment. Parametric urbanism is essentially based on parametric design systems, in which it is the parameters of a particular object that are declared, not its shape. In this context, the focus of interest is not the form itself, but the parameters which have generated them. Originally developed in aerospace and automotive industries, these technologies have presented a strong impact in the architectural design process, especially for improving the design of building components. In the last few years, parametric design techniques and technologies have been transferred to urbanism, in particular, to large scale urban design. The argument is that parametric design systems enable to generate, quickly, different alternatives of design just by the adjustment of values of a particular parameter. It allows generate different urban models to be later evaluated and assists the decision making during the creation process. However, it is verified that, in spite of the potentialities offered by parametric urbanism to increase the efficiency and quality of urban design proposals, it just applies morphogenetic design, mix of uses and urban density strategies to create urban life. Parametric urbanism explores just formal, environmental and functional parameters to constitute vibrant urban spaces, but these strategies are not enough to guarantee the success of urban spaces proposed in promote urbanity. Although density and mix of urban activities are important urban life attributes, they are not the primordial ones. Recent urban theories, proposed by Bill Hillier and Julienne Hanson, have argued that space configuration of the urban grids determines patters of movement (natural movement) through the space independent on the attractors. Space configuration parameters, ignored by parametric urbanism, are essential to the understanding of urban dynamics, as well as proposals for new urban forms. Therefore, this dissertation proposed alternatives for improving parametric urbanism by the introduction of space configuration parameters based on urbanity and formality paradigms, formulated by Frederico de Holanda, who has developed a methodology to measure degrees of urbanity of urban areas. This methodology has been known as Medida de Urbanidade (URB), which varies between 1 (maximum level of formality) and 5 (maximum level of urbanity). Space variables used by Holanda can easily be converted into computation parameters in order to facilitate its introduction in a methodology of parametric urban design. It can aid architects and urban planners in propose more efficient urban layouts that could better support an integral relationship between occupation and pedestrian and vehicular movement, guaranteeing lively urban areas. We understand that creating urban live is an especial problem of space configuration design and argue that urbanity can be parameterized and used as a performance criterion since the beginning of the urban design process to create a potential field to establish active urban spaces. The method developed by Frederico de Holand was parameterized to construct a new model of parametric urban design in function of urban life.

Keywords: Parametric urbanism. Urban design. Space syntax.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Modelo do projeto urbano elaborado por Eisenman para o parque Rebstock, em Frankfurt – Alemanha.	21
Figura 2. Plano do projeto de Eisenman para o parque Rebstock.	22
Figura 3. Landsberger Allee, projeto urbano desenvolvido por Daniel Libeskind, em Berlim.	23
Figura 4. Modelo físico do projeto urbano para a cidade de Almere, projetado por Koolhaas.	24
Figura 5. Modelo do projeto urbano para a cidade de Lille, projetado por Rem Koolhaas.	25
Figura 6. Modelo digital do projeto urbano desenvolvido por Zaha Hadid para Zorrozaurre, em Bilbao.	26
Figura 7. Mesmo modelo paramétrico diferenciado apenas pela alteração de valores dos parâmetros.	30
Figura 8. Modelo físico da Sala de Concertos Walt Disney e modelo digital do Museu Guggenheim de Bilbao.	34
Figura 9. Torre de escritórios da Re Swiss, projetada por Foster & Partners.	35
Figura 10. Detalhe da estrutura da Torre Re Swiss e modelo paramétrico.	36
Figura 11. Arquiteturas geradas por processos de morfogênese digital.	37
Figura 12. Museu da Mercedes Benz. Diagrama e prototipagem rápida do museu e imagem da construção final.	38
Figura 13. Detalhe da Torre GCM em Marseille, projetada por Zaha Hadid.	39
Figura 14. <i>Swarming Formation</i> .	49
Figura 15. Técnicas variação tipológica e diferenciação paramétrica.	50
Figura 16. Técnicas de proliferação de edifícios, empregadas pelo urbanismo paramétrico.	51
Figura 17. Técnicas de deformação de grids, utilizadas pelo urbanismo paramétrico para o desenho de malhas urbanas.	52
Figura 18. One-North Masterplan.	53
Figura 19. Vista geral do One-north Masterplan, em Cingapura.	54
Figura 20. Modelo urbano do Kartal-Pendik Masterplan, em Istambul.	55
Figura 21. Detalhe da malha urbana do Kartal-Pendik Masterplan, que comporta formas edilícias diversas.	56
Figura 22. Kartal - Pendik Masterplan, em Istambul.	57
Figura 23. Thames Gateway Masterplan. Detalhes da modelagem urbana e os ensaios com modelo computacional.	58
Figura 24. Inversão da lógica da morfologia da cidade tradicional pelo urbanismo moderno.	62
Figura 25. Transformação do bloco urbano tradicional (a ilha) para o bloco modernista (a barra).	63
Figura 26. Trafalgar Square, em Londres.	70
Figura 27. Ponte do Milênio, entre a Galeria Tate Modern e a Catedral de São Paulo. Percebe-se o intenso fluxo de pedestres.	72
Figura 28. Simulações M01, M02, M03 e M04.	93
Figura 29. Mapa de barreiras, mapa axial, mapa de todas as linhas axiais e o mapa de urbanidade das simulações.	99

Figura 30. Gráficos dos ajustes polinomiais com as curvas de normalização.	100
Figura 31. Medida de urbanidade de áreas urbanas do Distrito Federal.	104
Figura 32. Malha Regular (MR) gerada como referência para a realização dos experimentos.	105
Figura 33. Malhas deformadas por meio digital.	106
Figura 34. Simulações com deformação no interior da malha.	110
Figura 35. Simulações com deformação na borda da malha.	111
Figura 36. Mapas axiais das simulações com deformação no interior da malha.	112
Figura 37. Mapas axiais das simulações com deformação na borda da malha.	113
Figura 38. Mapa de todas as linhas axiais das simulações com deformação no interior da malha.	114
Figura 39. Mapa de todas as linhas axiais das simulações com deformação na borda da malha.	115
Figura 40. Mapa de urbanidade das simulações com deformação no interior da malha.	116
Figura 41. Mapa de urbanidade das simulações com deformação na borda da malha.	117
Figura 42. Simulações com deformação da malha na borda e no interior.	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diferentes abordagens da noção de espaço por concepções urbanísticas distintas.	42
Tabela 2. Fatores de uso do solo para o comportamento do transporte.	84
Tabela 3. Impactos da implantação de empreendimentos geradores de viagens.	86
Tabela 4. Taxas e modelos de geração de viagens em função da categoria do empreendimento (Parte 1).	87
Tabela 5. Taxas e modelos de geração de viagens em função da categoria do empreendimento (Parte 2).	88
Tabela 6. Taxas e modelos de geração de viagens em função da categoria do empreendimento (Parte 3).	89
Tabela 7. Frequência, distância e duração dos deslocamentos de pedestres em função do propósito.	94
Tabela 8. Modelo de desenho urbano paramétrico em função da urbanidade.	95
Tabela 9. Dados sintáticos primários.	96
Tabela 10. Variáveis espaciais de urbanidade.	97
Tabela 11. Equação de normalização das variáveis espaciais de urbanidade.	98
Tabela 12. Medida de urbanidade.	101
Tabela 13. Dados sintáticos.	109
Tabela 14. Variáveis espaciais de urbanidade.	109
Tabela 15. Principais medidas sintáticas.	109
Tabela 16. Medida de urbanidade.	109
Tabela 17. Modelo de desenho urbano em função da urbanidade (Parte 1).	119
Tabela 18. Modelo de desenho urbano em função da urbanidade (Parte 2).	120
Tabela 19. Dados sintáticos.	121
Tabela 20. Variáveis espaciais de urbanidade.	122
Tabela 21. Equações de normalização (ajuste polinomial).	123
Tabela 22. Tabela comparativa entre as medidas sintáticas e a medida de urbanidade.	124
Tabela 23. Medida de urbanidade.	125

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 URBANISMO PARAMÉTRICO EMERGÊNCIA, FUNDAMENTOS E LIMITES	15
1.1 EMERGÊNCIA.....	15
1.1.1 O urbanismo paramétrico no contexto das teorias urbanas recentes	15
1.1.2 O urbanismo paramétrico no contexto das teorias do design e da computação.....	27
1.2 FUNDAMENTOS E LIMITES	40
1.2.1 O urbanismo paramétrico e seus fundamentos	40
1.2.1 O urbanismo paramétrico e seus limites	42
2 URBANIDADE E FORMALIDADE	60
2.1 TEORIA DA LÓGICA SOCIAL DO ESPAÇO.....	60
2.1.1 O <i>grid</i> como gerador de urbanidade.....	60
2.1.2 A teoria da lógica social do espaço, seus princípios, fundamentos e métodos	67
2.1.3 Aplicabilidade da teoria da lógica social do espaço.....	69
2.2 PARADIGMAS DE URBANIDADE E FORMALIDADE	73
2.2.1 A dicotomia instrumental/simbólica e a proposição dos paradigmas de urbanidade/formalidade	73
2.2.2 Urbanidade e formalidade, dois paradigmas sócio-espaciais e uma metodologia de aferição.....	74
2.2.3 Restrições da metodologia de aferição de urbanidade – Medida de Urbanidade (URB).....	78
3 PARAMETRIZANDO URBANIDADE	81
3.1 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS.....	81
3.1 Polos Geradores de Viagens - Potencial de Movimento de Pedestres	83
3.2 MODELO DE DESENHO URBANO PARAMÉTRICO EM FUNÇÃO DA URBANIDADE	92
3.2.1 Descrição do modelo.....	92
4 URBANISMO PARAMÉTRICO E URBANIDADE	103
4.1 ENSAIO.....	103
4.2 RESULTADOS	107
5 CONCLUSÃO	127
REFERÊNCIAS	131
APÊNDICE A – Softwares de análises espaciais e estatísticas	137

INTRODUÇÃO

A dissertação trata de uma nova corrente de desenho urbano – o urbanismo paramétrico –, discute seus fundamentos, identifica seus limites e introduz procedimentos analíticos e propositivos para superá-los.

A expressão urbanismo paramétrico vem de parâmetro¹, que é frequentemente empregado em campos disciplinares tão diversos quanto as Ciências Sociais e as Ciências Exatas e da Natureza. Porém, a depender da disciplina, o termo parâmetro pode assumir diferentes significações. Ele pode referir-se tanto a todo o elemento cuja variação de valor altera a solução de um problema sem alterar-lhe a natureza – o sentido mais técnico ou matemático da palavra – como também a qualquer fator que determina um limite de variação e/ou que restringe o que pode resultar de um processo ou política, isto é, aquilo que serve de controle para uma determinada ação – situação na qual o significado mais próximo é o de limite ou fronteira. Curiosamente, esse termo é empregado pelas disciplinas da arquitetura e do urbanismo nas duas acepções e não é recente.

A investigação e aplicação de parâmetros matemáticos para uso e ocupação do solo constituíram uma das expressões mais emblemáticas do urbanismo moderno para organização do espaço urbano, mas, por desconhecimento de códigos espaciais extremamente importantes para a vida urbana, determinados parâmetros de constituição da forma urbana² foram privilegiados em detrimento de outros, trazendo prejuízos para o ambiente das cidades (JACOBS, 1961; ALEXANDER, 1965; PANERAI, 1977; SCHUMACHER, 1978; HILLIER; HANSON, 1984; HILLIER et al, 1987, HOLANDA, 2002). Talvez por isso, por quase meio século, o termo parâmetro tenha se restringido, quase exclusivamente, aos processos de controle de uso e ocupação do solo vinculados ao direito urbanístico.

Nós últimos anos, porém, assistimos a uma retomada da importância do termo parâmetro na arquitetura e no urbanismo, ou pelo menos uma nova ênfase nele, em função de uma aproximação recente com as ferramentas mais avançadas de projeto assistido por computador – os sistemas de desenho paramétrico. Sobretudo, na última década, houve um avanço significativo no desenvolvimento desses sistemas, visando assistir o projeto para gerar formas de um modo mais interativo.

Enquanto os tradicionais softwares de Projeto Assistido por Computador (CAD) se baseiam na representação de objetos geométricos elementares dentro de um sistema de coordenadas cartesianas, no qual tais objetos precisam ser redesenhados quando alterados, os sistemas paramétricos se baseiam em parâmetros manipuláveis e, por isso, mantêm a capacidade de o modelo ser ajustado e reajustado durante todo o processo de projeto, aspecto pelo qual são ferramentas, do ponto de vista de sua inerência, mais dinâmicas e interativas. Essas ferramentas vêm evidenciando novamente a importância dos parâmetros geradores da forma, em detrimento da gênese da forma em si mesma. Além disso, vários autores argumentam que, por permitirem a concepção de artefatos sensíveis a parâmetros de diversas naturezas e a exploração de múltiplas alternativas em um ambiente digital interativo, possibilitando comparar opções e escolher a mais adequada e aceita por aqueles envolvidos com o projeto, essas ferramentas tornam mais flexível o

¹ The American Heritage® Dictionary of the English Language. Houghton Mifflin Company, 2006. Disponível em: <<http://dictionary.reference.com/help/ahd4.html>> Acesso em: 15 dez. 2008.

² Neste trabalho, as formas urbanas são entendidas como o conjunto dado pelas malhas urbanas e pelas massas edificadas ou tipos edilícios.

processo de projeto e possibilitam a exploração de formas, cada vez mais, inovadoras (KOLAREVIC, 2005; MENGES, 2006; SCHUMACHER, 2008).

Originários das indústrias naval, aérea e automotiva, esses sistemas, já há algum tempo, vêm sendo utilizados em processos de projeto arquitetônico, não apenas como instrumento para agilizar a produção do projeto e aperfeiçoar o design de componentes, mas, especialmente, como ferramenta para auxiliar a concepção.

Um expressivo legado de pequenas e grandes obras de arquitetura foi construído, nos últimos anos, pelas mãos de arquitetos jovens e veteranos com base no emprego dessas novas tecnologias, alimentando discussões sobre a emergência de uma nova categoria de arquitetura designada na literatura como “arquitetura paramétrica” (KOLAREVIC, 2000a, 2000b, 2005). Schumacher (2009) destaca que há uma tendência estética contemporânea derivada do uso desses novos recursos digitais, verificada não apenas na arquitetura, mas nas diversas atividades envolvidas com problemas de design. Essa tendência, sendo ele, pode ser já qualificada como estilo: o “parametrismo”. Este seria “o novo grande estilo, para além do modernismo, do pós-modernismo e do desconstrutivismo” (SCHUMACHER, 2008b).

No mais recente estágio desses avanços, técnicas e tecnologias de desenho paramétrico vêm sendo rotineiramente introduzidas também no urbanismo, mais especificamente no desenho urbano de larga escala, instituindo o que vem sendo chamado de urbanismo paramétrico. Trata-se de uma nova corrente de desenho urbano que emergiu especificamente no âmbito da prática do escritório Zaha Hadid Architects - dirigido por Zaha Hadid e Patrik Schumacher ³ - e no ambiente acadêmico da Architectural Association School ⁴, em Londres, em particular, no DRL (Design Research Laboratory), fundado por Patrik Schumacher e Brett Steele.

Também, o urbanismo paramétrico surge numa conjuntura em que se verifica uma retomada da importância do projeto urbano como principal instrumento de planejamento. Com a globalização e o conseqüente rearranjo das condições políticas, econômicas e sociais a partir dos anos 80, surge um novo tipo de planejamento designado por estratégico, que privilegia o projeto urbano como instrumento fundamental para o desenvolvimento urbano. É a partir deste período que uma grande quantidade de projetos de renovação urbana passa a ser implementada em diversas cidades como Barcelona, Lisboa e Lille, entre tantas outras. Verifica-se, neste novo tipo de planejamento, uma demanda, cada vez maior, por personificação e/ou diferenciação desses novos projetos urbanos para torná-los mais atrativos, em termos comerciais, de modo a favorecer o marketing urbano e a competitividade entre as cidades na busca pela atração de investimentos internacionais como forma de possibilitar a construção de novos lugares e gerar benefícios tanto locais, como globais (BRANDÃO, 2002; KEUBAGH, 2001).

Essa demanda por personificação criou as condições ideais para a emergência de novas experimentações no campo do desenho urbano de larga escala, em particular, no que se refere à busca por novas formas de organização espacial urbana, fundamentadas nas teorias da desconstrução de Derrida e nas teorias da dobra de Deleuze (1988), bem como

³ Zaha Hadid é Patrik Schumacher são sócios do escritório Zaha Hadid Architects. Hadid é arquiteta graduada pela Architectural Association School e Schumacher é PHD pela Klagenfurt University, co-diretor do Design Research Laboratory (DRL) da Architectural Association School de Londres e sócio do escritório Zaha Hadid Architects desde 1988.

⁴ A Architectural Association School of Architecture é uma escola dirigida pela Architectural Association, fundada em 1847 para promover o livre debate sobre arquitetura. É reconhecida pelo engajamento em discursos contemporâneos de arquitetura, motivo pelo qual constitui um efervescente centro de debates.

na exploração criativa de geometrias complexas e nas tecnologias avançadas de geração digital, tais como as ferramentas de desenho paramétrico.

O urbanismo paramétrico se fundamenta essencialmente no emprego dessas ferramentas para constituir novas lógicas de desenho urbano por meio de técnicas de variação, diferenciação e deformação, tanto das malhas urbanas como das massas edificadas, rechaçando, deste modo, princípios compositivos que caracterizaram a arquitetura e o urbanismo modernos, tais como a repetição de elementos padronizados, o desenho de objetos platônicos, linhas retas, ângulos retos e tipologias familiares. Além disso, considera os aglomerados urbanos como um enxameado de vários edifícios, os quais determinam um campo em constante mutação e utiliza as técnicas referidas para gerá-los (SCHUMACHER, 2008b). Também, visa à articulação com os tecidos urbanos pré-existentes, por meio dessas estratégias formais, e à instituição de espaços urbanos com intensa vida urbana, a partir do emprego de táticas de mistura de usos e densidade.

Contudo, tais estratégias são insuficientes para garantir que os espaços urbanos propostos pelo urbanismo paramétrico tenham êxito na promoção de urbanidade. Embora densidade e mistura de atividades urbanas sejam atributos importantes da vida urbana, não são os primordiais, uma vez que a própria configuração espacial dos *grids* urbanos (seu sistema de espaços abertos e fechados) determina padrões de movimento através do espaço, o que é definido na literatura como movimento natural (HILLIER et al, 1993). Parâmetros de configuração espacial ⁵, portanto, são essenciais para a concepção de novas formas urbanas, entretanto, eles não têm sido explorados pelo urbanismo paramétrico, o que é observado, não apenas a partir dos discursos de diversos autores envolvidos com essa prática, como também através dos vários projetos urbanos produzidos por Zaha Hadid e Patrik Schumacher nos últimos dez anos (One North Masterplan, em Cingapura; Zorrozaurre Masterplan, em Bilbao, o Kartal-Pendik Masterplan, em Istambul e o Thames Gateway Masterplan, em Londres), ficando evidente que esse novo modelo de urbanismo é sensível apenas a parâmetros formais, ambientais e funcionais.

Assim, são propostas alternativas para o aperfeiçoamento do urbanismo paramétrico a partir da introdução de parâmetros de configuração espacial, fundamentados na teoria da lógica social do espaço e nos paradigmas de urbanidade e formalidade (HOLANDA, 2002). Tais paradigmas foram apresentados por Frederico de Holanda em O Espaço de Exceção, que também desenvolveu uma metodologia para aferição dos padrões de urbanidade das porções urbanas. Argumenta-se, portanto, que urbanidade é parametrizável e que as variáveis espaciais empregadas por Holanda (2002) para aferi-la podem ser convertidas em parâmetros manipuláveis computacionalmente e introduzidas em processos de projeto urbano paramétrico, com a finalidade de garantir a proposição de arranjos urbanos mais eficientes no que diz respeito ao desempenho da vida urbana, o que permitirá atender aos propósitos do urbanismo paramétrico.

Dessa forma, para atender aos objetivos apresentados, a dissertação foi estruturada em quatro capítulos. O primeiro capítulo contextualiza e caracteriza o problema de pesquisa, versa sobre o surgimento do urbanismo paramétrico no contexto das teorias urbanas recentes e no contexto das teorias do design e da computação, discute seus fundamentos e examina projetos urbanos produzidos por Zaha Hadid e Patrik Schumacher, procurando identificar os parâmetros

⁵ Os parâmetros de configuração do espaço, bem como os parâmetros formais e ambientais estão descritos no Item 1.2.2

empregados, bem como os limites desse novo modelo de urbanismo enquanto procedimento de desenho urbano. O capítulo ainda apresenta o problema de pesquisa e desenvolve uma aproximação à abordagem teórico-metodológica, partindo da ausência de parâmetros configuracionais do espaço no urbanismo paramétrico para sugerir sua introdução por meio da teoria da lógica social do espaço (HILLIER; HANSON, 1984) e dos paradigmas de urbanidade e formalidade (HOLANDA, 2002).

O segundo capítulo traz a fundamentação teórica. Apresenta a teoria da lógica social do espaço (HILLIER; HANSON, 1984), na qual se fundamenta. Esta teoria investiga as questões de comportamento humano sobre o espaço arquitetônico e urbano a partir da variável de configuração do espaço e atribui ao próprio *grid* urbano uma parcela de responsabilidade sobre os padrões de vida urbana posteriormente estabelecidos. São apresentados seus procedimentos metodológicos e também introduzidos os pressupostos do método construído por Holanda (2002) para medir padrões de urbanidade e formalidade das porções urbanas, visando, com isso, apontar os caminhos para a construção de um instrumento de tomada de decisão de projeto que leve em consideração a configuração espacial, os aspectos de uso e comportamento e que, portanto, possa ser introduzido no urbanismo paramétrico.

O terceiro capítulo traz os pressupostos metodológicos do que chamo de modelo de desenho urbano paramétrico em função da urbanidade, construído com base no método concebido por Holanda (2002) para aferir urbanidade – a Medida de Urbanidade (URB). Tal modelo pode ser aplicado pelo urbanismo paramétrico como forma de aprimorá-lo, de modo a garantir a produção de espaços urbanos ativos, a partir da configuração da malha, da distribuição de usos urbanos e do movimento de pedestres através do espaço. O modelo foi construído com base na metodologia desenvolvida por Frederico Holanda (HOLANDA, 2002) para aferição da urbanidade das porções urbanas, bem como no potencial de movimento de pedestres extraído de Polos Geradores de Viagens (PGVs), um conceito oriundo da área de Engenharia de Tráfego.

O quarto capítulo apresenta os experimentos empíricos desenvolvidos com o propósito de validar o modelo e de demonstrar sua aplicabilidade em processos de projeto urbano paramétrico. Os experimentos se basearam em simulações, tomando-se, como ponto de partida, estratégias formais e espaciais empregadas pelo urbanismo paramétrico para o desenho das formas urbanas, identificadas nos discursos e nas propostas de Zaha Hadid e Patrik Schumacher. Essas estratégias foram isoladas e analisadas, através do modelo de desenho urbano paramétrico em função da urbanidade, procurando-se observar as variações sintáticas e as implicações de determinadas operações espaciais para os padrões de vida urbana, o que possibilitou a identificação de parâmetros de desenho espacial que podem ser incorporados ao urbanismo paramétrico.

1 URBANISMO PARAMÉTRICO | EMERGÊNCIA, FUNDAMENTOS E LIMITES

Este capítulo tem por objetivo caracterizar e contextualizar o problema de pesquisa. Inicia por discutir a emergência do urbanismo paramétrico no contexto das teorias urbanas recentes, bem como no contexto das teorias do design e da computação. Posteriormente, apresenta seus fundamentos e examina quatro projetos urbanos produzidos por Zaha Hadid e Patrik Schumacher nos últimos anos, identificando os limites do urbanismo paramétrico enquanto modelo de desenho urbano. Por fim, apresenta o problema de pesquisa.

1.1 EMERGÊNCIA

1.1.1 O urbanismo paramétrico no contexto das teorias urbanas recentes

Na década de 80, os novos fluxos de capital gerados pela reestruturação econômica do modo de produção capitalista conduziram à globalização da economia, trazendo implicações não apenas para os campos da cultura, informação, política, mas também para o urbanismo e, em particular, para as cidades. O processo de globalização fez com que as cidades assumissem um novo papel na economia global. Elas se tornaram importantes agentes políticos e protagonistas nas relações internacionais. Uma vez que, na economia global, o mercado passou a ser privilegiado como força reguladora, a atração de capital privado internacional para a cidade passou a ser uma atividade potencializadora do desenvolvimento econômico e urbano. Como bem identificou Brandão (2004, p.32), “investidores públicos ou privados, de qualquer parte do mundo, que apresentem um projeto capaz de gerar benefícios globais e locais, podem atrair investimentos de capital internacional”, ao passo que “uma cidade com projetos sociais que apresentam insuficientes benefícios globais provavelmente terá dificuldades em encontrar capital”. De acordo com Borja e Castells, “este novo contexto trouxe uma transformação estrutural na qual as cidades têm sido forçadas a desenvolver um forte senso de marketing. Elas têm se tornado territórios urbanos competitivos, trabalhando constantemente por seus próprios lugares na rede urbana internacional” (BORJA; CASTELLS, 1997 apud BRANDÃO, 2004, p.32).

Em resposta a essa nova dinâmica, e tendo em vista que as tradicionais políticas de planejamento urbano praticadas até a década de 80 estavam obsoletas demais para auxiliar as cidades a enfrentar os desafios impostos pela globalização, a elaboração de um novo tipo de planejamento, chamado de estratégico, surge, neste período, como alternativa para adaptá-las a este novo contexto e conduzi-las à conquista de sua posição global. O planejamento estratégico traz novas “abordagens de atuação sobre o espaço urbano, baseadas em gestão, participação de diferentes atores sociais e em um projeto global de cidade, em que o projeto urbano assume a posição de ferramenta de transformação territorial” (SOMEKH; MARQUES, 2007, p.03). O planejamento estratégico concentra-se em explorar as oportunidades ofertadas pelos vazios urbanos gerados pelo êxodo das atividades industriais, tais como as zonas industriais em desuso, terrenos vagos e áreas decadentes, por meio da implementação de grandes projetos de renovação urbana com o claro objetivo de remodelar a cidade e constituir espaços urbanos revitalizados, espetaculares e reestruturados com forte imagem de inovação, criatividade e sucesso. A constituição desses espaços passa,

portanto, a ser condição fundamental para a competitividade entre as cidades na busca por investimentos de capital privado internacional, como bem destaca Arantes (2000 apud CAVALCANTI, 2008, p. 21):

Uma vez que para serem competitivas nos mercados internacionais, as empresas necessitam de uma infra-estrutura tecnológica adequada e de um sistema de comunicação que permitam a mobilidade dos fluxos globais de pessoas, informações e mercadorias, as cidades hoje estão se preocupando em desenvolver uma série de projetos urbanos voltados para a construção de novos centros de negócios, serviços e turismo, para o desenvolvimento dos transportes em massas e oferecimento de zonas de atividades logísticas.

O planejamento estratégico vem, portanto, responder à dinâmica da cidade contemporânea e, como destacou Brandão, “por oferecer mais flexibilidade em termos de estratégias, ações e intervenções físicas, cria as condições ideais para retomar o projeto urbano no processo de planejamento” (BRANDÃO, 2004, p.33). Ainda que o tradicional plano não tenha saído totalmente de cena, ele entra em crise, dando origem a uma alternativa mais flexível - o projeto urbano. É, neste contexto, ao longo dos anos 80 e 90, que uma grande quantidade de projetos urbanos passa a fazer parte das estratégias de desenvolvimento de diversas cidades. A primeira cidade a elaborar um plano do tipo que poderia se designar por estratégico foi São Francisco, nos Estados Unidos, em 1982. No decorrer dos anos 80, os planos estratégicos se propagaram por diversas cidades norte-americanas como Detroit e Nova York entre outras. Todavia, é a partir da experiência europeia, com o planejamento estratégico de Barcelona para a ocasião dos Jogos Olímpicos de 1992, que os conceitos desse tipo de planejamento se consolidam e passam a ser exportados para diversas cidades, inclusive as sul-americanas. Hoje, de acordo com Cavalcanti (2008, p.56), “esses grandes projetos de renovação urbana constituem [...] uma das expressões mais difundidas de estratégias urbanas utilizadas pelos atores empenhados em promover a inserção de suas cidades no panorama competitivo internacional”.

No entanto, em função dessa competitividade a produção de uma imagem emblemática de cidade, através de um projeto urbano, torna-se importantíssima nas ações de planejamento estratégico. De acordo com Harvey, “a imagem se torna importantíssima na concorrência, não somente em torno do reconhecimento da marca, como em termos de diversas associações com esta – responsabilidade, qualidade, prestígio, confiabilidade e inovação” (HARVEY, 2005 apud CAVALCANTI, 2008, p.35). Nesse contexto, a participação de um arquiteto, por meio da elaboração de um projeto personalizado, torna-se uma estratégia relevante. Como identifica Somekh e Campos (2005), se, por um lado, “a qualidade espacial e urbanística seria um dos trunfos para garantir o sucesso das iniciativas de renovação [urbana], por outro, “a visualidade impactante, a imagem de (pós-) modernidade, e a grife de um arquiteto conhecido garantiriam uma cartada de peso na grande arena estratégica, a mídia”. Ainda segundo Somekh e Campos (2005), é a partir do projeto do Centro Georges Pompidou, desenvolvido por Renzo Piano e Richard Rogers para Beaubourg, que “a repercussão das contribuições arquitetônicas passou a destacar a importância da ousadia arquitetônica e do desenho para definir a atratividade das cidades no final de século”. As autoras ainda destacam que, “neste sentido, a participação de nomes importantes da arquitetura começou a ser encarada como um requisito para o sucesso dos projetos estratégicos” (SOMEKH; CAMPOS, 2005).

Por outro lado, de acordo com Brandão (2002), “enquanto os projetos urbanos desenvolvidos após a segunda guerra mundial baseavam-se nos paradigmas modernistas estabelecidos pelo CIAM, os projetos mais recentes seguem os princípios desenvolvidos pelo Desenho Urbano”. No entanto, são vários os arquitetos que resistem em incorporar, em seus projetos, os conhecimentos de base científica que se referem às relações entre ambiente construído e comportamento social, os quais têm fundamentado o Desenho Urbano enquanto disciplina, desde a década de 60 (BRANDÃO, 2002). Esses arquitetos optam por projetar seguindo teorias filosóficas e tendências estéticas contemporâneas. Um grande número de projetos urbanos de pequena, média ou larga escalas, produzidos, nas últimas duas décadas, por arquitetos reconhecidos internacionalmente como Peter Eisenman, Rem Koolhaas, Daniel Libeskind e Zaha Hadid, caracteriza-se por expressões extremamente personalistas fundamentadas nas teorias da desconstrução de Jacques Derrida e/ou nas teorias filosóficas da dobra de Gilles Deleuze. Tais projetos seguem os princípios estéticos do desconstrutivismo e apresentam soluções bastante intrigantes e experimentais, que atribuem ao desenho da forma urbana um raro grau de singularidade e diferenciação formal-espacial. São propostas urbanas que, de modo geral, retomam tipos edílios da tradição urbanística, porém com um nível de complexidade geométrica e espacial sem precedentes, tendo como produto modelos urbanos irregulares, caóticos e desestabilizados.

No início dos anos 90, Peter Eisenman elabora um projeto urbano para o parque Rebstock, em Frankfurt, na Alemanha, com o qual retoma elementos e experiências da tradição urbanística: o *grid* e a *siedlung*. (Fig.1 e Fig.2) Neste projeto, Eisenman explora o *grid* como principal estrutura de ordenação. No entanto, em vez de um *grid* neutro cartesiano, propõe uma estrutura flexível, um *grid* elástico ou topológico que, segundo ele, contém uma condição de singularidade dada pela possibilidade de sua dobra ou deformação. Segundo Eisenman, a dobra teorizada por Gilles Deleuze “abre uma nova concepção de espaço e tempo, onde nada é monótono e repetitivo, ao contrário, tudo é dinâmico e variado no tempo. A dobra nunca é a mesma no espaço ou no tempo” (EISENMAN, 1993, p. 23-25). Dito de outra maneira, com a possibilidade da dobra, o plano adquire propriedades topológicas, funcionando como uma membrana que se integra simultaneamente à forma do edifício, definindo uma continuidade entre evento/estrutura. O resultado é uma estrutura topológica retorcida ou dobrada em si mesma e que direciona os fluxos pelo espaço urbano. Eisenman sugere que a ordem urbana pode emergir de um caos aparente.

Também, na década de 90, Daniel Libeskind desenvolve uma série de projetos nos quais emprega vários princípios do pensamento desconstrutivista, trazendo, do mesmo modo, contribuições para uma aproximação desconstrutivista ao urbanismo. Tais projetos vão se caracterizar pela colagem ou colisão de blocos urbanos de formas variadas, resultando em modelagens urbanas irregulares e aparentemente caóticas. Em 1994, Libeskind elabora um projeto urbano para uma área de 275 acres na interseção da Rhinstrasse e Landsberger Allee, uma das principais radiais da antiga Berlin Oriental, seguindo tais princípios (Fig.3). Estratégias compositivas similares foram exploradas por Libeskind em projetos urbanos mais recentes como os que ele elaborou para a reconstrução da região do antigo World Trade Center, em Nova York, destruído durante o ataque de 11 de Setembro (Ground Zero Masterplan), e para o Centro Internacional de Negócios Yongsan, em Seoul, cuja intenção principal era que cada forma e lugar tivessem suas “diferenças e peculiaridades”.

Igualmente, o arquiteto Holandês Rem Koolhaas desenvolve, a partir da década de 90, um número significativo de grandes projetos urbanos, contribuindo para o incremento do conjunto de projetos com forte caráter personalista e

experimental. São projetos como o Almere Masterplan (Fig.4), o Euralille Masterplan (Fig.5) e o mais recente New Waterfront City Masterplan, em Dubai. No entanto, em vez de se basear apenas em princípios filosóficos e estéticos do desconstrutivismo, Koolhaas se fundamenta nas teorias urbanas e arquitetônicas que ele próprio constrói. Essas teorias se baseiam na estrutura urbana da metrópole contemporânea, na cultura metropolitana e na revisão de mecanismos e tipologias que caracterizaram o urbanismo moderno, visando a novas formas de organização programática e espacial. As ideias teóricas de Koolhaas estão apresentadas em dois trabalhos principais: *Delirious New York* (1978), que investigou a influência das massas e da cultura metropolitana na arquitetura e no urbanismo, tomando como referência o caso de Nova York, especialmente o da ilha de Manhattan, e *S.M.L.XL* (1995), no qual desenvolve algumas das teorias apresentadas em *Delirious New York*. Uma das características mais marcantes desses trabalhos é a natureza experimental. Sobretudo, Koolhaas rechaça estratégias urbanas conservadoras e advoga em defesa de abordagens mais experimentais. Segundo ele:

A noção de cidade passou por uma mudança radical no final do século 20. Após Aldo Rossi, somos incapazes de imaginar que uma cidade possa existir sem história. Mas hoje existe uma vasta porção da humanidade para quem viver sem história não coloca nenhuma questão em especial. Poderíamos ir mais além: viver sem história é uma aventura apaixonante para eles. Esta observação deveria nos levar a revisar certo número de dogmas ou teorias de arquitetura e urbanismo e, talvez, reexaminar a validade (ou não) de um dos mecanismos mais importantes do século 20: tabula rasa, a idéia de começar do zero, sem a qual os arquitetos modernos dos anos 20, como Le Corbusier, acreditavam que nada era possível. Uma posição como essa claramente demonstra um extremo otimismo, um otimismo que a década seguinte demoliu completamente. Mas talvez precisemos retomar o uso da tabula rasa – talvez tenhamos que ser mais seletivos em nossas estratégias de urbanização, em vez de permanecermos ansiosos conservadores incapazes de especular em termos do novo. (KOOLHAAS et al, 2000, p. 310).

Por sua vez, Zaha Hadid ingressa tardiamente no universo da produção de grandes projetos urbanos vinculados a planos estratégicos. Zaha Hadid, nascida em Bagdá e radicada em Londres, ficou conhecida nos anos 80 pelo caráter inovador de suas ideias arquitetônicas e pela postura experimental de suas propostas. Encontrou, nos concursos internacionais de arquitetura, a oportunidade ideal para desenvolver suas reflexões sobre novas formas de projetar e testar os limites da representação arquitetônica por meio de recursos gráficos e digitais. Seus desenhos e pinturas, fortemente influenciados pela arte construtivista russa, têm sido importantes instrumentos na sua forma de interpretação de problemas arquitetônicos e urbanos e de criação, resultando em uma abordagem propositiva extremamente pessoal. Venceu vários concursos de projeto, sem, no entanto, tê-los construído, a exemplo do Peak Club (1983), em Hong Kong. Durante os anos 90, realizou diversas obras de pequeno porte como a Vitra Fire Station (1993), uma estação de bombeiros para a fábrica de móveis Vitra, em Weil am Rhein, na Alemanha, conquistando definitivamente a proeminência internacional, o que a levou a receber o Prêmio Pritzker em 2004. Integrante do grupo que ficou conhecido como os sete cavaleiros do desconstrutivismo, ao lado de Frank Gehry, Peter Eisenman, Bernard Tschumi, Coop Himmelb(l)au, Daniel Libeskind e Rem Koolhaas, Zaha Hadid foi igualmente influenciada pelas teorias de desconstrução de Jacques Derrida e pelas teorias da dobra de Gilles Deleuze. Segundo Hadid (2004-2005, p.01), enquanto a desconstrução abriu ao máximo as possibilidades de composição arquitetônica, permitindo a variação de

ângulo, a irregularidade de formas e a colisão de figuras, a dobra introduziu o uso dinâmico da curva, das linhas *Splines* e das superfícies *NURBS*.⁶ Grande parte de seus projetos emerge dessas novas possibilidades compositivas.

Nos últimos anos, juntamente com seu sócio Patrik Schumacher, Zaha Hadid vem ampliando sua escala de atuação, desenvolvendo uma série de projetos urbanos com forte caráter experimental. Explora, por um lado, o vocabulário tipológico da tradição urbanística e, por outro, modelos geométricos complexos, conceitos matemáticos e ferramentas de desenho paramétrico nos processos de desenho urbano, visando ao desenvolvimento experimental de novas formas urbanas ou novas geometrias urbanas complexas. A linguagem experimental e personalista de Zaha Hadid no campo do desenho urbano vem ao encontro das expectativas geradas pelo planejamento estratégico de diversas cidades, uma vez que os projetos urbanos elaborados por ela são capazes tanto de responder à demanda por renovação de grandes áreas urbanas como também de estabelecer uma imagem simbólica, emblemática e vendável para favorecer o marketing urbano e a atração de capital de investimento internacional. A partir do ano 2000, Hadid começou a desenvolver uma série de grandes projetos urbanos com essas características. São projetos como: One North Masterplan, em Cingapura; Zorrozaurre Masterplan, em Bilbao (Fig.6), Kartal-Pendik Masterplan, em Istambul e o Thames Gateway Masterplan, em Londres. Tais processos de desenho urbano vêm sendo chamados por Zaha Hadid e Patrik Schumacher⁷ de urbanismo paramétrico.

Embora a expressão urbanismo paramétrico apareça, pela primeira vez, na literatura em 2006, no texto *Towards a Parametric Urbanism*, de autoria de David Gerber⁸ (GERBER, 2006), neste trabalho, iremos atribuir sua invenção a Zaha Hadid e Patrik Schumacher, uma vez que, em 2005, essa expressão já era citada em discursos de Schumacher, bem como no DRL Course Guide 05-06 – a agenda de pesquisa do Design Research Laboratory (DRL) da Architectural Association School of Architecture, onde Schumacher leciona. Entre outros aspectos que serão discutidos adiante, o urbanismo paramétrico se fundamenta nos sistemas de desenho paramétrico para a produção de projetos urbanos. Nesses sistemas, “são os parâmetros de um determinado objeto que são declarados e não a sua forma”, ou seja, o foco de interesse não é a forma em si, mas os parâmetros que a geram (KOLAREVIC, 2000b, p.253). Essas ferramentas “originalmente desenvolvidas na indústria aeroespacial e automotiva como uma forma de possibilitar o desenho de formas curvas complexas, há muito vêm tendo um forte impacto no processo de projeto de edifícios” (FERRE et al, 2007, p.51), especialmente por aprimorar a concepção e a representação gráfica digital de componentes construtivos. Nos últimos anos, técnicas e tecnologias de desenho paramétrico vêm sendo, paulatina e deliberadamente, transladadas para a arquitetura e para o urbanismo, sob o argumento de que possibilitam gerar, rapidamente, diferentes alternativas a partir da simples alteração de valores de um parâmetro particular, permitindo a geração de diferentes

⁶ NURBS é uma superfície B-Spline não-uniforme e racional, vem da Geometria Projetiva, que descreve os parâmetros de uma superfície por meio de uma equação matemática. É uma geometria amorfa que, no entanto, possui precisão em termos de Engenharia. Em um sistema de modelagem NURBS, as B-spline não-uniforme e racional é que são a base para a geração de formas. Neste sistema, as linhas e as superfícies são ajustadas e recalculadas continuamente mediante o uso fórmulas algorítmicas. Diferente dos sistemas tradicionais de projeto assistido por computador (CAD), este é um sistema inerentemente mais dinâmico, no qual superfícies e objetos são desenvolvidos em uma relação mutável com a superfície.

⁷ Patrik Schumacher é PHD pela Klagenfurt University, co-diretor do DRL (*Design Research Laboratory*) da *Architectural Association School* de Londres e sócio do escritório *Zaha Hadid Architects* desde 1988.

⁸ David Jason Gerber é arquiteto pela University of California Berkeley. Atualmente, desenvolve tese de doutoramento sobre design paramétrico em GSD Harvard - Graduate School of Design – a escola de graduação da universidade de Harvard. Gerber também cursou o DRL na AA School, em Londres, e trabalhou no escritório *Zaha Hadid Architects* durante os anos de 1998 e 2002.

cenários arquitetônicos e urbanos para serem posteriormente avaliados, facilitando a tomada de decisão durante o processo de criação.

Todavia, observa-se que, apesar das potencialidades oferecidas pelo urbanismo paramétrico para aumentar a eficiência e qualidade das propostas de desenho urbano, o modelo só emprega parâmetros formais, ambientais e funcionais como veremos mais adiante. Embora Zaha Hadid admita, em seu discurso, que “um bom projeto urbano deve animar o solo” (MARCUS, 2008), os parâmetros com os quais ela trabalha são insuficientes para garantir tal animação. Parâmetros de configuração do espaço (HILLIER; HANSON, 1984; HILLIER et al, 1993, HILLIER, 1996), fundamentais para o entendimento das morfologias e das dinâmicas urbanas, não são explorados pelo urbanismo paramétrico, seguindo a tradição do urbanismo moderno, que privilegiou determinados parâmetros da forma urbana e subverteu a lógica da morfologia da cidade tradicional, trazendo consequências desastrosas para a vida urbana (JACOBS, 1961; ALEXANDER, 1965; PANERAI, 1977; SCHUMACHER, 1978; HOLANDA, 2002).⁹

Assim sendo, os projetos urbanos produzidos pelas estrelas da arquitetura contemporânea internacional (de Eisenman a Hadid), continuam sendo essencialmente modernos, embora sigam uma ideologia pós-moderna (BRANDÃO, 2002; KELBAUGH, 2001). Segundo Brandão (2002), tais projetos urbanos “ainda parecem ser concebidos como grandes e isolados projetos arquitetônicos”. O autor argumenta ainda que, “são muitos os arquitetos urbanistas que se mostram mais preocupados com a originalidade dos seus próprios projetos do que com as supostas articulações das suas propostas com os projetos dos seus colegas e, em última instância, com a integração do seu projeto ao plano urbano” [como um todo] (BRANDÃO, 2002). Essa visão é também compartilhada por Kelbaugh (2001), que enquadra tais projetos em uma categoria emergente de urbanismo, o “pós-urbanismo”. Segundo Kelbaugh (2001, p. 14.3):

O Pós-Urbanismo é heterotópico, sensacionalista e pós-estruturalista; ele continua sendo essencialmente moderno, embora siga uma agenda estilística pós-moderna, geralmente desconstrutivista influenciada filosoficamente por Derrida. O Pós-urbanismo é estilisticamente sensacionalista porque tenta impressionar [...] com arquitetura e urbanismo sempre intrigantes e mais provocativos. Como o Modernismo, sua linguagem arquitetônica é geralmente muito abstrata com pouca referência ao contexto físico ou histórico adjacente. Igualmente, ele continua o projeto modernista de táticas vanguardistas de impacto, não importando o local, o edifício ou o programa. Trabalha para personificar e expressar um urbanismo mais dinâmico, desestabilizado e menos previsível. [...] É mais exploratório que normativo e prefere subverter códigos e convenções. Talvez os pós-urbanistas não se comprometem com o público diretamente em um diálogo aberto porque sintam que a ‘polis’ tradicional é obsoleta e suas instituições cívicas são excessivamente calcificadas [...]. Tendem um pouco a trabalhar como um ‘gênio solitário’; contribuindo para um monólogo - amiúde urbanisticamente egoísta.

⁹ Vale destacar que, nos anos de 1920, Walter Gropius investigou soluções arquitetônicas e urbanísticas para o problema da habitação nas cidades modernas, visando ao melhor aproveitamento do solo urbano. Gropius privilegiou parâmetros de natureza formal e ambiental, como verticalização (número de pavimentos das edificações), relação área livre x área construída, orientação das edificações e condições de insolação e iluminação. Ele tomou como ponto de partida para suas investigações a chamada Regra de Heiligenthal.

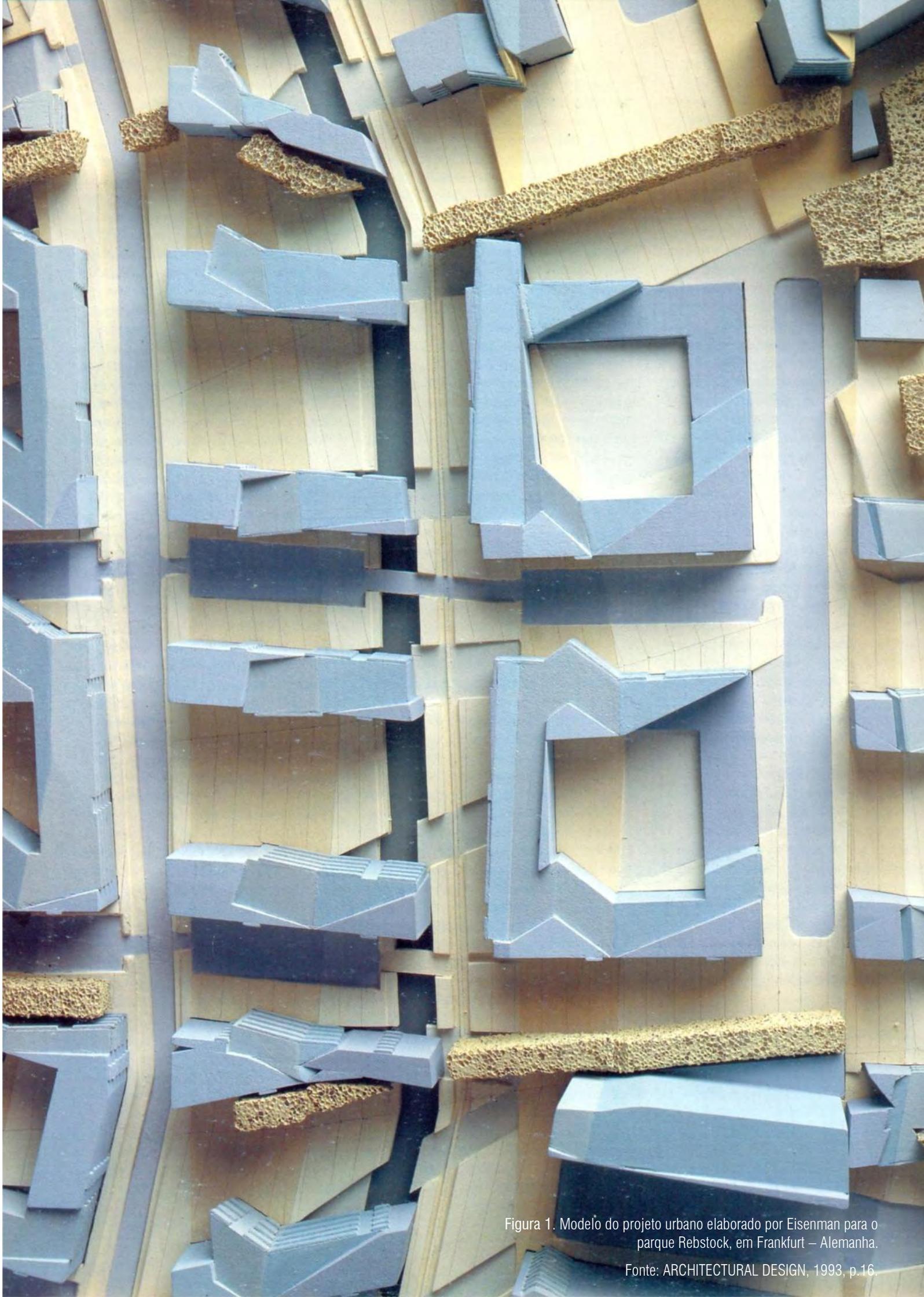


Figura 1. Modelo do projeto urbano elaborado por Eisenman para o parque Rebstock, em Frankfurt – Alemanha.

Fonte: ARCHITECTURAL DESIGN, 1993, p.16.



Figura 2. Plano do projeto de Eisenman para o parque Rebstock.

Fonte: ARCHITECTURAL DESIGN, 1993, p.22-23

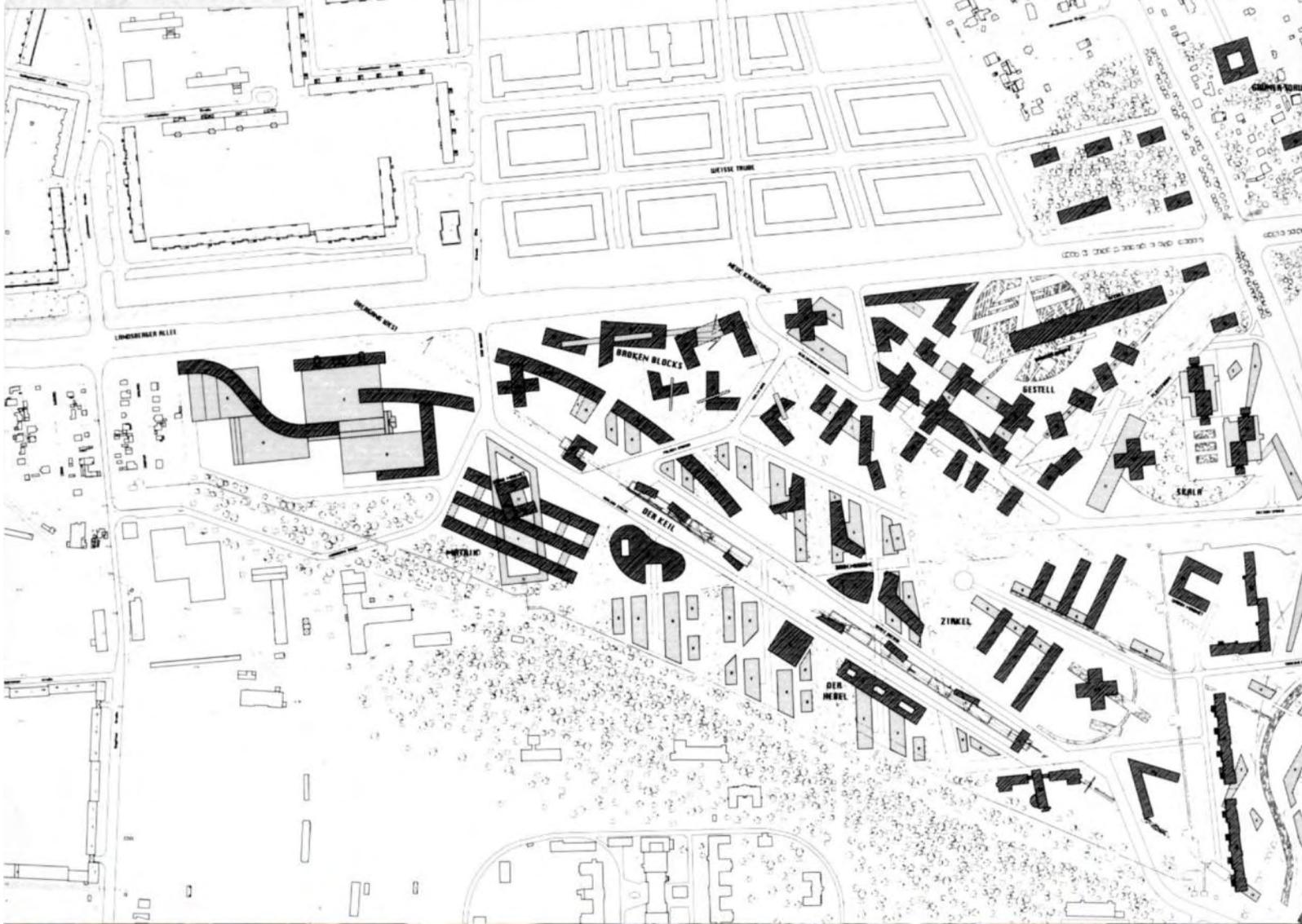


Figura 3. Landsberger Allee, projeto urbano desenvolvido por Daniel Libeskind, em Berlim.

Fonte: ARCHITECTURAL DESIGN, 1997, p.50-52.

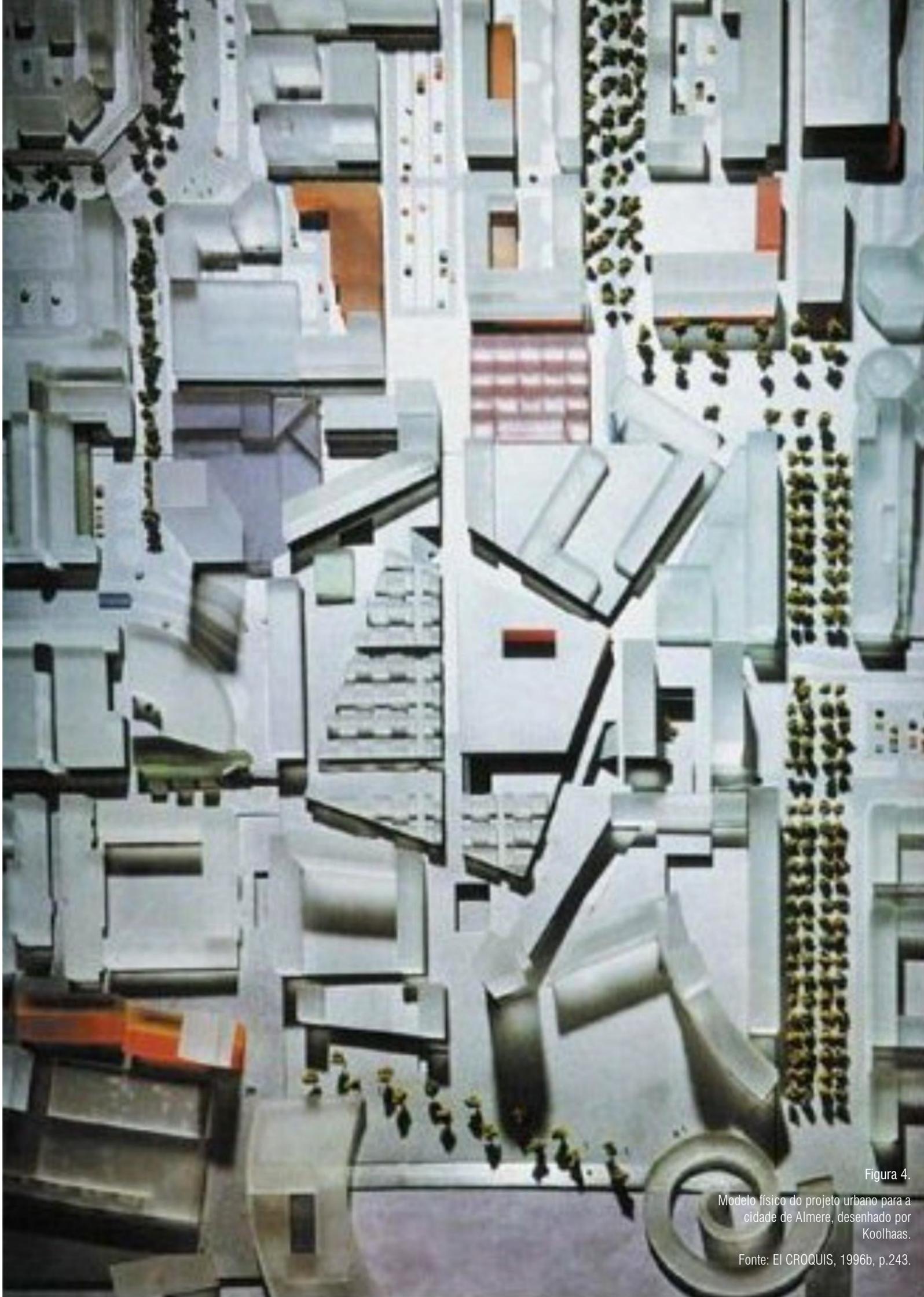


Figura 4.

Modelo físico do projeto urbano para a cidade de Almere, desenhado por Koolhaas.

Fonte: El CROQUIS, 1996b, p.243.

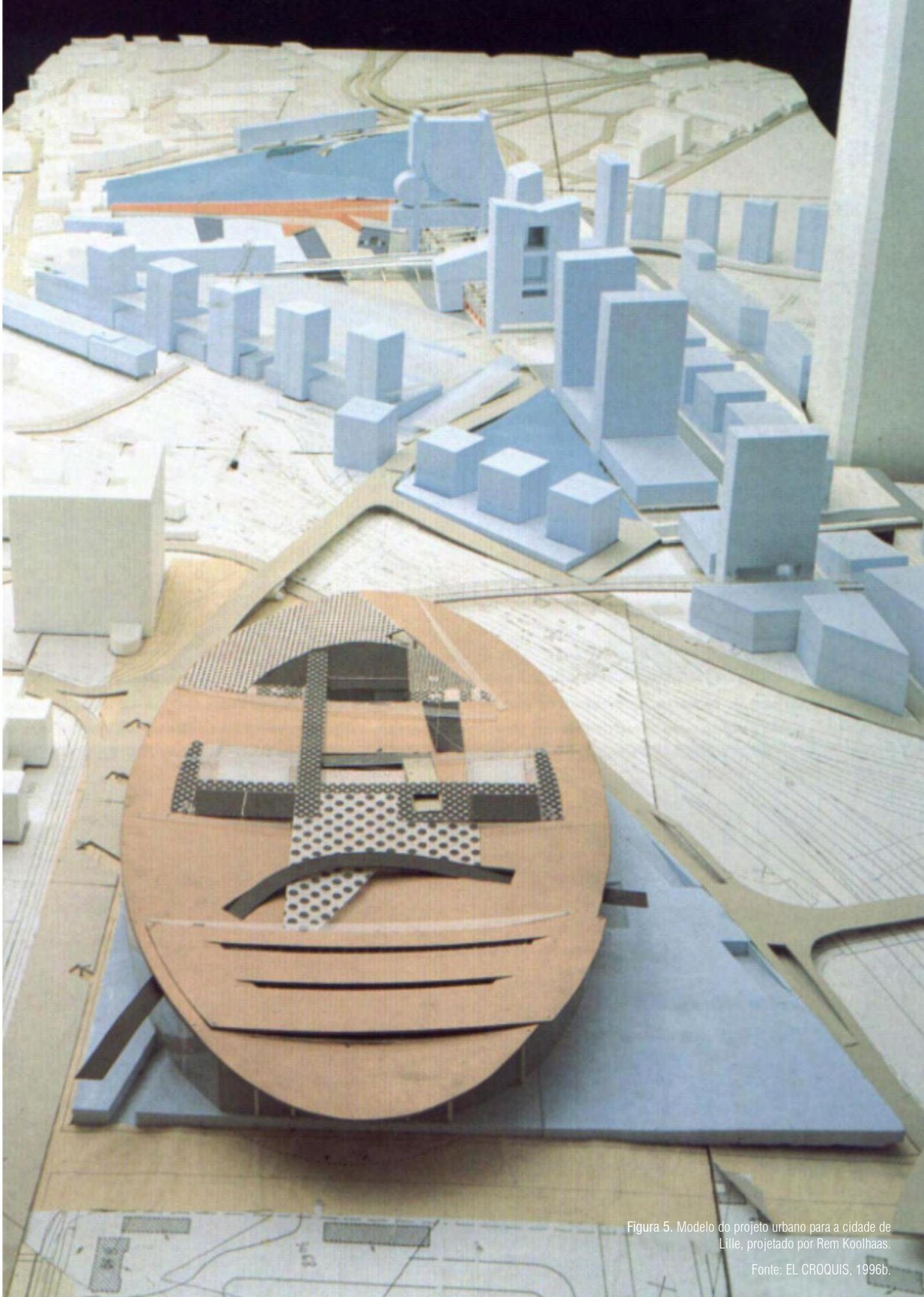


Figura 5. Modelo do projeto urbano para a cidade de Lille, projetado por Rem Koolhaas.

Fonte: EL CROQUIS, 1996b.

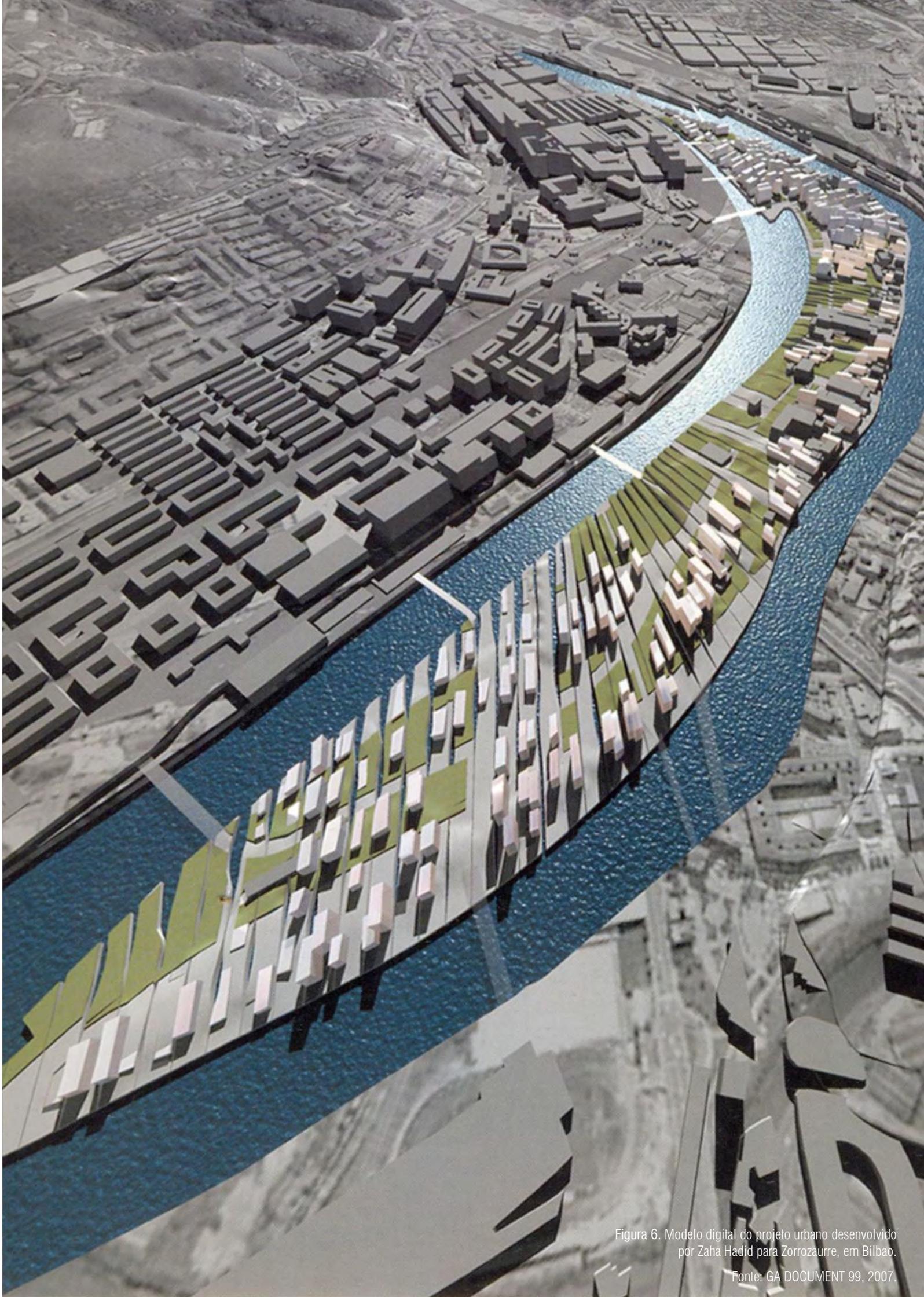


Figura 6. Modelo digital do projeto urbano desenvolvido por Zaha Hadid para Zorrozaurre, em Bilbao.

Fonte: GA DOCUMENT 99, 2007.

1.1.2 O urbanismo paramétrico no contexto das teorias do design e da computação

Na década de 1970, houve um avanço extraordinário no desenvolvimento de tecnologias digitais aplicadas à arquitetura, em particular, no que se refere às ferramentas de Projeto Assistido por Computador (CAD), como os softwares de desenho bidimensional, modelagem tridimensional, animação digital, e às ferramentas de Manufatura Assistida por Computador (CAM), como a Prototipagem Rápida (RP) e o maquinário de Controle de Comando Numérico (CNC). As ferramentas CAD e CAM redefiniram fundamentalmente as relações entre projeto e produção na medida em que integraram todo o processo arquitetural, da concepção à construção, permitindo a projeção e a fabricação de artefatos arquitetônicos, empregando-se apenas informações digitais.

Se, por um lado, as ferramentas de geração digital eliminaram diversas restrições geométricas impostas pelos sistemas tradicionais de desenho, facilitando o emprego de geometrias complexas, ou não-euclidianas, como as superfícies topológicas NURBS, cuja construção sem o suporte digital seria impossível ou muito laboriosa para ser viabilizada, por outro, os processos de produção numericamente controlados por computador facilitaram a fabricação de componentes não-padronizados com maior rapidez e precisão, introduzindo novas lógicas de produção e a noção de “*mass-customization*” (MITCHELL, 1999 apud KOLAVERIC, 2000b, p.255), em oposição à noção fordista de “*mass-production*”, que se caracterizou por lógicas de padronização, ou repetição serial de elementos padronizados, pré-fabricação e montagem *in loco*. Essas tecnologias facilitaram a produção de edifícios, cada vez mais, complexos e singulares, seja em termos de sua configuração formal ou espacial.

Um dos frutos mais emblemáticos dessas novas tecnologias foi, sem dúvida, o Museu Guggenheim, de Bilbao (Fig.7), projeto do arquiteto canadense Frank Gehry. Baseado no sucesso de experiências anteriores realizadas em Barcelona e Praga ¹⁰, Gehry empregou sistemas integrados de projeto, engenharia e manufatura computacional (CAD/ CAE/CAM) para transformar os modelos físicos de geometria curvilínea complexa do museu em um artefato arquitetônico palpável. Em seu processo de projeto, o arquiteto partiu da elaboração de modelos físicos de pequena escala que foram posteriormente convertidos em modelos digitais por meio de métodos de engenharia reversa com scanner mecânico. Os modelos digitais foram transferidos para o software CATIA, permitindo a integração com outros softwares de projeto de sistemas estruturais, cálculo estrutural e de fabricação digital de componentes construtivos, determinando assim uma plataforma integrada de projeto e produção. Com isso, foi possível construir o edifício de design não-padronizado com maior rapidez de execução e economia de tempo e meios. Outro produto paradigmático do potencial dessas tecnologias é a Sala de Concertos Walt Disney (Fig.8), em Los Angeles, também projetada por Gehry anteriormente ao museu em Bilbao, seguindo os mesmos princípios de projeção.

Apesar dos avanços alcançados com o desenvolvimento das tecnologias CAD/CAM, até a década de 1990, ainda era patente a ausência de ferramentas paramétricas que permitissem uma modelagem digital mais interativa, possibilitando modificar interativamente (ou parametricamente) um modelo, uma vez que ele fosse gerado, visando criar formas arquitetônicas de um modo mais flexível. Segundo Monedero (1997), até os anos de 1990:

¹⁰ Anteriormente ao projeto do Museu Guggenheim de Bilbao, Frank Gehry empregou sistemas CAD/CAE/CAM em dois projetos: no projeto da escultura “Peixe” (1989-1992), instalada na vila olímpica de Barcelona, e no projeto do edifício Nationale-Nederlanden (1992-1996), mais conhecido com Casa Dançante, em Praga.

[...] houve um extraordinário desenvolvimento de ferramentas computacionais visando apresentar ou comunicar os resultados de projetos arquitetônicos. Mas não houve um avanço comparável no desenvolvimento de ferramentas visando assistir projeto para gerar formas arquitetônicas de um modo prático e interativo. Todavia, os arquitetos que usavam o potencial dessas tecnologias, como ferramenta direta para criação de formas arquitetônicas, ainda eram exceção. A arquitetura continuava a ser produzida por meios tradicionais, usando o computador como ferramenta de desenho. A principal razão que explicaria tal situação [...] é que consistia em um erro tentar avançar muito rapidamente e, por exemplo, propor métodos de sistemas integrados usando sistemas especializados e recursos de inteligência artificial quando não se tinha ainda uma ferramenta adequada para gerar e modificar modelos 3D. As ferramentas de modelagem disponíveis até aquele momento eram claramente insatisfatórias. A principal limitação delas era a carência de instrumentos apropriados para modificar interativamente o modelo uma vez que ele fosse criado. Isto é um aspecto fundamental em qualquer atividade de design, onde o designer é constantemente levado a elaborar e reelaborar aspectos particulares do modelo, ou seu layout geral, ou mesmo retornar à solução original que tenha sido temporariamente abandonada.

Portanto, é só, a partir dos anos de 1990, que ocorrem avanços significativos no desenvolvimento de ferramentas de desenho paramétrico com aplicação mais efetiva direcionada ao projeto arquitetônico, graças às contribuições de Robert Aish, Lars Hesselgren, J. Parrish e Hugh Whitehead. De acordo com Menges (2006, p. 43), eles estão à frente do desenvolvimento de uma metodologia de design paramétrico aplicada à arquitetura desde meados dos anos de 1980, quando trabalhavam ou colaboravam para a YRM: “Lá tomaram o *Vehicle Design System* [VSD] da *Intergraph* e o aplicaram pioneiramente em edifícios como o Terminal Internacional de Waterloo de [Nicolas] Grimshaw” (MENGES, 2006, p.43). Posteriormente, Robert Aish tornou-se diretor de pesquisas da Bentley Systems, onde desenvolveu o *CustomObjects* - o protótipo de um programa de modelagem computacional paramétrica e associativa aplicada ao projeto de edifício.¹¹ “Lars Hesselgren tornou-se diretor de pesquisas e desenvolvimento no KPF Londres, onde está envolvido com vários grandes projetos como a torre Bishopsgate. Hugh Whitehead conduz o *Specialist Modelling Group*, do escritório Foster & Partners, ao qual tem prestado consultoria em projeto de grandes edifícios como a torre da *Swiss Re*. (Fig.9 e 10) Por sua vez, J. Parrish, diretor de ArupSport, contribuiu para o projeto da arena Allianz, em Munique. Juntos eles formaram o SmartGeometry Group¹² com o objetivo construir um ambiente intelectual para novos desenvolvimentos e difusão dessas tecnologias.

Embora grande parte dessas tecnologias ainda seja utilizada como ferramenta de desenho para a representação e visualização do projeto arquitetônico, cada vez mais, elas são exploradas como instrumentos de investigação para geração e transformação de formas em ambiente digital – a “morfogênese digital” (KOLAREVIC, 2000c, p. 1) (Fig.11). Novas possibilidades de morfogênese digital, bem como de configuração geométrica e espacial, além de recursos formais e sistemas materiais, vêm surgindo em função de investigações com essas tecnologias, promovendo transformações não apenas nas linguagens arquitetônicas, mas também na forma como projetamos e produzimos os artefatos arquitetônicos. Sobre este aspecto, Zellner destaca que a “arquitetura está se tornando, em parte, investigação experimental de geometrias complexas, orquestração computacional de produção material robótica e esculturação generativa e cinemática do espaço” (ZELLNER, 1999 apud KOLAREVIC, 2000b, p.251). Com esse estreitamento de relações entre a arquitetura e os meios computacionais, conceitos anteriormente restritos às teorias

¹¹ O *CustomObjects* foi, possivelmente, a base para o desenvolvimento de uma das ferramentas paramétricas mais utilizadas atualmente, o software Generative Components (GC), também desenvolvido por Robert Aish para a Bentley Systems. Ver: <<http://www.bentley.com/en-US/Products/MicroStation/GenerativeComponents-Extension.htm>>

¹² Para maiores informações sobre o SmartGeometry Group, consultar: <<http://www.smartgeometry.org>>. Acesso em: 28 jun. 2009.

do design e da computação vêm sendo apropriados pela disciplina arquitetônica, alimentando discussões sobre a emergência de novas categorias de arquitetura. Kolarevic (2000b, p.251) identificou uma série de subcategorias de arquitetura que emergiram nas últimas décadas a partir de investigações com diferentes técnicas de geração digital. São “arquiteturas digitais” identificadas com base em conceitos subjacentes como “espaço topológico (arquitetura topológica), superfícies isomórficas (arquitetura isomórfica), movimento cinemático e dinâmico (arquitetura animada), animação (arquitetura metamórfica), algoritmos genéticos (arquitetura evolutiva) e design paramétrico (arquitetura paramétrica)” (KOLAREVIC, 2000b, p.251).

O termo arquitetura paramétrica, que também destacaremos aqui, surge na literatura, portanto, neste contexto e em função de uma recente aproximação entre a arquitetura e as ferramentas de desenho paramétrico. A modelagem paramétrica mudou substancialmente as representações digitais do projeto arquitetônico de notação de formas geométricas explícitas (claras e estanques) para notação de modelos geométricos paramétricos (alteráveis), permitindo ainda a construção de relações geométricas instrumentais. Isto porque, como destacado anteriormente, “no design paramétrico, interessam mais os parâmetros e menos a forma, ou seja, são os parâmetros de um determinado objeto que são declarados e não a sua forma” (KOLAREVIC, 2000b, p. 253). Conseqüentemente, ao serem atribuídos ou alterados os parâmetros em si, ou seja, seus valores, objetos ou configurações serão modificados ou gerados. Dessa forma, “equações podem ser prescritas para descrever relações entre os modelos, definindo uma geometria associativa - uma geometria constituinte na qual os objetos estão mutuamente interconectados” (KOLAREVIC, 2000b, p.253) (Fig.7). Os sistemas paramétricos diferem dos sistemas tradicionais de desenho digital por manterem a capacidade de o modelo alterar-se durante todo o processo de design e por permitirem gerar e testar grande quantidade de versões dentro de um ambiente controlado de design a partir da simples mudança de valores de um parâmetro específico. São ferramentas computacionais realmente poderosas como os softwares de modelagem paramétrica Generative Components (GC) e Digital Project (DP) e os softwares que permitem a modelagem paramétrica via *script* tais como o Maya Mel Script e Rhino Script entre outros. Hensel e Menges explicam didaticamente como funcionam essas ferramentas e em que aspectos elas diferem dos tradicionais sistemas de projeto assistido por computador (CAD):

Para entender a diferença fundamental entre um modelo paramétrico [com base em uma geometria associativa] e um modelo geométrico qualquer, basta imaginar um desenho digital de dois círculos com uma linha que une os seus pontos de centro. Em um modelo geométrico, qualquer modificação na posição de um dos círculos implica apagar e redesenhar a linha de união. Em um modelo paramétrico, uma relação entre os centros e a linha pode ser estabelecida para que a linha siga o movimento do círculo. Outras relações também podem ser prescritas, como por exemplo, entre o comprimento da linha e o raio de um dos círculos. Esta associação também pode se dar por uma relação condicional, como impedir que dois círculos se cruzem. Todas as relações geométricas preestabelecidas aplicadas por meio de expressões paramétricas permanecem constantes quando o modelo é manipulado. (HENSEL e MENGES, 2006, p.43)

Segundo Kolatan (2006), se empregadas como instrumentos de investigação, essas ferramentas prometem uma nova aproximação para o campo da arquitetura que pode ser identificada no conjunto de características específicas como: diversidade, adaptabilidade e “responsividade”. Diversidade porque “os sistemas paramétricos são baseados em uma hierarquia de dependências variavelmente controladas. Cada variável ativa altera todo o sistema, seu comportamento e

por meio disso gera variações sem perder toda a coerência e integridade do modelo” (KOLATAN, 2006). Diferenciação porque “diferentes regiões dentro de um mesmo modelo podem ser programadas e restringidas individualmente visando responder mais sensivelmente” (KOLATAN, 2006). “Responsividade” porque “um modelo paramétrico mantém sua habilidade para mudar durante todo o processo de design. Componentes individuais podem ser associados de uma forma que permita a constante e imediata resposta por todo o modelo sem consideração de escala ou hierarquia” (KOLATAN, 2006).

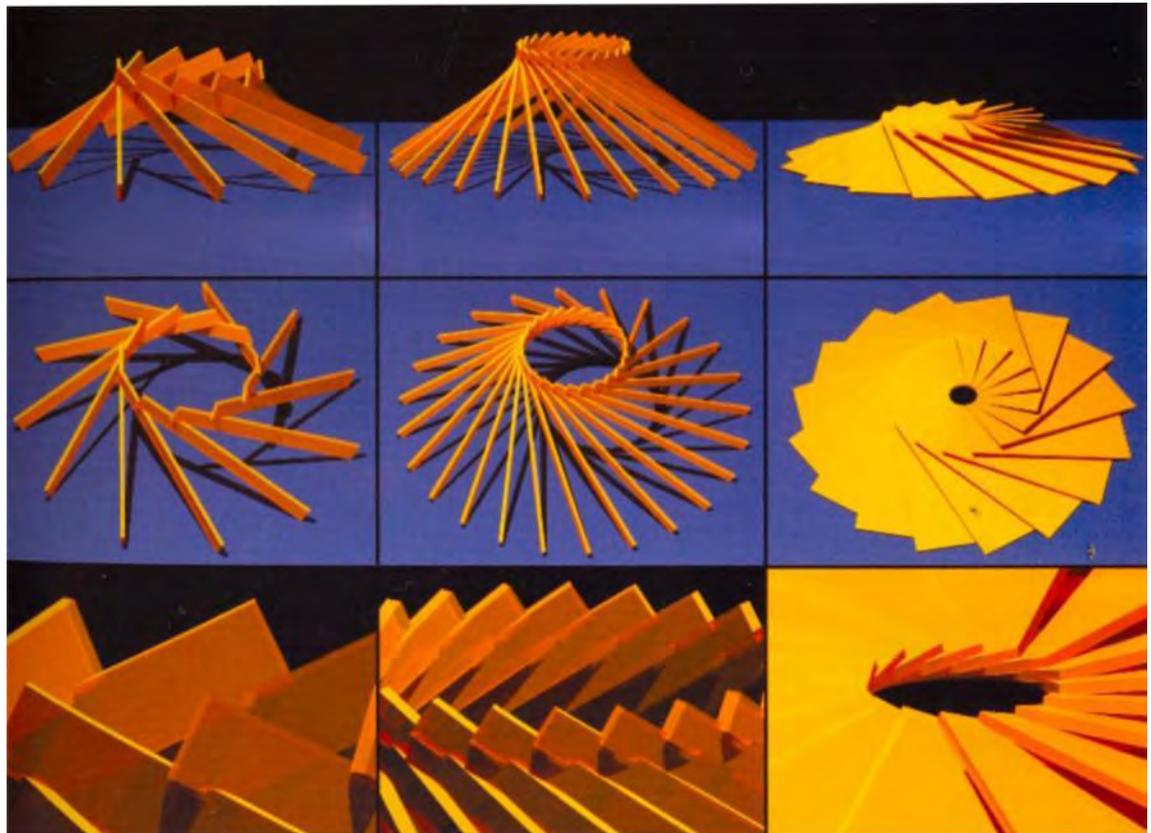


Figura 7. Mesmo modelo paramétrico diferenciado apenas pela alteração de valores dos parâmetros.
Fonte: KOLAREVIC, 2005, p.153.

Atualmente, diversos escritórios de arquitetura vêm empregando ferramentas de desenho paramétrico para o projeto da edificação. Grupos mais jovens, como SUBDV (de Anne Save de Beaurecueil e Franklin Lee), DECOI Architects (de Mark Goulthorpe) e outros mais consolidados em um patamar internacional, como UN Studio (de Ben van Berkel e Caroline Bos), Asymptote (de Lise Anne Couture e Hani Rashid) além de Greg Lynn Form, Foster & Partners e Zaha Hadid Architects vêm sistematicamente explorando essas ferramentas. A produção desses e de outros arquitetos tem alimentado as discussões sobre a arquitetura paramétrica. Contudo, enquanto alguns deles exploram essas tecnologias de modo mais técnico para o aprimoramento do desenho e para a facilitação da produção, outros as empregam de forma mais investigativa.

O grupo Foster & Partners, por exemplo, é um dos pioneiros na aplicação dessas tecnologias em projetos arquitetônicos. No projeto da torre de escritórios da Swiss Re (1997-2003), em Londres, mais conhecida como The Gherkin (O Pepino), Foster explorou especialmente parâmetros formais e ambientais para determinar o design final da

torre. Partindo de um layout típico de edifícios de escritórios – uma planta circular com núcleo de circulação vertical central –, o grupo gerou um modelo paramétrico cujo perfil, formado por sete arcos tangenciais, é geometricamente associado às suas secções circulares. De modo que, variando a altura, os diâmetros e outros parâmetros similares, a silhueta do modelo é imediatamente recalculada e alterada. A variação desses parâmetros foi condicionada a diversos critérios de desempenho aplicados ao projeto. Para chegar ao modelo, explorou-se a capacidade paramétrica do Generative Components (GC) da Bentley Systems, que trabalha como uma planilha eletrônica convencional, relacionando os parâmetros com equações matemáticas, permitindo que todos os componentes do modelo sejam configurados e re-configurados, tornando-se um modelo vivo constantemente responsivo às mudanças (Fig. 9 e 10).

O grupo UNStudio, dirigido por Ben van Berkel e Caroline Bos, explorou ferramentas de desenho paramétrico para aprimorar o projeto de componentes construtivos do Museu Mercedes-Benz, em Stuttgart, na Alemanha (Fig.12). Devido à complexidade da geometria do edifício, baseada na figura de um trevo, o grupo procurou o arquiteto Arnold Walz para aperfeiçoá-la e transformá-la em um modelo paramétrico, que foi chamado de “modelo-mãe”. O modelo paramétrico permitiu a definição do tamanho exato e a melhor posição das peças de vidro que compõem a fachada. Isto foi possível porque o modelo tridimensional *wire frame* foi passado ao fabricante, que o empregou para detalhar os caixilhos e as conexões. As ferramentas de desenho paramétrico facilitaram também a produção dos desenhos executivos e a fabricação dos componentes empregados no canteiro de obras. Segundo Lee e De Beaurecueil (2009), “o edifício foi composto com menos de cem parâmetros, os quais continham sua geometria e possibilitaram administrar as inúmeras mudanças durante seu processo de realização e verificar as consequências trazidas a cada nova decisão tomada. Sem essa administração rigorosa da geometria, não haveria tanta liberdade na arquitetura”.

O grupo Zaha Hadid Architects também tem explorado essas tecnologias em projetos arquitetônicos, geralmente, por meio de abordagens bastante investigativas. Um exemplo disso é a chamada “torre paramétrica” (SCHUMACHER, 2008a), que consiste em desenvolver projetos de edifícios verticais por meio de linguagem de script dentro de softwares de modelagem tridimensional. De acordo com Schumacher (2008), essas investigações correlacionam quatro subsistemas fundamentais que compõem e caracterizam os edifícios verticais: a estrutura, o plano de piso, o núcleo de circulação e a pele (ou fachada). Esses estudos são baseados em quatro condições fundamentais: (1^o) as torres devem ser diferenciadas ao longo de seu eixo vertical e ao longo de seu plano horizontal; (2^o) a necessidade de diferenciação se aplica a todos os subsistemas; (3^o) as trajetórias de diferenciação aplicadas aos diferentes subsistemas devem ser correlacionadas, conduzindo para uma adaptação mútua; (4) o sistema de correlações deve ser concebido como um diagrama paramétrico que permita a modulação significativa de relações dos respectivos subsistemas de acordo com a escala, a orientação e proporção. De acordo com Schumacher (2006), todos os projetos para torres de escritórios desenvolvidos por Zaha Hadid para Pequim (CBD), Milão e Marselha (CMA-CGM) foram gerados por meio de ferramentas de modelagem paramétrica, conforme as condições pré-estabelecidas. (Fig.13)

Cabe agora destacar que, diferente de arquitetos como Norman Foster, Ben van Berkel e Caroline Bos, entre tantos outros que têm explorado as potencialidades das ferramentas paramétricas, apenas para a resolução de problemas técnicos de desenho, Zaha Hadid e Patrik Schumacher vêm explorando essas tecnologias de modo mais experimental e investigativo, formulando novos conceitos e introduzindo novos processos de projeto na arquitetura e no urbanismo.

Essa postura mais especulativa foi essencial para que eles tenham proposto o urbanismo paramétrico, como veremos mais adiante.

Embora os sistemas paramétricos tenham ficado, por muito tempo, restritos aos processos de projeto arquitetônico, nos últimos anos, diversas tentativas de aplicação dessas tecnologias nos processos de desenho urbano vêm sendo empreendidas (STEINØ; VEIRUM 2005; GERBER, 2006). Steinø & Veirum (2005, p.682) observaram que, nos últimos anos, várias formas de abordagem paramétrica têm sido introduzidas em estratégias de projeto urbano, como por exemplo: (1) o *Functionmixer*, do escritório holandês MVRDV; (2) o *Mylypuro Dynamic Masterplan*, do arquiteto dinamarquês Robert Haff-Jensen; e (3) um projeto urbano produzido por Lykke-Olesen em sua tese de doutorado. Segundo os autores, embora estes exemplos forneçam contribuições relevantes, constituindo uma base útil para a formulação de uma abordagem paramétrica sistemática para o desenho urbano, “[...] tendem a centrar-se em dados quantificáveis e a esquecer a introdução dos valores – quais devem ser os diferentes parâmetros a serem ajustados e por quê – um pré-requisito fundamental para todas as decisões de projeto” (STEINØ; VEIRUM 2005, p.683). Assim sendo, a fim apontar possíveis perspectivas para o desenvolvimento do desenho urbano paramétrico como uma metodologia para o projeto urbano, os autores realizaram uma oficina com estudantes e formularam uma metodologia provisória de projeto paramétrico. A metodologia compreende: parâmetros espaciais¹³ e programáticos (como densidade, espaço aberto e tipos de uso) e parâmetros formais (como geométrico [cartesiano]/orgânico, regular/irregular/ denso/esparso, alto/baixo, fechado/aberto e grande/pequeno). Eles concluíram que:

A aplicação do desenho paramétrico direcionado para o desenho urbano tem grande potencial para melhorar a sistemática de avaliação e subsequente argumentação para propostas de desenho urbano realizadas em uma arena pública. O design paramétrico há muito tem sido aplicado essencialmente para o projeto arquitetônico, como uma forma de aperfeiçoar o design de componentes de edifícios de similaridades paramétricas. Entretanto, os componentes constituintes de um desenho urbano também compartilham similaridades que podem ser definidas parametricamente. Aspectos como densidade, uso, forma, espaço e tipologia – aspectos que tipicamente pertencem ao desenho urbano – podem todos ser definidos parametricamente. Sendo assim, é possível não apenas realizar um processo sistemático de desenho, mas também avaliar os pros e contras de cenários com diferentes ajustes paramétricos para cada parâmetro. E pela aplicação de um *software* CAD apropriado pode-se fazer isso dentro de um intervalo de tempo que deixa o ambiente mais artístico e qualitativos os aspectos do desenho urbano. (STEINØ; VEIRUM, 2005, p.679).

Steinø & Veirum (2005) concentraram-se essencialmente na exploração de aspectos formais e programáticos subjacentes à produção de espaço. Gerber (2006, p.147), por sua vez, analisou “o modo como a computação vem alterando os métodos de concepção de projetos de desenho urbano”, por meio de três experiências que envolvem “processos empregados para associar complexidade urbana e abordagens generativas para o design de suas características formais”. São eles: (1) *Space Alliances*, um estudo para um centro de negócios no centro de Londres, desenvolvido pelo autor no âmbito do Design Research Laboratory (DRL) da Architectural Association School – sob a direção de Brett Steele; (2) o *One North Masterplan*,¹⁴ o projeto de desenvolvimento de um pólo tecnológico de 200

¹³ O que o autor chama de parâmetros espaciais não se refere exatamente a parâmetros de configuração do espaço, mas apenas a aspectos subjacentes à definição de espaço, como as categorias de espaço aberto e fechado.

¹⁴ O *One North Masterplan* é projeto de Zaha Hadid Architects, escritório para o qual David Gerber trabalhou como arquiteto assistente, colaborando no desenvolvimento de modelagens computacionais e na produção de recursos de visualização.

hectares em Singapura e (3) Smart Cities, uma pesquisa sobre mobilidade e intermodalidade coordenada pelo Prof. William J. Mitchell, em desenvolvimento no Media Lab do Massachusetts Institute of Technology (MIT). O autor observou que a aplicação de uma metodologia de projeto paramétrico parece ser “uma solução promissora por unir a administração [de dados] e o projeto com esses dados; [...] permitir acelerar os processos de geração de grandes quantidades de versões de estudos, expandir as soluções espaciais e promover mais interatividade e colaboração” Gerber (2006, p.167).

Embora os casos investigados por Steinø e Veirum (2005) e Gerber (2006) sejam de grande relevância para demonstrar a pertinência e emergência do urbanismo paramétrico enquanto instrumento de desenho urbano, são os projetos desenvolvidos, nos últimos anos, por Zaha Hadid e Patrik Schumacher que apresentam, a meu ver, uma abordagem paramétrica sistemática e mais intrigante, tanto em termos dos seus pressupostos teóricos quanto em termos dos aspectos relativos à prática projetiva. Possivelmente, a linguagem extremamente personalista desses projetos, por vezes rotulada de extravagante ¹⁵, tem implicado certo desinteresse da crítica de arquitetura e urbanismo no sentido de procurar tecer uma investigação mais acurada, observando o aspecto que neles é mais relevante: a emergência de uma metodologia de projeto urbano que permite explorar uma grande variedade de parâmetros por meio de ferramentas computacionais avançadas, de modo a possibilitar a proposição de formas urbanas mais eficientes nos mais diversos aspectos de desempenho, inclusive os aspectos de natureza configuracional, ainda que estes não sejam totalmente explorados como veremos mais adiante. De fato, tais projetos urbanos paramétricos são pouco discutidos na literatura.

Não obstante, a contribuição intelectual de Patrik Schumacher para o urbanismo paramétrico constitui um arcabouço teórico substancial que serve de subsídio não apenas para o entendimento desse novo modelo de urbanismo e para ratificação de sua pertinência, mas também para incrementar as discussões sobre um possível paradigma paramétrico que parece penetrar em diversas disciplinas e práticas que envolvem problemas de design. Schumacher (2008b) propõe chamar esse novo paradigma de “parametrismo” – um novo estilo que “emerge da exploração criativa de sistemas de desenho paramétrico em vistas de articular processos e instituições sociais cada vez mais complexos”. Ele destaca: “o parametrismo é o novo grande estilo depois do modernismo. O pós-modernismo e o desconstrutivismo foram episódios prematuros transitórios nesta nova longa onda de pesquisa e inovação” (SHUMACHER, 2008b).

¹⁵ Em seu texto *Space Syntax: some inconsistencies*, Carlo Ratti faz breve referência aos projetos urbanos de Zaha Hadid, empregando o termo ‘extravagante’ após questionar aplicação da Sintaxe Espacial em atuais projetos de desenho urbano: “[...] can it be assumed that they will nonetheless be present in any design option? In a Zaha Hadid masterplan, or in other extravagant and pattern-free schemes?” (RATTI, 2004b, p.491).



Figura 8. Modelo físico da Sala de Concertos Walt Disney (acima) e modelo digital do Museu Guggenheim de Bilbao (abaixo).

Fonte: KOLAREVIC, 2005, p.103, p.03.

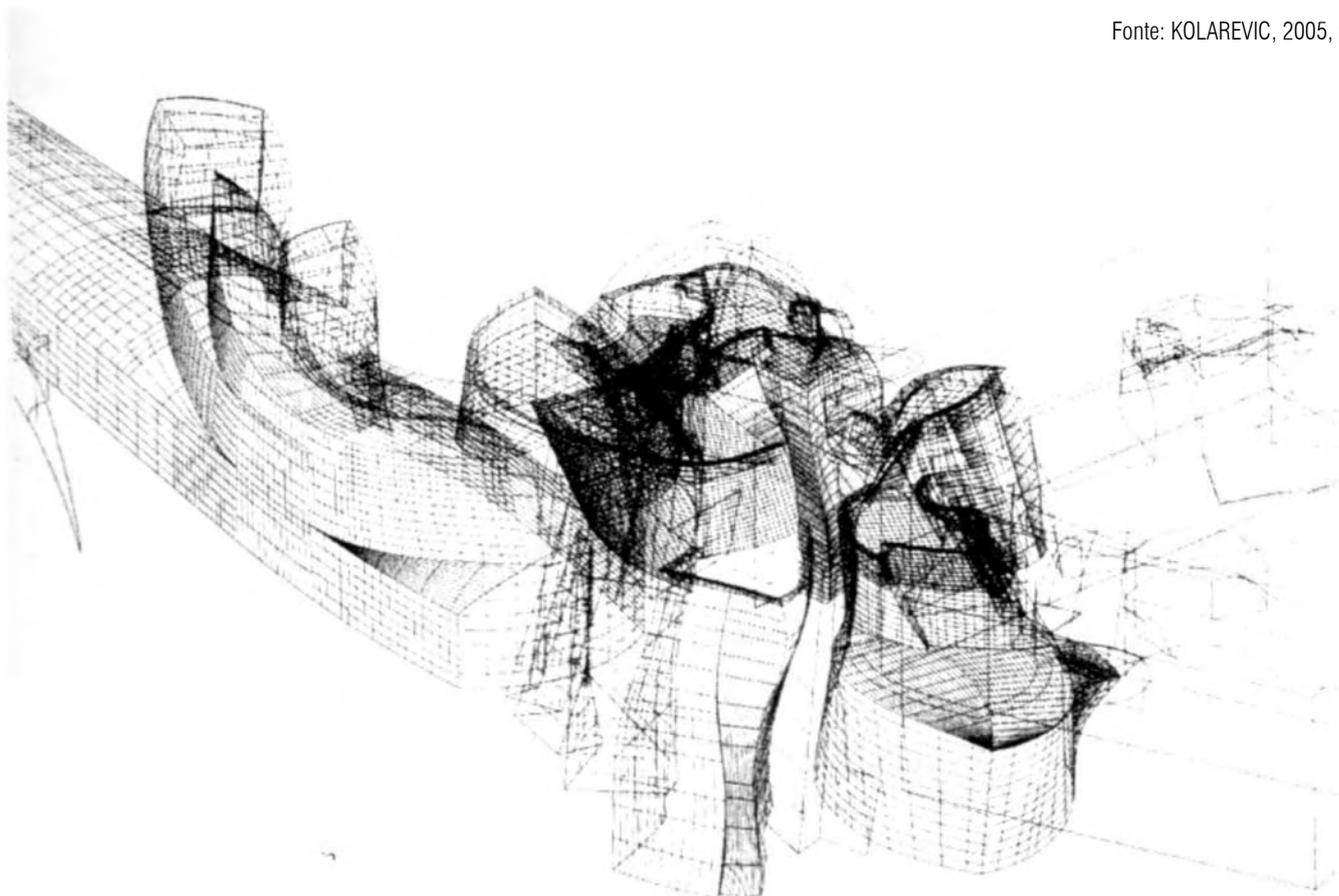


Figura 9. Torre de escritórios da Re Swiss, projetada por Foster & Partners.

Fonte: FOSTER & PARTNERS, 2009



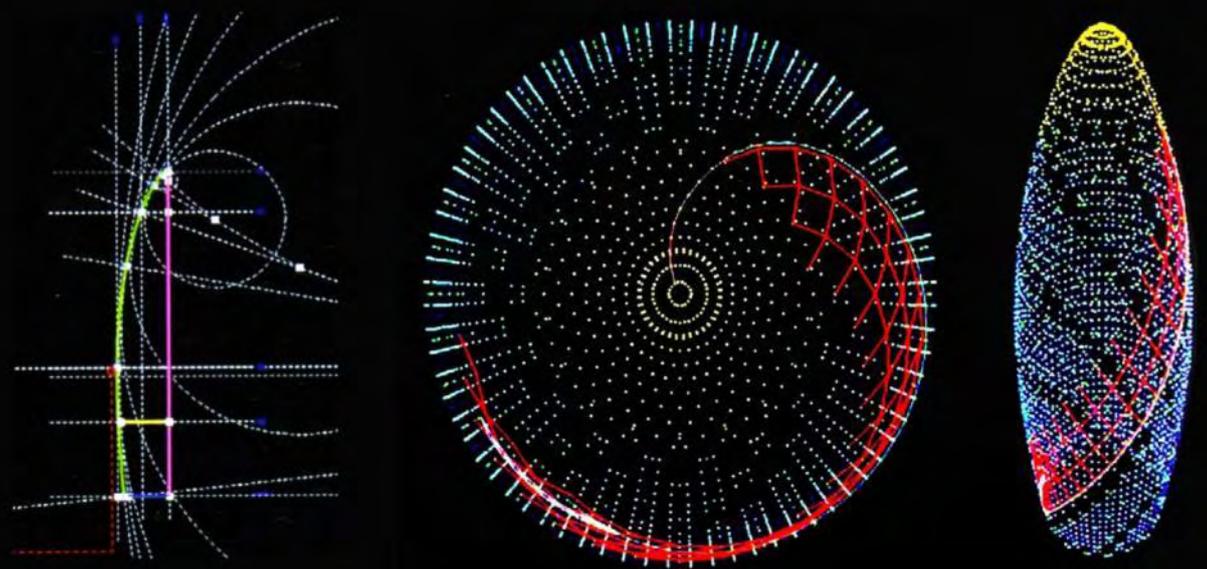


Figura 10. Detalhe da estrutura da Torre Re Swiss (acima) e modelo paramétrico (abaixo).
Fontes: FOSTER & PARTNERS, 2009; FERRE et al, 2007, p.53

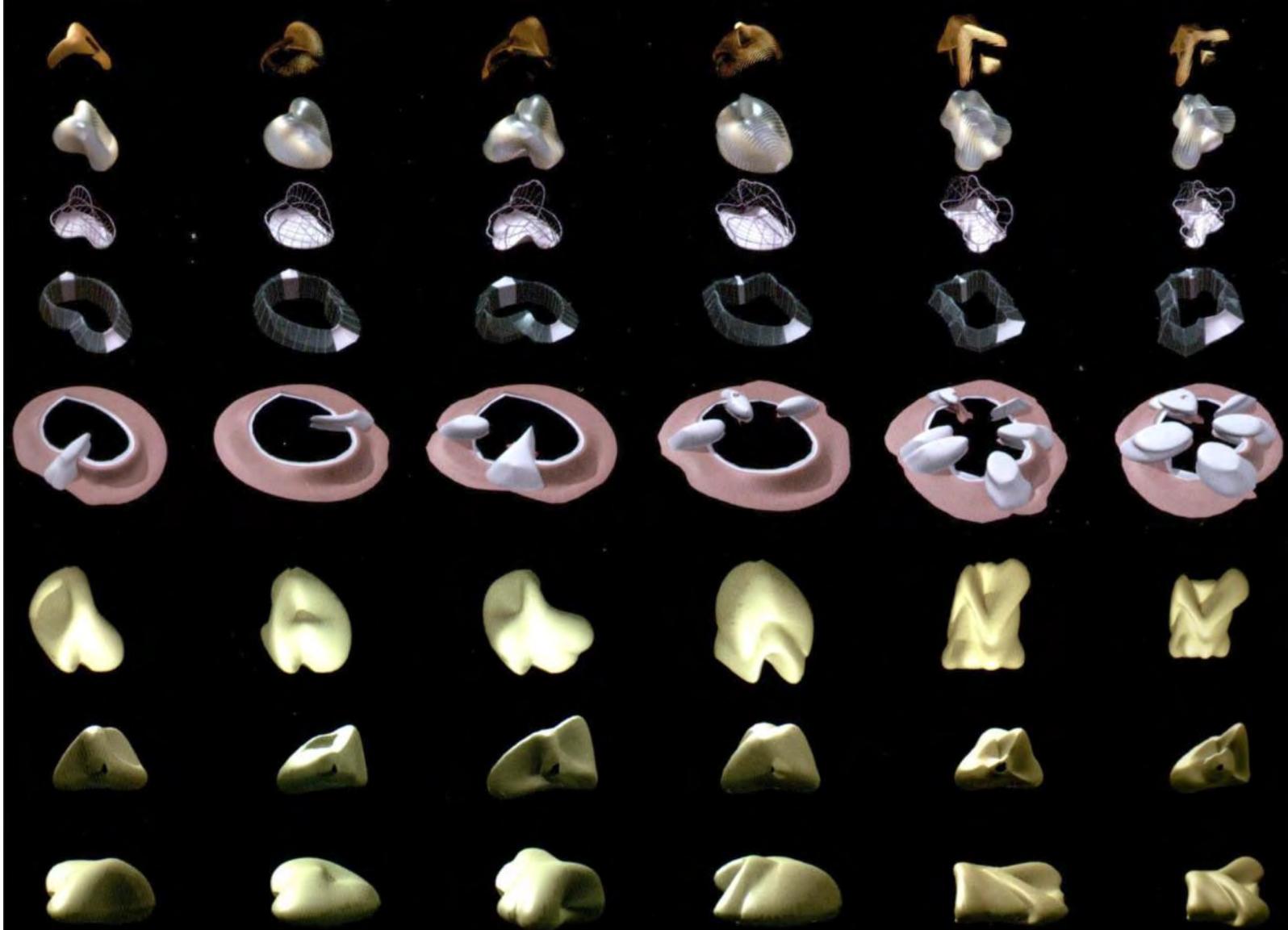
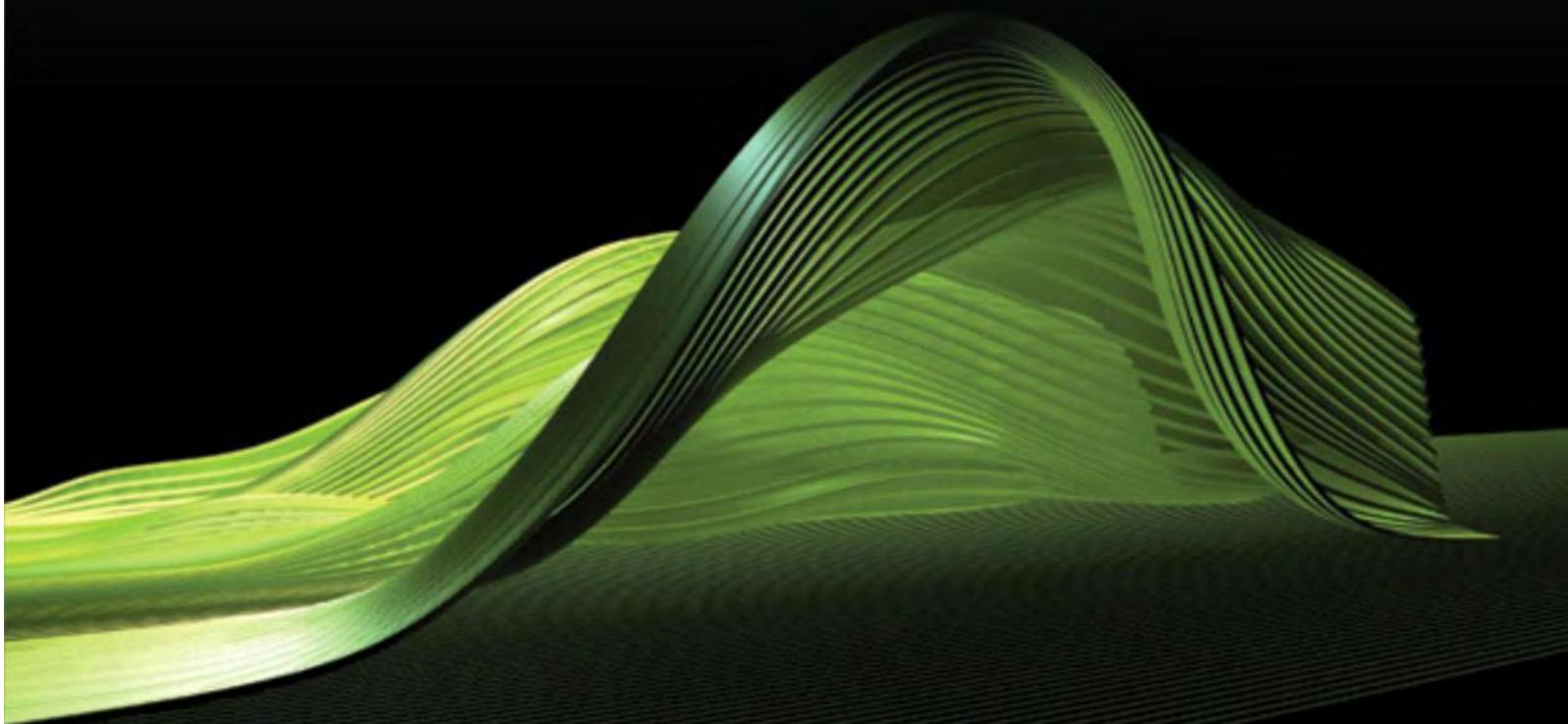


Figura 11. Arquiteturas geradas por processos de morfogênese digital. Casas embriológicas, do arquiteto Greg Lynn (acima) e estrutura efêmera para os jogos olímpicos de Atenas, de autoria de Mirco Becker e Oliver Tessmann (abaixo).

Fontes: ARCHITECTURAL DESIGN, 2006, p.29; F-U-R, 2002



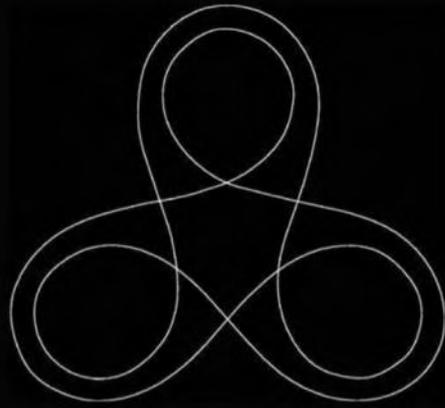


Figura 12. Museu da Mercedes Benz. Diagrama e prototipagem rápida do museu (acima) e imagem da construção final (abaixo).

Fonte: UNSTUDIO, 2009.





Figura 13. Detalhe da Torre GCM em Marseille, projetada por Zaha Hadid. Cada pavimento é diferenciado metricamente do outro, em função das deformações da geometria.

Fonte: POLBAR, 2009.

1.2 FUNDAMENTOS E LIMITES

1.2.1 O urbanismo paramétrico e seus fundamentos

De fato, há uma tendência, na arquitetura contemporânea global, observada no seu processo de produção e na estética resultante, que justifica sua designação como um novo estilo: o “parametrismo”. Trata-se de um estilo maduro fundamentado nas técnicas digitais de animação, em sistemas avançados de desenho paramétrico e em métodos de *script*. Como vimos, este é o principal argumento defendido por Schumacher (2008b). Embora esse novo estilo tenha se originado a partir de meados da década de 90, somente, nos últimos anos, tem emergido de forma mais evidente em função dos avanços ocorridos no desenvolvimento de sistemas de desenho paramétrico. Ele sucede o modernismo, uma vez que estilos arquitetônicos precedentes, como o pós-modernismo, o desconstrutivismo e o minimalismo foram episódios estilísticos temporários. Três evidências principais levam Schumacher a desenvolver esse argumento. A primeira é que mesmo os arquitetos que a literatura usualmente classifica como minimalistas, desconstrutivistas, modernistas tardios ou high-techs, têm explorado os sistemas paramétricos avançados. A segunda é que a arquitetura e urbanismo estão atravessando um ciclo de adaptação às demandas socioeconômicas da era pós-fordista, em que se apresenta o desafio de produzir artefatos personalizados com maior rapidez de execução, o que pode ser correspondido pelo “parametrismo”. A terceira evidência é que as técnicas de desenho paramétrico estão presentes agora em todas as escalas – do design do produto ao projeto arquitetônico e urbano. No que se refere especificamente ao urbanismo, uma série de projetos urbanos de larga escala foram desenvolvidos por Hadid e Schumacher nos últimos anos, empregando ferramentas paramétricas. Como dito anteriormente, essas experiências foram agrupadas dentro de uma corrente de desenho urbano chamada de urbanismo paramétrico, com suas próprias técnicas e fundamentos.

O urbanismo paramétrico se propõe a constituir novas lógicas de desenho urbano que se operam através da correlação de sistemas urbanos múltiplos como a modulação dos sistemas de espaços abertos e fechados. Ele explora novas técnicas de variação e diferenciação formal, em que nada se repete e dois edifícios não devem ter, necessariamente, a mesma forma. Além disso, aplica técnicas de deformação, geralmente por meio de geometrias curvas complexas como linhas *splines*, superfícies NURBS e *grids* deformados para articular os tecidos urbanos dos novos projetos aos tecidos pré-existentes e, com isso, promover a conexão da malha urbana como um todo. Esses códigos formais que Schumacher chama de *positive heuristics* (regras ou procedimentos positivos) resultam, quase sempre, na diferenciação da forma, talvez a qualidade mais desejada pelo urbanismo paramétrico. Em oposição a esses códigos, está o que Schumacher (2008b) chama de *negative heuristics* (procedimentos negativos), que o urbanismo paramétrico evita, como por exemplo: a repetição de elementos padronizados, o desenho de objetos platônicos e de linhas retas ou ângulos retos e, por fim, a projeção de tipologias familiares, que foram muito comuns nas práticas do urbanismo moderno.

Um dos pressupostos mais intrigantes do urbanismo paramétrico é que “[...] o aglomerado urbano descreve uma formação-enxame¹⁶ de vários edifícios (Fig.14, 15, 16 e 17). Tais edifícios formam um campo em constante estado de mudança, pelo qual as continuidades legítimas conectam esta multiplicidade de edifícios (SCHUMACHER, 2008a). Schumacher sugere que “[...] a modulação sistemática de morfologias de edifícios produz poderosos efeitos urbanos e facilita a orientação do campo” (SCHUMACHER, 2008a). Ele propõe a ideia de espaço como um campo de força, em contraposição à ideia modernista de espaço como vazio isotrópico. De acordo com Schumacher (2008b), o modernismo foi fundado no conceito isotrópico de espaço, enquanto o “parametrismo” diferencia os campos.

Os campos são cheios, como se preenchidos por um meio fluido. Podemos pensar em líquidos em movimento, estruturados pela irradiação de ondas, fluxos laminares e redemoinhos espirais. Os enxames têm também servido como analogias paradigmáticas para o conceito de campo. Gostaríamos de pensar em enxames dos edifícios que deslizam através da paisagem. [...] Não existem figuras platônicas e discretas com contornos agudos. Dentro dos campos somente as qualidades globais e regionais importam: polarizações, trações, gradações, e, talvez, singularidades claras como irradiação de centros. Deformação já não significa quebra de ordem, mas o registro legítimo da informação. A orientação em um campo complexo legitimamente diferenciado possibilita a navegação ao longo de vetores de transformação. A condição contemporânea de chegar a uma cidade, sem ter providenciado reservas de hotel ou sem um mapa, pode instigar este tipo de navegação no campo. Imagine que não há não mais marco a fixar, nem eixo a seguir e nem limites a cruzar. A arquitetura contemporânea visa construir novas lógicas - a lógica dos campos - que se arranjam para organizar e articular o novo nível de dinamismo e a complexidade da sociedade contemporânea. (SCHUMACHER, 2008b).

Ao rechaçar elementos de constituição da imagem da cidade, como os marcos, os limites e cruzamentos entre outros apresentados por Kevin Lynch na década de 60¹⁷ (LYNCH, 1960), Schumacher transfere a condição de orientabilidade da cidade para os vetores do campo urbano, ou seja, para o seu próprio sistema de espaços fechados e abertos. Embora Lynch (1960, p.04-05) tenha defendido que “uma imagem clara nos permite uma locomoção mais fácil e rápida”, não são os elementos descritos por ele os mais importantes para a dinâmica de movimentos através do espaço, mas a própria condição determinada pelo seu sistema barreiras e permeabilidades. A condição do campo oferece a possibilidade orientar o deslocamento das massas, as dinâmicas de usos e os comportamentos no espaço. Essas ideias, no entanto, já estavam extensivamente descritas por Hillier (HILLIER, 1993) desde a década de 90.

¹⁶ A ideia de formação-enxame tem origem, possivelmente, nas investigações de Craig Reynolds, especialista em computação gráfica. No fim dos anos 80, Craig Reynolds criou um modelo computacional (chamado *boids*) para simular o comportamento de bandos de pássaros. No modelo, cada *boi*d é representado por um par de asas que obedece a três regras: (1) manter uma distância mínima em relação aos demais *boi*ds, bem como aos objetos presentes no ambiente; (2) adaptar sua velocidade à dos outros *boi*ds e (3) mover-se em direção ao centro da coleção dos outros *boi*ds em sua vizinhança. As investigações de Reynolds foram descritas por M. Mitchel Waldrop em *Complexity: the emerging science at the edge of order and chaos*. Vale destacar que, em seu texto seminal *From Object to Field*, Stan Allen sugere que a arquitetura poderia se aproximar dessas investigações e começar a pesquisar “possibilidades de abordagens mais fluidas. A condição dos campos oferece uma possibilidade na arquitetura para endereçar dinâmicas de uso, comportamento de multidões e de geometrias complexas de massas em movimento” (ALLEN, 1997, p.29-30).

¹⁷ Kevin Lynch (1960) sugeriu as vias, os limites, os bairros, os pontos nodais e os marcos como os principais elementos definidores da imagem da cidade. De acordo com Lynch, (1) as vias são os espaços pelos quais o observador circula, seja de modo habitual, ocasional ou potencial, podendo ser ruas, calçadas, canais ou estradas de ferro; (2) os limites são os elementos lineares que não servem ou não são considerados como caminhos pelo observador. São fronteiras entre duas fases, as soluções de continuidade: rios, valas de estradas de ferro, limites de loteamento ou muros; (3) os bairros são regiões urbanas em que o observador reconhece como tendo um caráter comum de identificação. São fragmentos da cidade mais ou menos vastos, concebidos como se estendessem em duas dimensões. O observador sente quando penetra em seu interior e os reconhece por sua forte identidade; (4) os cruzamentos, ou pontos nodais, são pontos considerados locais estratégicos de uma cidade por onde o observador passa. Podem ser essencialmente junções, ou terminais de transportes, convergência ou cruzamento de vias etc.; (5) os marcos são referências para o observador. Sua característica principal é a originalidade. Podem ser grandes torres isoladas ou cúpulas que se destacam no contexto urbano. Os marcos são tipicamente objetos físicos e não áreas, o que oferece certa facilidade de detecção, pois são pontos destacados na paisagem urbana e podem ser vistos de diversas partes da cidade.

Segundo Hillier, é a própria forma espacial que cria um campo probabilístico de encontros interpessoais, portanto de padrões de movimento. As ideias de Hillier estão discutidas com maior detalhamento no próximo capítulo.

Além do desenho paramétrico e das técnicas de diferenciação formal e espacial, o urbanismo paramétrico, portanto, fundamenta-se na noção de campo, que pode ser compreendida como uma terceira diferente abordagem da noção de espaço depois do modernismo (que o considerou vazio isotrópico) e do pós-modernismo (que o considerou como lugar). A propósito, estas abordagens foram bem observadas por Peponis (1989) ao revisar teorias urbanas recentes: “enquanto o espaço, como conceito que inspira as maiores correntes da arquitetura moderna, referir-se-ia a extensões abstratas e homogêneas que podem ser livremente organizadas, o lugar, como conceito que inspira a crítica às condições modernas, referir-se-ia a situações particulares e a qualidades que precisam ser reconhecidas e conscientemente cultivadas” (PEPONIS, 1989, p.193-108) (Ver Tab.1).

Tabela 1. Diferentes abordagens da noção de espaço por concepções urbanísticas distintas.

URBANISMO MODERNO	URBANISMO PÓS-MODERNISMO	URBANISMO PARAMÉTRICO
Vazio	Lugar	Campo
“[...] extensões abstratas e homogêneas que podem ser livremente organizadas” (PEPONIS, 1989, p.193-108). “[...] vazios isotrópicos ou vácuos não estruturados (SHUMACHER, 2008b).	“[...] situações particulares e qualidades que precisam ser reconhecidas e conscientemente cultivadas” (FRAMPTON, 1980 apud PEONIS, 1989, p.193-108)	“[...] campos são cheios, como se tomados por um meio fluido: líquidos em movimento, estruturados por ondas e fluxos. São campos de força” (SHUMACHER, 2008b).

1.2.1 O urbanismo paramétrico e seus limites

É interessante observar que, embora Hadid e Schumacher venham desenvolvendo uma série de projetos urbanos desde o início dos anos 2000, apenas os projetos mais recentes parecem apresentar uma metodologia de desenho urbano paramétrico mais evidente, na medida em que incorporam os pressupostos teóricos do urbanismo paramétrico de uma forma mais sistemática. Neste trabalho, analisaremos apenas três desses projetos, em função de que, nos discursos investigados (em textos de periódicos especializados e em textos de autores que estão ou estiveram envolvidos com a prática do escritório Zaha Hadid Architects, tais como Patrik Schumacher, David Gerber, Nils Fischer e Shajay Bhooshan), só encontramos referência à aplicação de ferramentas paramétricas nos projetos urbanos elaborados para Singapura, Istambul e Londres, respectivamente: One-North Masterplan, Kartal-Pendik Masterplan e Thames Gateway Masterplan.

Embora a literatura não registre claramente quais são as ferramentas paramétricas aplicadas na produção desses projetos, é possível afirmar que o Maya Mel Script é o software mais empregado, uma vez que, de acordo com Fischer & Bhooshan (2008), integrantes do ZHA Computational Design Research Group¹⁸, “o grupo de projeto utiliza recursos de *scripts* do Maya para gerar modelos que respondam a variações de parâmetros ambientais”. Segundo Schumacher (2008a), os sistemas paramétricos que funcionam a base de *scripts* têm permitido alcançar um nível extraordinário de

¹⁸ O ZHA Computational Design Research Group, mais que uma reunião de especialistas, é um grupo de investigação originalmente criado para conduzir as pesquisas computacionais do escritório Zaha Hadid Architects.

inovação e sofisticação, especialmente, no que se refere ao desenho das formas arquitetônicas e urbanas. Tais sistemas possibilitam programar ferramentas de desenho para tratar uma grande quantidade de parâmetros e criar um projeto sensível a parâmetros formais, funcionais e ambientais. Percebe-se, claramente, nesses projetos, a forte ênfase na exploração de, apenas, parâmetros formais, ambientais e programáticos.

Assim sendo, procuramos examinar os projetos urbanos referidos, identificando como esses parâmetros foram explorados e se, de algum modo, os parâmetros espaciais e, em particular, de configuração do espaço, foram aplicados. Entenda-se por parâmetros formais aqueles definidores da forma urbana, o desenho das malhas e das massas edilícias, além de seus aspectos geométricos; parâmetros funcionais, aqueles referentes aos usos ou rótulos; parâmetros ambientais, os dados físicos e ambientais do lugar onde se inserem tais projetos urbanos; e parâmetros espaciais, aqueles relativos à estrutura e às propriedades morfológicas do objeto urbano, como, por exemplo, as unidades de espaço (convexas e lineares), a relação entre estes (acessibilidade e visibilidade), a interface público-privada, ou seja, entre as edificações e as unidades espaciais e, finalmente, os campos visuais. As dimensões e propriedades espaciais destacadas constituem variáveis essenciais na construção de ambientes urbanos ativos, objetivo central explicitado pelos principais articuladores do urbanismo paramétrico, na medida em que as unidades espaciais convexas e lineares constituem as dimensões locais e globais do sistema urbano. De acordo com a forma de estruturação dessas dimensões e da interface entre o domínio público e privado, operar-se-iam as condições precípuas à integração entre os diversos usuários da cidade.

a) One-North Masterplan (2001-2021)

One-North (Fig.18 e 19) é uma área de cerca de 200 hectares situada em uma zona industrial inserida no corredor tecnológico de Singapura, entre o centro de negócios da cidade, a leste, e a Universidade Tecnológica de Nanyang e outros parques industriais, a oeste. Em 1996, o governo de Singapura considerou necessidade de desenvolver um espaço inovador na área, com o objetivo de criar uma comunidade para viver, trabalhar, aprender e divertir.

A fim de promover uma comunidade inovadora, inclusiva e vibrante com recursos econômicos e sociais para futuros trabalhadores intelectuais, o One-North Masterplan será conduzido por quatro estratégias: [1] Uso misto e dinâmico. A estratégia objetiva criar uma equilibrada combinação e distribuição de atividades. Uma ótima mistura de usos e de programas dentro do One-North promoverá a vitalidade social, cultural e econômica que incentiva, por sua vez, atividades urbanas dinâmicas ao longo do dia. [2] Conectividade sem costuras. A conectividade física dentro do One-North é fornecida por meio de uma rede de vias bem-conectadas e nós de transporte público que integram e não impedem o tráfego de pedestres. [3] Revitalização constante. Este é um processo contínuo de revitalização e de renovação que é importante para manter a vitalidade do desenvolvimento de One-North ao longo dos anos. Considerando que o zoneamento flexível permitirá o One-North responder a mudanças do mercado, o reuso adaptável e a construção de novos edifícios permitirá ao projeto urbano incorporar o patrimônio local no desenvolvimento de One-North para preservar a história local e a cultura de Singapore na paisagem urbana em desenvolvimento. [4] Identidade original. Esta unicidade será acentuada pelo desenho a partir da força intrínseca do local, pela exploração de sua topografia ondulada para criar um efeito urbano original e pela inter-relação entre camadas de áreas livres e construídas dentro de ambiente inaudito. (ONE-NORTH, 2009).

Zaha Hadid venceu o concurso internacional promovido pela Jurong Town Corporation Singapore (JTC) com um grande projeto urbano previsto para ser construído no período de vinte anos – projeto este que explorou pioneiramente

uma metodologia de desenho paramétrico aplicada ao desenho urbano de larga escala. De acordo com Gerber (2006, p.155), “visando superar as limitações dos métodos de projeto urbano normativo, o grupo Zaha Hadid Architects procurou idealizar e desenvolver uma nova metodologia de projeto e uma ferramenta para responder ao problema apresentado pelo concurso.” Dada à quantidade de atores envolvidos no processo, bem como de dados a influenciar o projeto, o grupo se “confrontou com a necessidade de gerenciar uma grande base de dados que requeria uma visualização rápida de modificações” (GERBER, 2006, p.157). O grupo procurou, então, desenvolver um método de projeto que fosse, de fato, paramétrico, no qual os dados numéricos e o modelo digital tridimensional estivessem diretamente associados, de um modo que as modificações em um deles influenciassem diretamente o comportamento do outro. O resultado se tornou uma “pseudoferramenta paramétrica de planejamento (GERBER, 2006, p.157)”, que incorporava dados como área, densidade, fluxos, restrições formais e contextuais entre outros. A ferramenta lia e analisava gramaticalmente esses dados numéricos em planilhas eletrônicas, tabelas, gráficos e modelos tridimensionais.

“One North foi projetado para superar o isolamento físico do local por meio da oferta de infra-estrutura e de uma estratégia espacial que enfatizasse as conexões com os arredores” (GERBER, 2006, p.157). A integração entre os parâmetros programáticos e formais procuraram promover o movimento e atividade na rua. Os princípios-chave do projeto centraram-se na criação de um parque de negócios que enfatizasse a diversificação de usos, uma atmosfera urbana vibrante, guiada por uma malha ondulada de edifícios e nós de intensidades.

Logo, o projeto urbano caracteriza-se por uma grande forma urbana (extensa, densa e compacta) suavemente ondulada similar a uma duna, cuja intenção estética é transmitir um senso de coesão. Ao mesmo tempo em que permite um alto grau de coesão estética, favorece a proposição de uma grande variedade de volumes construídos (alto, baixo, largo, estreito) regulados por duas forças de unificação: um *grid* suave e uma superfície de cobertura ondulada. A geometria curvilínea e elástica das ruas e dos caminhos projetados permite a articulação com as malhas urbanas das áreas adjacentes, além de produzir uma grande diversidade de configuração de parcelamento do solo. As propriedades paramétricas e topológicas deram ao modelo uma flexibilidade necessária para a adaptação e transformação em qualquer etapa de desenvolvimento do projeto, mas garantindo a manutenção de sua coerência e de seu caráter formal.

Embora o principal objetivo da proposta tenha sido “[...] projetar para a [promoção de] vitalidade, em outras palavras, para a [promoção de] interação urbana” (GERBER, 2006, p.157), os parâmetros explorados para garantir tais níveis de interação foram apenas os programáticos e formais. Ao pleitear por densidade, uso misto e padrões superpostos de movimento, essa estratégia parece se fundamentar, ainda que não declaradamente, nas ideias de Jane Jacobs apresentadas em seu livro *Morte e Vida de Grandes Cidades* (1961). “Jacobs argumentou essencialmente em defesa do ambiente das ruas ricamente conectadas e continuamente acessíveis, com mistura de funções e altas densidades de uso” (PEPONIS, 1989, p.193-108). Os princípios advogados por Jacobs têm sido reconhecidos e adotados em diversas propostas de planejamento e projeto urbano desde então. Contudo, de acordo com Peponis (1989, p.193-108), apenas esse tipo de estratégia “não pode guiar o desenvolvimento do projeto arquitetônico de áreas urbanas” tendo em vista “a ausência de uma compreensão clara das propriedades de configuração nas quais se apóiam os padrões superpostos de usos densos e mistos”.

b) Kartal-Pendik Masterplan (2006)

Kartal-Pendik Masterplan (Fig. 20, 21 e 22) é um projeto de requalificação urbana para uma área industrial abandonada, localizada em Istambul, entre as regiões de Kartal e Pendik, que se situam na confluência de importantes infra-estruturas como rodovias que fazem a conexão entre Istambul e outros países europeus e asiáticos. A área foi projetada para ser uma nova centralidade da cidade a partir da oferta de centros de negócios, residências e equipamentos culturais, como museus, casas de espetáculos e teatros, além de espaços para atividades de lazer, como, por exemplo, marinas e hotéis turísticos. O grupo Zaha Hadid Architects partiu da proposta de integrar as infra-estruturas urbanas existentes, articulando as conexões das principais vias identificadas no tecido urbano das regiões de Kartal, a oeste, e Pendik, a leste. A integração entre as conexões transversais (leste-oeste) com o eixo longitudinal (norte-sul) da rodovia definiu uma malha suave que forma a estrutura subjacente do projeto - um *grid* elástico que se contrai e estende para ajustar-se às condições urbanas e topográficas do lugar.

Verticalmente, o *grid* elástico é estendido para formar a paisagem urbana da área. Em determinadas regiões, o *grid* eleva-se para gerar uma rede de torres na paisagem aberta, enquanto, em outras áreas, é invertido para se transformar em uma malha mais densa cortada por ruas e, em outros casos, pode esvanecer-se completamente para gerar parques e espaços abertos. Ou seja, por sua flexibilidade, o *grid* permite a introdução de formas edilícias diversas, possibilitando diferentes padrões de densidade, tais como: (1) numa situação em que uma rede de torres de vários andares poderia emergir ou (2) numa situação na qual uma rede de blocos urbanos, conformando no perímetro da quadra e com um pátio central, à maneira de Cerdà, poderia ser disposta. As tipologias edilícias propostas por Hadid responderam às exigências de cada um dos sete distritos urbanos propostos no projeto. A estratégia é, portanto, um sistema dinâmico e flexível para a geração da forma urbana, conciliando a necessidade de uma imagem reconhecível e de um novo ambiente com uma integração sensível da nova estrutura urbana com a estrutura da cidade pré-existente que a rodeia.

É interessante observar que as investigações de Zaha Hadid e Patrik Schumacher recuperam o *grid* como estrutura base para a ordenação do território urbano. Não se trata de um *grid* cartesiano como o que caracterizou o ambiente construído de muitos projetos urbanos modernistas, mas de uma espécie de *grid* topológico que se deforma para adaptar-se a diferentes circunstâncias urbanas e topográficas, ou seja, a parâmetros físicos e ambientais do campo. No entanto, não se observa a orientação ou condução dessas deformações por variáveis espaciais de natureza configuracional, tanto no que se refere às deformações do plano horizontal quanto às extrusões verticais, no sentido de buscar padrões de maior ou menor facilidade de acesso, favorecendo, portanto, a alocação de usos dependentes de movimento de pessoas ou, pelo contrário, que necessitem de maior isolamento. Os processos de articulação entre os tecidos urbanos existentes e propostos se fazem sem que se observem os efeitos mútuos, sendo evidenciados os aspectos da forma urbana em detrimento das relações espaciais.

c) Thames Gateway Masterplan (2007)

O Thames Gateway Masterplan (Fig.23) é um plano para uma área cortada pelo rio Tâmis e que se estende para leste de Londres. Zaha Hadid e Patrik Schumacher tomaram a área como campo de prova para desenvolver novos modos de

resolver problemas de projetos urbanos de larga escala. Usaram uma série de técnicas de desenho digitais paramétricos para desenvolver uma proposta de regeneração urbana para a área. Através de uma pesquisa de tipologias arquitetônicas presentes na história do desenvolvimento urbano e arquitetônico de Londres, identificaram e examinaram quatro tipos edilícios principais: individual villas, high-rise towers, slab-shaped buildings and city-blocks (casas isoladas, torres, edifícios em forma de placa achatada e os blocos urbanos). Associaram essas tipologias a quatro elementos geométricos distintos, respectivamente: o ponto, a linha, o plano e o volume. A partir disso, desenvolveram um software de modelagem computacional para projetar e permutar essas quatro tipologias edilícias sob a área de Thames Gateway, investigando como poderiam ser dispersos na paisagem.

Posteriormente, ajustaram o modelo para adaptá-lo às condições da área e usaram-no para especular em termos de possíveis formas de desenvolvimento futuro. Testaram múltiplas combinações de tipos edilícios diferentes, muitas vezes, fundindo-os para criar estruturas híbridas. O resultado é um campo urbano complexo com variedade de formas edilícias. Embora o projeto não tenha sido levado a cabo, o que nos impede de avaliar parâmetros de natureza programática, foi exibido na exposição Global Cities (Cidades Globais), realizada na Tate Modern, em Londres, em 2007, sob o título de Parametric Urbanism – Form Informing Urbanism (Urbanismo Paramétrico – Forma Informando Urbanismo). A exposição consistiu em uma sequência animada que mostrou a evolução do modelo urbano. Embora tenham sido focados os parâmetros puramente formais, foram exploradas, ao máximo, as possibilidades das ferramentas de desenho paramétrico aplicadas ao desenho urbano, por meio de técnicas de proliferação parametricamente controlada, lógicas de auto-organização (ou formação-exame) e de construção de redes de parâmetros interligados. Isso conferiu ao modelo a flexibilidade necessária para lidar com a rápida sucessão de mudanças do projeto, uma vez que, alterando os parâmetros de um determinado objeto, tornou-se fácil visualizar rapidamente, no modelo virtual, uma grande quantidade de versões, sem que houvesse a necessidade de repetição dos mesmos elementos, mas, sim, a variação deles, o que facilita a tomada de decisão durante o processo de projeto.

Apesar das potencialidades oferecidas para aumentar a eficiência e qualidade das propostas de desenho urbano, o urbanismo paramétrico, assim como o urbanismo moderno e as teorias e abordagens urbanas recentes, de Rossi a Koolhaas, não explora parâmetros espaciais. Segundo Holanda (2003, p.35), a dimensão espacial ou o “espaço é a sintaxe de configurações urbanísticas, sistema de barreiras e permeabilidades ao movimento de pessoas sobre o chão”. O autor complementa: “às barreiras e às permeabilidades físicas sobre o chão (sintaxe) se superpõem regras de utilização (semântica) que acrescentam significado simbólico à sintaxe do lugar e contribuem para constituir – produzir e reproduzir – padrões de interação social” (HOLANDA, 2003, p.25).

Praticamente, todas as teorias urbanas recentes negligenciam a dimensão espacial do objeto urbano, tanto em termos de suas propriedades locais como globais. De acordo com Peponis (1989, p. 93-108), “as abordagens recentes de desenho urbano não resolvem a questão de como projetar espaços específicos, ou áreas locais, ao mesmo tempo em que levem em consideração os padrões globais de fluxos contínuos, de centralidade e de diferenciação, que conferem ao espaço urbano seu caráter cultural distintivo” (PEPONIS, 1989, p.93-108). Afinal:

A experiência de ambientes genuinamente urbanos refere-se ao encontro, embora não necessariamente à interação, entre pessoas, na maioria das vezes desconhecidas, que podem

ser identificadas como pertencentes a diferentes classes sociais, status, raça ou origem étnica; refere-se também à exploração do que não é costumeiro, e ao conhecimento de outros modos de vida, ainda que deles não participemos.

Construir no ambiente urbano significa lidar com essa mistura de familiaridade e diferença; significa também estabelecer uma forma, por mais ordenada que seja em si própria num contexto mais amplo de justaposição que influencia o como a forma, tornar-se-á inteligível. Essas interações não acontecem simplesmente porque as cidades são densas e ocupadas diversa e diacronicamente. Elas ocorrem em função das propriedades morfológicas globais dos arranjos urbanos. Assim, o espaço pode ser visto como a dimensão mais distintiva e persistente da cultura urbana porque ele não apenas expressa, mas supera as classificações estabelecidas pela estrutura e pelo discurso sociais, inclusive as classificações de tipos arquitetônicos. (PEPONIS, 1989, p. 93-108).

O urbanismo paramétrico não escapa à regra, uma vez que não explora parâmetros espaciais de natureza configuracional para instruir decisões de projeto. Ao promover articulações, deformações, diferenciações e proliferações de diferentes tipos edifícios na estrutura urbana, o urbanismo paramétrico ignora variáveis espaciais, portanto, desconsidera as implicações das novas formas projetadas para a vida urbana. As interações no meio urbano não acontecem apenas em função da densidade, mas das propriedades morfológicas dos arranjos urbanos, como cita Peponis (PEPONIS, 1989). Neste sentido, a vida urbana está em conexão direta com a configuração espacial da rede urbana, as atividades urbanas e o movimento de pedestres. A estrutura configuracional das malhas urbanas implica padrões de movimento através do espaço e contribui para distintas formas de ocupação, naturalmente, independente de atratores (HILLIER et al, 1993). Comerciantes, por exemplo, tiram partido dessa estrutura para a localização de suas atividades. Portanto, o entendimento dos atributos da estrutura configuracional é fundamental em qualquer processo de projeto urbano para que as intervenções no traçado e a locação de atividades mais adequadas para distintos propósitos possam contribuir para padrões de urbanidade. Todavia esses parâmetros são negligenciados pelo urbanismo paramétrico.

Assim sendo, a questão central desta pesquisa é: como incorporar parâmetros de natureza configuracional no urbanismo paramétrico, visando à proposição de layouts urbanos mais eficientes no que se refere ao desempenho da vida urbana, isto é, da urbanidade? Parâmetros de configuração espacial podem ser introduzidos no modelo para garantir a proposição de layouts urbanos que possam melhor suportar uma relação integral entre a ocupação (a partir da definição de locais ideais para diferentes atividades) e os movimentos de pedestres. A introdução de parâmetros configuracionais, fundamentados na Teoria da Lógica do Espaço (HILLIER; HANSON, 1984), permitirá atender aos pressupostos do urbanismo paramétrico de gerar “animação urbana”, uma vez que apenas a exploração de parâmetros formais, ambientais e funcionais não é suficiente para tal finalidade.

Os tecidos urbanos podem ter maior ou menor índice de vida urbana, ou melhor, serem mais “urbanos” ou mais “formais”. É o que Holanda (2002, p.125) identificou como “paradigmas de urbanidade” e “formalidade”, dois paradigmas socioespaciais milenares, que estão presentes na estrutura urbana das cidades. Embora esses paradigmas constituam tendências opostas de um modelo teórico, em muitas cidades, podemos encontrar os dois tipos, ou seja, as malhas urbanas apresentam graus de urbanidade e formalidade em uma escala contínua. Holanda caracterizou esses dois paradigmas socioespaciais, bem como suas categorias analíticas, e formulou um modelo matemático que afere o grau de urbanidade de arranjos urbanos – o que ele chamou medida de urbanidade (URB) (HOLANDA, 2002,

p.128). As variáveis da medida de urbanidade (como o percentual de espaço aberto sobre o espaço total, espaço convexo médio, número de entradas por espaço convexo, % de espaços cegos, m² de espaço convexo por entrada, metros lineares do perímetro das ilhas por entrada, economia de malha, integração e inteligibilidade) podem ser convertidas em parâmetros manipuláveis computacionalmente e incorporadas em processos de projeto urbano paramétrico.

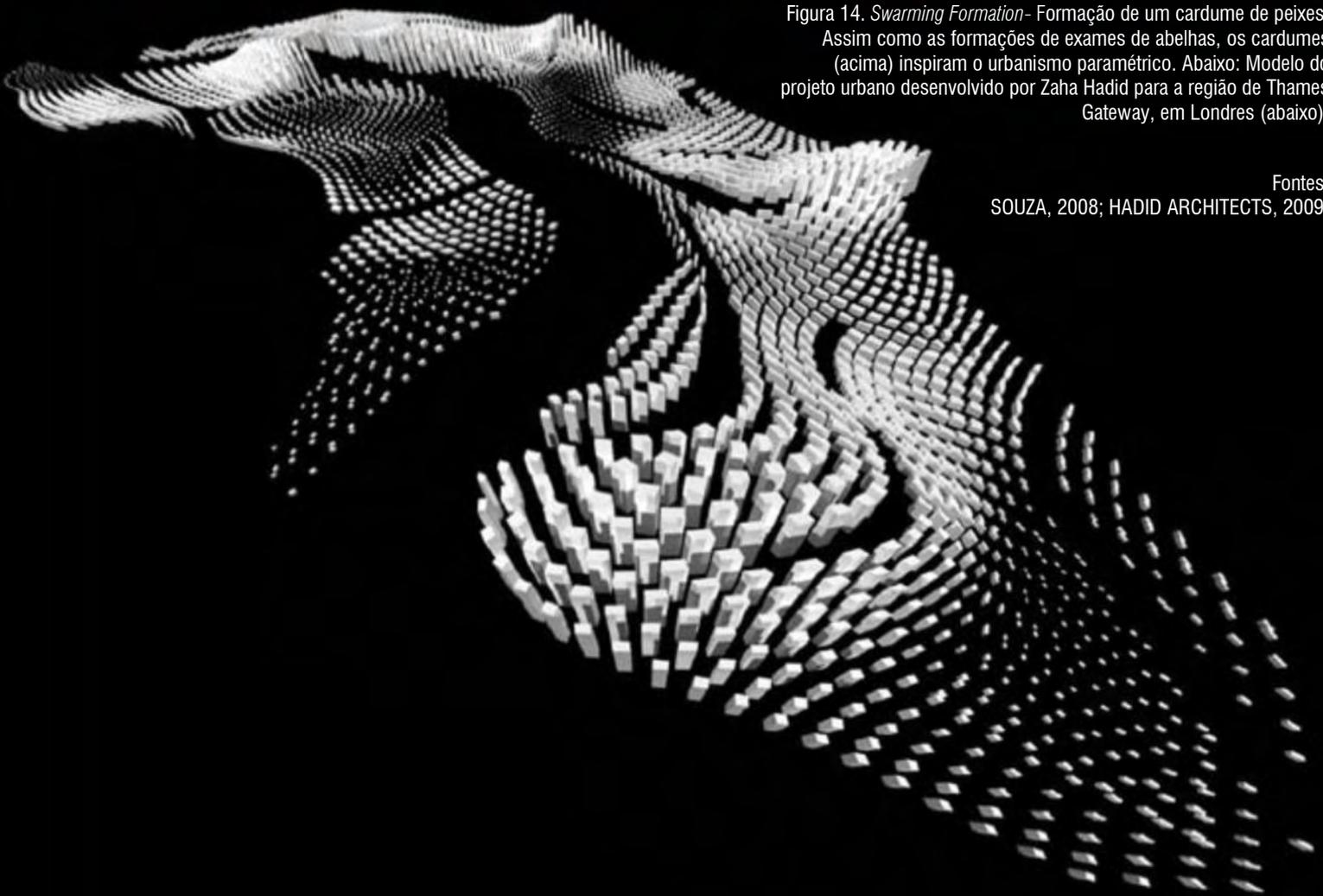
No entanto, o modelo construído por Holanda foi bem estruturado para ser aplicado como ferramenta mais analítica que propositiva, o que dificultaria sua aplicação em processos de projeto, como veremos mais adiante. Por isso, ainda não há um modelo paramétrico interativo que possa auxiliar arquitetos e urbanistas no desenho de áreas urbanas com a finalidade de promover vida urbana. Deste modo, o objetivo da dissertação é o desenvolvimento de um modelo paramétrico de desenho urbano em função da urbanidade, que possa ser apropriado pelo urbanismo paramétrico para instruir as decisões de projeto.

Assim, o capítulo seguinte trata de caracterizar os paradigmas de urbanidade e formalidade, conforme formulados por Frederico de Holanda (HOLANDA, 2002), que, ao propô-los, superou a dicotomia das classificações taxonômicas instrumental/simbólica sugeridas anteriormente pelo próprio Hillier (HILLIER, 1989, p.5-21). Tais paradigmas foram apresentados pioneiramente por Holanda em sua tese de doutorado em 1997, embora os termos urbanidade e formalidade não estivessem totalmente ausentes da literatura, conforme cita o próprio autor (HOLANDA, 2002, p.125). A tese foi vertida para a língua portuguesa em 2002, com mesmo título - O Espaço de Exceção. Holanda tem se dedicado ao estudo e à compreensão da lógica dos assentamentos humanos e de suas implicações no uso do espaço, em particular, o caso do plano piloto de cidade de Brasília, que ele classifica como espaço de exceção – espaços altamente segmentários, fortemente insulados, cerimoniais, hierárquicos e que caracterizam relações de poder. O espaço de exceção, portanto, está no âmbito do paradigma da formalidade.



Figura 14. *Swarming Formation*- Formação de um cardume de peixes. Assim como as formações de exames de abelhas, os cardumes (acima) inspiram o urbanismo paramétrico. Abaixo: Modelo do projeto urbano desenvolvido por Zaha Hadid para a região de Thames Gateway, em Londres (abaixo).

Fontes:
SOUZA, 2008; HADID ARCHITECTS, 2009.



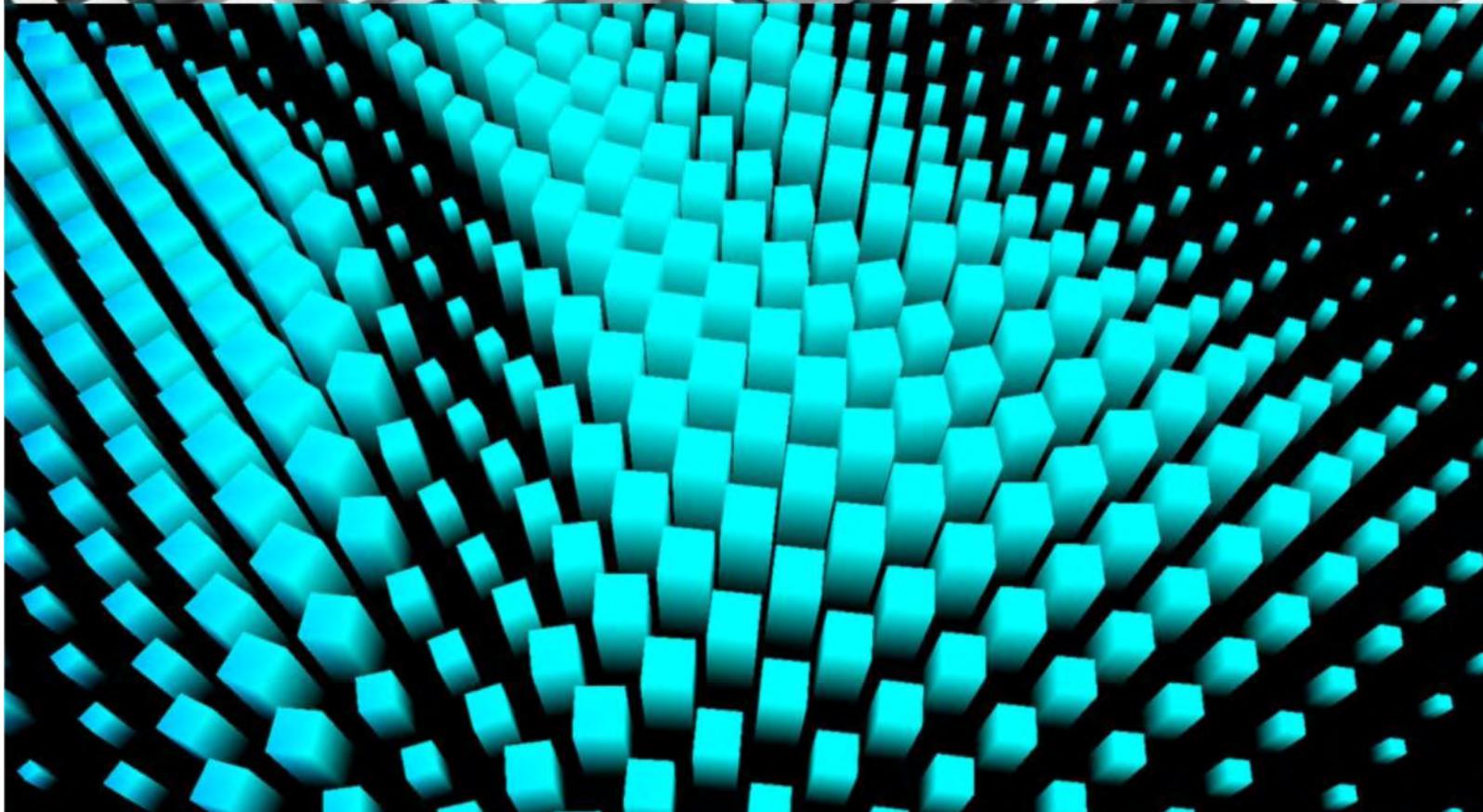
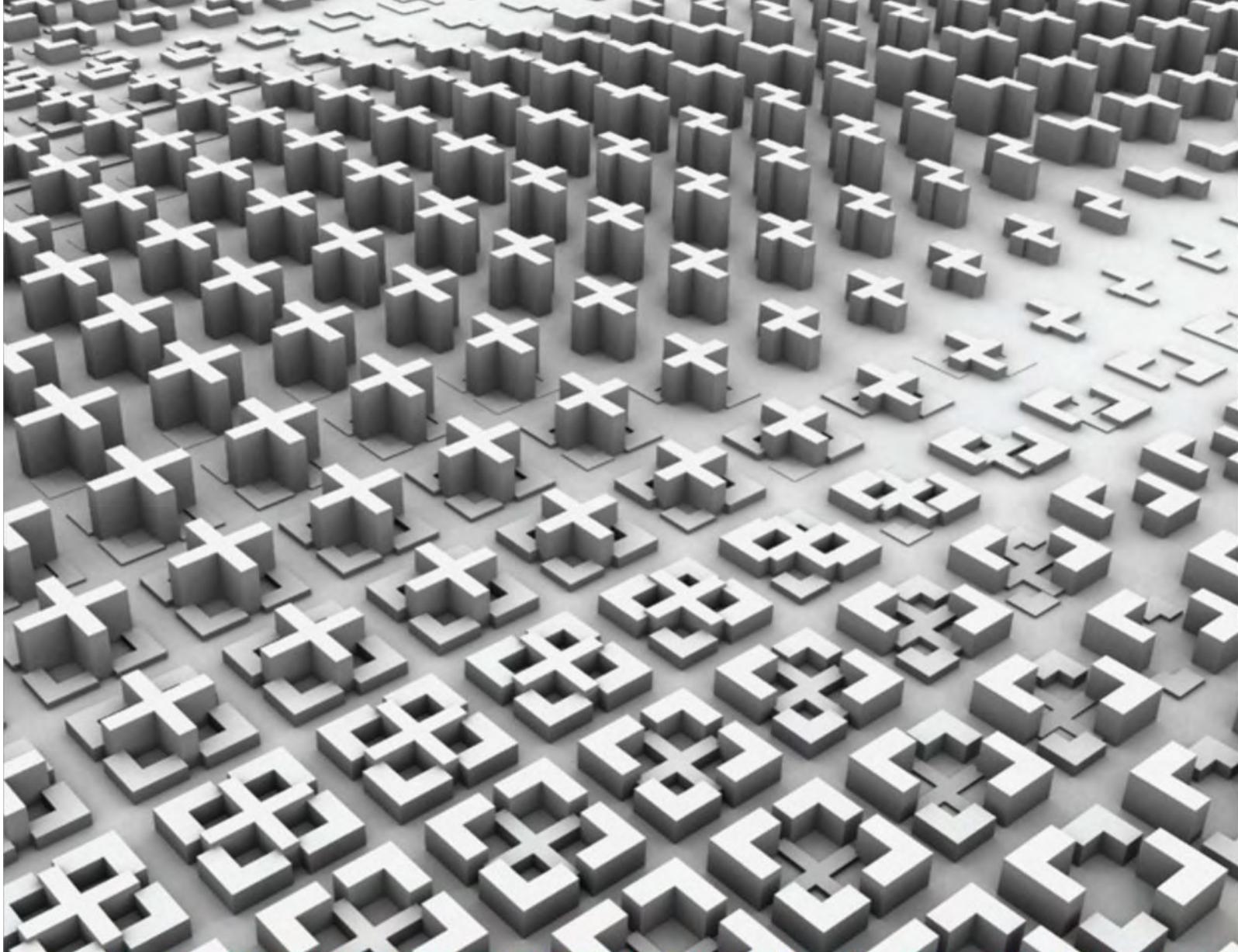


Figura 15. Técnicas variação tipológica (acima) e diferenciação paramétrica (abaixo).

Fonte: WERZ, 2009; WEWORK|4HER, 2009.

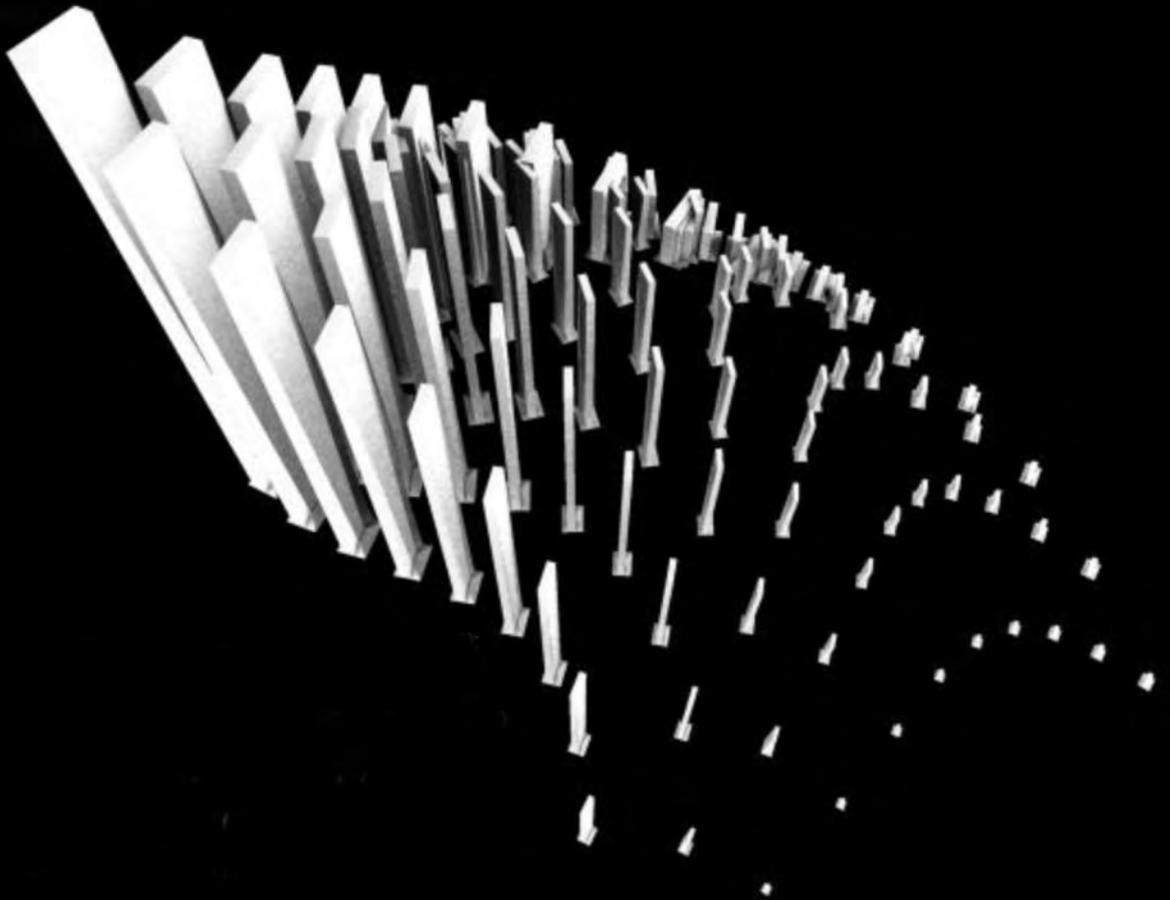
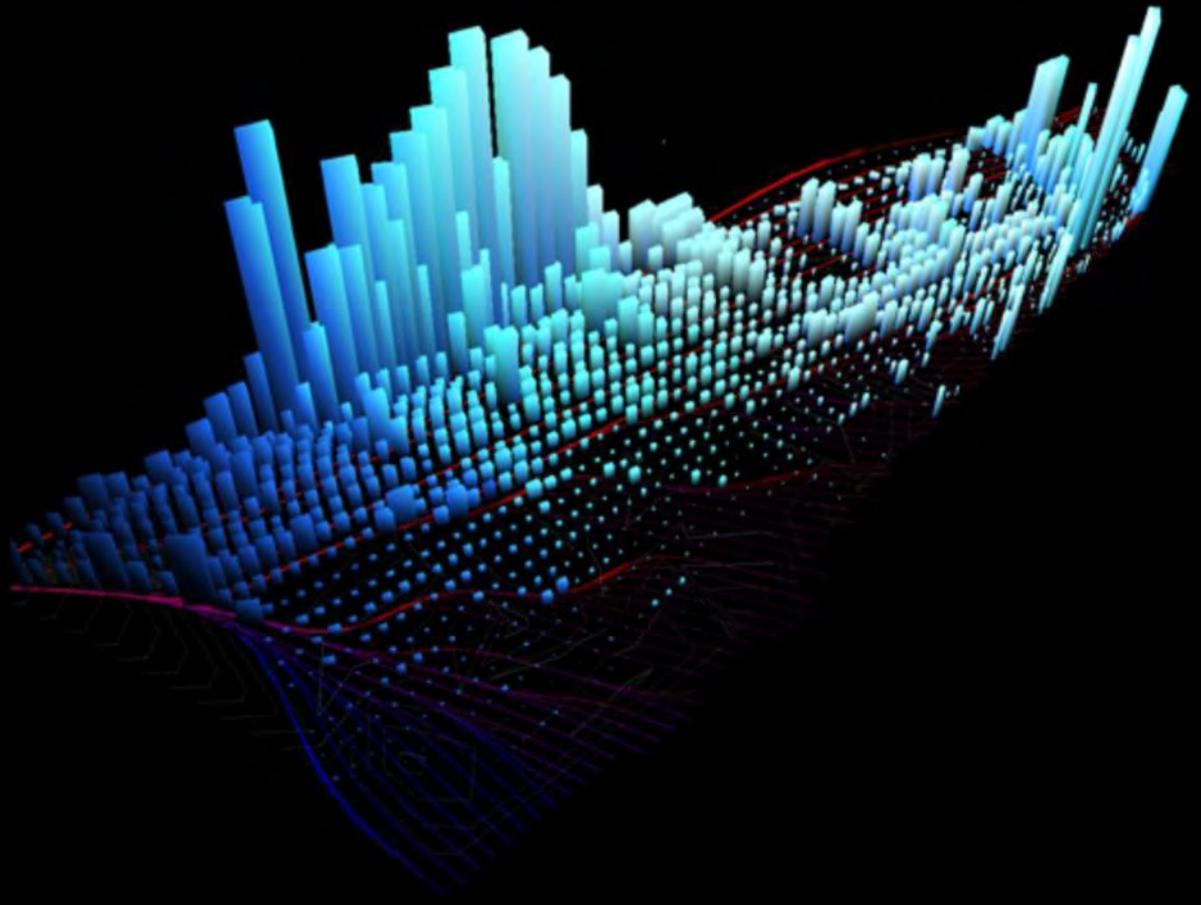


Figura 16. Técnicas de proliferação de edifícios, empregadas pelo urbanismo paramétrico.

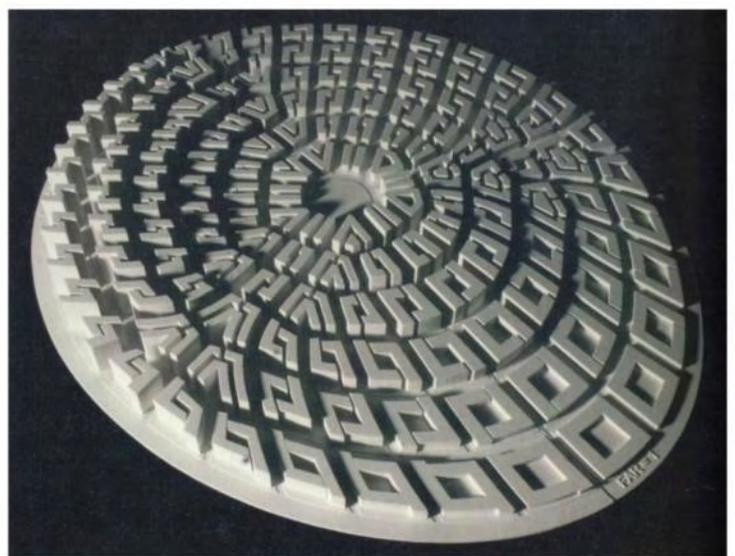
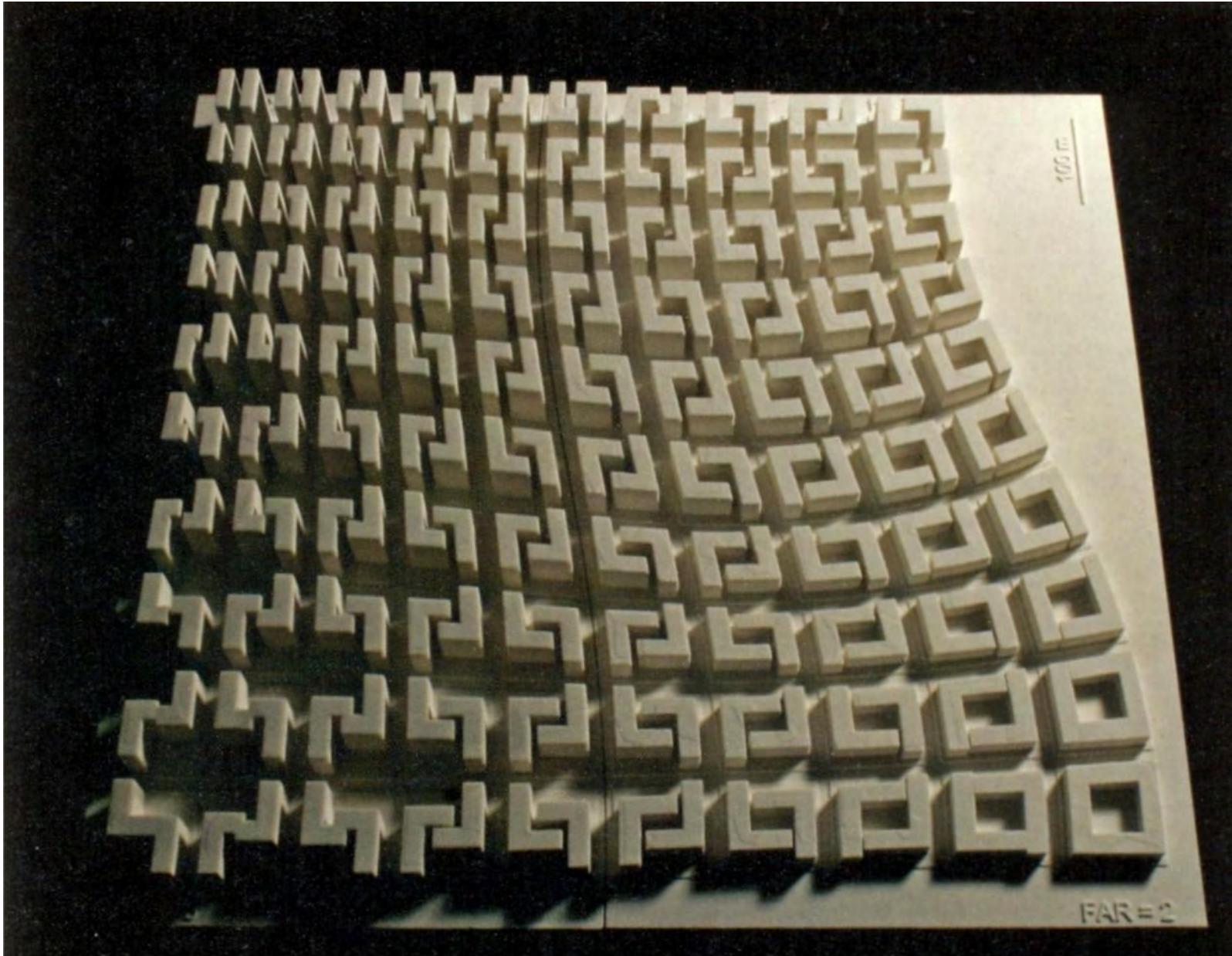


Figura 17. Técnicas de deformação de *grids*, utilizadas pelo urbanismo paramétrico para o desenho de malhas urbanas. Protótipos desenvolvidos por Max Von Werz .

Fonte: LEE e JACOBY, 2006

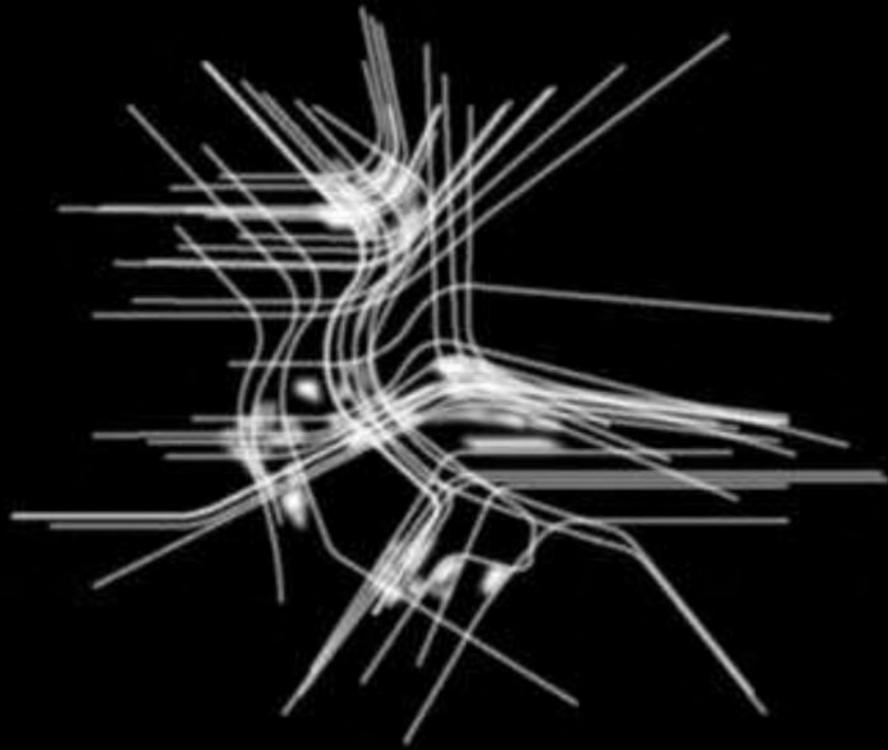


Figura 18. One-North Masterplan. Acima: Diagrama do padrão de vias curvas projetadas para articular-se com o tecido urbano pré-existente. Abaixo: Forma urbana ondulada cortada pelo padrão de vias curvas.

Fonte: HADID ARCHITECTS, 2009

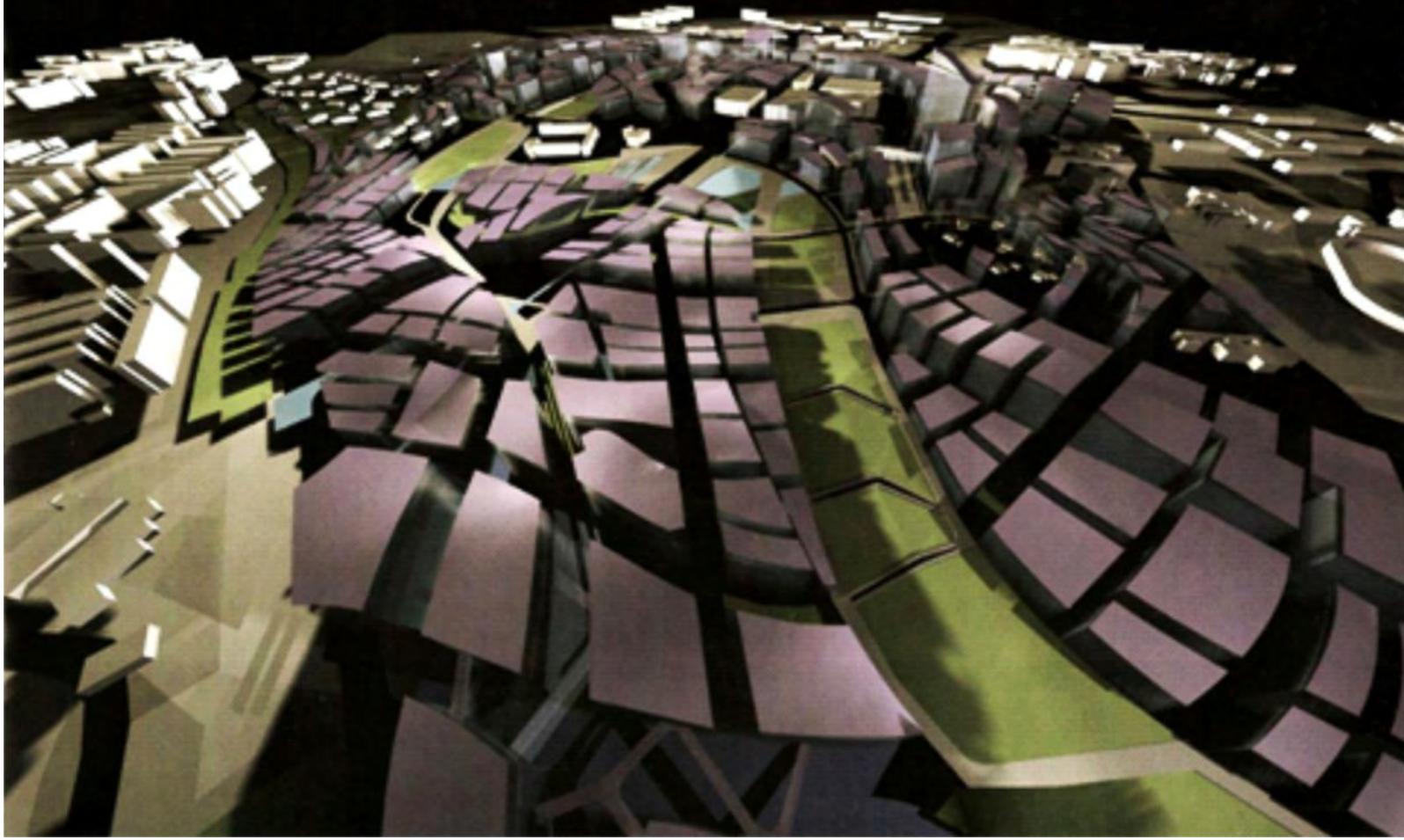
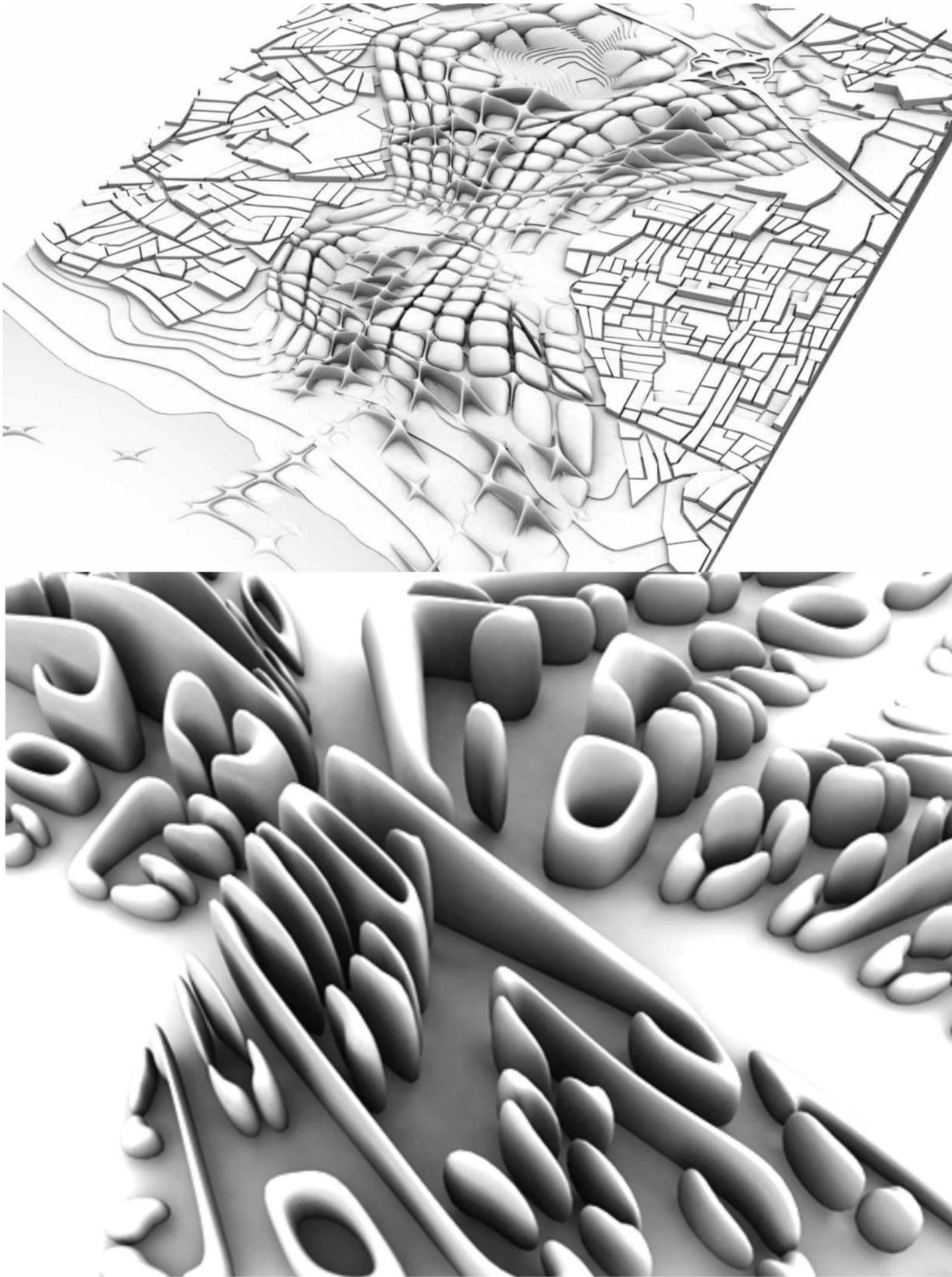




Figura 19. Vista geral do One-north Masterplan, em Cingapura.

Fonte: HADID ARCHITECS, 2009.



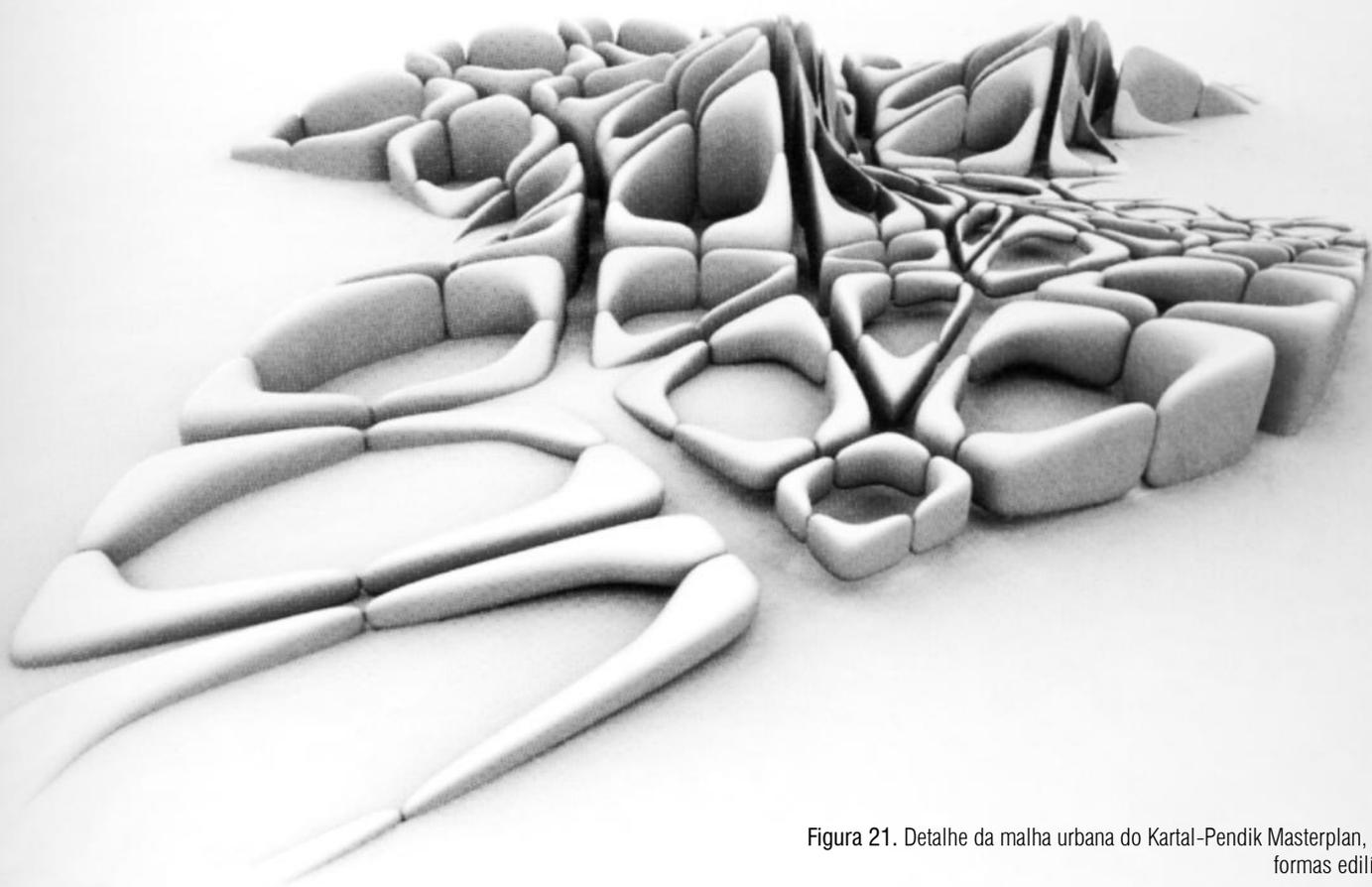
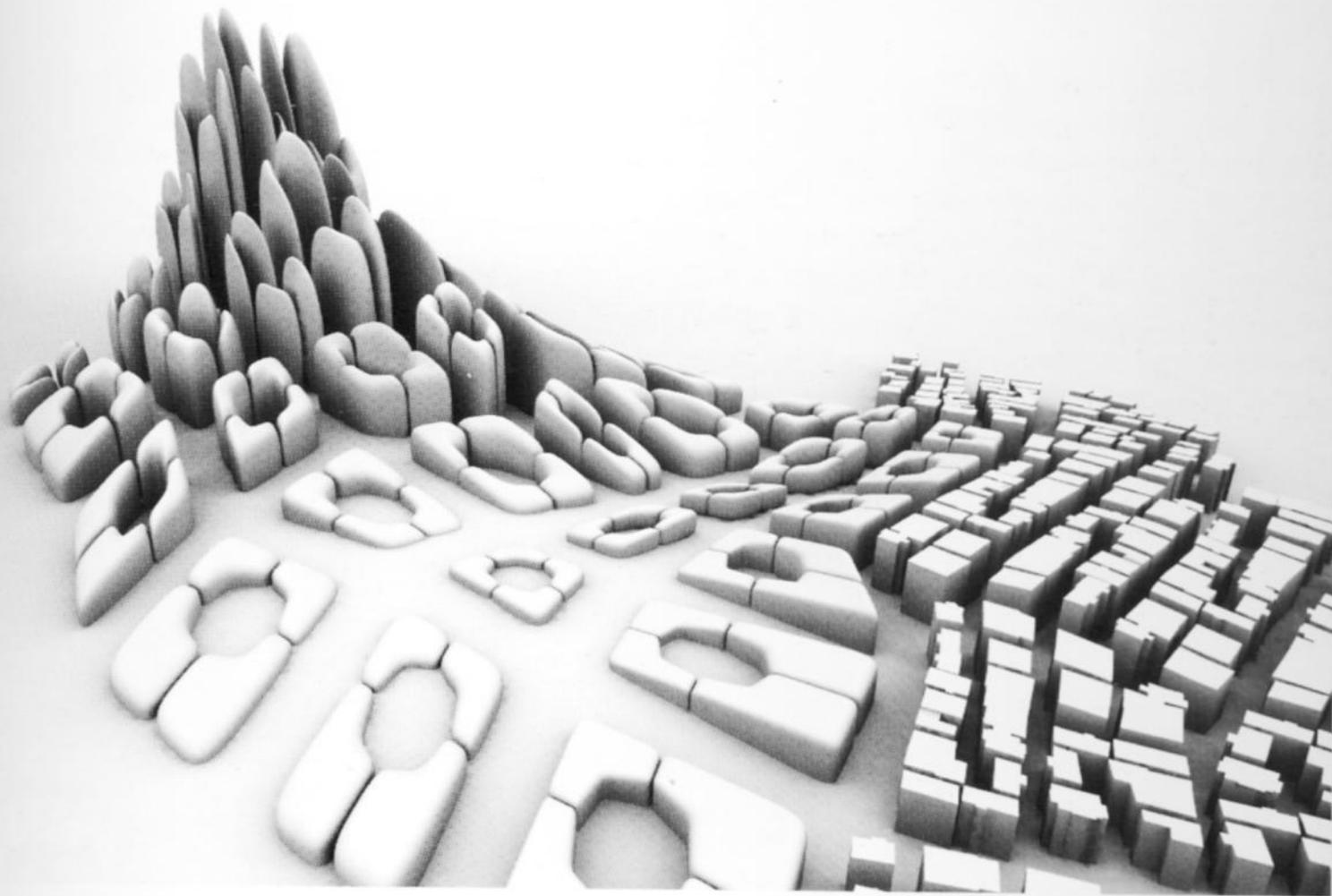


Figura 21. Detalhe da malha urbana do Kartal-Pendik Masterplan, que comporta formas edilícias diversas.

Fonte: GA DOCUMENT 99, 2007.

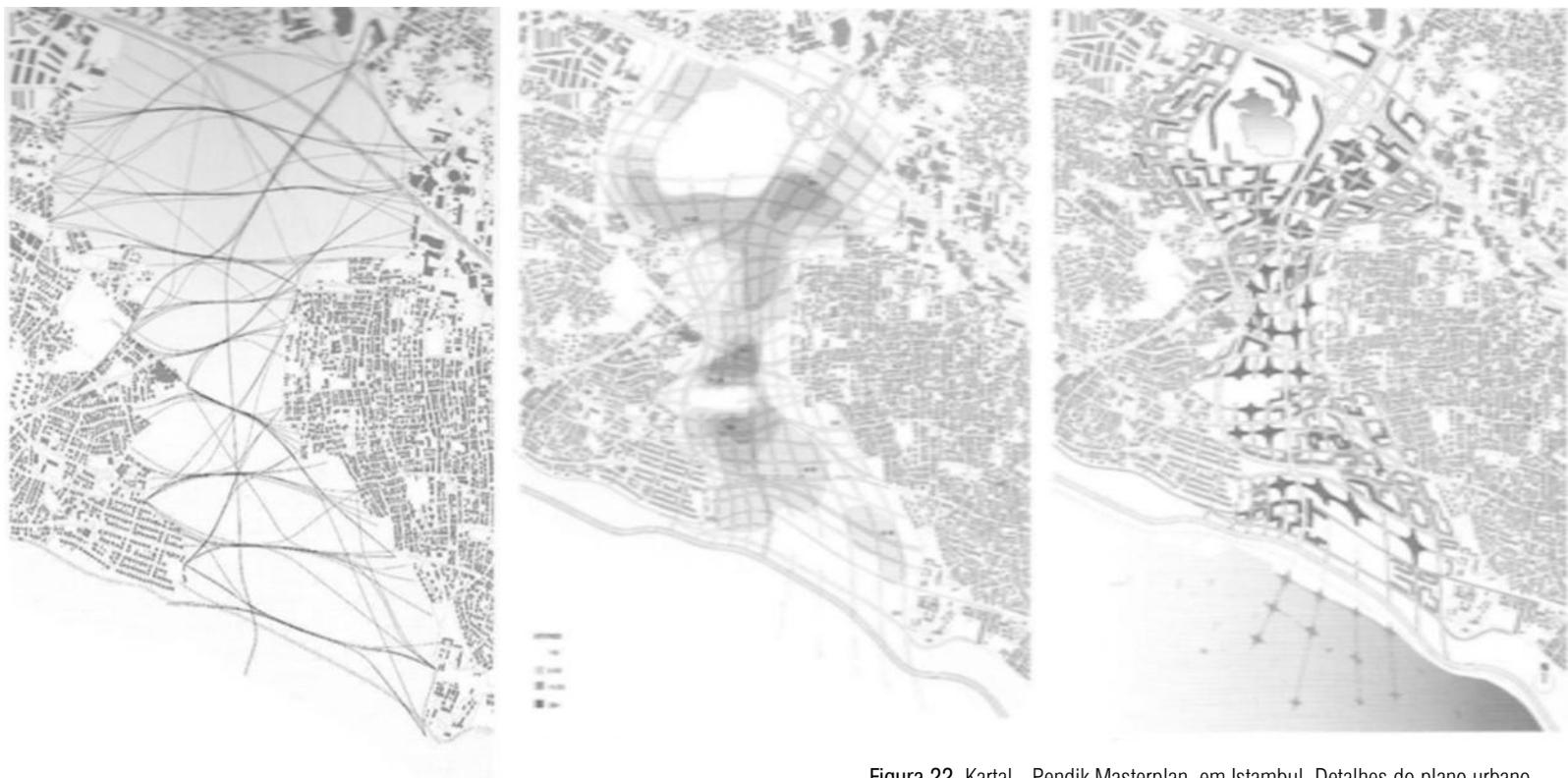
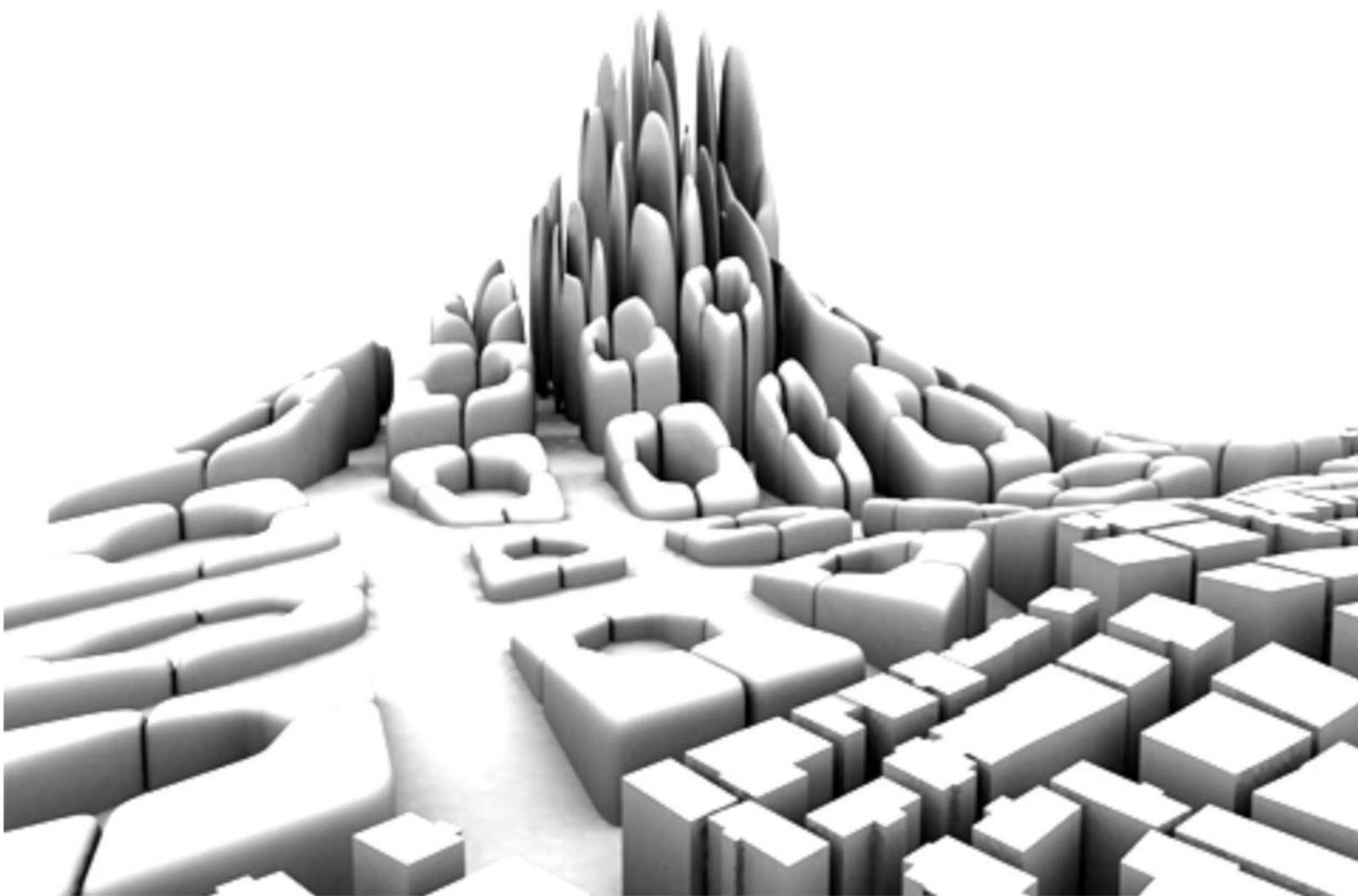


Figura 22. Kartal - Pendik Masterplan, em Istambul. Detalhes do plano urbano com articulação do sistema das vias propostas com as vias existentes e, abaixo, o perfil do projeto urbano na paisagem da cidade.

Fonte: GA DOCUMENT 99, 2007.



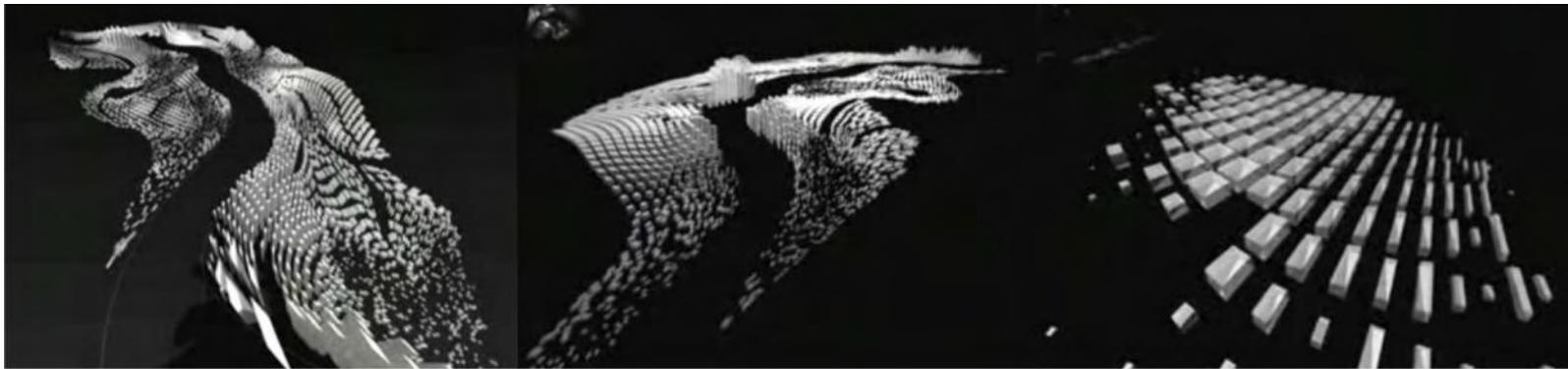
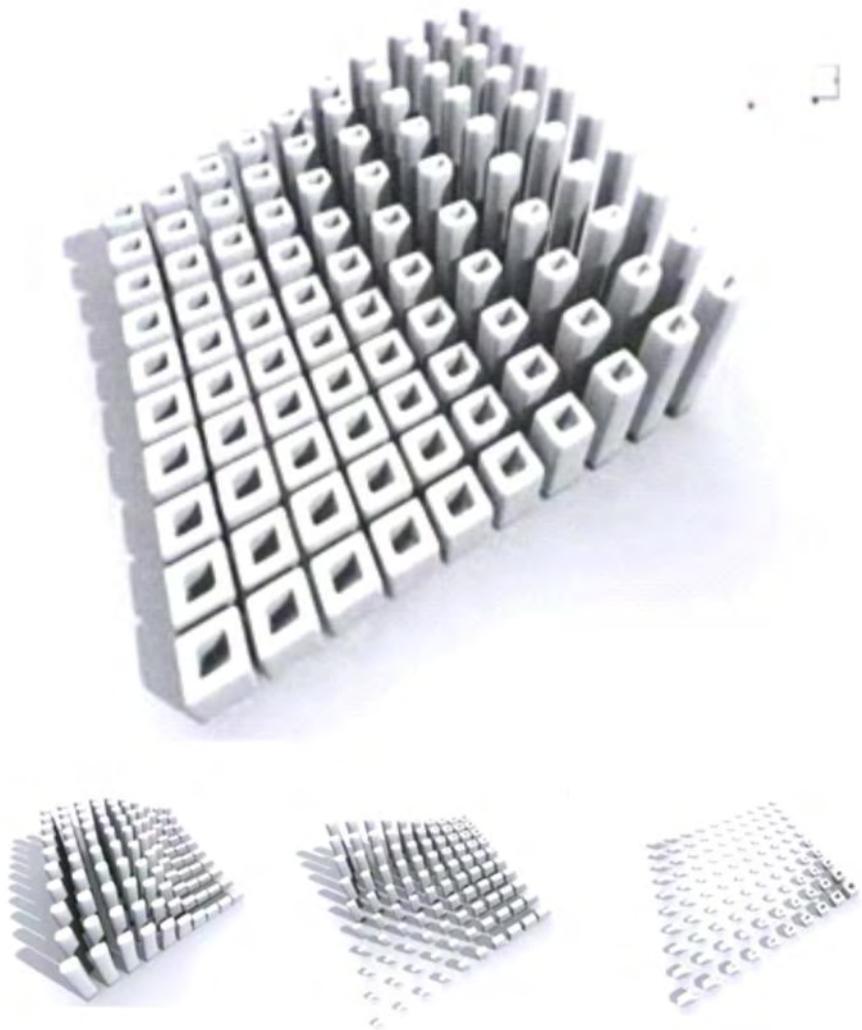


Figura 23. Thames Gateway Masterplan. Detalhes da modelagem urbana (acima) e os ensaios com modelo computacional (abaixo).

Fonte: HADID ARCHITECTS, 2009



2 URBANIDADE E FORMALIDADE

Este capítulo apresenta a teoria da lógica social do espaço (Hillier e Hanson, 1984), na qual se fundamenta o trabalho, e introduz os “paradigmas de urbanidade e formalidade” (HOLANDA, 2002, p. 125). Conforme sugerimos no primeiro capítulo da dissertação, tais paradigmas podem ser convertidos em parâmetros e empregados em qualquer processo de projeto urbano paramétrico, visando à proposição de layouts urbanos que possam melhor garantir padrões de vida urbana a partir de uma relação mais equilibrada entre configuração da forma espacial, distribuição de usos urbanos e padrões de movimento de pedestres e veículos. Como vimos, esses parâmetros ainda não são explorados pelo urbanismo paramétrico.

2.1 TEORIA DA LÓGICA SOCIAL DO ESPAÇO

2.1.1 O *grid* como gerador de urbanidade

A ideia de urbanidade adquiriu maior importância nos discursos da arquitetura e do urbanismo a partir da década de 1960, quando diversos autores observaram que os esforços modernos para higienizar as cidades industriais e torná-las mais eficientes, por meio de intervenções radicais na sua estrutura, trouxeram prejuízos para a vida urbana, gerando espaços pouco utilizados. Nos anos de 1960, 1970 e 1980, diversos autores desenvolveram investigações que contribuíram para a compreensão dos atributos fundamentais da vida urbana, em suas várias dimensões: social, morfológica e espacial entre outras que estão para além do interesse deste trabalho. Enquanto alguns desses autores se basearam em evidências empíricas e/ou em análises morfológicas qualitativas com interesse em revisar criticamente os preceitos do urbanismo moderno (JACOBS, 1961; ALEXANDER, 1965; PANERAI, 1977; SCHUMACHER, 1978), outros se fundamentaram em análises morfológicas e sócio-espaciais qualitativas e quantitativas, com a finalidade de esclarecer as relações entre os *grids* urbanos e os ambientes urbanos construídos (MARTIN, 1972; MARCH; MARTIN, 1972; MARCH; STEADMAN, 1971; KRUGER, 1979; HILLIER; HANSON, 1984).

Em 1961, *The Death and Life of Great American Cities* de Jane Jacobs constituiu, como ela mesma disse, “um ataque aos fundamentos do planejamento moderno e de reurbanização ora vigentes”, bem como uma “tentativa de introduzir novos princípios de planejamento”, que visavam essencialmente à promoção de ambientes urbanos com maior grau de urbanidade (JACOBS, 1961: 01). Embora Jacobs (1961) não tenha apresentado uma definição linear de urbanidade, como bem identificou Regina Meyer em um texto-resenha intitulado *Urbanidade em Transe*, “ela centra-se em questões que denominamos genericamente de urbanidade” e “percorre os atributos considerados indispensáveis a sua plena manifestação e existência” (MEYER, 2001). Baseando-se em evidências empíricas identificadas em cidades americanas, em particular, em Nova Iorque, Jacobs observou que a separação de funções urbanas, a decadência dos espaços públicos, a construção de grandes parques urbanos segregados, a dimensão extensa de quarteirões urbanos, a falta de clareza na definição de espaços públicos e privados, o excesso de espaços residuais, bem como o mau equacionamento entre os fluxos de veículos e pedestres são alguns dos elementos físicos e espaciais que corroem a urbanidade. As ideias de Jacobs constituíram uma das críticas mais pragmáticas ao planejamento urbano moderno que, ao promover a segregação das funções urbanas (morar, trabalhar, passear, comprar, conviver, circular entre tantas

outras), provocou efeito de desvitalização em diversas cidades. Segundo Jacobs, ao contrário do que pensavam os urbanistas modernos, de Ebenezer Howard (1850/1928) a Le Corbusier (1887/1965), é a mistura de múltiplas funções, e não o zoneamento delas, a base da vitalidade urbana. Jacobs (1961) defendeu o ambiente urbano ativo - denso, diversificado e de ruas intensamente utilizadas - porque atraem o interesse de residentes e comerciantes locais ao mesmo tempo em que promovem a interação entre estilos diferenciados de vida e os contatos públicos informais. A autora indicou quatro condições indispensáveis para isso:

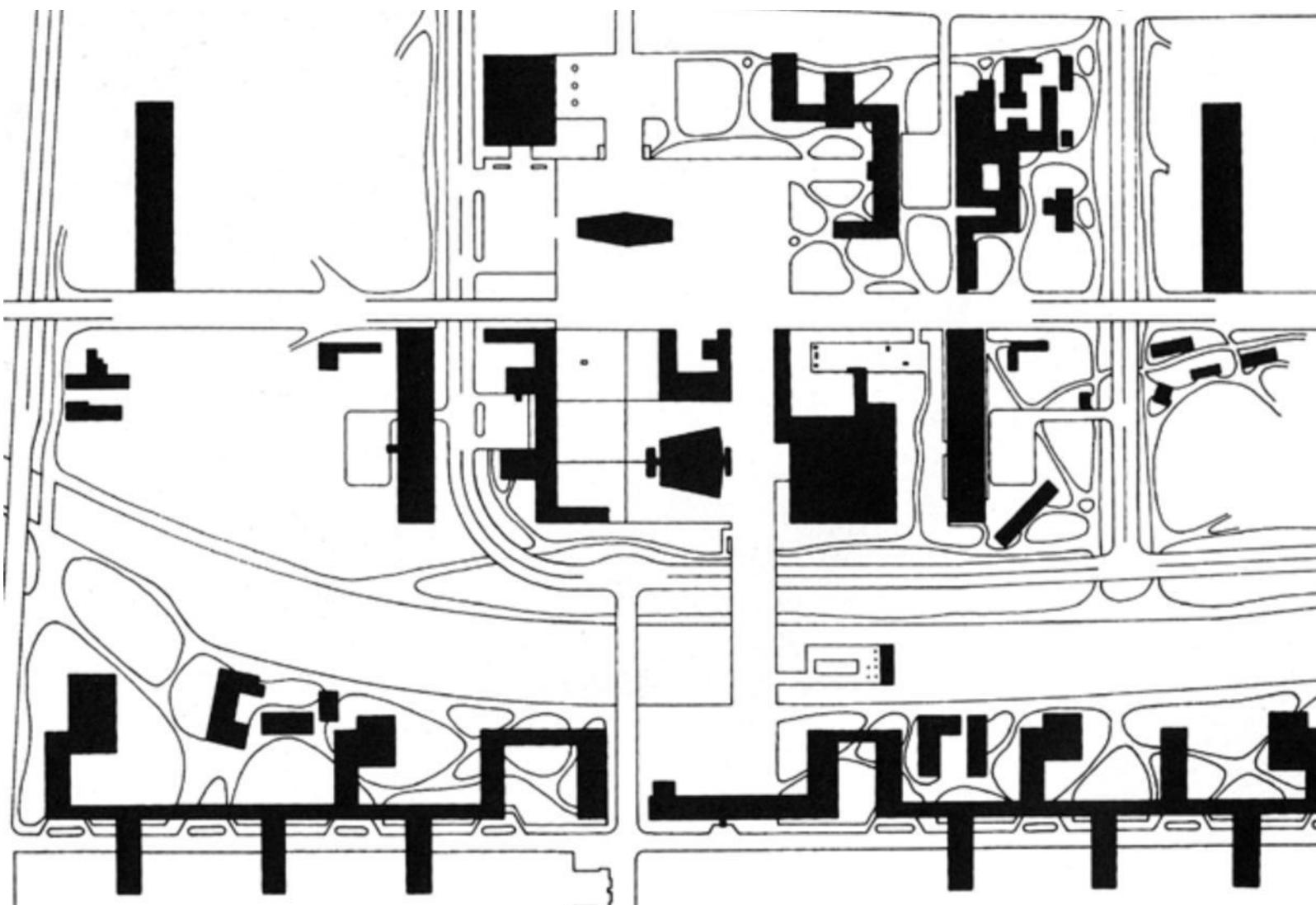
(1) O distrito, e sem dúvida o maior número possível de segmentos que o compõem, deve atender a mais de uma função principal; de preferência, a mais de duas. [...] (2) A maioria das casas deve ser curta; ou seja, as ruas e as oportunidades de virar esquinas devem ser freqüentes. (3) O distrito deve ter uma combinação de edifícios com idades e estados de conservação variados, e incluir boa porcentagem de prédios antigos, de modo a gerar rendimento econômico variado. Essa mistura deve ser bem compacta. (4) Deve haver densidade suficientemente alta de pessoas, sejam quais forem seus propósitos. Isso inclui alta concentração de pessoas cujo propósito é morar lá. (JACOBS, 1961, p.165).

Em seu artigo *A City is not a Tree* (1965), Christopher Alexander continua a mesma linha de argumentação de Jane Jacobs, enfatizando “uso misto”, “ocupação densa” e a “continuidade do espaço urbano”. Alexander destacou que a superposição entre as áreas de influência de diferentes equipamentos e as áreas habitacionais, comumente utilizadas pelos indivíduos, é de grande importância para constituir a vida cotidiana das cidades. Ele argumentou que essa é uma característica inerente às cidades não planejadas e ausentes nas cidades que foram objeto de um planejamento, quase sempre marcadas pelo zoneamento das funções urbanas, separação e hierarquia espacial – estratégias que, segundo Alexander (1965), contribuem para a fragmentação da vida e para a decomposição da sociedade. Ao analisar a tendência de se planejar espaços hierarquizados que não se superpõem, o autor faz uma crítica aos planejadores urbanos modernos, atribuindo tal tendência ao impulso natural da mente humana para pensar em termos simplificados. No entanto, as argumentações de Alexander revelam certo reducionismo por privilegiar aspectos de distribuição espacial e modalidades de uso, em detrimento dos atributos de morfologia.

Outra contribuição importante para o entendimento dos atributos da vida urbana foi dada por Panerai et al, em 1977. Em *Formes Urbaines, de l'îlot à la barre* (1977), cujo título para a versão inglesa publicada em 2004 parece ser ainda mais sugestivo, *Urban Forms, The Death and Life of the Urban Block*, Panerai et al analisaram as transformações morfológicas pelas quais a estrutura urbana de grandes cidades passou entre os séculos XIX e XX, em particular, as mutações ocorridas na estrutura dos blocos urbanos - da ilha (o bloco urbano tradicional) à barra (o bloco tipicamente modernista). Panerai et al argumentaram que o urbanismo moderno subverteu a lógica das morfologias das cidades tradicionais, suprimindo suas ruas e isolando seus edifícios, retirando da rua, portanto, a função de principal agente estruturador do espaço urbano (Fig. 24 e 25). Ao analisar, por exemplo, as formas urbanas de alguns projetos habitacionais corbusianos em Nantes e Marseille, Panerai et al (1977) observaram que o projeto social de Le Corbusier implicou uma modificação completa no modo de vida dos habitantes. “Toda a referência à vida urbana, à vida tradicional da vizinhança é abolida: não há mais ‘esquinas’, ‘quintais’ ou ‘entradas’ (PANERAI et al, 1977, p.118). Eles defenderam a importância de se compreender as relações complexas entre as malhas e as formas urbanas, as ruas e os edifícios e entre essas formas e as práticas de projeto.



Figura 24. Inversão da lógica da morfologia da cidade tradicional pelo urbanismo moderno. Mapas de figura e fundo de Parma e do Centro de Saint-Dié, de Corbusier.
Fonte: ROWE e KOETTER, 1978.



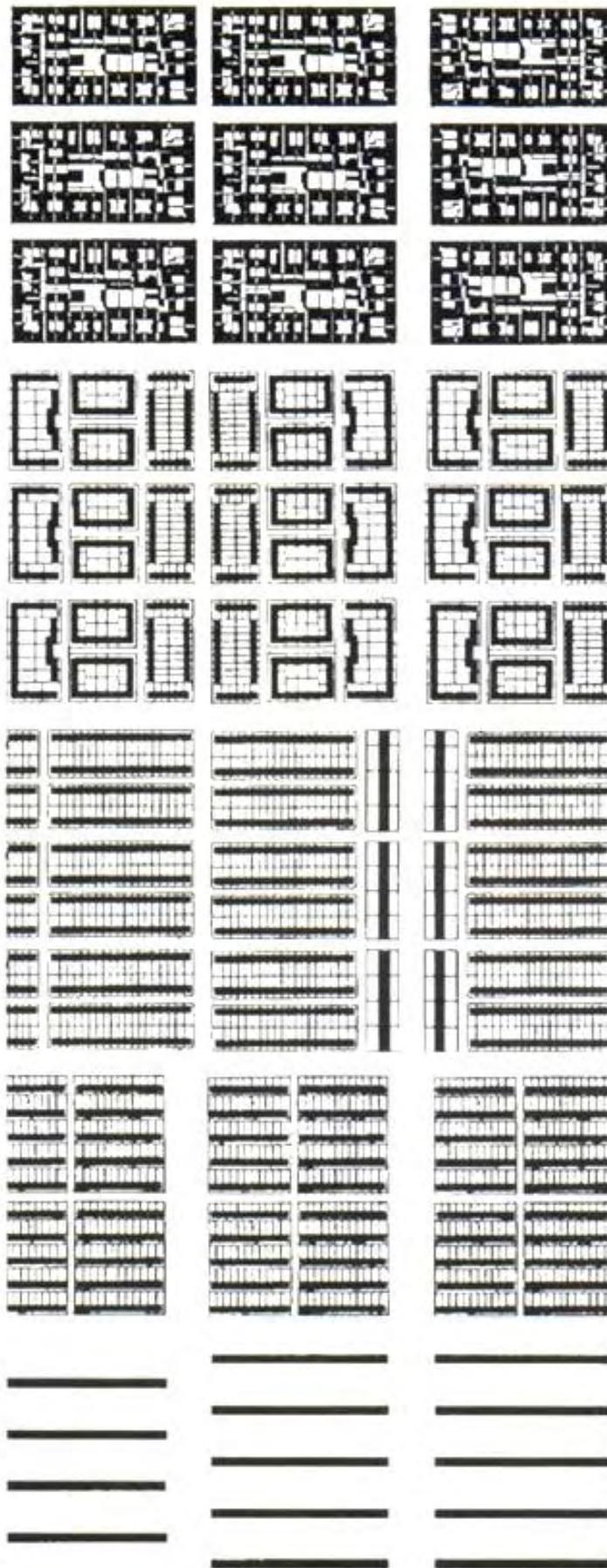


Figura 25. Transformação do bloco urbano tradicional (a ilha) para o bloco modernista (a barra).

Fonte: PANERAI et al, 1977.

No texto *Buildings and Streets, Notes on Configuration and Use* (1978), Thomas Schumacher também destacou princípios de planejamento defendidos por Jacobs. Ele argumentou que densidade, mistura de usos e o equilíbrio entre pedestres e veículos são pré-condições fundamentais para a instituição da vida urbana, referindo-se especialmente à criação de ruas densamente utilizadas em contexto residenciais. Schumacher (1978) advogou em favor de: (1) constituição de ruas pelos edifícios e a demarcação clara delas como espaços públicos (propriedade chamada por ele de “fechamento”); (2) promoção de uma condição de equilíbrio entre os tráfegos de pedestres e veículos, em contraposição ao isolamento entre essas duas esferas, uma prática muito comum do urbanismo moderno; e (3) continuidade espacial possibilitada pelos sistemas de grelhas, em detrimento dos sistemas espaciais hierárquicos em forma de árvore, formados sucessivamente por artérias principais, vias distribuidoras e ruas sem saída. Ele condenou os sistemas urbanos hierárquicos, por promoverem a fragmentação do espaço urbano e por aumentarem as barreiras urbanas, restringindo a continuidade do espaço – uma condição essencial para a vida urbana.

Embora a urbanidade não tenha sido o objeto central das investigações desenvolvidas por esses autores, eles abordaram aspectos importantes de suas propriedades mais significativas e, com isso, contribuíram para um melhor entendimento desses atributos. No entanto, eles se fundamentaram em evidências eminentemente empíricas e/ou em análises morfológicas qualitativas, quase sempre se utilizando de recursos iconográficos, mapas e diagramas que tinham por objetivo evidenciar as relações morfológicas e estruturais dicotômicas entre as estruturas urbanas modernistas e tradicionais. Esses trabalhos se caracterizaram, sobretudo, por desenvolverem uma revisão crítica ao urbanismo moderno. De acordo com Peponis (1989), as abordagens de Jacobs, Alexander e Schumacher enfatizaram problemas de distribuição, em detrimento dos problemas de morfologia. Eles advogaram essencialmente em favor de densidade, diversificação de usos e padrões superpostos de movimentos e priorizaram propriedades locais dos arranjos urbanos em detrimento das globais. Essas abordagens não se diferem das apresentadas por Krier, Rowe e Koetter, tampouco de outras, não exploradas por Peponis, como a apresentada por Panerai et al, uma vez que, quando tocam em problemas de morfologia, não o fazem de forma analítica e quantificável.

Todavia, a partir da década de 70, surge uma série de estudos desenvolvidos por Leslie Martin, Lionel March, Philip Steadman, Mario Júlio Krüger, Bill Hillier e Julienne Hanson com ênfase nas propriedades morfológicas dos artefatos urbanos e arquitetônicos (MARTIN, 1972; MARTIN; MARCH, 1972; MARCH e STEADMAN, 1974; KRÜGER, 1979; HILLIER; HANSON, 1984). Apesar de esses estudos possuírem propósitos distintos, todos eles vêm contribuir para esclarecer os processos pelos quais os ambientes urbanos são estruturados e construídos e, em particular, para elucidar relações, até então desconhecidas, entre os *grids* urbanos e esses ambientes. Eles partem do pressuposto de que tais processos e relações podem ser descritos quantitativa e qualitativamente através de linguagens matemáticas, tanto métricas como topológicas, e, para tal, investigam modelos matemáticos que os representem, de modo a torná-los inteligíveis. Esses estudos foram agrupados dentro de uma corrente investigativa definida na literatura arquitetural e urbanística como estudos morfológicos ou configuracionais do espaço. São investigações teóricas, que contribuíram para o entendimento dos atributos da vida urbana relacionados aos *grids* urbanos geradores.

Em seu ensaio *The Grid as Generator* (1972), Leslie Martin (MARTIN, 1972, p.21-49) sugeriu que o *grid* é o principal gerador do ambiente urbano construído e que os padrões de vida social são determinados pela forma urbana, consequência dos arranjos entre as variáveis formais que a define. Com isso, Martin esclareceu equívocos até então

presentes no pensamento urbanístico da época, os quais se referiam à ideia de que as cidades planejadas seriam sempre artificiais, nunca possuindo as qualidades que tornam as cidades espontâneas tão aprazíveis. De acordo com Martin (1972, p.26):

Muitas cidades cresceram organicamente pela adição de novos elementos [ou seja, por concreção] e outras, tão numerosas e bem sucedidas quanto às primeiras, foram planejadas a partir de *grids* artificiais [o que não as excluiu, entretanto, de um desenvolvimento orgânico]. Ambas são construídas de fato a partir de uma gama relativamente simples de situações formais: a trama de ruas; as parcelas que esta trama cria e a distribuição dos edifícios situados sobre estas parcelas. Todos os padrões de vida social definidos pela forma urbana são resultantes de arranjos entre estas variáveis formais e isto vale tanto para as cidades orgânicas quanto para as cidades planejadas.

A trama de ruas e as parcelas que compõem uma cidade são como uma rede situada ou sobreposta ao território. Isto pode ser denominado trama de urbanização. Esta trama segue sendo o fator de controle da forma como construímos, seja ela artificial, regular e planejada ou orgânica e distorcida por acidentes históricos ou por crescimento natural. [...] Compreender como a escala e o padrão desta malha reguladora afeta e condiciona a formação do ambiente construído e a disposição das edificações implantadas nos lotes é fundamental em qualquer consideração acerca das propriedades de cidades existentes e também em qualquer consideração do planejamento de novas áreas urbanas. O padrão de malhas de vias de uma cidade constitui uma espécie de tabuleiro que define as regras do jogo. Estas regras definem o tipo de jogo, mas os jogadores devem ter a oportunidade de usar plenamente suas habilidades individuais durante a partida.

Com base em diversas evidências históricas, Martin constatou que muitas cidades se desenvolveram organicamente por concreção e que cidades bem sucedidas, em termos de qualidade de vida e ambiental, foram planejadas a partir de *grids* artificiais. Ele concluiu que a “aprazibilidade” do ambiente urbano não é determinada pelo fato de ter sido, ou não, planejado, mas pelos princípios e parâmetros de uso e ocupação do solo que subjazem a esse planejamento. Para Martin, o problema das cidades modernas não estava no fato de serem ou não planejadas, como argumentou Alexander (1965), mas na estrita adoção de princípios do zoneamento funcional e nas relações entre os parâmetros determinantes da forma construída – área livre/área construída; densidade, entre outros.

Phillip Steadman (STEADMAN, 1983), embora não tenha tratado especificamente das questões de urbanidade, revelou aspectos importantes para o estudo da forma arquitetônica e urbana. Em seu livro *Architectural Morphology*, Steadman (1983) esclareceu que os estudos da forma arquitetônica não podem ser explicados somente em termos da geometria Euclidiana, pois, além das propriedades métricas do objeto, existiriam aspectos não dimensionais que estariam relacionados às suas propriedades topológicas e que deveriam ser levados em conta, como por exemplo, a posição do objeto e de cada uma de suas partes e o modo de conexão entre estas partes. Segundo ele, os problemas da forma arquitetônica deveriam ser explicados também através da Topologia,¹⁹ que se interessa, essencialmente, pelas propriedades posicionais da forma. Em oposição ao conceito de medida métrica da geometria Euclidiana, o conceito de posição estudado na Topologia remete à noção de estrutura de relações entre componentes: sua continuidade,

¹⁹ A Topologia é um ramo da Matemática que estuda a propriedades das figuras elásticas, fluídas e deformáveis, figuras que, ao serem alteradas (seja por uma ação de flexão, dobra ou deformação), continuam mantendo relações de congruência com sua forma original - um aspecto peculiar, que pode determinar, por exemplo, a equivalência entre formas tão distintas como o círculo e o triângulo ou até mesmo dois polígonos quaisquer. Quando essa relação é preservada, mesmo depois de transformações contínuas que podem ser, do mesmo modo, continuamente desfeitas, temos uma propriedade topológica, também conhecida por homeomorfismo. Por homeomorfismo, uma superfície plana, ao ser deformada, preserva todas as suas características topológicas, alterando apenas suas qualidades topográficas.

adjacências e conectividade. Esta relação entre componentes gera um sistema composto de vários elementos relacionados entre si, que podem ser representados por diagramas abstratos (ou grafos). Steadman se fundamentou na Teoria dos Grafos²⁰ e utilizou técnicas dessa teoria, além de sistemas computacionais, para estudar relações estruturais das formas arquitetônicas e urbanas.

Por sua vez, Krüger (1979) investigou as relações entre as formas edificadas e a estrutura urbana na cidade de Reading, aplicando a Teoria dos Grafos. Ele usou cinco tipos de grafos para descrever a área urbana da cidade e sua relação com os blocos construídos e, em cada universo representado, descreveu a estrutura da forma construída e seus arranjos urbanos. O objetivo era relacionar a morfologia dos edifícios com as características estruturais da rede de ruas e outras propriedades do sistema urbano como a taxa de ocupação, a densidade populacional e o uso do solo. Para isso, Krüger utilizou os elementos dos grafos, relacionando número de vértices, linhas e quadras, entre outros. Assim, pôde definir algumas medidas, como por exemplo, o número de partições internas por bloco de edificação (conectividade) e a média do número de linhas externas por região (medida de compacidade). Com o resultado destas medidas, Krüger analisou as relações entre a conectividade dos edifícios, a conectividade dos sistemas de ruas, o grau de compacidade do sistema e o efeito da conectividade dos edifícios no aumento da taxa de ocupação.

Os estudos de Martin, March, Steadman e Krüger ampliaram o conhecimento teórico acerca das relações existentes entre as malhas urbanas e os ambientes construídos, bem como sobre os processos pelos quais esses ambientes são estruturados. Contudo, essas investigações são menos desenvolvidas no que se refere às relações entre os layouts urbanos e suas implicações sociais. Neste particular, Hillier e Hanson trouxeram grande contribuição, que serve de subsídio para esclarecimento dos atributos mais significativos da vida urbana. Seguindo os princípios da mesma corrente investigativa de Martin, March, Steadman e Krüger, Hillier e Hanson avançaram os estudos desenvolvidos por estes autores e apresentaram evidências bastante distintas daquelas advogadas por Jane Jacobs e seus contemporâneos, que defenderam essencialmente a densidade urbana, diversificação de usos e padrões superpostos de movimento, com ênfase na escala local (PEPONIS, 1989). Hillier et al (1993) observaram que, embora a mistura de usos urbanos e as altas densidades constituam elementos importantes e multiplicadores da vida urbana, estes não são os primordiais uma vez que a configuração espacial os precede. Dito de outra maneira, os padrões de intensidade de utilização das ruas ou os padrões de movimento de pedestres tão advogados por Jacobs não são determinados, em primeira instância, pelas altas densidades de usos e mistura de funções, mas, sim, pelo próprio desenho espacial da estrutura urbana. Segundo Hillier et al (1993, p. 29), é “a própria configuração da malha urbana a principal geradora de padrões de movimento no espaço urbano”. Isto é, o *grid* é o principal gerador de urbanidade. Ao formar um sistema de barreiras e permeabilidades, as malhas urbanas privilegiam determinados espaços em detrimento de outros, orientando deslocamentos e hierarquizando percursos, ou seja, facilitando ou dificultando encontros entre pessoas – o que eles chamaram de “movimento natural” (HILLIER et al, 1993, p.29). Assim sendo, as malhas urbanas são estruturadas no sentido de criar um tipo de campo probabilístico de encontros interpessoais – uma “comunidade

²⁰ A Teoria dos Grafos é um ramo da Matemática que investiga as relações entre os objetos de um determinado conjunto. A formulação dessa teoria é atribuída a Leonhard Euler (1707-1783). Em 1736, Euler publicou um artigo sobre o problema das Sete Pontes de Königsberg, que é considerado o primeiro resultado da teoria dos grafos. A Teoria dos Grafos está estreitamente vinculada à Topologia. Com o desenvolvimento das linguagens computacionais, a partir dos anos de 1970, começam a surgir estudos com aplicação da Teoria dos Grafos na Arquitetura e no Urbanismo.

virtual” que existe potencialmente ainda que não tenha se realizado efetivamente (HILLIER, 1989, p.16). De acordo com o autor,

A forma espacial cria um campo de encontros prováveis - ainda que nem todos possíveis - dentro do qual vivemos e nos movemos, levando, ou não, à interação social, tal campo é em si próprio um importante recurso sociológico e psicológico. [...] Ele, portanto, merece um nome. Chamá-lo-ei de comunidade virtual, querendo dizer que ele existe, ainda que seja latente e irrealizado. A comunidade virtual é o produto direto do desenho espacial. (HILLIER, 1989, p. 13 apud HOLANDA, 2002, p.110).

Ainda, segundo Hillier et al (1993, p. 29), os usos urbanos são posteriormente locados na estrutura urbana para tirar vantagem das oportunidades oferecidas pelos padrões de movimento natural gerado pela configuração da malha, podendo atuar como bons multiplicadores. Ele sugere que, “se desejamos projetar para o bom uso do espaço urbano, não são as propriedades locais do espaço que são importantes, mas suas relações configuracionais para o sistema urbano como um todo” (HILLIER et al 1993, p.29). Esses argumentos foram sistematizados por Hillier e Hanson dentro de um corpo teórico e metodológico que eles chamaram de teoria da lógica social do espaço (HILLIER; HANSON, 1984).

2.1.2 A teoria da lógica social do espaço, seus princípios, fundamentos e métodos

A teoria da lógica social do espaço (HILLIER; HANSON, 1984) foi desenvolvida por Bill Hillier, Julienne Hanson e seus colegas da University College London (UCL), mas é mais conhecida atualmente como sintaxe espacial. A sintaxe espacial começou a ser desenvolvida a partir dos anos 70, uma vez que textos de Hillier e Leaman, publicados nos anos de 1972, 1974 e 1976, já traziam algumas das ideias fundamentais sobre as quais a teoria seria posteriormente desenvolvida, mas essa expressão só aparece, pela primeira vez, em um texto de Hillier et al publicado em 1976. No entanto, é, em 1984, que o referencial epistemológico, assim como os conceitos e as categorias analíticas básicas, são agrupados dentro de um corpo teórico e metodológico – o livro *The Social Logic of Space* (HILLIER; HANSON, 1984) -, cujo propósito maior era compreender como a organização social se manifesta espacialmente e como o espaço interfere na organização social.

A sintaxe se diferencia de teorias urbanas e arquitetônicas tradicionais porque, enquanto estas descrevem os artefatos arquitetônicos e urbanos em termos de estilos, formas e/ou funções, ela os descreve em termos de suas propriedades morfológicas mais significativas. De acordo com Peponis (1989, p. 93-108), nessa teoria:

(1º) o espaço é descrito em termos de propriedades abstratas de natureza topológica, e não em termos de regularidade geométricas; (2º) o espaço é descrito como padrão relacional que pode ser explorado e compreendido sem que seja diretamente visível em sua plenitude; (3º) a estrutura do espaço aberto é analisada como um padrão de conexões de modo a caracterizar, com precisão, como as áreas locais são diferenciadas dentro do contexto do todo urbano e como o sistema mantém-se íntegro por padrões de centralidades (4º) o sistema como um todo é descrito de acordo com a distribuição dos espaços a partir dos quais ele é mais facilmente acessível e mais facilmente controlável; (5º) o padrão de centralidade, ou integração, é dado por esta distribuição, que pode ser concentrada ou distribuída em face do resto do sistema; (6º) a

diferenciação é estudada decompondo-se o sistema em subáreas e explorando-se suas estruturas de integração espacial e a amplitude de sua superposição entre si próprias.

Assim sendo, a sintaxe espacial é uma teoria eminentemente descritiva, nas palavras do próprio Hillier, “para a representação, quantificação e interpretação da configuração espacial de edifícios e assentamentos” (HILLIER et al, 1987, p.363). A sintaxe decompõe o sistema de espaços abertos da cidade (formado pelas suas ruas, praças, largos e avenidas) em unidades espaciais de uma e duas dimensões (as unidades axiais e convexas, respectivamente) e, com isso, mede os padrões de relações entre elas, visando compreender como cada uma se relaciona com o todo e como dessas relações produz-se uma estrutura subjacente. Na sintaxe, a descrição do sistema espacial é menos em termos de sua ordem métrica do que em termos de sua ordem topológica, considerando as propriedades desta última como sendo proximidade, circunscrição, continuidade ou descontinuidade, contiguidade, separação, integração e segregação entre outras. Além disso, tal descrição se dá em três níveis: das unidades espaciais em si, da organização espacial como um todo e da ordem implícita.

As unidades convexas e axiais são, portanto, a base descritiva da sintaxe espacial. Elas constituem dois tipos de abstração desenvolvidos por Hillier para poder compreender os atributos fundamentais das estruturas urbanas. São dois tipos de decomposição do sistema de espaços aberto e contínuo das cidades, que resultam em dois tipos de representação: a convexa e a axial. A representação convexa, ou simplesmente mapa convexo, é obtida pela inserção no sistema de espaços abertos da estrutura urbana do menor número dos maiores espaços convexas. De acordo com Holanda, “por definição, os espaços convexas satisfazem a condição de que nenhuma linha pode ser traçada entre quaisquer dois pontos do espaço que passe por fora dele” (HILLIER; HANSON, 1984 apud HOLANDA, 2002, p. 97). Ou seja, a partir de qualquer ponto do espaço, é possível enxergar todos os demais. Eles correspondem ao que entendemos por lugar, que pode ser, por exemplo, o trecho de uma rua, de uma praça ou de um largo. Conforme destaca Holanda, o mapa convexo “contém as barreiras e os perímetros dos espaços convexas, mas registra também as transições entre estes últimos e quaisquer espaços fechados, cujo acesso seja controlado por um meio de portas, portões, correntes, pontes levadiças ou de quaisquer outros artifícios” (HOLANDA, 2002, p. 98). Essas transições têm sido definidas na literatura como “constituições”. A representação axial, ou mapa axial, é o principal instrumento da análise sintática e representa a configuração de espaços abertos e contínuos da malha urbana, por meio de suas linhas de acessibilidade e visibilidade (linhas axiais) e de suas conexões. Esse mapa é obtido pela inserção, no sistema de espaços aberto da cidade, do menor número de linhas retas que passam através de todos os espaços convexas. As linhas axiais correspondem, portanto, às maiores linhas retas possíveis dentro do sistema de espaços abertos de uma determinada porção urbana (HILLIER; HANSON, 1984).

A partir desses dois sistemas de representação (o axial e o convexo), obtêm-se todas as medidas sintáticas, quase sempre com o auxílio de sistemas computacionais. Essas medidas vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas desde o princípio da teoria. São elas: conectividade, controle, profundidade, profundidade média, profundidade média, assimetria relativa, assimetria relativa real, integração global, integração local, integração raio-raio, inteligibilidade, sinergia e escolha.

2.1.3 Aplicabilidade da teoria da lógica social do espaço

Grande parte das aplicações da sintaxe espacial está relacionada ao movimento natural, que se refere ao estudo da influência do espaço nos padrões de movimento através dele. Como descrito anteriormente, o movimento natural trata da parcela do movimento de pedestres ou veículos na rede de espaços abertos da cidade determinada apenas pela sua estrutura configuracional, independente da presença ou não de atratores (HILLIER, 1993). Esse método foi desenvolvido por Hillier para averiguar a influência do campo potencial criado pelo espaço para encontros e mede o grau de correlação entre as variáveis sintáticas, que qualificam qualidades espaciais e os padrões de movimento.

É, em função desse método, sobretudo, que, desde sua criação, a sintaxe espacial tem sido aplicada não apenas como ferramenta analítico-descritiva, mas também como ferramenta propositiva. Através das técnicas de descrição e análise do espaço, tem sido possível orientar projetos de desenho urbano, de pequena à grande escala, bem como intervenções mais pontuais no espaço urbano para que os espaços projetados tenham melhor desempenho no que se refere a promover melhores padrões de co-presença. Essas orientações vão desde a proposição de uma simples conexão urbana, que pode ser a abertura de uma via, a implantação de uma ponte, até a configuração espacial de grandes projetos de desenvolvimento urbano. O grupo da UCL, coordenado pelo professor Bill Hillier, por exemplo, tem auxiliado diversos projetos de natureza e escalas diferentes como: (1) os projetos de desenho urbano desenvolvidos para Trafalgar Square (Praça Trafalgar) e para Millennium Bridge (Ponte do Milênio), em Londres, ambos elaborados pelo escritório britânico Foster e Partners, e (2) o Plano Estratégico da Cidade de Jeddah, na Arábia Saudita, o Jeddah Strategic Planning Framework.²¹

a) Plano Estratégico de Jeddah

Para a realização do Plano estratégico da cidade de Jeddah, na Arábia Saudita, 2005-2006, a municipalidade de Jeddah encomendou um estudo à luz da sintaxe espacial, em que a ideia principal era criar uma estratégia de desenvolvimento espacial para a cidade em escala metropolitana, cidade constituída de diversas áreas, que cresceram sem planejamento desde as décadas de 1950-1960, e apresentavam um quadro de estagnação e superpopulação com graves implicações físicas e sociais. Esses problemas urbanos e sociais se agravavam à medida que a cidade continuava a crescer. As áreas centrais apresentavam uma descontinuidade com as áreas periféricas, o que fez incrementar problemas ligados à alta densidade populacional e segregação espacial. No estudo desenvolvido por Hillier, a primeira providência foi identificar as rotas mais importantes entre os assentamentos periféricos e a área central da cidade (análise de acessibilidade local). A partir desta identificação, foi traçada uma estratégia de reconectar os fragmentos periféricos (assentamentos não planejados) à estrutura das principais rotas de tráfego da cidade. A ideia era criar uma suave transição entre as principais rotas de tráfego da cidade e as rotas locais dos assentamentos menores, no sentido de preservar suas características próprias e seu senso de lugar.

²¹ Os trabalhos desenvolvidos pelo grupo dirigido por Hillier, com aplicação da sintaxe espacial, podem ser consultados no site do grupo. Disponível em: <http://www.spacesyntax.com/> Acesso em: 5 ago. 2009.

b) Trafalgar Square, em Londres

No plano traçado para a intervenção em Trafalgar Square, Londres, 1996, o principal requerimento estabelecido pelo poder público era reanimar este trecho da cidade de grande importância cívica e histórica. A situação da praça encontrada pela equipe Norman Foster e Partners era a de um lugar que carecia de segurança para os pedestres, de uma ordenação para o tráfego de automóveis e de maiores atrativos para a permanência das pessoas no local. Inicialmente, foram analisados os padrões de fluxo de pedestres dos cidadãos e dos turistas. A partir daí, foi desenvolvido um modelo avançado de movimento de pedestres, o que permitiu à equipe identificar os principais problemas do plano diretor para a área. Diante das dificuldades encontradas, e no sentido de solucionar as questões de movimento das pessoas, a consequência da análise foi propor algumas intervenções para dinamizar o fluxo de pedestres e estimular a permanência das pessoas na praça. Estas propostas foram: (1) inserir uma nova escadaria principal de acesso à praça; (2) a re-conexão da praça do parlamento à Praça Trafalgar e (3) uma seleção do fluxo de pedestres para o centro da praça. Concluído em 2003, este plano foi considerado um sucesso por ter incrementado o fluxo e a permanência das pessoas no local devido às intervenções feitas a partir das proposições resultantes da análise (Fig. 26).



Figura 26. Trafalgar Square, em Londres. À esquerda, situação da praça em 1999, com pouca presença de pessoas. À direita, situação após a intervenção proposta por Hillier, com a substituição do belvedere pela escadaria, facilitando o fluxo de pedestres. Fonte: SPACE SYNTAX, 2009

c) Millennium Bridge, em Londres

Inaugurada em junho de 2000, a Millennium Bridge, sobre o Rio Tamisa, é, na atualidade, a mais longa ponte suspensa para pedestres do mundo, com 320m de comprimento. O design da ponte é resultado de uma colaboração entre a equipe de Foster e Partners (responsável pelo projeto de arquitetura), o escultor Sir Anthony Caro e o grupo de técnicos e engenheiros do Ove Arup e Partners (responsável pela parte estrutural - o cálculo de estrutura, vento, iluminação, impacto ambiental e estudos geotécnicos e marítimos). A contribuição da equipe do professor Hillier neste projeto foi realizar uma análise prévia do trecho da cidade onde se insere a ponte, identificar as dificuldades de integração do sítio e, por fim, propor uma alternativa para contornar as questões de acessibilidade da área no sentido de melhorar a articulação entre os espaços públicos existentes. A localização da Millennium Bridge, proposta pela equipe da UCL, possibilitou a ligação entre a Catedral de São Paulo e a Cidade de Londres, com o conjunto formado pelo Museu de Arte Moderna e o Shakespeare Globe Theater. A intervenção estimulou a integração destes espaços públicos pela experiência do pedestre e dinamizou toda a área do entorno (Fig. 27).

Essas diferentes experiências, desenvolvidas por Bill Hillier nos últimos anos, em especial, as de Trafalgar Square e Millennium Bridge, cujos resultados se concretizaram, vêm não apenas corroborar a aplicabilidade da teoria da lógica social do espaço, mas também ratificar o principal argumento dessa teoria: o de que o espaço não é um mero cenário das relações sociais, mas desempenha um papel importante sobre elas. O espaço urbano é a dimensão mais distintiva da cultura urbana. Ele afeta o comportamento humano e age como uma variável independente num processo de causa e efeito. É, nessa perspectiva, que Hillier defende a autonomia do artefato urbano frente a outros aspectos como a densidade e o uso e argumenta que compreender as leis responsáveis pela sua geração é essencial para entender a forma material da cidade com artefato social (HILLIER, 1989).

Em um texto publicado em 1989, *The Architecture of the Urban Object*, Hillier descreveu três tipos de leis subjacentes à forma espacial: (1) leis do objeto, referentes aos princípios que governam a forma em si e instituem um determinado padrão espacial; (2) leis da sociedade para o espaço, concernentes ao modo como a sociedade usa e adapta as leis do objeto para espacializar diferentes tipos de relações sociais – princípios pelos quais categorias sociais são reveladas na forma, moldando a vida espacial; (3) leis do espaço para a sociedade, relativas a como o sistema espacial exerce efeitos sobre a sociedade - princípios pelos quais a forma tem consequências sociais para além daquelas originalmente programadas.

Esses estudos foram retomados na década de 1990 por Frederico Holanda (HOLANDA, 2002) para constituir o que ele chamou de paradigmas de urbanidade e formalidade, com veremos a partir daqui.

Figura 27. Ponte do Milênio, entre a Galeria Tate Modern e a Catedral de São Paulo. Percebe-se o intenso fluxo de pedestres.



2.2 PARADIGMAS DE URBANIDADE E FORMALIDADE

2.2.1 A dicotomia instrumental/simbólica e a proposição dos paradigmas de urbanidade/formalidade

Hillier tem defendido que cidades de diferentes escalas e tipos culturais incorporam identidades espaciais diversas (HILLIER, 1996, p. 5). No texto de 1989, *The Architecture of the Urban Object*, Hillier identificou a existência de dois tipos mórficos de cidade que classificou como: “instrumentais e simbólicas” (HILLIER, 1989). Ele sugeriu que, subjacente a esses dois tipos mórficos, há uma clara lógica social: enquanto o tipo instrumental está mais relacionado à produção da vida cotidiana (funcionando como instrumento para intensa e variada co-presença), o simbólico tem mais a ver com a reprodução formal de estruturas sociais, caracterizando relações de poder. Ao empregar as categorias analíticas da sintaxe espacial para descrever morfologicamente esses dois tipos, Hillier (1989 apud HOLANDA, 2002, p. 123) constatou que as cidades instrumentais:

Ao ligarem o interior do assentamento à periferia em várias direções – e sempre na direção das principais entradas para o assentamento e cidades vizinhas –, o efeito das linhas integradoras é permitir o acesso às áreas centrais da cidade a partir do exterior, ao mesmo tempo em que elas mantêm o núcleo integrador perto das áreas segregadas, de fato, relacionando-as entre si. Porque as linhas do núcleo integrador são as mais utilizadas pelas pessoas e também aquelas nas quais os equipamentos mais dependentes do espaço, como lojas, estão localizados e as áreas segregadas são primordialmente residenciais, o efeito do núcleo é estruturar o caminho dos estranhos através do assentamento e, ao mesmo tempo, mantê-los em forte interface com os habitantes que se movem dentro da cidade. A estrutura do núcleo não apenas permite o acesso dos estrangeiros ao interior da cidade como também garante que eles fiquem numa constante interface probabilística com os habitantes em movimento. De fato, parece razoável propor que a estrutura espacial do assentamento exista com o fim de construir essa interface.

Hillier observou, por outro lado, que as cidades simbólicas parecem contradizer a lógica espacial das cidades instrumentais, em todos os níveis. São cidades como Teotihuacán, Versalhes e Brasília, cuja configuração espacial se volta para a articulação entre os edifícios de valor simbólico e não da periferia para o centro. De acordo com Hillier (1989 apud HOLANDA, 2002, p. 124),

Apesar da sua maior geometricidade, o espaço aberto é mais seccionado, tanto convexa como axialmente. Não há consistente relação entre os espaços convexos e as entradas dos edifícios. No eixo principal, há pouca ou nenhuma entrada para edifícios do cotidiano e, em grande medida, o eixo é ladeado somente por estruturas cerimoniais. Esse eixo chega a se aproximar a um espaço convexo. Em vez de uma linha axial penetrar muitos espaços convexos, o espaço convexo se expande a ponto de se tornar coincidente com uma única linha axial. Tampouco esse eixo liga a periferia ao centro tal como no [caso] anterior. Ele passa por entre dois edifícios principais e encontra um terceiro de frente. Esse encontro perpendicular das linhas axiais mais importantes nas fachadas é novamente uma propriedade não encontrada no [caso] anterior. [Nesse último], a maioria das linhas axiais “tangenciam” os edifícios mais e menos importantes indiscriminadamente em ângulos abertos, sugerindo movimento para além do ponto em que a linha atinge o edifício. Somente nas áreas mais segregadas, as linhas encontram os edifícios mais ortogonalmente.

Hillier (1989) concluiu que esses dois tipos mórficos são completamente diferentes porque, do ponto de vista morfológico, os princípios que eles utilizam para se constituírem são opostos. Eles são assim porque realizam, no

espaço, prioridades e esquemas sociais distintos, implicando diferentes padrões de co-presença. Enquanto, nas cidades instrumentais, o espaço é usado pelos indivíduos diferencialmente, mas de modo denso, em cidades simbólicas, muitos espaços importantes são usados, mas de forma mais esparsa.

Embora os estudos de Hillier tenham elucidado os aspectos significativos relativos a esses tipos mórficos e às suas lógicas sociais, a classificação instrumental/simbólica proposta por ele poderia levar a entender que as cidades simbólicas não contêm atributos das cidades instrumentais e vice-versa - aspecto que foi observado por Frederico Holanda (HOLANDA, 2002, p. 125). De acordo com Holanda, “a dicotomia instrumental/simbólica poderia erradamente dar margem à ideia de que as cidades instrumentais não carregam, no seu tipo mórfico, símbolos de natureza coletiva. Da mesma maneira, poder-se-ia pensar que as cidades simbólicas apenas representariam a vida social, sem que instrumentalmente constituíssem relações específicas de poder (HOLANDA, 2002, p. 125). Em função disso, Holanda procurou por termos mais abrangentes que pudessem: (a) “dar a ideia tanto da representação como da constituição de diversos modos de vida; (b) abranger satisfatoriamente dimensões de variabilidade ao longo dos três níveis analíticos antes propostos [padrões espaciais, vida espacial e vida social], assim permanecendo dentro da problemática dos aspectos de co-presença do desempenho espacial” (HOLANDA, 2002, p. 125). Holanda chegou à conclusão de que a taxonomia formalidade/urbanidade é mais vantajosa, pois ela se adequa tanto aos procedimentos de descrição quanto aos de avaliação da formação sócio-espacial. Além disso, Holanda indicou a existência de paradigmas sócio-espaciais vinculados a esses termos e propôs uma metodologia para sua averiguação.

2.2.2 Urbanidade e formalidade, dois paradigmas sócio-espaciais e uma metodologia de aferição

Em *O Espaço de Exceção* (2002), Holanda sugeriu que os diversos tipos de assentamentos humanos identificados ao longo da história podem ser caracterizados como posições entre o intervalo de duas tendências polares, dois paradigmas socioespaciais milenares: os “paradigmas de urbanidade e formalidade” (HOLANDA, 2002, p.126). Enquanto o paradigma de formalidade, por meio de arranjos sociais altamente segmentários, fortemente insulados, cerimoniais e hierárquicos, caracterizam relações de poder; o paradigma de urbanidade abarca intensa participação do cidadão e livre manifestação de diferenças, identificando-o com valores universais mais próximos a uma sociedade democrática. Segundo Holanda (2002, p. 125), “as palavras ‘formalidade’ e ‘urbanidade’ são interessantes [...] porque comunicam simultaneamente ideias relativas ao espaço físico – e, portanto, a padrões espaciais - e ideias relativas a comportamentos humanos – e, portanto, à vida espacial e à vida social”. De acordo com Holanda (2002, p.125-126),

‘Formalidade’ vem de formal, relativo à forma – limites exteriores da matéria de que é constituído um corpo e confere a esse feito uma configuração, um aspecto particular – mas isso de certa maneira que é espontâneo, que se atém a fórmulas estabelecidas; convencional. Formalidade também é uma maneira expressa de proceder; aquilo que é de praxe, rotina. Por sua vez, urbanidade obviamente se refere à cidade como realidade física, mas também à qualidade de cortês, afável, relativo à negociação continuada entre interesses.

Holanda analisou e confrontou as morfologias dos assentamentos dos maias e hopis, na América; zulu e ashanti, na África e na Europa Feudal; castelos franceses e cidades-repúblicas italianas. Além de estudar 17 áreas do Distrito

Federal, inclusive Brasília, fundamentou suas análises e em uma série de variáveis analíticas que dizem respeito a padrões espaciais tais como: “percentual de espaço aberto sobre o espaço total, espaço convexo médio, número de entradas por espaço convexo, % de espaços cegos, m² de espaço convexo por entrada, metros lineares do perímetro das ilhas por entrada, economia de malha, integração, inteligibilidade, forma do núcleo integrador”. Com base nessas categorias analíticas, ele elaborou um método para aferição do nível de urbanidade e formalidade das porções urbanas – a medida e urbanidade (UBR). A partir daqui, procurarei descrever tais variáveis analíticas e mostrar qual a contribuição delas na determinação de níveis de urbanidade e formalidade, tal como proposto por Holanda (2002, p.308-315).

a) Percentual de espaços abertos sobre a área total de estudo (y/A)

Essa variável capta a quantidade relativa de espaços abertos de um assentamento urbano. Equivale à relação entre a área dos espaços abertos (y) e a área total da porção urbana em questão (A). Quanto maior for o percentual de espaços abertos, ou seja, quanto mais rarefeita é a paisagem construída, mais formal ela será considerada. Do mesmo modo que, quanto mais densa ou compacta for a paisagem construída, mais urbana ela será.

b) Espaço convexo médio (y/C)

Essa variável captura a média de espaços convexos do sistema. Corresponde à relação direta entre a superfície total de espaços abertos (y) e o número total de espaços convexos (C). Espaços convexos são unidades de espaço aberto nas quais, a partir de qualquer ponto no espaço, é possível ver todos os outros pontos, podendo corresponder a uma rua, um largo ou uma praça. Quanto maior for o espaço convexo médio, mais formal será o assentamento como um todo. Em outras palavras: maior espaço convexo significa mais formalidade, enquanto espaço convexo menor significa proximidade e intimidade, portanto, urbanidade. Isso não implica dizer que um assentamento com alto índice de urbanidade não possua pedaços formais dentro de seu sistema espacial tais como grandes praças ou esplanadas, por exemplo.

c) Número médio de entradas por espaço convexo (x/C)

Essa categoria corresponde à relação entre o número total de entradas (x) e o número total de espaços convexos (C). Fornece o grau de “constitutividade” do sistema espacial urbano. “Constitutividade” vem de constituição que, em termos sintáticos, refere-se à conexão entre os espaços interiores e exteriores por meio de uma entrada. Quando os espaços convexos não possuem constituição, dizemos que são espaços “cegos”, ou seja, “aqueles definidos apenas por paredes, fossos, cercas, vegetação ou por quaisquer outros elementos sem aberturas que levem ao interior dos edifícios ou dos lotes, pelas quais as pessoas possam passar” (HOLANDA, 2002, p.100). De modo geral, as formas urbanas modernistas não são intensamente constituídas, o que levou Holanda a concluir que “a modernidade é cega” (HOLANDA, 2002, p. 317).

De acordo com Holanda (2002, p. 309-310), “quanto menor a relação entre entradas e espaços convexos, mais formal será o sistema. Por outro lado, a maximização de transições entre interior e o exterior cria um maior potencial para interações no âmbito público da vida cotidiana, conforme defendido por Jane Jacobs em suas obras”.

d) Percentagem de espaços convexos cegos (C_b)

Essa categoria indica o percentual de espaços convexos do sistema, onde, na codificação criada por Holanda, C refere-se ao número total de espaços convexos do sistema e b refere-se a blind (cego, em português). Corresponde à relação percentual entre a quantidade de espaços cegos existentes e o número total de espaços convexos do sistema. Quanto maior o percentual de espaços cegos, mais formal é o sistema. Vale dizer que, tanto a proliferação como a distribuição dos espaços cegos são importantes na caracterização dos tipos mórnicos existentes.

e) Metros quadrados de espaço convexo por entrada (y/X)

Essa categoria aponta o "grau de diluição" das constituições na superfície de espaço aberto. Consiste na relação entre área aberta total (y) e o número de entradas do lugar (X). Quanto maior é o grau de diluição das constituições, mais formal é o sistema, pois mais superfície de espaço aberto terá de ser vencida para estabelecer interações sociais. Por outro lado, quanto menor é o grau de diluição, mais intensamente constituído é o sistema de espaços aberto e maior é o grau de urbanidade, porque as constituições maximizam a possibilidade de encontros informais nos lugares públicos.

f) Metros lineares do perímetro das barreiras por entrada (lp/X)

Corresponde à relação entre o somatório do perímetro das barreiras (lp) e o número total de entradas do lugar (X). Essa categoria constitui outra forma de mensurar a "diluição" das constituições no sistema espacial, pois tanto o tamanho, como a natureza e o modo de agregação das barreiras interferem diretamente em uma maior ou menor intensidade de entradas ao longo do seu perímetro. Quanto maior o valor encontrado mais formal é o sistema.

g) Economia da malha (GRA)

A medida de axialidade indica o grau de regularidade da malha por meio da comparação entre a malha real e uma regular perfeita. Essa medida é dada por meio de uma função entre o número de linhas axiais e o número de ilhas espaciais do sistema: $A = (2\sqrt{l} + 2) / L$, onde A é a medida de axialidade da malha, l , o número de ilhas espaciais, L , o número de linhas axiais do conjunto. A medida varia sempre entre "1", que indica alto grau de regularidade, e "0", que indica alto grau de deformação da trama. De acordo com Holanda (2002, p. 311), "tanto um número relativo muito elevado de linhas axiais, quanto um número relativo muito baixo de linhas axiais ambos formam o paradigma de formalidade". Por outro lado, valores que estão pelo meio da escala constituem o paradigma de urbanidade.

h) Integração (RRA OU $1/RRA$)

A medida de integração é o carro chefe da análise sintática e indica o menor ou maior nível de integração entre as várias partes de um sistema na representação axial. Segundo (AMORIM; LOUREIRO, 2000),

O conceito de integração está relacionado à noção de profundidade. Na representação axial do sistema urbano, cada linha está ligada a todas as demais, tanto diretamente quanto por meio de um certo número de linhas intervenientes, ou "passos", que intermediam a passagem de um espaço a outro. A profundidade entre duas linhas é dada pelo número de passos que intervêm na

passagem da primeira para a segunda. Uma linha "rasa", ou seja, de fácil acessibilidade, tem por efeito "puxar" para si todas as demais, integrando o conjunto. Por sua vez, uma linha profunda afasta de si todas as demais, resultando em um espaço de acessibilidade indireta, em posição mais remota em relação aos demais.

Em geral, os sistemas urbanos reticulares, como os de Manhattan, são bastante integrados, tendo em vista que tem-se de dar um número pequeno de "passos" (ou seja, de dobrar poucas esquinas) para ir, em média, de uma rua para qualquer outra. Por outro lado, sistemas urbanos labirínticos ou muito deformados, como os de tecidos irregulares de cidades medievais, são menos integrados, visto que é preciso dar um maior número de "passos" para se deslocar de um lugar a outro.

A mensuração do nível de integração (ou valor de integração) de uma linha axial do sistema é, matematicamente, expressão da profundidade média desta linha para as demais do sistema (HILLER; HANSON, 1984, p.108). Esse valor é dado pela função $I = 2(MD - 1) / (L - 2)$, onde I é o valor de integração da linha, MD, a profundidade média da linha, medida a partir dela em relação a todas as demais linhas do sistema, e L, o número de linhas do sistema (HILLIER; HANSON, 1984: p.108). O sistema urbano pode ser representado pela média dos valores de integração de suas linhas. Os sistemas mais integrados apresentam valores próximos a "0", enquanto que sistemas menos integrados apresentam valores próximos a "1". Assim, a integração pode ser medida tanto localmente como globalmente. No primeiro, interessam os elementos em si, no segundo, interessa a articulação do elemento em relação aos demais do sistema.

De acordo com Holanda (2002, p.313), "há uma significativa evidência empírica que sugere que, quanto mais profundo é o sistema [...], mais difícil é a sua apropriação por parte do pedestre, particularmente pelos estranhos ao lugar, que, em geral, são a maioria das pessoas nos espaços públicos".

Vale ainda destacar que a codificação RRA refere-se ao *real relative asymmetry*, que em língua portuguesa, significa relativa assimetria real. Visando possibilitar correlações positivas com outras variáveis e facilitar a interpretação dos valores pelo público pouco familiarizado com a sintaxe espacial, adotou-se o inverso da assimetria relativa real como padrão 1/RRA.

i) Inteligibilidade (INT)

Em sintaxe espacial, inteligibilidade (INT) é a correlação entre integração e conectividade. A conectividade de uma linha axial é a quantidade de linhas que a interceptam, ou seja, a quantidade de linhas diretamente conectadas a ela. Essa medida possibilita compreender, mais claramente, o papel que cada linha axial desempenha em relação ao sistema como um todo. A ideia subjacente a inteligibilidade é a seguinte:

Se estou numa rua que é, ao mesmo tempo, fortemente integrada ao todo do sistema e intensamente cruzada por outras ruas, tal sistema é "inteligível" porque o que percebo localmente da via (isto é, o seu intenso número de cruzamentos) me oferece uma informação sobre sua posição global (sua alta integração, que, entretanto, não vejo a partir dela própria). (HOLANDA, 2002, p. 104).

Segundo Holanda (2002, p. 104), “pesquisas têm mostrado que, quanto maior for a inteligibilidade de um sistema, mais provável será que os fluxos, tanto de pedestres como de veículos, concentrem-se ao longo das linhas mais integradas” Dito de outra maneira, quanto maior é a inteligibilidade, maior é a co-presença. Ainda de acordo com Holanda (2002, p. 314), “sistemas não-inteligíveis implicam o fato de a ocupação de pedestres, ao longo das linhas axiais, tender a ser aleatória e de a trama não contribuir para uma clara diferenciação entre os lugares em termos de co-presença”. O autor sugere ainda que a diferenciação axial, na qual as linhas mais integradas do sistema correspondem aos mais elevados índices de co-presença, tende a estabelecer um equilíbrio ótimo entre áreas mais dinâmicas e mais tranquilas, sendo, portanto, uma característica bastante peculiar de sistemas urbanos bem sucedidos (HOLANDA, 2002, p.314).

Após observar o desempenho dessas nove categorias analíticas, Holanda constatou que elas poderiam apresentar valores aparentemente contraditórios. Ou seja, algumas categorias poderiam indicar valores de formalidade, sem que a área analisada fosse “formal”, assim como outras poderiam apontar valores de urbanidade, sem que área em estudo fosse “urbana” de fato. Isto ocorre porque, segundo Holanda (2002), áreas urbanas podem apresentar atributos formais e urbanos ao mesmo tempo. Assim sendo, era necessário encontrar um procedimento a partir do qual fosse possível identificar, em média, o desempenho de uma determinada área em termos de sua urbanidade e formalidade, considerando todas as categorias analíticas em conjunto. Holanda optou, portanto, por normalizar estatisticamente tais valores. Os valores obtidos foram normalizados num intervalo numérico variável de 1 a 5, que significa respectivamente máxima urbanidade e máxima formalidade. A média dos valores normalizados corresponde ao que Holanda chama de medida de urbanidade (URB) da área. O autor concluiu que:

[...] a constituição do paradigma de formalidade tem se caracterizado consistentemente por: maximização do espaço aberto sobre a área total do assentamento, maior espaço convexo médio, menor número de entradas por espaço convexo, maior percentual de espaços cegos, maior superfície de metros quadrados de espaço aberto por entrada, maior número de metros lineares das ilhas que definem os espaços convexos, por entrada, tanto malhas extremamente regulares como extremamente irregulares (em oposição a um meio termo nessa escala de variabilidade), novamente uma estrutura axial extremamente rasa ou extremamente profunda (em oposição também a um certo meio termo nessa escala de variabilidade), baixas medidas de inteligibilidade, núcleos integradores que ora se concentram na periferia ora no miolo do sistema e não irrigam o assentamento como um todo. Ao contrário, o paradigma de urbanidade é constituído por tendências opostas em todas as categorias (HOLANDA, 2002, p. 126).

2.2.3 Restrições da metodologia de aferição de urbanidade – Medida de Urbanidade (URB)

O método desenvolvido por Holanda para aferir a urbanidade de áreas urbanas - o que ele chamou de medida de urbanidade (URB) - foi bem estruturado para ser aplicado como ferramenta mais analítica que propositiva. Ou seja, ele se aplica melhor à análise da realidade física e social de um fato urbano do que à concepção de novos artefatos. Aplicá-lo, do modo como foi estruturado, em um processo de projeto para o desenho de novas áreas urbanas, constituiria tarefa complexa porque o modelo não associa parametricamente as variáveis dos padrões espaciais às variáveis da vida espacial, como uso e densidade, por exemplo.

Holanda (2002) desenvolveu três níveis analíticos para tratar de seu problema investigativo principal: o nível padrões espaciais, que trata das características topológicas da configuração espacial, incidentes na restrição ou promoção de encontros interpessoais no sistema de espaços abertos; o nível vida espacial, que trata dos padrões de encontros registrados nos espaços abertos e fechados; e o nível vida social, que trata da vida social em categorias específicas de agentes e práticas sociais, mas relaciona-se circunstancialmente a variáveis espaciais, sejam elas padrões espaciais ou vida espacial.

As variáveis do primeiro nível já foram aqui descritas (ver item 2.2.2) e as variáveis do segundo nível referem-se à vida espacial em espaços de duas naturezas diferentes: (1) fechados (variedade de rótulos, densidade de rótulos, relações entre rótulos e padrões espaciais, bem como relações dos rótulos entre si); (2) abertos (presença real de lugares abertos, predictibilidade, relação entre arranjos nos espaços internos e nos espaços externos, amplitude espacial dos arranjos, arranjos casuais versus arranjos formais).

No que se refere ao desempenho das variáveis de vida social nos espaços fechados, Holanda (2002, p. 108-109) observou que: (1) quanto à variedade de rótulos, “os rótulos, por sua própria natureza, surtem diferentes tipos de impacto no seu entorno, no que se refere à geração de viagens para os respectivos edifícios”; quanto à densidade de rótulos, “a simples densidade da ocorrência de usos obviamente leva a marcantes diferenças nos padrões de co-presença”; (3) quanto às relações entre rótulos e padrões espaciais, “a não-diversidade implica um espaço público pobremente utilizado”. Essas variáveis, entretanto, não estão inseridas quantitativamente na “medida de urbanidade”, ainda que seja possível desenvolver análises quantitativas e qualitativas com os dados que as subsidiam.

Contudo, em um processo de projeto urbano, operamos simultaneamente com as variáveis de padrões espaciais e as variáveis de vida espacial dentro de uma perspectiva propositiva. Ou seja, operamos com uma série de parâmetros matemáticos, que, ao fim e ao cabo, resultam na definição de uma forma espacial e de seu uso, por mais flexíveis que essa forma e esses usos possam ser. O processo de desenho urbano, como todo processo de design, é uma atividade essencialmente dinâmica e interativa em que o arquiteto e urbanista é levado a projetar e revisar concomitantemente as soluções encontradas. Se desejamos que as propostas de projeto urbano possam suportar uma relação integral entre uso urbano e movimento de pedestres e veículos no espaço, é preciso que todas as variáveis sejam quantificáveis e parametrizáveis.

Dessa forma, para atingir o objetivo dessa dissertação de inserir variáveis configuracionais no urbanismo paramétrico, fez-se necessária a construção de um novo modelo de desenho urbano paramétrico, baseado no método que Holanda desenvolveu para aferir a urbanidade. No entanto, procurou-se introduzir, neste novo modelo, variáveis quantitativas, a partir das quais fosse possível avaliar os rótulos segundo sua capacidade de gerar atividade urbana. Esse modelo está descrito no próximo capítulo.

3 PARAMETRIZANDO URBANIDADE

Este capítulo apresenta a metodologia desenvolvida para incorporar parâmetros de natureza configuracional no urbanismo paramétrico - o que chamo de modelo de desenho urbano paramétrico em função da urbanidade. O modelo foi construído com base no método elaborado por Holanda (2002) para aferição dos níveis de urbanidade e formalidade das áreas urbanas. Contudo, as variáveis por ele empregadas foram parametrizadas para atender aos propósitos deste trabalho - a aplicação do método em processos de projeto urbano paramétrico. Para tanto, fez-se necessária a introdução de índices que indicam o potencial de deslocamento de pedestres em função do uso do solo. São índices conhecidos na literatura como PGVs (Polos Geradores de Viagens). A aplicação desses índices permitiu calibrar o modelo segundo parâmetros de deslocamento de pessoas, para garantir a produção de espaços urbanos ativos, a partir de uma relação integral entre desenho da malha urbana, distribuição de atividades no espaço e movimento de pedestres.

3.1 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

Como vimos nos capítulos anteriores, o urbanismo paramétrico visa a projetos que constituam ambientes urbanos vibrantes, isto é, com intensa vida urbana. Para tanto, fundamenta-se em grandes densidades e mistura de uso, seguindo a tradição daqueles que concordam com os princípios de planejamento defendidos por Jane Jacobs desde o início dos anos de 1960. No entanto, vimos, com Peponis e Hillier (PEPONIS, 1989; HILLIER; HANSON, 1984; HILLIER et al, 1993), que essas estratégias são importantes, contudo, insuficientes para garantir que projetos urbanos promovam urbanidade, haja vista que grande parcela de movimento de pedestres no meio urbano é determinada pela própria configuração-espacial, o que Hillier et al (1993) chamaram de movimento natural. Tal argumento vem sendo ratificado através de várias pesquisas no campo dos estudos morfológicos e configuracionais do espaço, atribuindo ao próprio *grid* urbano uma parte da responsabilidade pela promoção de vida urbana. Esses estudos foram avançados por Holanda (2002), que desenvolveu um método quantitativo para aferir a urbanidade de porções urbanas, empregando diversas categorias analíticas referentes a padrões espaciais - o que ele denominou de Medida de Urbanidade (URB). Portanto, urbanidade pode ser mensurada e parametrizada.

No entanto, o método construído por Holanda apresenta uma limitação quanto a sua aplicabilidade em processos de projeto, por uma série de aspectos elencados no capítulo anterior e que serão discutidos agora. Basicamente, todos os dados que Holanda (2002) utiliza para aferir a urbanidade são extraídos de duas fontes: do mapa axial e do mapa de espaços convexos. Tais mapas são construídos a partir do desenho espacial das porções urbanas investigadas por ele, como, por exemplo, o layout do plano piloto de Brasília. Um dado fundamental desse método é o número de constituições (X) que o alimenta em três entradas: número médio de constituições por espaço convexo (X/C), metragem quadrada de espaço convexo por constituição e a metragem linear do perímetro das barreiras por constituição (lp/X). Esse dado é quantificado por Holanda a partir da observação *in loco*. Entretanto, o que fazer quando não dispomos de tais informações, durante o processo de desenho urbano? Se desejássemos projetar um ambiente

com grau máximo de urbanidade (equivalente ao valor 5 na escala construída por Holanda), quantas constituições deveriam ser projetadas no sistema para que o ambiente urbano pudesse atingir tal índice?

Essa é uma questão complexa porque envolve uma relação entre número de constituições, uso e ocupação do solo, ou seja, entre variáveis de padrões espaciais e de vida espacial, as quais se encontram em níveis analíticos distintos, no método desenvolvido por Holanda. Sabemos que, por natureza, determinados usos necessitam de uma maior interface com o espaço público para atender às demandas próprias, portanto necessitam de um maior número de constituições do que outros. Por exemplo, se um equipamento educacional ocupasse completamente um quarteirão urbano quadrangular hipotético (de 10.000 metros quadrados e 400 metros de perímetro), ele teria, supostamente, menos constituições do que se o mesmo quarteirão fosse ocupado por um loteamento residencial popular ou por uma galeria de pequenas lojas comerciais. Isto pela necessidade de maior controle de acesso aos dirigentes, professores e funcionários e supervisão deles sobre o grupo de estudantes (LOUREIRO, 2000), em contraste com a necessidade de fácil acesso aos produtos e exposição deles, necessários para um bom funcionamento de atividades comerciais.

Também poderíamos exemplificar que, se a mesma quadra fosse ocupada por um condomínio residencial fechado, à moda Alphaville ou por um grande “shopping center”, inevitavelmente ela teria menos constituições, embora os usos sejam os mesmos – residencial e comercial. Isto ocorre porque tanto nos grandes centros de compras, como nos condomínios privados de alto padrão a quantidade de entradas é reduzida para que haja maior controle. Ou seja, determinadas categorias de uso e formas de ocupação têm menos constituições para garantir maior controle e isolamento da vida pública.²² Portanto, como manejar com esse “projeto de constituições” para que as áreas urbanas possam ter os padrões de urbanidade desejados pelos idealizadores do urbanismo paramétrico? Como distribuir usos e atividades urbanas espacialmente com diferentes números de constituições, para gerar padrões de co-presença necessários para garantir altos valores de urbanidade? Estas duas questões estão diretamente relacionadas a uma terceira, que é crucial: como estimar o número de constituições em função dos usos e atividades urbanas?

De fato, ainda não há, dentro da literatura, investigações que indiquem o potencial que usos e formas de ocupação do solo têm de gerar constituição e padrões de co-presença. Aliás, este foi um dos obstáculos desta pesquisa, motivo pelo qual ela esteve estacionada em diversos momentos. Não obstante, havia duas alternativas para se conseguir equacionar essa problemática: (a) a primeira consistiria em desenvolver uma investigação empírica que permitisse identificar o valor médio de constituições por categoria de uso, o que não foi possível porque demandaria mais tempo e extrapolaria os nossos objetivos; (b) a segunda, em identificar estimativas de deslocamento de pedestres em função do uso do solo, o que nos permitiria estabelecer relações com o perímetro total de barreira e o número máximo de constituições que esse perímetro poderia comportar, considerando a relação de 10 metros para cada unidade de constituição, uma vez que essa é dimensão mínima, quase sempre exigida em códigos de obras e legislações urbanísticas, para determinar as frentes dos lotes, em projetos de loteamentos residenciais.

Chegamos a essa segunda alternativa porque constatamos que ruas intensamente utilizadas significam pessoas se deslocando (realizando viagens) de um ponto a outro do sistema urbano (ou de uma constituição a outra) para

²² Os efeitos danosos deste desejo por maior privatização por parte de grupos sociais para a vida urbana vêm sendo estudados extensivamente por autores como Tereza Caldeira, em seu livro *Cidade de Muros* (CALDEIRA, 2000). O urbanismo paramétrico, no entanto, parece contradizer as expectativas da cidade contemporânea por privatização, uma vez que visa garantir vida urbana intensa, por meio de estratégias de projeto.

desempenhar uma determinada atividade, ainda que seja apenas o livre trânsito. Isto é, os deslocamentos de pedestres, no espaço da cidade, estão quase sempre relacionados a uma determinada atividade a ser desempenhada em algum destino. Também, ruas bastante frequentadas significam elevados números de constituições. Quanto mais constituído é o espaço, mais ele tende a apresentar elevados índices de co-presença. Como Holanda observou, “a maximização de transições entre o interior e o exterior cria um maior potencial para interações no âmbito público da vida cotidiana” (HOLANDA, 2002, p.310). Por isso, se encontrássemos índices potenciais de deslocamento de pedestres em função do uso do solo, poderíamos relacioná-los ao perímetro das barreiras, visando estimar a demanda por constituições requerida por distintos usos urbanos. Identificamos que esses índices estavam mais desenvolvidos no campo da Engenharia dos Transportes, nos quais são comumente denominados de Polos Geradores de Viagens (PGVs), como veremos a partir daqui.

3.1 Polos Geradores de Viagens - Potencial de Movimento de Pedestres

No campo disciplinar da Engenharia dos Transportes, há um corpo de pesquisa, cada vez maior, que trata da influência da forma urbana nos padrões de geração de viagens, entendidas aqui como os deslocamentos no espaço urbano para o desempenho de uma determinada atividade, seja por meio de transporte motorizado ou não. Tais investigações são fundamentadas em diversas fontes de informação, abrangendo diferentes locais e escalas. Variáveis da forma urbana, como o uso do solo, por exemplo, têm sido examinadas nestes estudos e padrões de viagens têm sido mensurados quantitativamente de diferentes modos, ainda que seja patente a dificuldade de se compreender e quantificar estes deslocamentos, tendo em vista a complexidade de fatores neles envolvidos, conforme destacou Randall Crane (CRANE, 1999 apud FERNANDES, 2008, p. 78):

[...] os deslocamentos diários não são tão simples de entender, pois começam com pessoas se deslocando de casa para trabalhar ou estudar e, depois, retornando para casa. Ou, até antes de voltar para casa, realizam viagens intermediárias. Cada viagem reflete escolhas de onde viver, trabalhar e de quando voltar para casa, como se deslocar de casa para o trabalho e que viagens fazer ao longo do percurso. Cada decisão depende das oportunidades disponíveis explicadas por características, recursos e valores das pessoas e também pelo ambiente construído de calçadas, ruas e dos sistemas de transporte que conectam a casa e o trabalho. Pode-se dizer então que as escolhas de viagem são consequências de fatores humanos combinados com outros fatores muito sistemáticos, e outros não, e nunca serão entendidos completamente.

Não obstante, vários autores vêm se dedicando a compreender as lógicas subjacentes a esses deslocamentos, por meio da investigação dos aspectos que os induzem e restringem. Esses autores convergem para a ideia de que a maneira como os usos urbanos estão organizados e distribuídos no espaço influi decisivamente nas escolhas dos modos de deslocamento (tanto de veículos como de pedestres) e de que “o sistema de transporte surge [posteriormente] para dar mobilidade aos indivíduos em função da necessidade de integração dos mesmos com as diferentes atividades que são definidas pelo uso e ocupação do solo” (KNEIB et al, 2009).

Tabela 2. Fatores de uso do solo para o comportamento do transporte.

FATOR	DEFINIÇÃO	IMPACTO
Densidade	Pessoas ou atividades por área (acre ou hectare)	O aumento da densidade tende a reduzir as viagens de veículos <i>per capita</i> . Cada aumento de 10% na densidade urbana reduz significativamente entre 2-3% <i>per capita</i> a Vehicle Miles Traveled (VMT)
Mistura de usos	Grau que está relacionado ao agrupamento e à localização de usos (residencial, comercial, serviço e institucional) na estrutura urbana. Às vezes, medido como relação entre atividades.	O aumento do uso misto do solo implica a redução <i>per capita</i> das viagens de veículos e o aumento de usos alternativos de locomoção, particularmente os caminhos aleatórios. Vizinhanças com um bom uso misto do solo indicam ter entre 5-15% menos milhas de veículos.
Acessibilidade local	Local de desenvolvimento relativo ao centro urbano regional. Frequentemente medido como o número de atividades acessíveis dentro de um determinado tempo de viagem.	O aumento da acessibilidade reduz a taxa <i>per capita</i> de milhagem de veículos. Residentes de uma vizinhança mais central normalmente dirigem entre 10-30% menos milhagens do que residentes de áreas mais dispersas e locações urbanas periféricas.
Centralidade	Porção de comércio, serviços e outros usos em principais centros de atividade.	O aumento da centralidade implica o uso de modos alternativos de deslocamento. Normalmente de 20-50% dos viajantes que se dirigem aos principais centros comerciais dirigem sozinhos, comparados com 80-90% de viajantes de áreas mais dispersas.
Conectividade	Grau em que vias e caminhos estão conectados, permitindo o tráfego direto entre os destinos.	A ampliação da conectividade das ruas pode reduzir a milhagem de veículos e o aumento da conectividade das vias de pedestres tende a aumentar as caminhadas e o ciclismo.
Desenho Viário	Escala e desenho de ruas e como os diversos usos são regulados para controlar a velocidade do tráfego e favorecer modos e atividades distintas.	O incremento do número de ruas com projetos e gestão 'multi-modais' aumenta a possibilidade de o usuário utilizar sistemas alternativos de transporte. A tranquilidade do tráfego tende a reduzir as viagens de veículos e serve de incentivo para caminhadas e para o ciclismo.
Provisão e Gestão de Estacionamento	Número de estacionamentos por unidade ou hectare de área construída e o grau estimado e adequado para sua eficiência.	A redução da oferta de vagas, o aumento dos preços de estacionamento e aplicação de outras estratégias de gestão de estacionamento podem reduzir significativamente as viagens de veículos <i>per capita</i> . A reparação dos preços de estacionamento normalmente reduz as viagens de automóveis entre 10-30%.
Condições de Passeio e Ciclismo	Qualidade dos passeios e condições de transporte cicloviário, bem como qualidade e quantidade de calçadas, faixa para pedestres, ciclovias e nível de segurança para o pedestre.	O incremento das condições de pedestrianismo e ciclismo aumenta a possibilidade de viagens não motorizadas e podem reduzir as viagens de automóveis, particularmente se implementadas com o uso misto do solo.
Qualidade do Trânsito e Acessibilidade	Qualidade do serviço de tráfego e o grau de acessibilidade aos destinos pela qualidade do trânsito público na área	Melhoramentos na qualidade dos serviços de trânsito aumentam o fluxo de passageiros coletivos e podem reduzir as viagens de automóveis, especialmente para deslocamentos urbanos.
Desenho Urbano	Desenho de edifícios, espaços públicos e de outros equipamentos urbanos como estacionamentos.	Mais projetos de espaços 'multi-modais' podem reduzir rotas de automóveis, se implementados com o aumento de serviços de trânsito.
Gestão da Mobilidade	Estratégias e programas que promovam padrões de viagens mais eficientes. Também chamado de Transportation Demand Management (Gestão da Demanda de Transporte).	Políticas e programas de gestão de mobilidade e podem reduzir significativamente as viagens de veículos por trechos afetados, entre 10-30%.

Fonte: Litman (2004).

Tood Litman (LITMAN, 2004) foi um dos autores que investigou, de modo mais sistemático, os fatores de uso do solo determinantes para o comportamento de viagens. Segundo Litman (2004), o transporte influencia os usos urbanos e vice e versa. Ele argumentou: as decisões que afetam um, interferem no outro, conseqüentemente, e, por isso, é extremamente importante conduzir o planejamento de transporte e de uso do solo de maneira complementar (e não conflitante), o que exige uma compreensão clara de como padrões específicos de uso do solo afetam os deslocamentos. Litman (2004, p. 3) estudou e indicou onze fatores de uso do solo que, de acordo com ele, influenciam o comportamento de viagens e apontou a contribuição de cada um deles para a indução ou restrição de deslocamentos, conforme fatores como: densidade, mistura de usos, acessibilidade local, centralidade, conectividade,

desenho viário, provisão e gestão de estacionamento, condições de passeio e ciclismo, qualidade do trânsito e acessibilidade, desenho urbano. Litman (2004) constatou que o aumento da mistura de usos no meio urbano tende a reduzir a quantidade de deslocamentos através de transporte motorizado e a aumentar a utilização de modalidades alternativas como as caminhadas a pé. Ele também verificou que o aumento da conectividade entre as vias urbanas tende a contribuir para a redução de viagens por meio de veículos, assim como para o aumento do número de deslocamentos não-motorizados (Tab.2).

Entretanto, Litman (2004) não especificou qual o potencial de cada uso urbano para a geração de viagens, tanto de pedestres como de veículos. Neste particular, vários pesquisadores e institutos de pesquisa têm se concentrado em investigar especificamente os impactos gerados por determinadas categorias de empreendimentos na estrutura urbana. Essas investigações levaram ao desenvolvimento do que ficou conhecido na literatura como Polos Geradores de Tráfego (PGTs)²³. De acordo com Licínio Portugal e Lenise Goldner, os PGTs se referem a “locais ou instalações de distintas naturezas que têm em comum o desenvolvimento de atividades em um porte e escala capazes de [exercer grande atratividade sobre a população e, com isso] produzir um contingente significativo de viagens” (PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p. 14). Os PGTS não tratam, no entanto, das atividades relativas a eventos temporários, mas daqueles empreendimentos ou equipamentos urbanos de grande porte (tais como shopping centers, hipermercados, hospitais, universidades, estádios, terminais de carga e estações de transporte público), que atraem grande número de pessoas, gerando viagens através do espaço urbano, necessitando de grandes espaços para estacionamento, carga e descarga e embarque e desembarque rotineiramente.

Portugal e Goldner (2003) desenvolveram um extenso estudo sobre os PGTs e seus impactos nos sistemas viários, com base em uma coletânea de informações sobre tema. Segundo Portugal e Goldner (2003, p. 14-15), os PGTs podem ser classificados de acordo com a natureza e a intensidade das atividades neles desenvolvidas. No que se refere à natureza, compreendem equipamentos, como: shopping centers e lojas de departamento; hipermercados, estabelecimentos de ensino; hospitais, pronto-socorros, maternidades e clínicas médicas; estádios, ginásios esportivos, autódromos, hipódromos e academias, hotéis e motéis; restaurantes, cinemas, teatros, templos, igrejas e auditórios; indústrias e oficinas; conjuntos residenciais; prédios de escritórios; pavilhões para feiras e exposições; parques e zoológicos; entrepostos e terminais atacadistas; aeroportos, portos rodoviários e garagens. No que se refere à intensidade, classificam-se em duas categorias: “os micropolos, cujos impactos são isolados e pequenos, mas, quando agrupados, podem se tornar bastante significativos”; e “os macropolos, construções individualizadas, cujos impactos causados são maiores e expressivos e merecem, conseqüentemente, uma atenção especial” (PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p. 62).

Entre os impactos gerados por esses diversos tipos de empreendimentos, destacam-se aspectos positivos e negativos. Se, por um lado, a implantação de PGTs pode resultar em valorização do solo, alteração de usos e aumento da densidade, por outro, pode trazer problemas para o ambiente urbano, a mobilidade e o transporte. Segundo o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2001 apud KNEIB, 2009), “a implantação e operação de PGTs

²³ Para maiores informações sobre PGTs ou PGVs, consultar a Rede Ibero-americana de Estudos em Polos Geradores Viagens, que, através de seus pesquisadores, vem produzindo e disponibilizando um conjunto de dissertações e teses. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br/>> Acesso em: 15 jun. 2009.

causam impactos na circulação viária, com efeitos indesejáveis na mobilidade e acessibilidade de pessoas e veículos assim como o aumento da demanda em sua área de influência”. O Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) ressalta ainda três efeitos indesejáveis decorrentes da implantação de PGTs, tais como: “i) congestionamentos, que provocam o aumento do tempo de deslocamento e dos custos operacionais dos veículos; ii) deterioração das condições ambientais da área de influência do polo, considerando os níveis de poluição e o número de acidentes; iii) conflitos entre tráfegos de passagem e o que se destina ao empreendimento, com dificuldade de acesso às áreas internas do empreendimento” (DENATRAN, 2001 apud KNEIB, 2009). Por sua vez, Kneib classifica os impactos gerados pelos PGTs em duas categorias: os diretos (impactos na circulação e no sistema viário causados especificamente pelo empreendimento gerador de viagens) e os indiretos (impactos decorrentes da implantação e operação do empreendimento gerador de viagens) (KNEIB, 2004 apud Kneib et al, 2009) (Ver Tab. 3).

Tabela 3. Impactos da implantação de empreendimentos geradores de viagens.

IMPACTOS	CATEGORIAS	DESCRIÇÃO
IMPACTOS DIRETOS	Sistema viário e circulação	Aumento do fluxo de veículos, aumento do tempo de viagem, congestionamento, conflito tráfegos, estacionamento, número de acidentes
IMPACTOS DERIVADOS	Ambiente Urbano	Alterações: no valor do solo, no uso (atividades), na ocupação do solo; na densidade
	Sociais	Coesão comunitária, mobilidade, acessibilidade, realocação de pessoas
	Econômicos	Níveis de emprego e renda, fiscais, planejamento regional, recursos, custo de viagens, energia
	Meio Ambiente	Ambiente construído, estética, valores históricos, ecossistemas, qualidade do ar, nível de ruído, vibrações

Fonte: Kneib (2009).

Assim, em função das diversas possibilidades de impactos que podem decorrer da implantação de PGTs, as taxas de viagens por eles geradas são estimadas estatisticamente como forma de prevê-las para, com isso, poder-se restringir e/ou incentivar a inserção de determinados usos e equipamentos na estrutura urbana das cidades. De acordo com Portugal e Goldner (2003), a estimativa do número de viagens a serem produzidas pode ser realizada de diversos modos, como, por exemplo: (1) determinando as taxas de geração de viagem em empreendimentos ou usos semelhantes; (2) usando as taxas de geração de viagem de uma área similar; (3) obtendo as taxas de geração de viagem do IET (Institute of Transportation Engineers - Instituto dos Engenheiros de Transporte)²⁴ ou de outras fontes disponíveis; e (4) usando técnicas computacionais disponíveis (PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p. 62). Segundo os autores, “as fontes disponíveis podem ser usadas, portanto, como ponto de partida, a fim de estimar a quantidade de tráfego que pode ser gerado por um tipo de uso do solo ou um polo gerador de tráfego específico” (PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p. 62). Ainda segundo os autores, através de uma ampla pesquisa, o ITE estabeleceu, para 136 tipos de usos do solo, a taxa média de viagens geradas (PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p. 64). Os resultados dessa investigação estão apresentados nas Tabelas 4, 5 e 6.

²⁴ O Institute of Transportation Engineers é uma comunidade de profissionais da área de transporte com sede em Washington, nos Estados Unidos. Disponível em: <<http://www.ite.org/>> Acesso em: 01 set. 2009.

Tabela 4. Taxas e modelos de geração de viagens em função da categoria do empreendimento (Parte 1).

CATEGORIA	USO DO SOLO	Nº DE ESTUDOS (X médio)	UNIDADE ou variável explicativa (X)	TAXA média viagens geradas por unidade de tempo (Intervalo)	EQUAÇÃO (R ²)
Terminal	Porto/Marina	7 (3)	N.º de berços	171,52/dia útil da semana (38,60-338,57)	298,556x-417,398 (0,58)
		7 (47)	N.º de acres	11,93/dia útil da semana (4,95-19,47)	18,005x - 287,056 (0,93)
	Aeroporto Comercial	3 (2.649)	Nº de empregados	13,40 / dia útil da semana (10,28 - 22,94)	—
		2 (349)	Nº médio de vôos / dia útil	104,73 / dia útil da semana (65,69 - 122,97)	—
	De caminhão	2 (164)	Nº de empregados	0,66 / hora do pico da manhã (0,39 - 4,67)	—
		2 (14)	Nº de acres	81,90 / dia útil da semana (66,27 - 100,08)	—
	Estacionamento periférico com serviço de ônibus	4 (256)	Nº de vagas	4,50 / dia útil da semana (3,90 - 7,06)	4,037 x + 117,327 (1,00)
		3 (1)	Nº de acres	372,32 / dia útil da semana (216,22 - 508,00)	—
Indústria	Leve	21 (421)	Nº de empregados	0,51 / hora do pico da tarde (0,36 - 1,18)	0,358 x + 68,814 (0,90)
		27 (364)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	1,08 / hora do pico da tarde (0,36 - 4,50)	1,422 x - 125,200 (0,89)
	Pesada	2 (660)	Nº de empregados	0,88 / hora do pico do tráfego- (16 - 18h) (0,60 - 0,97)	—
		2 (1.544)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	0,68 / hora do pico da tarde (0,49 - 0,78)	—
	Manufatureira	51 (744)	Nº de empregados	0,40 / hora do pico da tarde (0,24 - 1,11)	0,822 LnX + 0,309 (0,93)
		50 (370)	1.000 feet ² área Bruta construída (=92,903 m ²)	0,78 / hora do pico da manhã (0,10 - 8,75)	0,829 X - 17,713 (0,81)
Residencial	Unifamiliar	352 (177)	Nº de unidades domiciliares	1,02 / hora de pico da tarde (0,42 - 2,98) (64% entrando)	0,887 LnX + 0,605 (0,91)
		111 (629)	Nº de pessoas	0,28 / hora do pico-tráfego (16 - 18h) (0,12 - 0,68) (66% entrando)	0,856 LnX + 0,358 (0,90)
	Apartamento	76 (246)	Nº de unidades domiciliares	0,67 / hora de pico da tarde (0,10 - 1,64) (61% entrando)	0,599 X + 16,500 (0,80)
		27 (419)	Nº de pessoas	0,40 / hora de pico da tarde (0,20 - 0,77)	0,392 X + 3,845 (0,77)
		22 (280)	Nº de veículos	0,61 / hora de pico da tarde (0,32 - 1,19)	0,868 LnX + 0,219 (0,70)

Fonte: ITE (1997 apud PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p.67-70).

Tabela 5. Taxas e modelos de geração de viagens em função da categoria do empreendimento (Parte 2).

CATEGORIA	USO DO SOLO	Nº DE ESTUDOS (X médio)	UNIDADE ou variável explicativa (X)	TAXA média viagens geradas por unidade de tempo (Intervalo)	EQUAÇÃO (R²)
Residencial	Pequenas edificações (um a dois andares)	32 (248)	N.º de unidades domiciliares ocupadas	0,62 /hora do pico da tarde (0,38 – 1,23) (65 % entrando)	0,857 Lnx + 0,339 (0,88)
		7 (392)	N.º de pessoas	0,28 /hora do pico da manhã (0,19 – 0,52) (83% saindo)	0,247 X + 13,864 (0,62)
	Grandes edificações (mais que 10 andares e um ou mais elevadores)	17 (389)	Nº de unidades domiciliares	0,40 /hora do pico da tarde (0,30 – 0,59) (62 % entrando)	0,345 X + 20,107 (0,95)
		2 (869)	Nº de pessoas	0,22 /hora do pico da manhã (0,22 – 0,22) (84 % saindo)	—
	Edificações médias (entre 3 e 10 andares)	7 (120)	Nº de unidades domiciliares	0,44 /hora do pico da tarde (0,19 – 0,60) (59 % entrando)	0,534 X – 11,267 (0,90)
	Casas recreacionais	8 (331)	Nº de unidades domiciliares	0,31 /hora do pico da tarde (0,25 – 1,33) (44 % entrando)	0,261 X + 14,874 (0,98)
Alojamento	Hotel	3 (250)	Nº de quartos ocupados	0,87 / hora do pico do sábado (0,65 – 1,05)	—
		19 (252)	Nº de quartos ocupados	0,71 / hora de pico do tráfego dia útil (0,25 – 1,11)	1,150 Lnx – 1,255 (0,58)
		8 (138)	Nº de empregados	1,10 / hora de pico do sábado (0,67– 1,75)	0,690 X + 55,734 (0,55)
	Motel	13 (87)	Nº de empregados	1,24 / hora de pico da tarde (0,48– 4,00)	0,552 Lnx + 2,320 (0,83)
Recreativo	Parques nacionais	6 (101)	N.º de acres	12,14 / sábado (4,04– 24,74)	36,307 X – 2445,122 (0,79)
	Teatro sem matinê	1 (1.236)	Nº de assentos	0,32 / hora de pico da tarde em dia útil 0,36 / hora de pico da sábado	—
	Teatro com matinê	5 (2.539)	1.000 feet² área bruta construída (=92,903 m²)	28,61 / hora de pico do sábado (4,75– 37,95)	—
	Centros recreacionais	2 (89)	1.000 feet² área bruta construída (=92,903 m²)	2,68 / hora de pico da manhã	—
Institucional	Colégios de ensino fundamental e ensino médio	34 (558)	N.º de estudantes	0,11 – 0,71 / hora de pico da manhã	—
		18 (761)		0,14 – 1,29 / hora do pico do tráfego (7 às 9h)	
	Universidade	5 (2.463)	Nº de estudantes	0,24 /hora de pico da tarde (0,20 – 0,44) (70 % saindo)	0,195 X + 100,481 (0,97)
Igreja	8 (19)	1.000 feet² área bruta construída (=92,903 m²)	1,4 /hora de pico do tráfego 16 às 18h (0,78 – 4,04)	0,490 Lnx + 1,847 (0,58)	

Fonte: ITE (1997 apud PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p.67-70)

Tabela 6. Taxas e modelos de geração de viagens em função da categoria do empreendimento (Parte 3).

CATEGORIA	USO DO SOLO	Nº DE ESTUDOS (X médio)	UNIDADE ou variável explicativa (X)	TAXA média viagens geradas por unidade de tempo (Intervalo)	EQUAÇÃO (R ²)
Saúde	Hospital	14 (332)	Nº de leitos	1,41 /hora de pico da tarde (0,80 – 2,38) (64 % saindo)	0,195 X + 100,481 (0,97)
		5 (180)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	1,75 /hora de pico (1,20 – 2,63)	0,490 Lnx + 1,847 (0,58)
	Clínica	2 (112)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	31,45 / dia útil (23,79 – 50,74)	—
Escritório	Edifício de escritórios	162 (699)	Nº de empregados	0,48 /hora de pico da manhã (0,20 – 1,62) (88 % entrando)	0,860 Lnx + 0,206 (0,89)
		216 (223)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	1,56 /hora de pico da manhã (0,60 – 5,98)	0,797 Lnx + 1,558 (0,83)
		234 (216)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	1,49 /hora de pico da tarde (0,49 – 6,39)	1,121 X + 79,295 (0,82)
	Consultórios médicos	20 (32)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	4,36 /hora de pico da tarde (2,21 – 7,60)	4,437 X - 2,588 (0,92)
Varejo	Centros especializados de comércio	2 (104)	1.000 feet ² ABL (=92,903 m ²)	6,41 /hora de pico da manhã (5,40 – 8,85)	—
	Shopping center	401 (383)	1.000 feet ² ABL (=92,903 m ²)	3,74 / hora de pico em dia de semana (16 – 18h) (0,68 – 29,27) (52% saindo)	0,660 Lnx + 3,403 (0,81)
		124 (447)	1.000 feet ² ABL (=92,903 m ²)	4,97 / hora de pico do sábado (1,46 – 18,32) (52% entrando)	0,651 Lnx + 3,773 (0,84)
	Restaurante de qualidade	24 (9)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	7,49 / hora do pico do tráfego (16 – 18h) (2,42 – 18,64) (67% entrando)	—
		11 (9)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	10,82 / hora de pico de pico (5,75 – 15,28)	10,866 X - 0,463 (0,64)
		11 (308)	Nº de assentos	0,33 / hora de pico de sábado (0,16 – 0,50)	0,384 X - 16,724 (0,64)
	Supermercado	29 (43)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	11,51 / hora de pico do tráfego (5,32 – 20,29)	0,870 Lnx + 2,902 (0,77)
		2 (27)	1.000 feet ² área bruta construída (=92,903 m ²)	18,93 / hora de pico do domingo (17,79 – 19,75)	-----

Fonte: ITE (1997 apud PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p.67-70)

As taxas de geração de viagens apresentadas por Portugal e Goldner (2003) são dados bastante utilizados na literatura para estimativas de viagens. Esses dados se baseiam nas informações do Institute of Transportation Engineers (ITE, 1999 apud PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p. 67-70) e referem-se apenas a deslocamentos de veículos motorizados. A maior parte das estimativas de PGTS existentes na literatura atualmente ainda se refere a deslocamentos motorizados – aqueles que são realizados por indivíduos por meio de algum tipo de transporte, como carro, ônibus ou trem. Porém, ao longo dos anos, com o desenvolvimento de vários estudos neste campo, o conceito de Polos Geradores de Tráfego tomou dimensões e objetivos mais amplos. O conceito de PGT ganhou mais solidez e evoluiu para Polos Geradores de Viagens (PGVs). De acordo com Kneib et al (2009), com a evolução, “o conceito deixou de considerar apenas o tráfego (individual) motorizado gerado pelo empreendimento, passando a considerar as viagens em geral”. Os autores destacam ainda que, nesse conceito, não são avaliados os impactos nos sistemas viários e de transportes apenas, mas também no uso, ocupação e valorização do solo (KNEIB et al, 2009).

Não obstante, ainda são poucas as referências que tratam especificamente das viagens não-motorizadas, ou seja, aquelas realizadas em deslocamentos a pé ou através de meios de transporte não-motorizados, como bicicleta, por exemplo. Segundo Asha Agrawal e Paul Schimek, os “planejadores ainda dispõem de poucas informações sobre deslocamentos [de pedestres] e fatores que os animam e limitam” (AGRAWAL e SCHIMEK, 2007, p.549). Agrawal e Schimek (2007, p. 550) realizaram extensa revisão das informações disponíveis na literatura referentes às viagens de pedestres e apontaram quatro fatores consensuais que influenciam esses deslocamentos. São características demográficas, aspectos socioeconômicos e fatores de desenho urbano e de uso do solo. De acordo com os autores: (1) peculiaridades demográficas podem influenciar a quantidade e o comportamento de viagens não motorizadas; (2) características sócio-econômicas também são importantes, pois a literatura tem demonstrado que, em áreas urbanas de alto padrão sócio-econômico, as taxas de passeio são muito mais baixas; (3) o desenho urbano, igualmente, afeta os deslocamentos não-motorizados, uma vez que a presença e a qualidade de passeios públicos, jardins e mobiliário urbano, além de ambientes atraentes, incentivam a locomoção de pedestres, enquanto que o trânsito intenso e descontrolado desestimula tais deslocamentos; por fim, (4) o uso do solo influi no comportamento dos deslocamentos de pedestres, sendo densidade residencial e mistura de uso os aspectos mais considerados por atuar como agente dos deslocamentos.

Embora as informações referentes às viagens de pedestres ainda sejam bastante restritas, nas últimas décadas, diversos métodos têm sido desenvolvidos visando estimar volumes de pedestres, seja em relação a situações urbanas existentes ou futuras. O departamento norte-americano de transportes da Federal Highway Administration (FHWA) ²⁵ elaborou um guia sobre metodologias para estimar viagens não-motorizadas e identificou que esses métodos geralmente utilizam instrumentos como contagem e análise estatística de regressão, com o objetivo de prever volumes de pedestres em função do uso do solo e/ou de indicadores de geração de tráfego (FHWA, 1999). Além disso, dados demográficos e socioeconômicos são empregados e associados, nesses métodos, para estimar taxas de geração de viagens e níveis de tráfego de pedestres.

²⁵ Federal Highway Administration (FHWA) é parte do Departamento de Transportes dos Estados Unidos, que trata especificamente das questões relativas aos transportes urbanos, visando à redução de congestionamentos, bem como dos impactos no meio ambiente.

Estes procedimentos vêm sendo aplicados tanto para identificar áreas de elevado tráfego, como também para prever mudanças nos volumes de pedestres decorrentes de alterações de uso do solo. O FHWA (1999) identificou vários métodos desenvolvidos por diversos autores²⁶ para estimar volumes de pedestres e destacou, entre eles, os estudos de Julie Matlick (MATLICK, 1996 apud FHWA, 1999), que empregou índices percentuais extraídos do National Household Travel Survey (NHTS) para calcular o potencial de deslocamento de pedestres em vias específicas – uma ferramenta que, segundo ele, pode ser empregada por planejadores para identificar áreas prioritárias para deslocamentos de pedestres. Tais índices são uma fonte de pesquisa importante, bastante empregada em estudos sobre *walkability* (peatonabilidade), bem como em estimativas de deslocamentos de pedestres. De acordo com Asha e Schimeck (2007, p. 550), “o NHTS e seu predecessor Nation Wide Personal Transportation Surveys são as fontes de dados mais utilizadas sobre as viagens de pedestres associadas a informações demográficas”.

O National Household Travel Survey (NHTS) é uma pesquisa realizada em diferentes cidades dos Estados Unidos com mais de 26.000 respondentes, concebida para identificar os padrões de deslocamentos das famílias norte-americanas. O censo foi realizado, pela primeira vez, em 1969 e, em seguida, foram realizadas pesquisas em 1977, 1983, 1990 e 1995, sendo esta última a mais recente. O diferencial dessa pesquisa é que ela integra dados demográficos domiciliares com informações sobre as experiências de deslocamento e seus diversos propósitos. Embora o censo possua algumas limitações de ordem metodológica, como identificado por Agrawal e Schimek (2007, p. 548), os dados levantados por ele são extremamente valiosos por permitirem entender o comportamento de viagens não-motorizadas de um modo geral e, em particular, aquelas que são realizadas a pé pelo transeunte. Essas informações foram compiladas em uma tabela por Agrawal e Schimek (2007, p. 552), indicando, em percentagem, o potencial que cada atividade urbana tem de gerar deslocamentos (Tab.7).

Ainda que os dados do NHTS reflitam a realidade norte-americana, eles constituem uma base consistente de informações sobre os deslocamentos de pedestres de um modo geral. Esses dados vêm, de fato, subsidiando diversas investigações relacionadas a viagens não-motorizadas no campo da Engenharia de Transportes, motivo pelo qual resolvemos também aplicá-los. O banco de dados do NHTS (2001) (Tab.7) foi incorporado ao modelo de desenho urbano paramétrico em função da urbanidade, que será descrito a partir daqui. Para a construção desse modelo, no entanto, optamos por priorizar apenas a introdução dos índices de viagens de pedestres do NHTS (2001), em detrimento das taxas de geração de viagens de veículos do Institute of Transportation Engineers apresentadas por Portugal e Goldner (2003). Entendemos que a vitalidade urbana está mais estreitamente vinculada à possibilidade de encontro entre pessoas que à circulação de um grande número de veículos no meio urbano. Vias congestionadas não são, necessariamente, vias com grande qualidade de vida urbana. A verdade é que precisamos de uma combinação adequada entre os diversos modais. De modo que o equilíbrio entre pedestres e veículos é uma condição fundamental para a instituição da vida urbana (JACOBS, 1961; SCHUMACHER, 1978). Neste sentido, o ideal seria a consideração das gerações de tráfego motorizado e não-motorizado, mas este estudo limitou-se ao pedestre, pelo aspecto destacado.

²⁶ O FHWA (1999) destacou os trabalhos de autores como Pushkarev e Zupan; Behnam e Patel; Ercolano, Olson, e Spring; Davis, King, e Robertson.

3.2 MODELO DE DESENHO URBANO PARAMÉTRICO EM FUNÇÃO DA URBANIDADE

O urbanismo paramétrico, como argumentado anteriormente, pode alcançar os objetivos de garantir espaços com intensa vida urbana, se parâmetros de natureza configuracional forem incorporados ao desenho espacial dos layouts urbanos que propõe. Conforme destacado, o método para aferir a urbanidade (HOLANDA, 2002) constitui uma alternativa factível para tal propósito. Porém, trata-se de um procedimento metodológico eminentemente analítico. Para torná-lo uma ferramenta propositiva, a parametrização de algumas variáveis coloca-se como condição fundamental. Variáveis como o número médio de constituições por espaço convexo, a metragem quadrada de espaço convexo por constituição e a metragem linear do perímetro das barreiras por constituição dependem de informações de uma realidade física. Esses dados são geralmente conseguidos por meio da observação *in loco*.

Portanto, o número de constituições (transições entre os espaços interiores e exteriores), extremamente importante para aferição e potencialização da vida urbana, ainda não é um parâmetro que possa ser aplicado ao desenho de áreas urbanas para que elas garantam padrões de urbanidade. Como dito, não foram identificados, na literatura, indicadores de constituição por uso que pudessem ser aplicados em processos de desenho urbano. Uma possibilidade de obter tais indicadores seria relacionar perímetro das barreiras e estimativas de deslocamentos intra-urbanos (em especial os deslocamentos de pedestres) em função do uso do solo, o que dependeria da identificação de tais estimativas na literatura. Como visto, o relatório do NHTS (2001) fornece essas informações, tornando possível indicar números ótimos de constituições a serem projetadas nos layouts urbanos para que as áreas urbanas possam garantir padrões de urbanidade. Assim, para converter esses dados em indicadores, fez-se necessário o uso de artifícios como modelos e simulações. Embora esses artifícios tenham suas limitações, são uma forma consistente de produção do conhecimento, uma vez que auxiliam no teste de hipóteses e na confrontação de dados.

3.2.1 Descrição do modelo

Como afirma Batty (2007), modelos são abstrações, simplificações de coisas reais. Eles permitem que cientistas e designers explorem o mundo, prevejam e planejem antes de atuar na realidade física de uma maneira irrevogável. São pontes entre teoria e realidade, passado e futuro e têm um papel fundamental em como interligamos esses dois domínios. Eles permitem que conceitos e hipóteses sejam relacionados aos fatos ou às normas e que conjecturas a serem testadas sejam confrontadas com dados. Estes artifícios podem ser muito elementares, mas a função que desempenham na experimentação é absolutamente crucial. Além disso, hoje, os sistemas computacionais avançados permitem que a experimentação com modelos por meio de simulações ocorra de modo mais rápido, dinâmico e interativo.

Assim sendo, para atender aos objetivos de identificar números ótimos de constituições por atividade urbana, foram desenvolvidas diferentes simulações com base no modelo de um *grid* hipotético regular formado por 16 quadras (ou ilhas espaciais) de base quadrangular com faces de 100 metros, perímetro de 400 metros e área de 10.000 metros quadrados. (Fig.28) Tal *grid* possui 202.500 metros quadrados de área e extensão de 450 metros. A partir disso, foram feitas quatro simulações diferenciadas entre si pelo percentual de ocupação da lâmina dentro de cada quadra, porém

mantendo-se os centróides. Na primeira, a lâmina ocupa 100% da quadra, na segunda, 81%, na terceira, 49% e, por fim, na quarta simulação, a lâmina ocupa apenas 25% da área original da quadra. O percentual de ocupação, portanto, varia de 100 % (caracterizando um bloco urbano tradicional) para 25% (caracterizando uma barra isolada no lote, ou seja, o bloco urbano tipicamente moderno). Isto significa dizer que as áreas de espaços fechados (de domínio privativo) e os perímetros diminuem proporcionalmente ao aumento da área de espaços abertos (de domínio público). Cada simulação, portanto, apresenta diferentes perímetros, áreas de espaços fechadas e de espaços abertos.

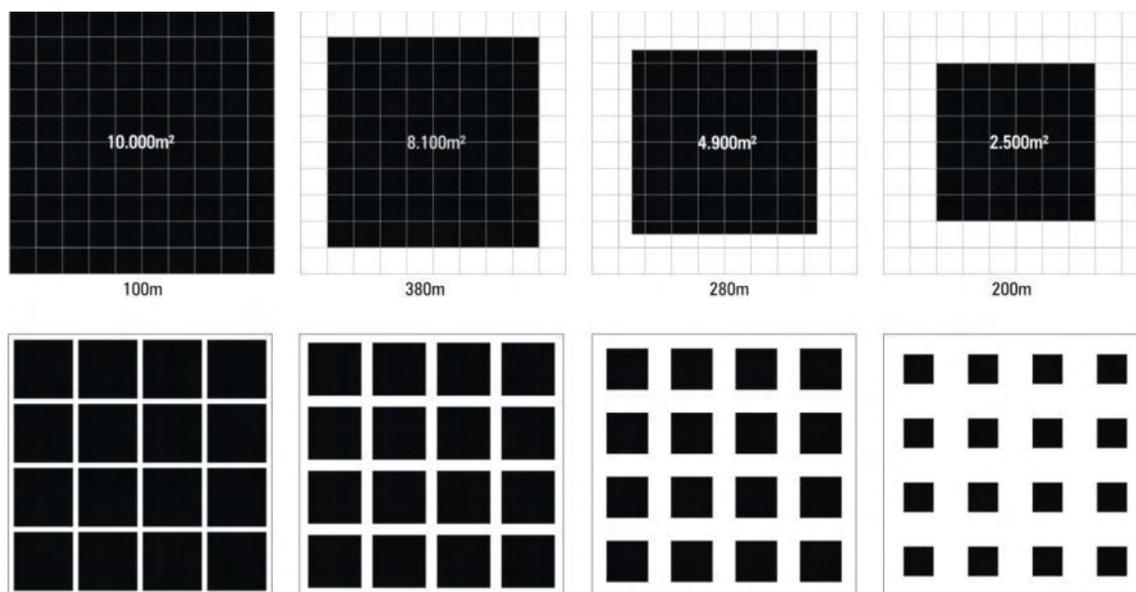


Figura 28. Simulações M01, M02, M03 e M04. Acima: Quadras hipotéticas de 10.000 m² ocupadas por blocos urbanos de área variável, respectivamente, 10.000, 8.100, 4.900 e 200m². Abaixo: Simulações M01, M02, M03 e M04, geradas com base em um grid hipotético de 16 quadras ocupadas por blocos urbanos diferenciados pelo percentual da área de ocupação dentro da quadra.

A partir dessas simulações, foi capturada uma série informações: (1^o) dados referentes às quadras em si (tais como, tipo da lâmina, área da quadra, área da lâmina, perímetro da lâmina, área pública, área privativa, percentual de ocupação); (2^o) dados relativos ao *grid* em geral como área total da porção urbana, n^o de quadras ou ilhas espaciais, área total de espaços fechados, área total de espaços abertos, perímetro total das lâminas e n^o total de constituições; e, por fim, (3^o) dados concernentes às constituições.

Entretanto, para alimentar o terceiro conjunto de dados referentes às constituições, foi preciso estabelecer um critério gerador. Optou-se por computar a projeção de uma unidade de constituição para cada 10 metros de face de lâmina. Como dito anteriormente, esse valor foi estabelecido tendo em vista que, geralmente, os códigos de obras e as legislações urbanísticas estipulam a extensão de 10 metros como dimensão mínima para determinar as frentes dos lotes em projetos de loteamentos residenciais. Mas esse valor pode ser variado, para constituir lotes menores como os de sobrados, por exemplo. Assim, o perímetro total das lâminas de cada simulação foi dividido pelo valor 10, gerando o número total de constituições de cada simulação - o maior número possível de constituição que pode ser estabelecida, considerando a referência métrica mínima de 10 metros. Em seguida, os índices percentuais de

deslocamentos de pedestres, em função do uso do solo extraídos do NHTS (2001)²⁷ (Tab.7), foram multiplicados pelo número total de constituições de cada simulação, resultando na quantidade de constituições por uso.²⁸ Dessa forma, o modelo fornece uma estimativa do número de constituições por uso do solo, que encerra a planilha (Tab.8).

Tabela 7. Frequência, distância e duração dos deslocamentos de pedestres em função do propósito.

PROPÓSITO [DA VIAGEM]	FREQUENCIA Porcentagem	DISTÂNCIA MÉDIA Milha	DISTÂNCIA MEDIANA Milha	DURAÇÃO MÉDIA Minuto
Tratar de negócios e assuntos de interesse pessoal/comprar /enviar um recado, fazer uma compra ou prestar um serviço para alguém.	48%	0,44	0,22	11,9
Recrear/praticar exercício	20%	1,16	0,56	25,3
Transitar	16%	N/A	N/A	19,6
Ir ou voltar da escola	7%	0,62	0,33	13,3
Ir ou voltar do trabalho	4%	0,78	0,25	14,1
Caminhar com o cachorro	3%	0,71	0,25	19,0
Outros	2%	0,57	0,22	14,8
Total	100%	0,68	0,25	16,4

Fonte: Agrawal e Schimek (2007, p. 552).

Todos os dados foram introduzidos em uma planilha eletrônica paramétrica²⁹ (Tab. 8), na qual as informações numéricas estão associadas entre si, de um modo que, alterando, por exemplo, as dimensões das quadras ou a quantidade delas, todas as outras informações dependentes variam automaticamente, inclusive as informações que estão em outras planilhas, como as de dados sintáticos primários, variáveis espaciais de urbanidade e medida de urbanidade, as quais serão apresentadas adiante.

²⁷ Vale observar que os dados do NHTS estabelecem categorias de propósitos de viagens que não interessam para este estudo. Assim, as categorias "transitar" e "caminhar com o cachorro" foram agrupados dentro da categoria outros, resultando no percentual de 21%.

²⁸ Para melhor visualizar essas operações, as equações matemáticas foram indicadas na própria planilha. (Tab. 8)

²⁹ A planilha eletrônica foi construída no software EXCEL da suíte Microsoft Office 2007.

Tabela 8. Modelo de desenho urbano paramétrico em função da urbanidade.

GRID	DADOS REFERENTES ÀS QUADRAS							DADOS REFERENTES AO GRID					DADOS REFERENTES ÀS CONSTITUIÇÕES					
	Tipo da Lâmina	AQ Área da Quadra (m ²)	AL Área da Lâmina (m ²)	PL Perímetro da Lâmina (m)	APR Área Privativa da Quadra (m ²)	APB Área Pública da Quadra (m ²)	POQ Percentual e Ocupação da Quadra (%) $P=(AL/AQ)*100$	A Área Total da Porção Urbana (m ²)	I Nº de Ilhas Espaciais	Área Total de Espaços Fechados (m ²)	Y Área Total de Espaços Abertos (m ²)	Ip Perímetro Total das Lâminas (m)	X Nº Total de Constituições $X=Ip/10$	Nº DE CONSTITUIÇÕES POR USO URBANO $X_{uso}=Ip*FREQUENCIA\ DE\ VIAGEM\ %$				
														Comércio e Serviços (48%)	Recreação, Atividades Esportivas (20%)	Escola (7%)	Trabalho (4%)	Outros (21%)
M 01		10.000,00	10.000,00	400,00	10.000,00	0,00	100%	202.500,00	16	160.000,00	42.500,00	6.400,00	640	307	128	45	26	134
M 02		10.000,00	8.100,00	360,00	8.100,00	1.900,00	81%	202.500,00	16	129.600,00	72.900,00	5.760,00	576	276	115	40	23	121
M 03		10.000,00	4.900,00	280,00	4.900,00	5.100,00	49%	202.500,00	16	78.400,00	124.100,00	4.480,00	448	215	90	31	18	94
M 04		10.000,00	2.500,00	200,00	2.500,00	7.500,00	25%	202.500,00	16	40.000,00	162.500,00	3.200,00	320	154	64	22	13	67

Após a identificação do número total de constituições, bem como do número de constituição por atividade, foram extraídos todos os dados necessários para aferir a urbanidade, segundo o método de Holanda (2002). Foram extraídos, em princípio, os dados sintáticos primários, tais como: área total da porção urbana (A); área total dos espaços abertos (Y); número total de espaços convexos (C); número total de constituições(X); perímetro das barreiras (Ip); número ilhas espaciais (I); e número de linhas axiais (L) (Tab. 9). Esses dados são as informações básicas necessárias para alimentar as variáveis espaciais de urbanidade, como: percentual de espaços abertos sobre a área total de estudo (Y/A); espaço convexo médio (Y/C); número médio de entradas por espaço convexo (X/C); percentagem de espaços convexos cegos (Cb); metragem quadrada de espaço convexo por entrada (Y/X); metragem linear do perímetro das ilhas por entrada (Ip/X); economia de malha (GRA); integração (RRA) e inteligibilidade.³⁰(Tab.10).

Tabela 9. Dados sintáticos primários.

GRID	Lâmina	A(m ²)	Y(m ²)	C	X	Ip(m)	I	L
M 01		202.500,00	42.500,00	40	640	6.400	16	10
M 02		202.500,00	72.900,00	40	576	5.760	16	10
M 03		202.500,00	124.100,00	40	448	4.480	16	10
M 04		202.500,00	162.500,00	19	320	3.200	16	22

LEGENDA:
A - Área Total da Porção Urbana (m²); Y - Área Total dos Espaços Abertos (m²); C - Número de Espaços Convexos; X - Número Total de Constituições; Ip - Perímetro das Barreiras(m); I - Número Ilhas Espaciais; L - Número de Linhas Axiais

Em seguida, foram elaborados os mapas axiais (Fig.29). Esses mapas foram submetidos a análises espaciais no software Mindwalk 1.0³¹ - uma ferramenta computacional desenvolvida por Lucas Figueiredo (FIGUEIREDO, 2005), que disponibiliza todas as medidas sintáticas padrão, usadas para analisar mapas axiais, por meio da medição das propriedades topológicas abstratas de tais mapas. De acordo com Figueiredo (2005), a maior parte dessas medidas já estava presente na teoria dos grafos e foi posteriormente adaptada para o contexto da sintaxe espacial: conectividade (connectivity), controle (control), profundidade média (mean depth), assimetria relativa (relative asymmetry), assimetria relativa real (real relative asymmetry), integração global (global integration), integração local (local integration), integração raio-raio (radius-radius integration), profundidade (depht), inteligibilidade (intelligibility), sinergia (sinergy), escolha (choise), fator de diferença (difference factor).

³⁰ As variáveis formuladas por Holanda (HOLANDA, 2002) foram detalhadamente descritas no capítulo anterior. É por meio delas que se pode aferir a urbanidade das porções urbanas - a Medida de Urbanidade (UBR).

³¹ O Mindwalk é uma ferramenta de análise espacial desenvolvida por Lucas Figueiredo, em 2005. O software foi elaborado inicialmente para dar suporte às pesquisas do autor sobre linhas de continuidade no sistema axial, desenvolvida durante o mestrado no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano da UFPE. Para maiores informações sobre a ferramenta, consultar a página do software. Disponível em: <<http://www.mindwalk.com.br/>> Acesso em: 25 set. 2009.

O objetivo das análises espaciais realizadas no Mindwalk foi obter as medidas sintáticas de integração e inteligibilidade, as quais estão entre as variáveis de urbanidade, como formuladas por Holanda (2002). Embora o software não forneça diretamente a inteligibilidade, ele disponibiliza os valores de conectividade e integração, a partir dos quais é possível obtê-la. A medida de inteligibilidade é obtida pela correlação simples entre os valores das medidas de conectividade e de integração de todas as linhas axiais do sistema urbano, o que foi realizado em um software que permite a realização de tal operação³². Com essas duas medidas (integração e inteligibilidade), completamos as informações necessárias para se conseguir todas variáveis de urbanidade. Com isso, foi possível medir a urbanidade dos layouts M01, M02, M03 e M04. Os valores encontrados estão registrados na Tabela 10.

Como se pode perceber, os valores obtidos são discrepantes, pois as variáveis representam distintas propriedades do sistema, apresentadas em escalas diferentes. Enquanto a variável Y/A, por exemplo, apresenta valores muito baixos (variando entre 0.2 e 0.8), a variável Y/C apresenta valores bastante elevados (variando entre 1.063,5 e 8.552,6), o que dificulta a visualização dos níveis de urbanidade e formalidade. Para equacionar esse problema, aplicamos os mesmos procedimentos realizados por Holanda (2002, p. 439-454), o que ele chamou de normalização. Assim, os valores obtidos foram normalizados num intervalo numérico variável de 1 a 5, que significa, respectivamente, máxima formalidade e máxima urbanidade.

Tabela 10. Variáveis espaciais de urbanidade.

Simulação	Lâmina	Y/A	Y/C	X/C	Cb	Y/X	Ip/X	GRA	RRA	INT
M 01		0,2	1.062,5	16,0	0,0	66,4	10,0	1,0	2,8	0,0000
M 02		0,4	1.822,5	14,4	0,0	126,6	10,0	1,0	2,8	0,0000
M 03		0,6	3.102,5	11,2	0,0	277,0	10,0	1,0	2,8	0,0000
M 04		0,8	8.552,6	16,8	0,0	507,8	10,0	0,5	4,9	0,9560
MAX		0,8	8.552,6	16,8	0,0	507,8	10,0	1,0	4,9	0,9560
MEDIANA		0,5	2.462,5	15,2	0,0	201,8	10,0	1,0	2,8	0,0000
MIN		0,2	1.062,5	11,2	0,0	66,4	10,0	0,5	2,8	0,0000

LEGENDA:

Y/A - Percentual de Espaços Abertos sobre a Área Total de Estudo; Y/C - Espaço Convexo Médio; X/C - Número Médio de Entradas por Espaço Convexo; Cb - Percentagem de Espaços Convexos Cegos; Y/X - Metros Quadrados de Espaço Convexo por Entrada; Ip/X - Metros Lineares do Perímetro das Barreiras por Entrada; GRA - Economia da malha; RRA - Integração; INT - Inteligibilidade

A normalização é um procedimento matemático que consiste na aplicação de um conjunto de regras com o objetivo de corrigir e/ou simplificar um determinado grupo de dados, gerando arquivos relacionais. Essa técnica gera registros identificáveis inequivocamente e simplifica a forma de arquivamento dos dados. Holanda (2002), no entanto, empregou um tipo peculiar de normalização que é mais conhecido na literatura como ajuste polinomial. O autor tomou o valor máximo, a mediana e o valor mínimo de cada variável analítica e plotou esses valores no eixo dos X de um gráfico. Por outro lado, tomou o valor 1 (correspondente à máxima formalidade), o valor 3 (equivalente à mediana entre 1 e 5) e o valor 5 (referente à máxima urbanidade) e os plotou no eixo dos Y do mesmo gráfico. A partir disso, fez

³² O software utilizado para fazer a correlação simples foi o EXCEL da suite Microsoft Office 2007.

corresponder esses valores, gerando três pontos no espaço cartesiano do gráfico. Com o auxílio de uma ferramenta computacional estatística, o ASP, o autor encontrou uma função polinomial de segundo grau, o que ele chamou de equação de normalização. Tal equação corresponde graficamente a uma curva que tende a passar pelos três pontos (HOLANDA, 2002, p. 315, 373, 440). Com isso, tornou-se possível fazer os valores variarem apenas entre 1 e 5. Segundo Holanda (2002, p. 441), o ASP é um software desenvolvido por Raul Ferraz et al em 1991. Apesar de sucessivas tentativas de pesquisa, não foram encontradas versões atuais desse software. Portanto, procuramos identificar ferramentas que possibilitassem a realização dos mesmos procedimentos. Identificamos o software Origin 8.0³³, uma ferramenta bastante utilizada para a resolução de problemas estatísticos e que também realiza técnicas de ajuste polinomial e exponencial, motivo pelo qual resolvemos aplicá-la. Assim, foi possível normalizar os dados das variáveis espaciais de urbanidade.

Para exemplificar o processo de normalização desenvolvido no Origin 8.0, descreveremos aqui o caso da variável número médio de constituição por espaço convexo (X/C) – a terceira categoria analítica. Na codificação criada por Holanda (2002), X corresponde ao número total de constituições e C equivale ao número total de espaços convexos da porção urbana em questão. A partir dos valores encontrados (16.0 – 14.4 – 11.2 – 16.8), foram identificados: o valor máximo, a mediana e o valor mínimo, os quais equivalem respectivamente a 16.8, 15.2 e 11.2. No Origin 8.0, construímos o gráfico da seguinte forma: no Eixo dos X, plotamos o valor máximo (16.8), a mediana (15.2) e o valor mínimo (11.2) da variável X/C. Por outro lado, no Eixo dos Y, plotamos os valores de máxima formalidade (1), a mediana entre os valores de máxima urbanidade e máxima formalidade (3) e, por fim, o valor de máxima urbanidade (5), tal como fez Holanda (2002). O próprio software faz corresponder esses valores e localiza os três pontos no gráfico cartesiano: P1 (16.0 , 1); P2 (15.2 , 3) e P3 (11.2 , 5). Posteriormente, realiza o ajuste polinomial (*fit polynomial*), por meio de uma curva (a curva de normalização) que passa pelos três pontos. Essa curva corresponde a uma função polinomial de segundo grau: $Y = -12,2 + 3,03571 X - 0,133393 X^2$. Essa função foi, em seguida, introduzida na planilha eletrônica das variáveis espaciais de urbanidade, gerando os valores: 5.0 - 4.0 – 2.2 – 1.0.

Tabela 11. Equação de normalização das variáveis espaciais de urbanidade.

VARIÁVEL	EQUAÇÃO DE NORMALIZAÇÃO (Ajuste Polinomial)
Y/A	$Y = 6,33333 - 6,66667 X + 1,20860^{-14} X^2$
Y/C	$Y = 6,90216 - 0,00195 X + 1,46883^{-7} X^2$
X/C	$Y = -12,2 + 3,03571 X - 0,133393 X^2$
CB	$Y = 1$
Y/X	$Y = 6,23079 - 0,01977 X + 1,86568 X^2$
IP/X	$Y = 5$
GRA	$Y = 6,14286 - 0,42857 X - 0,71429 X^2$
RRA	$Y = 1,33345 - 2,31286 X - 0,4859 X^2$
INT	$Y = 4 - 1,63959 X - 1,56745 X^2$

³³ O Origin 8.0 é um software estatístico produzido pela OriginLab, que desenvolve ferramentas para análise de dados e para a produção de gráficos aplicados à engenharia, estatística e às ciências exatas e da natureza. Para maiores informações sobre a ferramenta, consultar: <<http://www.originlab.com/>> Acesso em: 15 jan. 2009.

Figura 29. Mapa de barreiras, mapa axial, mapa de todas as linhas axiais e o mapa de urbanidade das simulações.

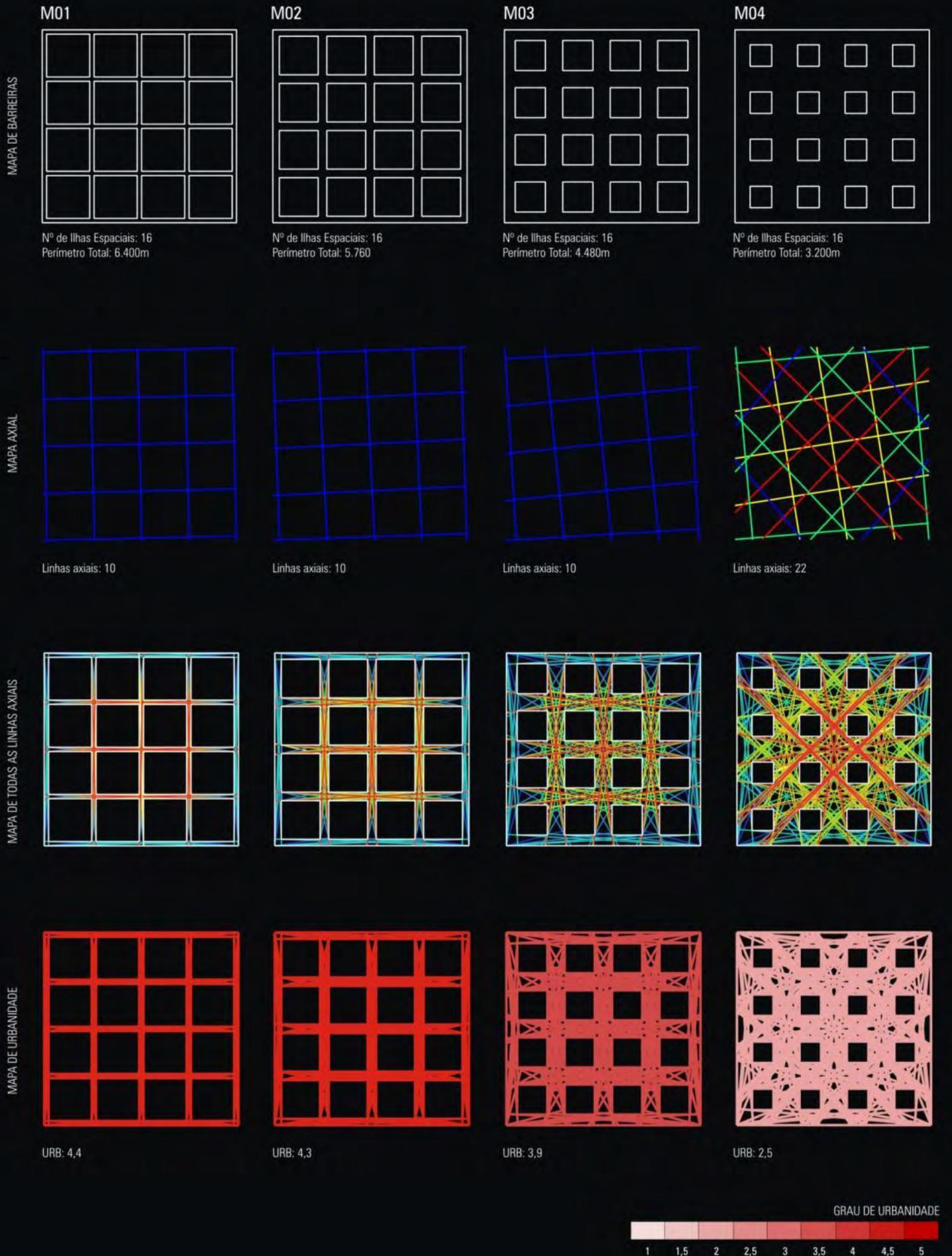
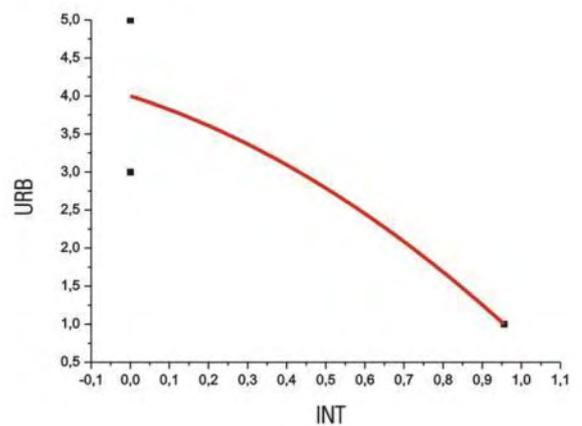
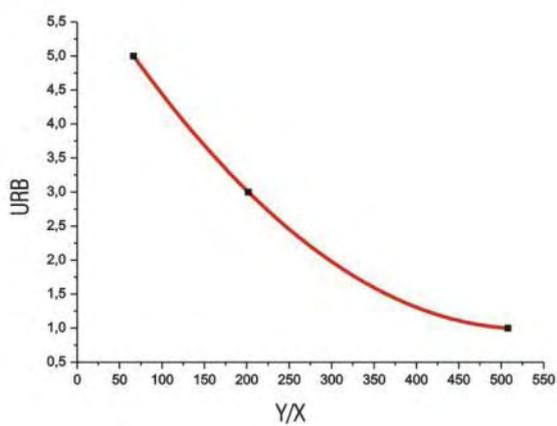
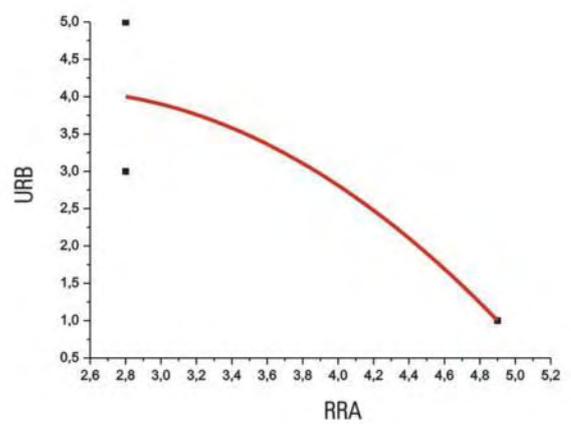
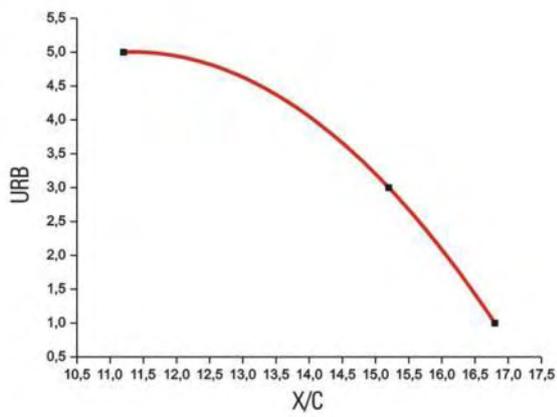
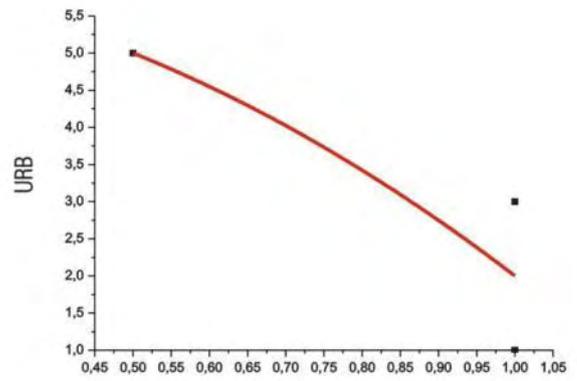
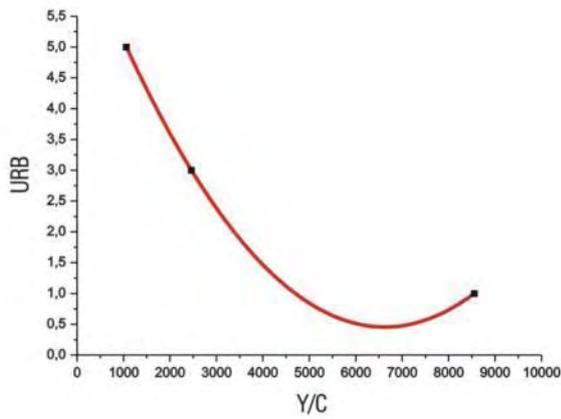
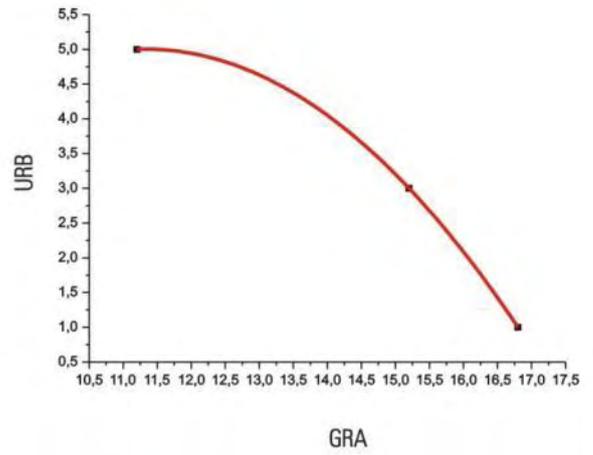
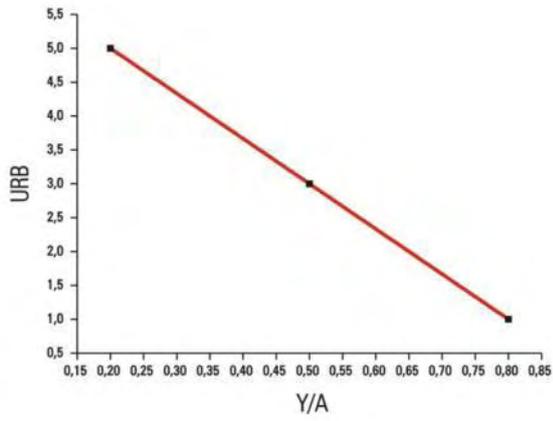


Figura 30. Gráficos dos ajustes polinomiais com as curvas de normalização.



O mesmo procedimento foi reproduzido para todas as variáveis espaciais de urbanidade. As funções encontradas para cada variável estão registradas na Tabela 11. Os gráficos correspondentes estão apresentados na Figura 30. Cada equação foi, igualmente, introduzida na planilha eletrônica, permitindo a normalização dos dados. Os resultados desse processo estão indicados na Tabela 12, onde Y/An, Y/Cn, X/Cn, Cbn, Y/Xn, Ip/Xn, GRAn, RRAn, INTn correspondem às variáveis espaciais de urbanidade normalizadas e URB (a Medida de Urbanidade) corresponde à média aritmética de todas as variáveis espaciais normalizadas. A URB expressa, portanto, o grau de urbanidade da porção urbana em estudo. Para facilitar a visualização desses níveis, codificamos a planilha para colorir os valores de urbanidade em uma escala de cores que varia do vermelho ao branco: quanto mais urbano é o *grid*, mais vermelho ele é, enquanto a coloração branca indica *grids* mais formais. Gerou-se, a partir disso, um mapa de urbanidade.

Tabela 12. Medida de urbanidade

Simulação	Lâmina	Y/An	Y/Cn	X/Cn	Cbn	Y/Xn	Ip/Xn	GRAn	RRAn	INTn	URB
M 01		4,9	5,0	2,1	1,0	5,0	10,0	5,0	4,0	4,0	4,4
M 02		3,9	3,8	3,7	1,0	4,0	10,0	5,0	4,0	4,0	4,3
M 03		2,2	2,3	5,0	1,0	2,2	10,0	5,0	4,0	4,0	3,9
M 04		1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	10,0	5,8	0,9	1,5	2,5
MÉDIAS		3,0	3,0	2,9	1,0	3,1	10,0	5,2	3,2	3,4	3,8

LEGENDA:
Y/An; Y/Cn; X/Cn; Cbn; Y/Xn; Ip/Xn; GRAn; RRAn; INTn são as variáveis espaciais de urbanidade normalizadas e URB é a medida de urbanidade, que corresponde à média aritmética das variáveis espaciais normalizadas.



Deste modo, o modelo permite visualizar o grau de urbanidade das áreas urbanas. É uma ferramenta paramétrica que possibilita manipular o desenho espacial dos layouts urbanos, visualizando as implicações dessas operações para os padrões de urbanidade. Decisões que tratem de questões de uso, tais como a distribuição de atividades urbanas no solo, podem ser orientadas pelo modelo, durante o processo de projeto. Por indicar a quantidade de constituições por atividade, o modelo possibilita orientar a distribuição de usos no solo para que as quadras tenham mais ou menos constituições, de modo a criar um campo potencial para determinar áreas mais urbanas ou mais formais. Por outro lado, as decisões que envolvem problemas de modos de ocupação do solo, tais como o desenho de espaços abertos e fechados e a escolha de tipos edifícios, podem ser guiadas pelo modelo, visando instituir padrões de urbanidade ou formalidade. Determinadas operações de desenho das formas urbanas, como a deformação de malhas, por exemplo, têm implicações configuracionais significativas e interferem nos níveis de urbanidade, o que pode ser previsto e controlado com a aplicação do modelo. Quando o urbanismo paramétrico, por exemplo, deforma malhas urbanas, ignora as implicações dessas operações para os padrões de urbanidade, o que poderia ser contornado com a aplicação dessa ferramenta. Assim, como forma de demonstrar a aplicabilidade do modelo para o desenho de formas urbanas, foi desenvolvido um ensaio, tomando como ponto de partida uma das estratégias mais emblemáticas do urbanismo paramétrico: a deformação de malhas urbanas. Tal ensaio está apresentado no próximo capítulo.

CAPÍTULO 4 - URBANISMO PARAMÉTRICO E URBANIDADE

4 URBANISMO PARAMÉTRICO E URBANIDADE

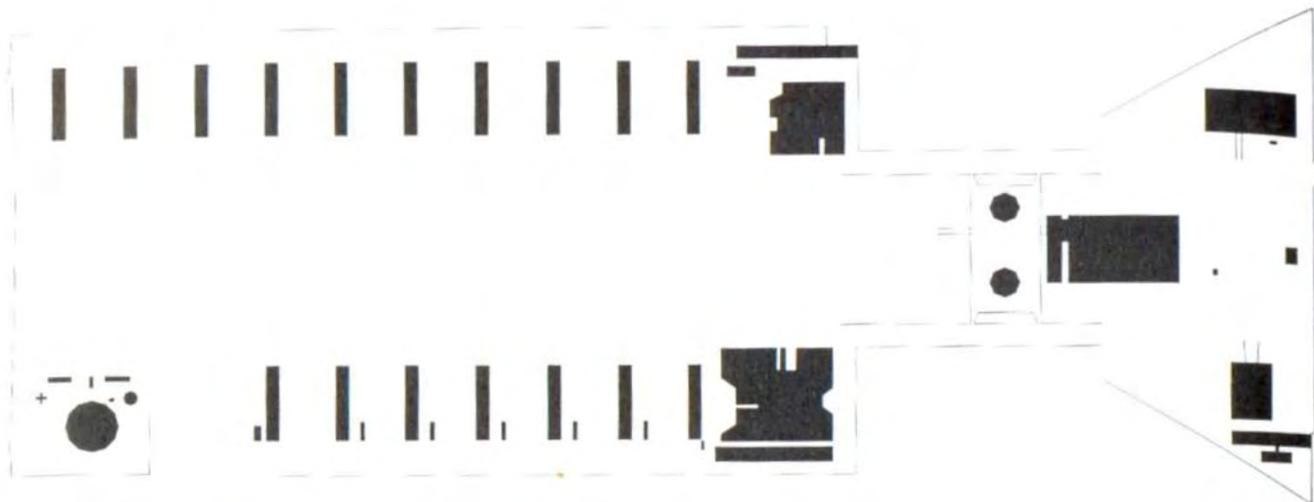
Este capítulo apresenta um ensaio cujo objetivo é demonstrar possibilidades de aplicação do modelo descrito no capítulo anterior como ferramenta para auxiliar a tomada de decisão de projeto, segundo procedimentos que caracterizam o urbanismo paramétrico. O ensaio explorou a geração de malhas urbanas, tomando, como ponto de partida, uma das principais estratégias formais empregadas pelo urbanismo paramétrico: a deformação de malhas, como observado nos textos e projetos urbanos de Zaha Hadid e Patrik Schumacher. O ensaio parte de uma malha regular sujeita a simulações sucessivas, com o objetivo de avaliar as variações sintáticas e suas implicações nos níveis de urbanidade.

4.1 ENSAIO

Como visto, o urbanismo paramétrico emprega estratégias formais com o objetivo de gerar: (1) tecidos urbanos diferenciados, nos quais nada se repete e dois edifícios não têm exatamente a mesma silhueta; (2) malhas que se articulem com as estruturas urbanas pré-existentes e (3) *grids* que instituam espaços com intensa vida urbana. Vimos também que, para isso, o urbanismo paramétrico utiliza recursos geométricos complexos e ferramentas avançadas de geração de formas em ambiente digital, em particular, as ferramentas de desenho paramétrico. Uma dessas estratégias consiste em deformar malhas urbanas, o que pode ser facilmente identificado nos projetos urbanos de Zaha Hadid apresentados no Capítulo 1. No entanto, as variações configuracionais e as implicações socioespaciais de tais operações não são consideradas, o que poderia ser equacionado se parâmetros de configuração do espaço fossem incorporados aos procedimentos recursivos existentes por meio de um modelo descritivo, analítico e propositivo de desenho urbano em função da urbanidade.

Este ensaio, portanto, procura agora demonstrar a aplicabilidade desse modelo, apresentando possibilidades de sua inserção em um processo de projeto urbano paramétrico, a partir da introdução de variáveis configuracionais, visando garantir a produção de espaços urbanos com os padrões de urbanidade pretendidos. O ensaio partiu de uma Malha Regular hipotética e perfeita, que, neste trabalho, chamarei de MR. Tal malha possui 289 nós, 34 linhas axiais, 256 ilhas espaciais e 544 espaços convexos. Em seguida, com base nesta malha, foram gerados mapas axiais, mapas de todas as linhas axiais e mapas de urbanidade, possibilitando extrair as principais medidas sintáticas e a medida de urbanidade, cujo valor registrado é de 4,2 (Tab. 16). Este valor pode ser considerado alto, uma vez que, após o processo de normalização das variáveis espaciais (descrito no capítulo anterior), os valores dificilmente chegam a exatamente 5 ou 1, como explica Holanda (2002, p. 441). Em virtude do erro padrão que sempre existe nas equações de normalização, “tanto os valores mais formais como os valores mais urbanos geralmente variam de, aproximadamente, 1 a 5 “ (HOLANDA, 2002, p. 441).

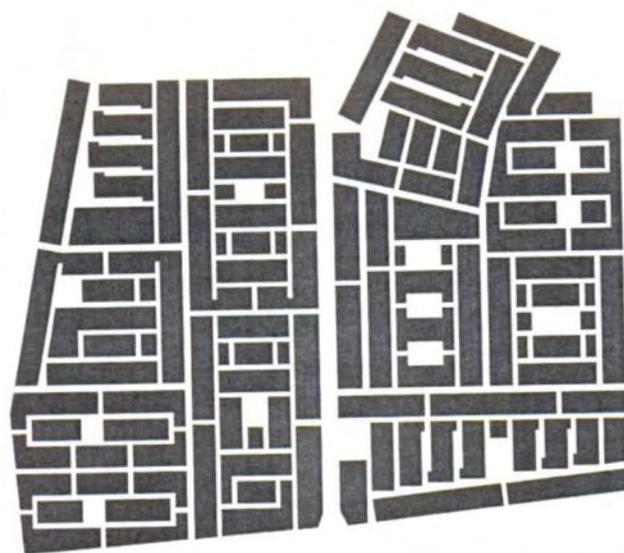
Assim, para poder visualizar quão urbano é o nível 4,2, basta confrontá-lo com as medidas de urbanidade de malhas urbanas reais, como as identificadas por Holanda (2002), por exemplo. O autor mediu os valores de urbanidade de diferentes porções urbanas de Brasília e de cidades satélites vizinhas, a saber: a Esplanada dos Ministérios, as Superquadras Norte 405/406, o Setor de Divisões Sul e Setor Hoteleiro Sul, a cidade satélite Guará I, Setor Comercial Sul, as Superquadras Sul 102/302, Paranoá Velho, Planaltina, Taguatinga e Paranoá Novo (Fig. 31).



ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS
URB: 1,83



TAQUATINGA
URB: 3,58



PARANOÁ NOVO 3,63
URB: 3,63

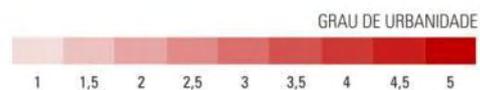


Figura 31. Medida de urbanidade de áreas urbanas do Distrito Federal.
Fonte: HOLANDA, 2002, p.376, p.407, p.409.

O maior grau de urbanidade identificado por Holanda (2002, p. 316) foi o valor 3,63 para a região de Paranoá Novo, seguido de Taguatinga, cujo valor é 3,58. Segundo Holanda (2002, p. 305), o Paranoá Novo “tem uma atmosfera bastante urbana, com uma malha viária predominantemente ortogonal, mas muito deformada, e um sistema espacial bem constituído” (Fig. 31). Trata-se de um assentamento projetado pelo governo local para abrigar a população da antiga favela do Paranoá, uma região basicamente residencial, mas que está se configurando como um importante centro comercial. Por outro lado, o menor grau foi de 1,83, correspondente à Esplanada dos Ministérios, que se caracteriza por um espaço monumental, com extensa área de espaços abertos em relação à área de espaços fechados, grande quantidade de espaços cegos (sem nenhuma constituição), uma área onde não há residências, sendo utilizada quase exclusivamente por funcionários do Estado nas suas atividades rotineiras (HOLANDA, 2002, p.302).

Assim, a partir da Malha Regular (MR), descrita no início deste capítulo, foi feito um experimento com diferentes tipos de simulações. A malha MR foi deformada de diversos modos, que serão apresentados a seguir, gerando diferentes malhas topologicamente alteradas. Os mesmos procedimentos analíticos aplicados para se chegar ao valor de urbanidade da MR, que é de 4,2, foram reproduzidos para cada uma das simulações, o que permitiu comparar com os valores encontrados e identificar as variações configuracionais mais significativas, bem como as diferenças nos padrões de urbanidade.

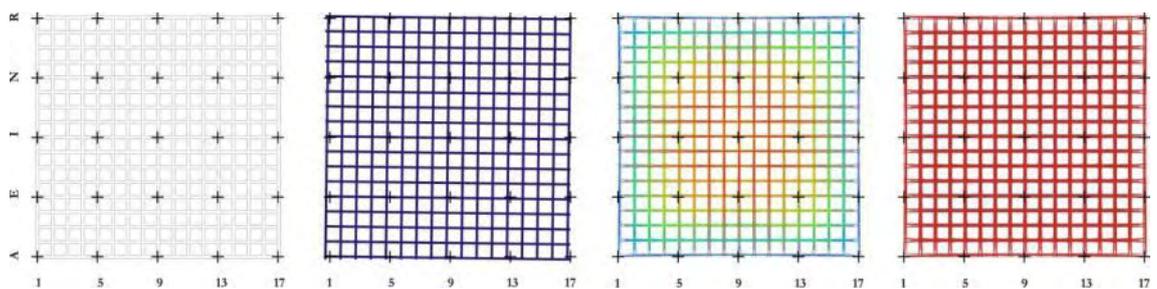


Figura 32. Malha Regular (MR) gerada como referência para a realização dos experimentos. Da Esquerda para a Direita: (1) malha regular de referência (MR), com indicação dos pontos-chave cruciformes, (2) mapa axial, (3) mapa de todas as linhas axiais e (4) mapa de urbanidade que corresponde ao valor 4,2.

O experimento consistiu na deformação da malha regular MR a partir da mudança de posição de determinados pontos da malha, os quais são chamados de pontos-chave, gerando distintos graus de deformidade. Neste experimento, interessa especificamente saber quais efeitos configuracionais ocorrem quando são estabelecidos maiores ou menores graus de deformação na malha e quais as implicações dessas operações para os padrões de urbanidade. Tais pontos correspondem aos pontos cruciformes marcados na figura 32. O deslocamento de um ponto-chave da malha provoca alterações em pontos adjacentes em raios pré-estabelecidos de 1000, 800, 600 ou 400 metros. Foram tomados pontos-chave no interior e na borda da malha, gerando 32 simulações (D01-D32), das quais a metade se refere a deformações ocasionadas no seu interior (D01-D16) e a outra metade se refere a deformações geradas na sua borda (D16-D32) (Fig. 34 e 35). As simulações das malhas:

- D01, D02, D03 e D04 resultam do deslocamento do ponto-chave I9 para o ponto I8;
- D05, D06, D07 e D08 provêm da mudança de posição do ponto N9 para M9;
- D09, D10, D11 e D12 derivam do deslocamento do ponto I5 para o J5;

- D13, D14, D15 e D16 são consequências da mudança do ponto N13 para o M12 no sentido diagonal;
- D17, D18, D19, D20 decorrem da mudança de posição do I17 para o I16;
- D21, D22, D23 e D24 derivam da transferência do ponto R1 para P1;
- D25, D26, D27 e D28 procedem da passagem do ponto E1 para o E2;
- D29, D30, D31 e D32 são frutos do deslocamento do ponto A17 para o B16;
- D33, D34, D36 e D36 são resultantes de deslocamentos de mais de um ponto da malha tanto em seu interior como em sua borda.

Essas operações foram realizadas em um software de modelagem tridimensional, o 3D STUDIO MAX, por meio de uma superfície Non-Uniform Rational Bézier Spline (NURBS), que permite o deslocamento de pontos no espaço, porém preservando as propriedades topológicas da malha. Trata-se de uma superfície digital flexível que, ao ser alterada, continua mantendo relações de congruência com sua estrutura original. Essa relação de congruência, preservada mesmo depois de transformações contínuas, é conhecida, na Topologia, como homeomorfismo. Por homeomorfismo, as superfícies NURBS, ao serem deformadas, resguardam todas as características topológicas, alterando apenas suas qualidades topográficas. Dessa forma, a retícula euclidiana converte-se, por meio da Topologia, em uma estrutura não-euclidiana flexível, uma estrutura adaptável a diferentes circunstâncias geográficas e urbanas (Fig.33). Este recurso geométrico é bastante explorado pelo urbanismo paramétrico para o desenho das malhas, por possibilitar articular ou costurar tecidos urbanos pré-existent sem necessariamente ser por meio de axiais, mas, sim, através de linhas levemente ou intensamente deformadas, gerando diferenciações no percurso, de modo a promover uma experiência espacial mais aprazível.

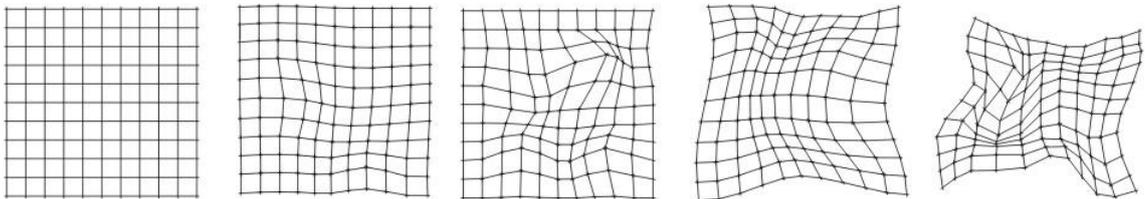


Figura 33. Malhas deformadas por meio digital. As modificações métricas não têm importância, as variações são apenas formais e posicionais. As tensões provocam deslocamentos e deformações, mas mantêm as propriedades topológicas da malha.

Para os objetivos dos experimentos realizados aqui, no entanto, as deformações das malhas NURBS ocorreram apenas no plano bidimensional, sem gerar ondulações topográficas. Com base nas malhas geradas pela deformação, foram feitas análises espaciais e elaborados os mapas axiais, mapas de todas as linhas axiais e mapas de urbanidade, tornando possível comparar as variações configuracionais e as implicações dessas deformações para os padrões de urbanidade. Esses mapas estão agrupados nas figuras 38, 39, 40, 41. A partir das análises espaciais e dos mapas axiais, foram obtidas quatro importantes medidas sintáticas, algumas já apresentadas anteriormente:

(1) Axialidade - indica o quão regular é a malha, por meio de uma comparação entre um *grid* perfeito e a malha em estudo, em que valores próximos a "1" sugerem alto grau de regularidade e valores próximos a "0", elevado grau de deformação da trama.

(2) Conectividade - a conectividade de uma linha axial é a quantidade de linhas que a interceptam, ou seja, a quantidade de linhas que estão a uma profundidade igual a 1 a partir dessa linha. Essa medida é interessante para dar uma visão mais clara do papel que uma linha axial desempenha dentro do sistema. Linhas com alta conectividade tendem a ter um papel importante, uma vez que potencialmente promovem acesso a um grande número de outras linhas axiais.

(3) Profundidade - a profundidade entre duas linhas é dada pela quantidade de passos necessários para passar de uma a outras. Nesta concepção, todos os eixos diretamente conectados a uma determinada linha estão a um passo topológico dela. As linhas diretamente conectadas a esses eixos estão a dois passos topológicos da primeira e assim por diante.

(4) Integração global - a medida de integração indica quão distante (ou profunda), uma linha axial está de todas as outras linhas do sistema, mas não se trata de uma distância métrica, e, sim, topológica. É uma medida de centralidade e descreve a profundidade média de todas as linhas para todas as linhas do sistema espacial. De um modo geral, linhas "rasas" possuem fácil acessibilidade, motivo pelo qual são mais integradas (mais vermelhas nos mapas axiais). Linhas profundas, por outro lado, têm menos acessibilidade direta e, por isso, são mais segregadas (são as linhas de cor azulada nos mapas axiais).

As medidas sintáticas de cada malha foram comparadas entre si, permitindo observar as variações configuracionais mais significativas ocorridas após a deformação. Em seguida, com base nas alterações das variáveis espaciais de urbanidade, foi possível identificar as implicações das deformações para os padrões de urbanidade.

4.2 RESULTADOS

As principais variações configuracionais identificadas a partir das malhas deformadas foram: (1) o aumento da profundidade do sistema como um todo, (2) a diminuição da integração global e (3) a diminuição da regularidade da malha. Tais variações devem-se, sobretudo, ao aumento do número de linhas axiais ocasionado pelas deformações e consequente aumento na profundidade média do sistema espacial. De fato, constatou-se que, quando o *grid* é deformado, há uma quebra abrupta de linhas, conseqüentemente, elevando o número de axiais e de conexões, o que resulta no aumento da profundidade do sistema como um todo, reduzindo, por outro lado, o valor de integração global. Notem-se os exemplos de duas malhas deformadas que apresentaram o maior e o menor índice de urbanidade: a D14, com grau de urbanidade de 3,75 e a D17, com 2,23. A malha D14 foi deformada intensamente em sentido diagonal, o que implicou o aumento do número de axiais de 34 para 72 unidades, elevando o nível de profundidade do sistema de 1,441(MR) para 1,746(D14) e reduzindo a integração global de 5,555 (MR) para 2,942 (D14). Por sua vez, a malha D17 foi levemente deformada, gerando um número menor de descontinuidades na malha original MR. O aumento da quantidade de linhas axiais foi de apenas 6 unidades, resultando em índices de profundidade e integração bem próximos dos índices da malha original MR. O aumento da profundidade e a diminuição dos valores de integração foram verificados em todas as simulações.

Em tese, o aumento da profundidade do sistema caracterizaria espaços formais. Quanto mais profundo é o sistema, menos urbano ele é, uma vez que sua apropriação por parte do pedestre é dificultada, como observou Holanda (2002, p. 313). Isso explica, em parte, a redução dos valores de urbanidade dos *grids* deformados. De um modo geral, as deformações provocaram a redução da URB de 4,2 (da malha original MR) para uma média de 2,8 (das malhas deformadas). Ainda assim, os *grids* caracterizam níveis de urbanidade, ou seja, eles não apresentam padrões de formalidade. Nenhuma das simulações indicou índice abaixo de 2,0, o que poderia caracterizar espaços formais como a Esplanada dos Ministérios em Brasília, cujo valor de URB é 1,83 como identificado por Frederico de Holanda (Holanda, 2002, p. 316). Após a deformação, os *grids* tornaram-se, portanto, menos vermelhos e mais rosados, indicando valores médios de urbanidade.

No entanto, observa-se que, entre as simulações, aquelas que apresentam maiores índices de urbanidade são as mais deformadas, ou seja, as malhas com maior número de linhas axiais. Embora as malhas intensamente deformadas tenham profundidades maiores que as levemente deformadas, elas possuem diferenciações que implicam variações dos valores de urbanidade. As deformações criam uma série de diferenciações tais como aumento ou diminuição: das áreas de espaços abertos e fechados, dos perímetros totais das barreiras e dos números de constituições, implicando maiores ou menores índices de urbanidade. É o caso das malhas D14 (URB 3,75) e D17 (URB 2,23) antes referidas. Apesar da malha D14 ter maior profundidade (1,746) e menor grau de integração global (2,942) que a malha D17, ela possui diferenciações determinantes para instituir padrões de urbanidade, como menor área de espaços abertos (935.444,32m²) em relação à área de espaços fechados, maior perímetro de barreiras (80.736m) e, conseqüentemente, maior número de constituições (8.074). Desempenho semelhante às áreas urbanas de Paranoá Novo e Taquatinga, cidades satélites de Brasília analisadas por Holanda (2002), cujos valores de urbanidade foram: 3,63 e 3,58, respectivamente. Essas mesmas diferenciações também podem ser observadas nos *grids* intensamente deformados, correspondentes às simulações D33, D34, D35 e D36, cujos valores de urbanidade foram altos, respectivamente: 3,40 - 3,25 - 3,23 - 3,05, assim como nos *grids* D15 e D16, os quais, a exemplo do *grid* D14, também foram deformados diagonalmente e apresentam valores relativamente altos: 3,06 e 3,44.

Deste modo, o ensaio respondeu aos objetivos de identificar as variações mais significativas quando as malhas são deformadas, ratificando os aspectos identificados por Holanda (2002): (1) quanto maior for o percentual de espaços abertos, mais formal é a área, o que equivale dizer que quanto mais densa ou compacta ela for, mais urbana será; (2) quanto mais constituído é o espaço, mais urbano ele será e (3) quanto mais diluída é a distribuição das constituições em relação ao perímetro das barreiras, mais formais as áreas serão.

Tabela 13. Dados sintáticos.

GRID	A(m ²)	Y(m ²)	C	X	Ip(m)	I	L
MR	2.624.400,00	986.000,00	544	8.192	81.920	256	34
D14	2.518.002,90	935.444,32	544	8.074	80.736	256	72
D17	2.544.585,70	1.050.739,61	544	8.038	80.375	256	40

LEGENDA:

A - Área Total da Porção Urbana (m²); Y - Área Total dos Espaços Abertos (m²); C - Número de Espaços Convexos; X - Número Total de Constituições; Ip - Perímetro das Barreiras(m); I - Número Ilhas Espaciais; L - Número de Linhas Axiais

Tabela 14. Variáveis espaciais de urbanidade.

GRID	Y/A	Y/C	X/C	Cb	Y/X	Ip/X	GRA	RRA	INT
MR	0,40	1.812,5	15,10	0,0	120,4	10,0	1,00	2,800	0,0000
D14	0,37	1.720,0	14,84	0,0	116,0	10,0	0,47	2,942	0,8740
D17	0,40	1.932,0	14,77	0,0	131,0	10,0	0,85	4,825	0,9820

LEGENDA:

Y/A - Percentual de Espaços Abertos sobre a Área Total de Estudo; Y/C - Espaço Convexo Médio; X/C - Número Médio de Entradas por Espaço Convexo; Cb - Percentagem de Espaços Convexos Cegos; Y/X - Metros Quadrados de Espaço Convexo por Entrada; Ip/X - Metros Lineares do Perímetro das Barreiras por Entrada; GRA - Economia da malha; RRA - Integração; INT - Inteligibilidade

Tabela 15. Principais medidas sintáticas.

	LINHAS AXIAIS	ILHAS	AXIALIDADE	PROFUNDIDADE MÉDIA	INTEGRAÇÃO GLOBAL	URB
MR	34	256	1,000	1,441	5,555	4,20
D14	72	256	0,472	1,746	2,942	3,75
D17	40	256	0,850	1,410	4,825	2,23

Tabela 16. Medida de urbanidade.

GRID	Y/An	Y/Cn	X/Cn	Cbn	Y/Xn	Ip/Xn	GRAn	RRAn	INTn	URB
MR	5,0	1,0	5,0	5,0	1,4	5,0	5,0	5,0	5,0	4,20
DEF 14	3,99	4,42	3,85	5,0	4,15	1,0	4,47	4,47	3,42	3,75
DEF 17	2,41	1,75	4,15	5,0	2,16	1,0	1,56	1,62	1,40	2,23

LEGENDA

Y/An; Y/Cn; X/Cn; Cbn; Y/Xn; Ip/Xn; GRAn; RRAn; INTn são as variáveis espaciais de urbanidade normalizadas e URB é a medida de urbanidade, que corresponde à média aritmética das variáveis espaciais normalizadas.



Figura 34. Simulações com deformação no interior da malha.

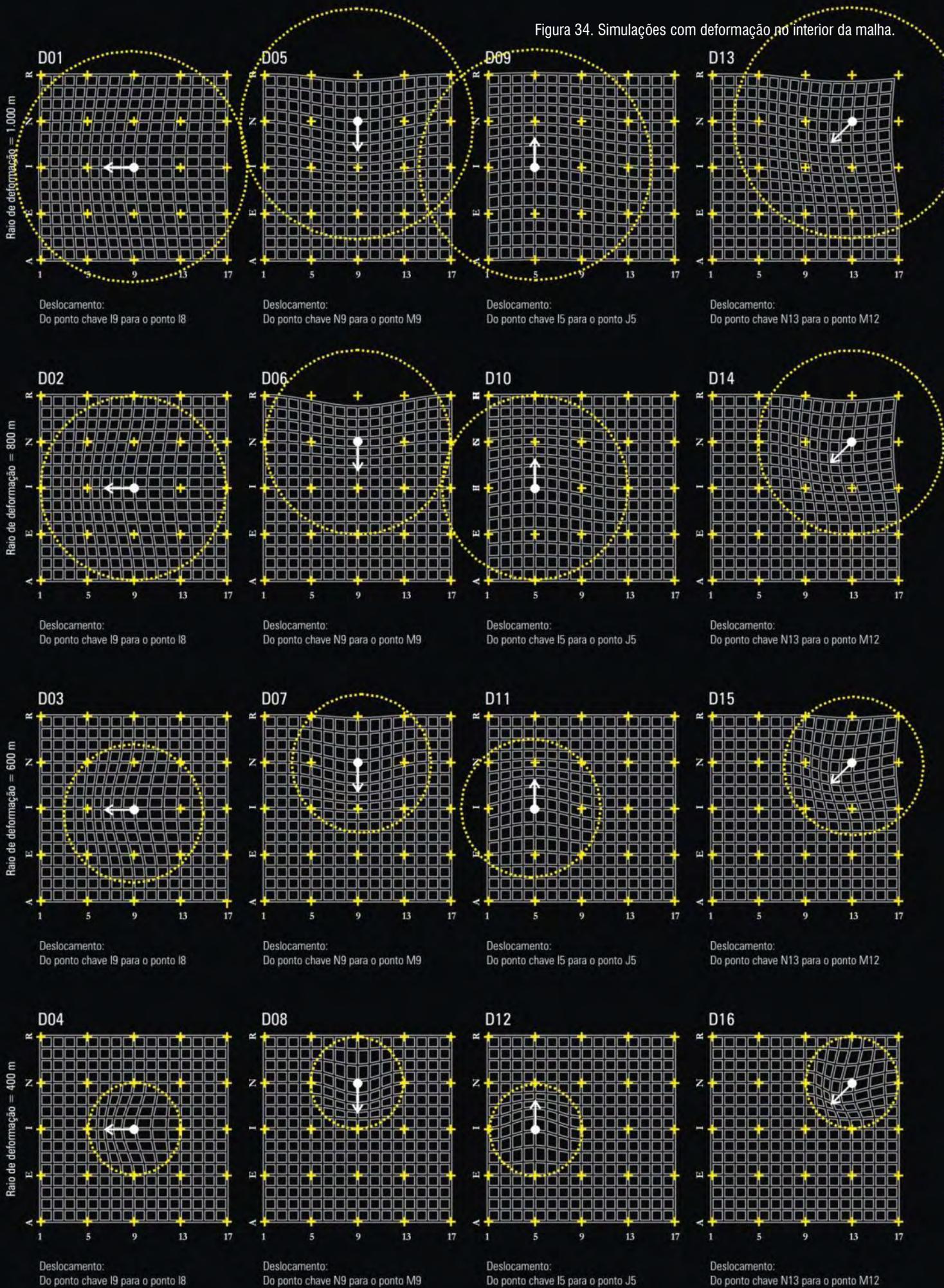


Figura 35. Simulações com deformação na borda da malha.

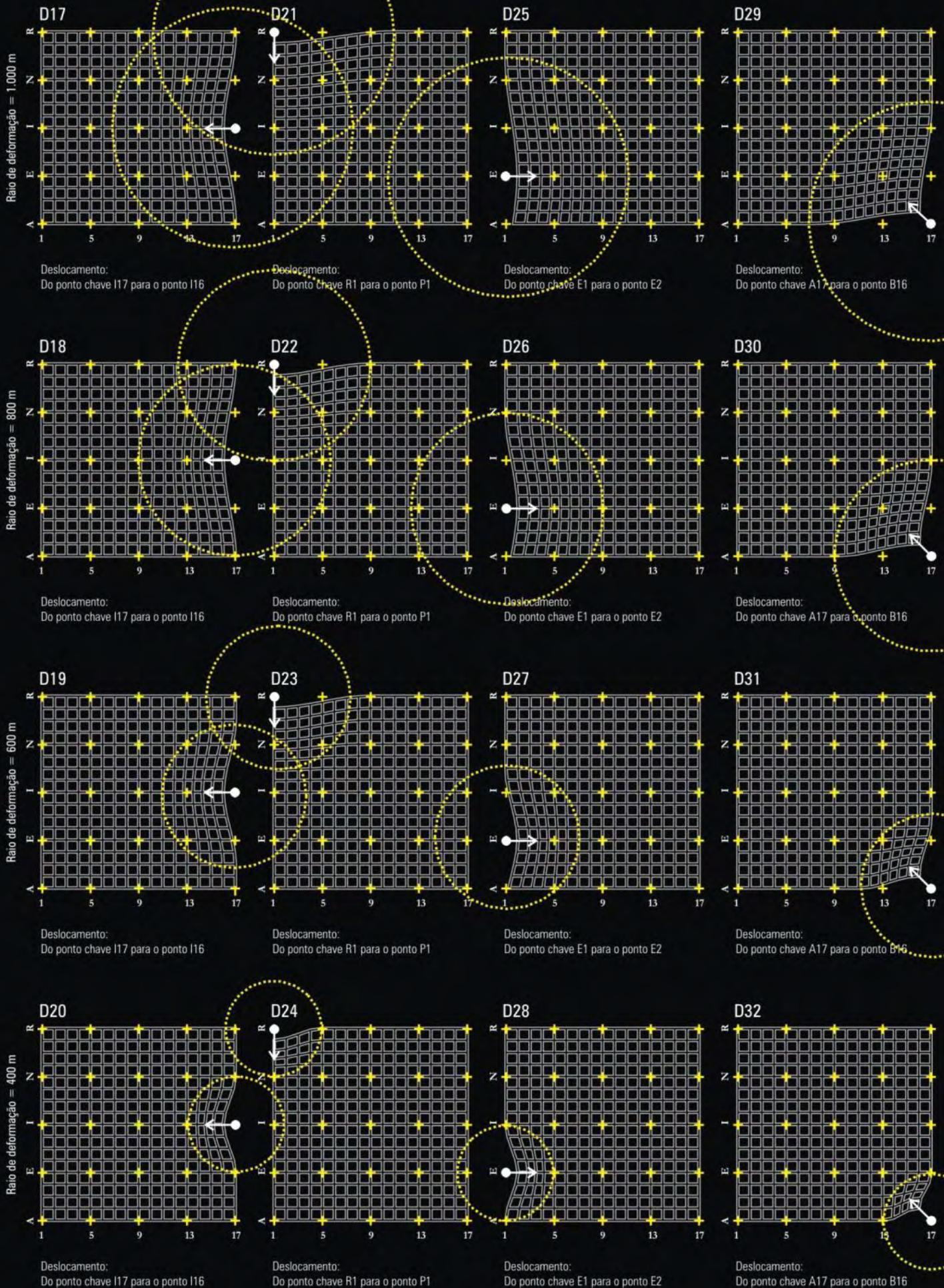


Figura 36. Mapas axiais das simulações com deformação no interior da malha.

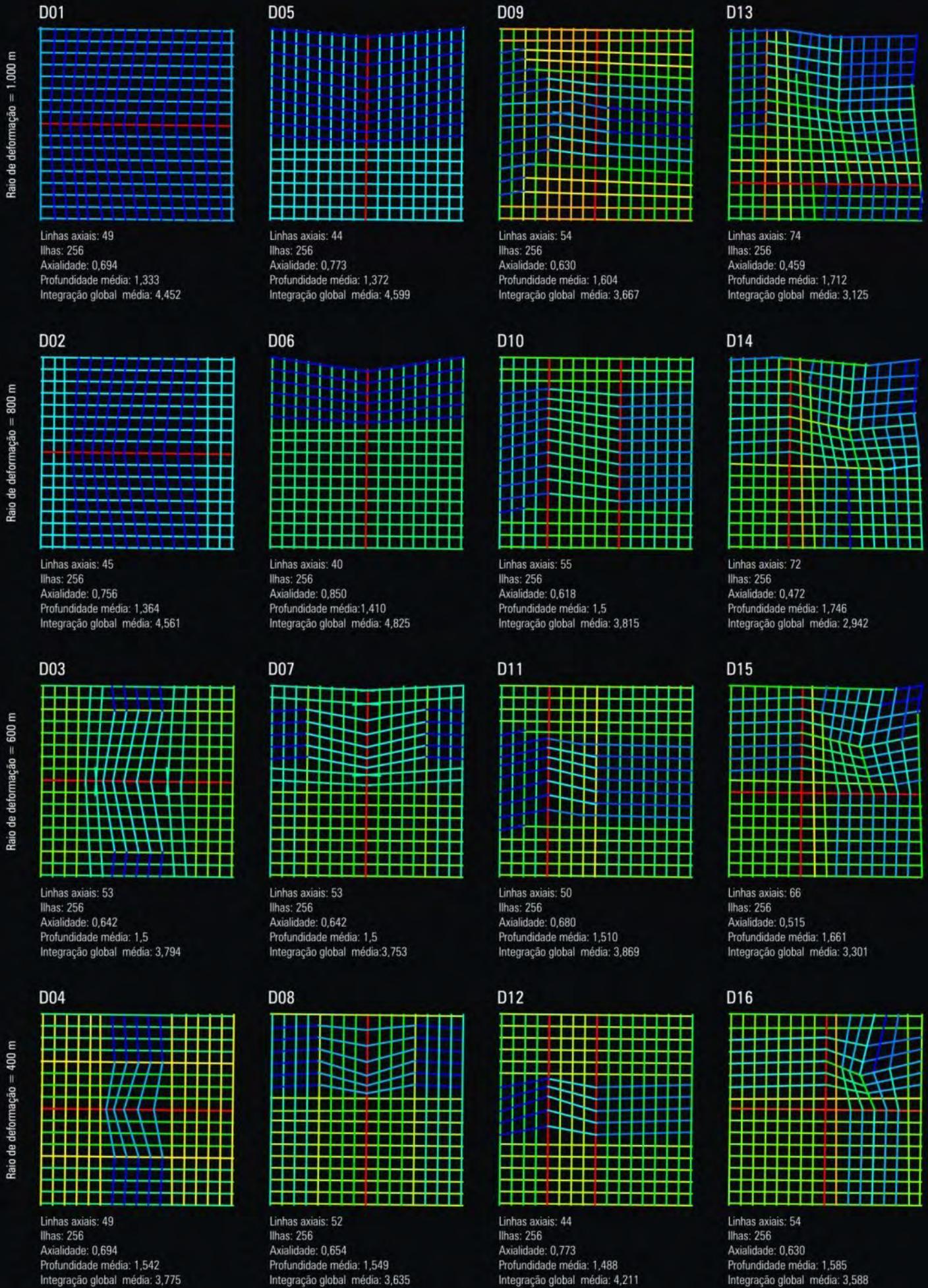


Figura 37. Mapas axiais das simulações com deformação na borda da malha.

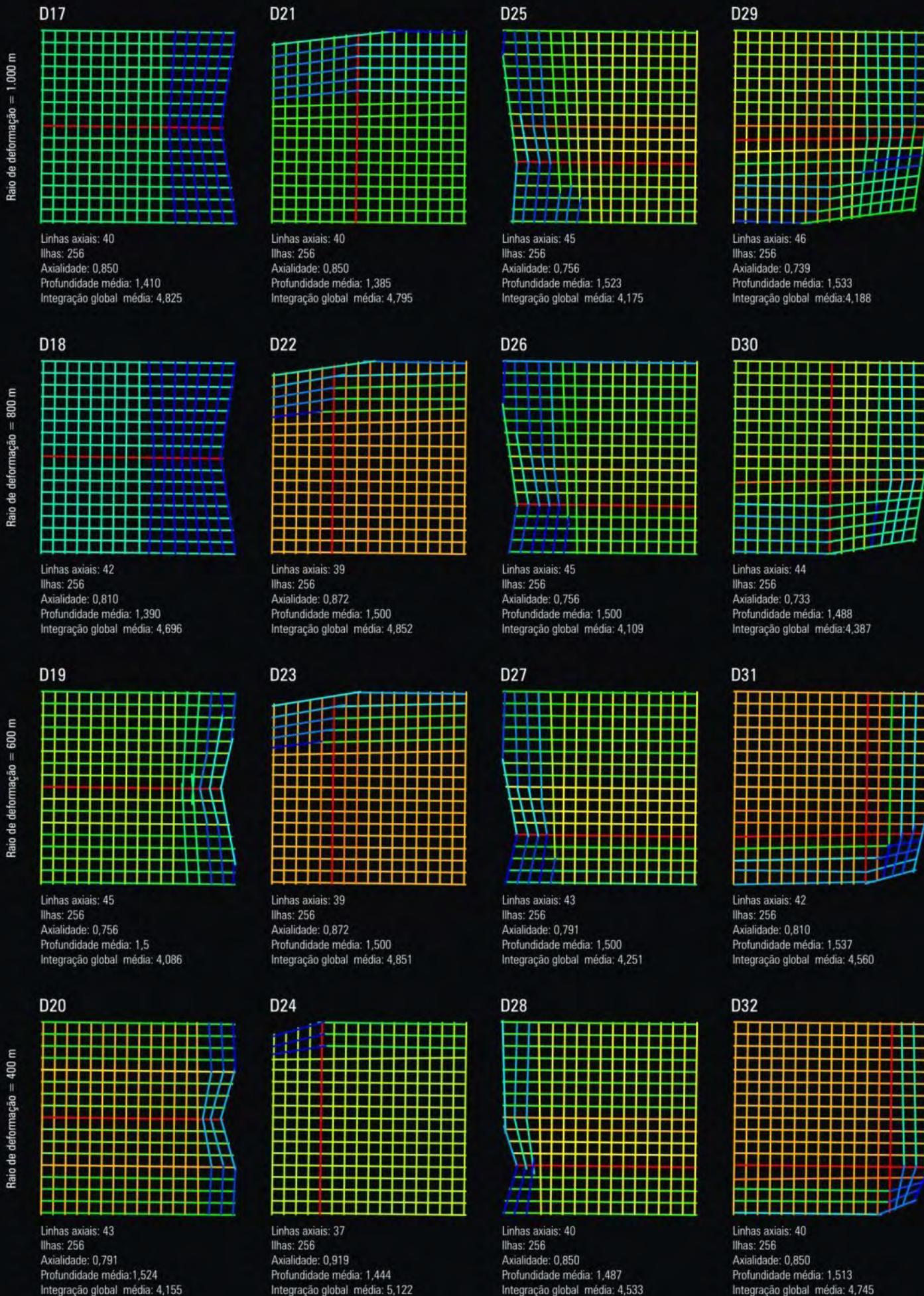


Figura 38. Mapa de todas as linhas axiais das simulações com deformação no interior da malha.

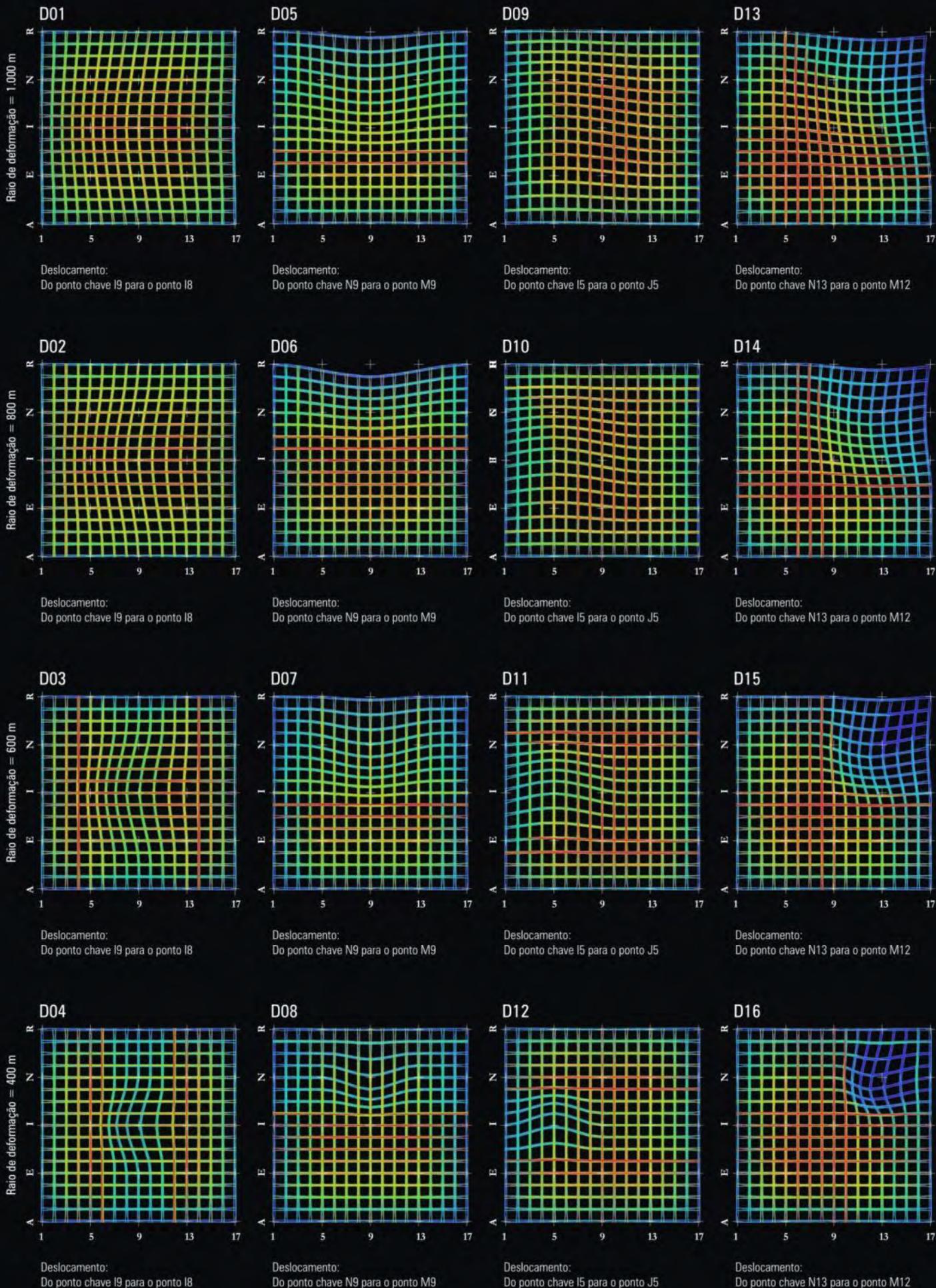


Figura 39. Mapa de todas as linhas axiais das simulações com deformação na borda da malha.

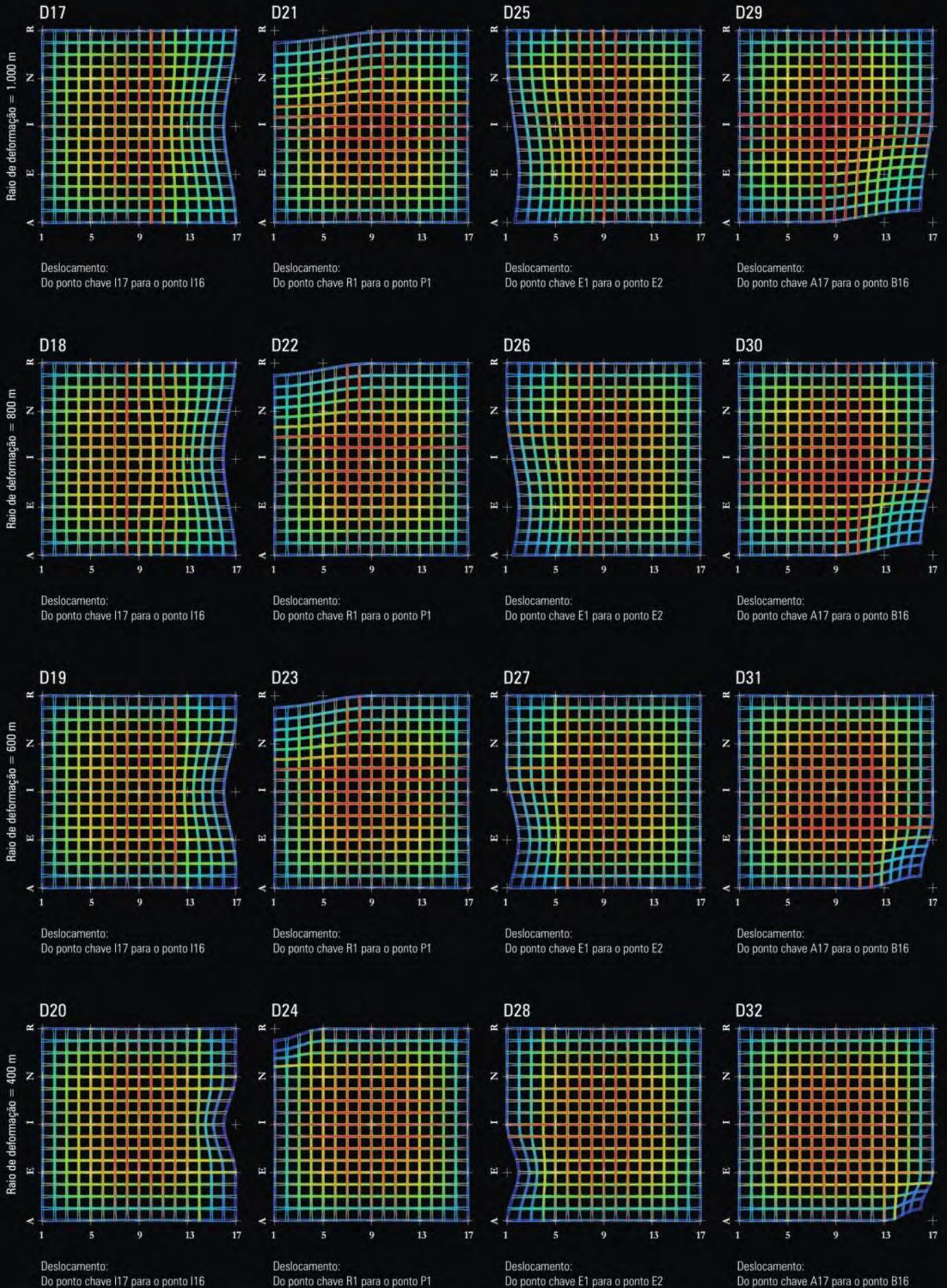


Figura 40. Mapa de urbanidade das simulações com deformação no interior da malha.

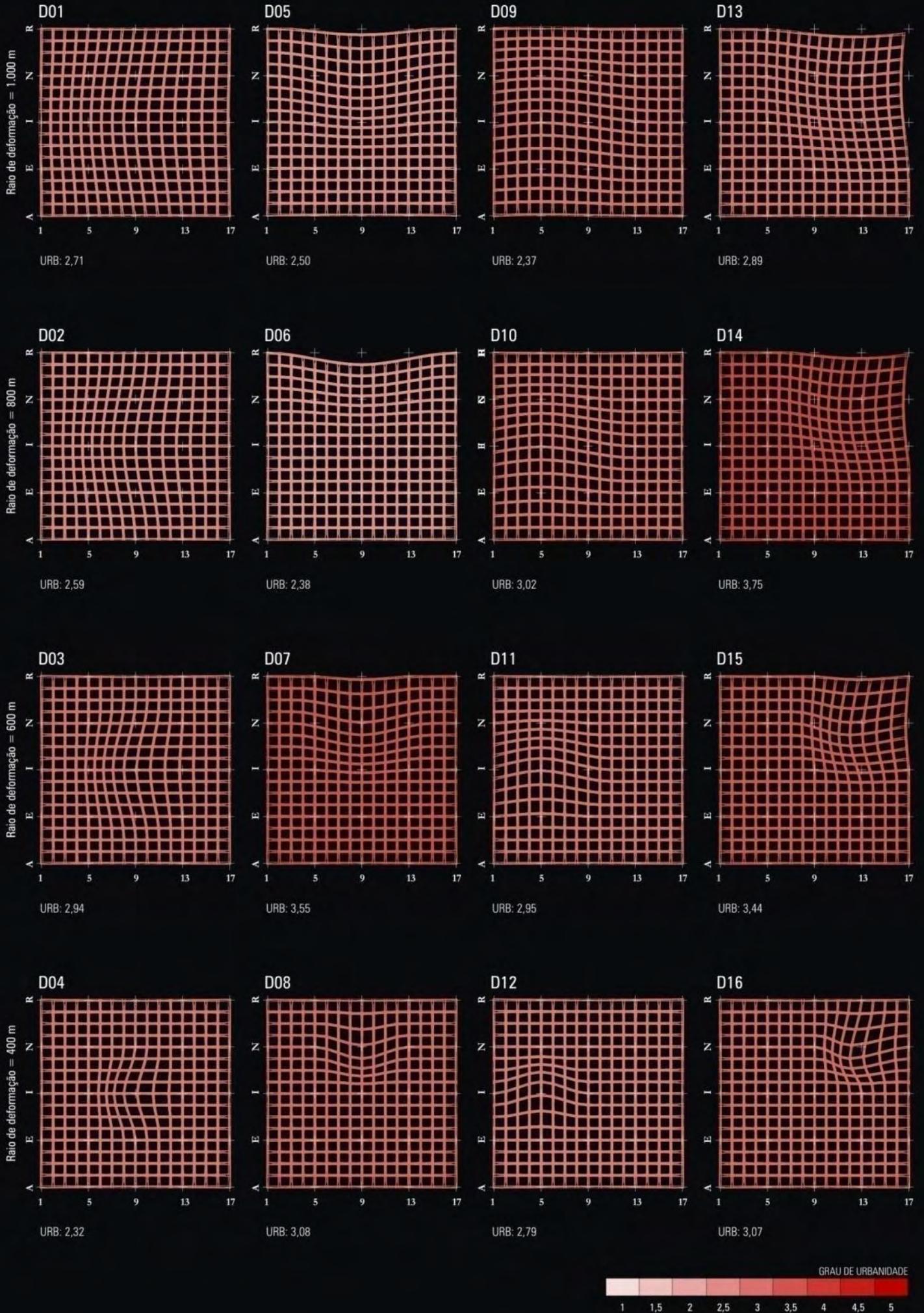


Figura 41. Mapa de urbanidade das simulações com deformação na borda da malha

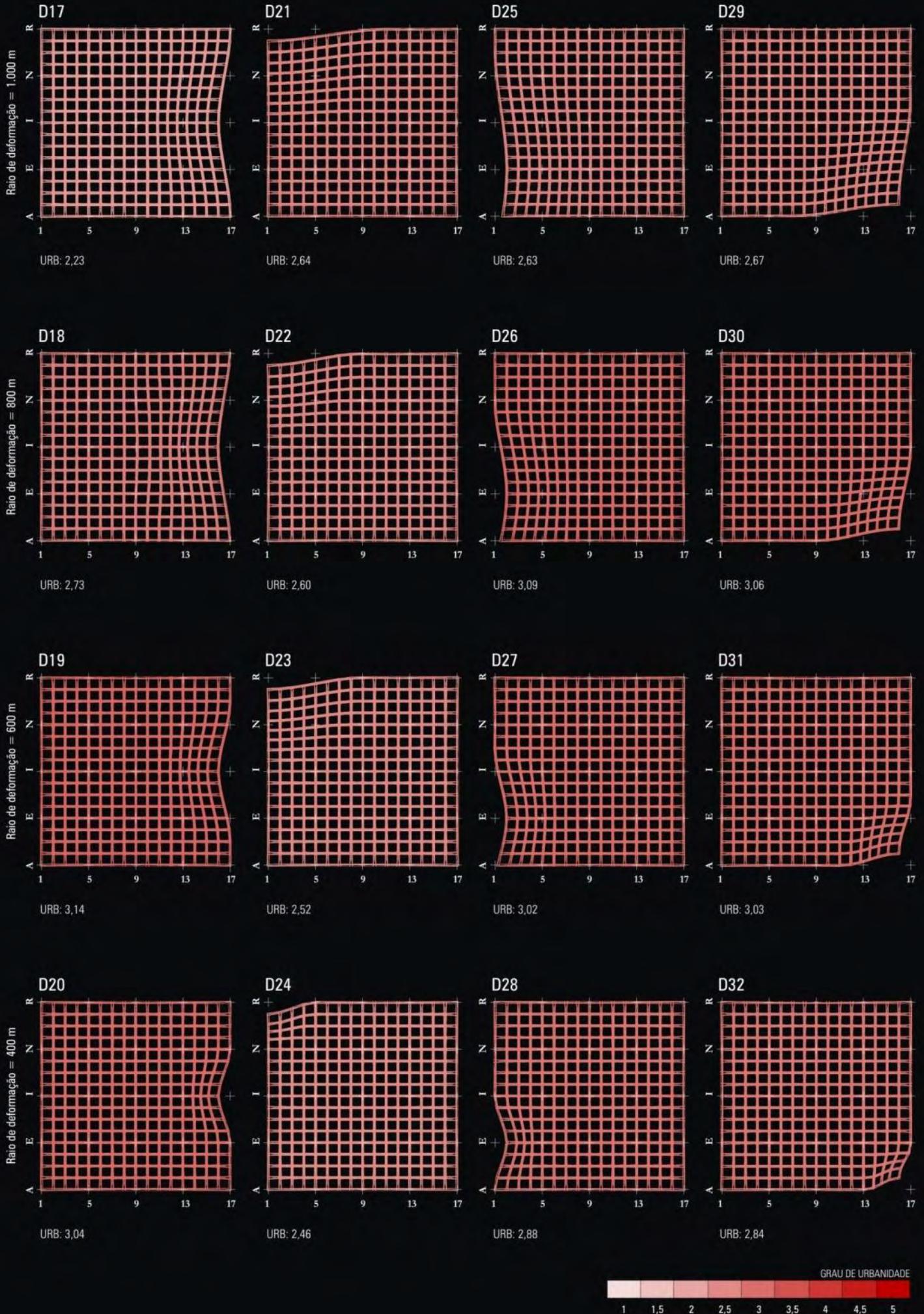


Figura 42. Simulações com deformação da malha na borda e no interior.

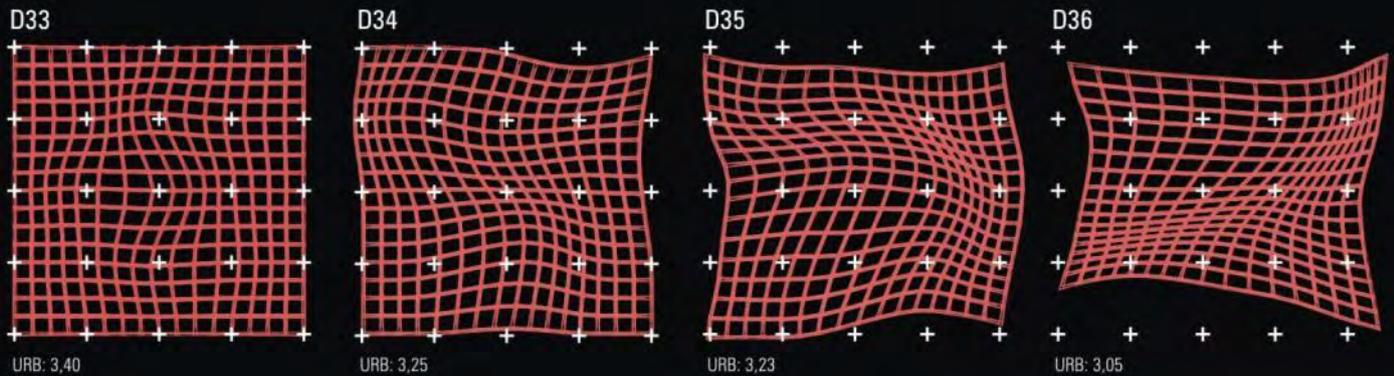
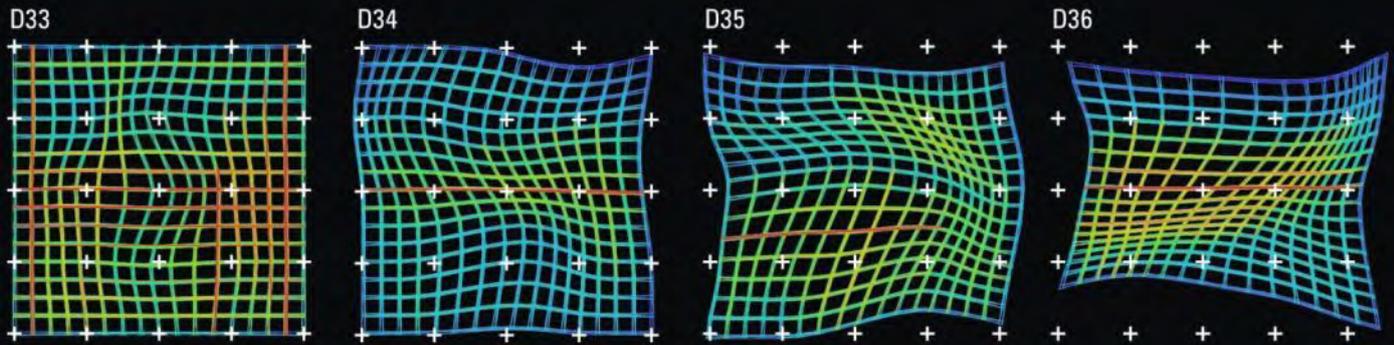
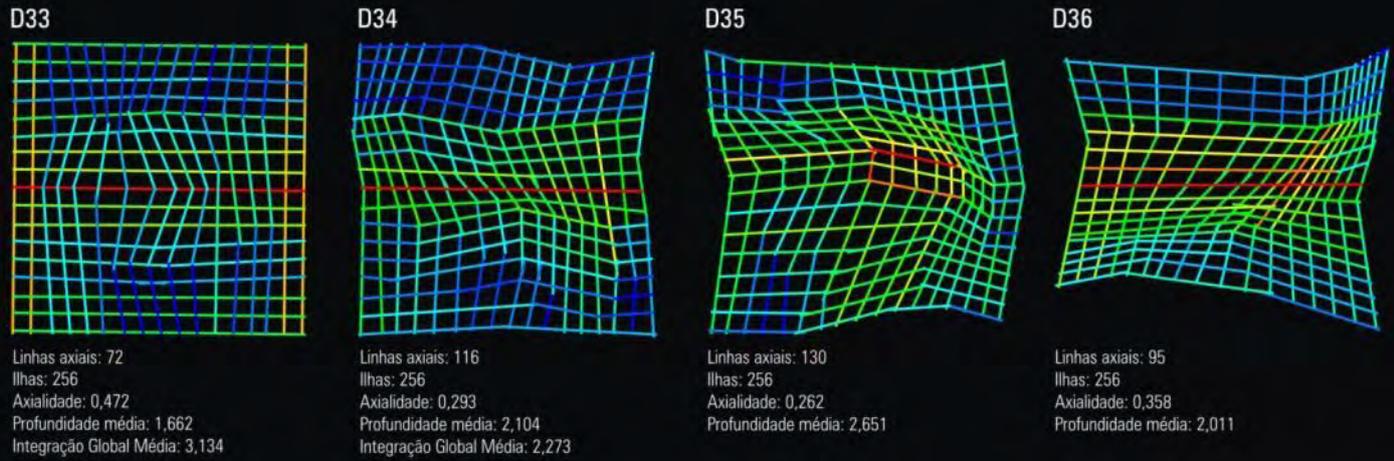
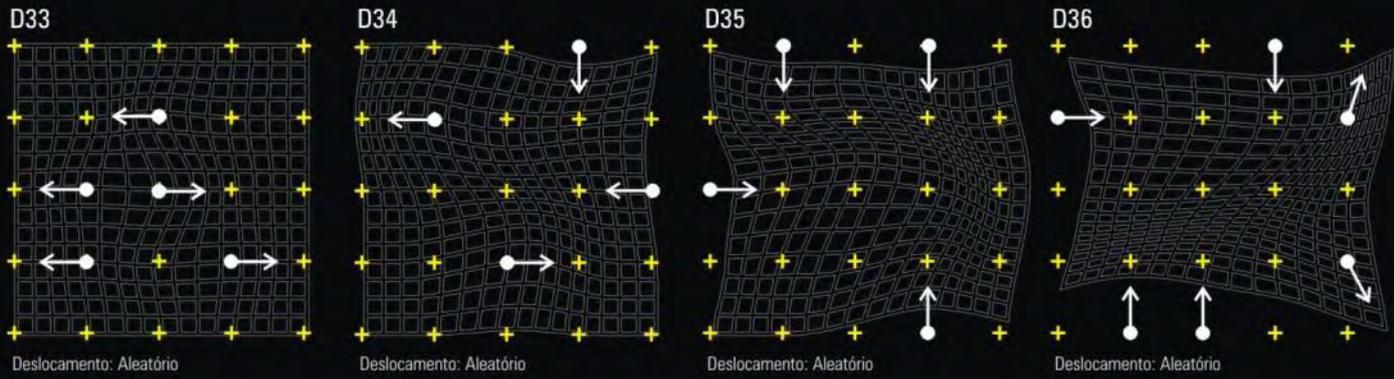


Tabela 17. Modelo de desenho urbano em função da urbanidade (Parte 1).

GRID	DADOS REFERENTES ÀS QUADRAS							DADOS REFERENTES AO GRID					DADOS REFERENTES ÀS CONSTITUIÇÕES					
	Tipo da Lâmina	AQ Área da Quadra (m ²)	AL Área da Lâmina (m ²)	PL Perímetro da Lâmina (m)	APR Área Privativa da Quadra (m ²)	APB Área Pública da Quadra (m ²)	POQ Percentual e Ocupação da Quadra (%) $P=(AL/AQ)*100$	A Área Total da Porção Urbana (m ²)	I Nº de Ilhas Espaciais	Área Total de Espaços Fechados (m ²)	Y Área Total de Espaços Abertos (m ²)	Ip Perímetro Total das Lâminas (m)	X Nº Total de Constituições $X=Ip/10$	Nº DE CONSTITUIÇÕES POR USO URBANO $X_{uso}=Ip*FREQUENCIA\ DE\ VIAGEM\ \%$				
														Comércio e Serviços (48%)	Recreação, Atividades Esportivas (20%)	Escola (7%)	Trabalho (4%)	Outros (21%)
D01	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.404,29	256,00	1.636.969,69	987.434,60	82.027,27	8.202,73	3.937,31	1.640,55	574,19	328,11	1.722,57
D02	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,00	256,00	1.636.920,77	987.479,23	82.030,94	8.203,09	3.937,49	1.640,62	574,22	328,12	1.722,65
D03	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,00	256,00	1.636.942,08	987.457,92	82.029,34	8.202,93	3.937,41	1.640,59	574,21	328,12	1.722,62
D04	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,00	256,00	1.637.001,24	987.398,76	82.024,91	8.202,49	3.937,20	1.640,50	574,17	328,10	1.722,52
D05	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,00	256,00	1.608.304,18	1.016.095,82	81.308,06	8.130,81	3.902,79	1.626,16	569,16	325,23	1.707,47
D06	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.588.578,94	256,00	1.573.660,39	1.014.918,55	80.375,47	8.037,55	3.858,02	1.607,51	562,63	321,50	1.687,88
D07	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.544.551,58	256,00	1.627.275,44	917.276,14	81.785,96	8.178,60	3.925,73	1.635,72	572,50	327,14	1.717,51
D08	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.612.277,83	256,00	1.637.001,24	975.276,59	82.024,90	8.202,49	3.937,20	1.640,50	574,17	328,10	1.722,52
D09	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,00	256,00	1.637.409,46	986.990,54	81.994,29	8.199,43	3.935,73	1.639,89	573,96	327,98	1.721,88
D10	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.403,79	256,00	1.637.266,73	987.137,06	82.005,00	8.200,50	3.936,24	1.640,10	574,03	328,02	1.722,10
D11	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,00	256,00	1.637.063,86	987.336,14	82.020,22	8.202,02	3.936,97	1.640,40	574,14	328,08	1.722,42
D12	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,00	256,00	1.637.001,24	987.398,76	82.024,91	8.202,49	3.937,20	1.640,50	574,17	328,10	1.722,52
D13	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,00	256,00	1.552.014,86	1.072.385,14	79.934,96	7.993,50	3.836,88	1.598,70	559,54	319,74	1.678,63
D14	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.518.002,91	256,00	1.582.558,59	935.444,32	80.736,24	8.073,62	3.875,34	1.614,72	565,15	322,94	1.695,46
D15	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.557.029,36	256,00	1.616.365,05	940.664,31	81.627,52	8.162,75	3.918,12	1.632,55	571,39	326,51	1.714,18
D16	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.600.238,27	256,00	1.635.566,54	964.671,73	82.111,18	8.211,12	3.941,34	1.642,22	574,78	328,44	1.724,33
D17	■	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,00	256,00	1.573.660,39	1.050.739,61	80.375,47	8.037,55	3.858,02	1.607,51	562,63	321,50	1.687,88

Tabela 18. Modelo de desenho urbano em função da urbanidade (Parte 2).

GRID	DADOS REFERENTES ÀS QUADRAS							DADOS REFERENTES AO GRID					DADOS REFERENTES ÀS CONSTITUIÇÕES					
	Tipo da Lâmina	AQ Área da Quadra (m ²)	AL Área da Lâmina (m ²)	PL Perímetro da Lâmina (m)	APR Área Privativa da Quadra (m ²)	APB Área Pública da Quadra (m ²)	POQ Percentual e Ocupação da Quadra (%) P=(AL/AQ)*100	A Área Total da Porção Urbana (m ²)	I Nº de Ilhas Espaciais	Área Total de Espaços Fechados (m ²)	Y Área Total de Espaços Abertos (m ²)	Ip Perímetro Total das Lâminas (m)	X Nº Total de Constituições X=Ip/10	Nº DE CONSTITUIÇÕES POR USO URBANO X _{uso} =Ip*FREQUENCIA DE VIAGEM %				
														Comércio e Serviços (48%)	Recreação, Atividades Esportivas (20%)	Escola (7%)	Trabalho (4%)	Outros (21%)
D18	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.544.551,58	256,00	1.571.774,65	972.776,93	80.324,23	8.032,42	3.855,56	1.606,48	562,27	321,30	1.686,81	
D19	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.542.140,11	256,00	1.589.671,04	952.469,07	80.774,67	8.077,47	3.877,18	1.615,49	565,42	323,10	1.696,27	
D20	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.564.593,23	256,00	1.605.700,62	958.892,61	81.172,45	8.117,25	3.896,28	1.623,45	568,21	324,69	1.704,62	
D21	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.584.678,17	256,00	1.598.027,65	986.650,52	80.947,93	8.094,79	3.885,50	1.618,96	566,64	323,79	1.699,91	
D22	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.573.457,89	256,00	1.606.030,19	967.427,70	81.147,74	8.114,77	3.895,09	1.622,95	568,03	324,59	1.704,10	
D23	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.583.471,49	256,00	1.606.030,19	977.441,30	81.147,74	8.114,77	3.895,09	1.622,95	568,03	324,59	1.704,10	
D24	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.583.471,49	256,00	1.622.050,31	961.421,18	81.546,23	8.154,62	3.914,22	1.630,92	570,82	326,18	1.712,47	
D25	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.603.532,48	256,00	1.570.097,59	1.033.434,89	80.262,15	8.026,21	3.852,58	1.605,24	561,84	321,05	1.685,51	
D26	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.539.077,74	256,00	1.579.958,36	959.119,38	80.515,63	8.051,56	3.864,75	1.610,31	563,61	322,06	1.690,83	
D27	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.551.677,52	256,00	1.591.361,54	960.315,98	80.810,85	8.081,08	3.878,92	1.616,22	565,68	323,24	1.697,03	
D28	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.566.366,36	256,00	1.605.700,62	960.665,74	81.172,45	8.117,25	3.896,28	1.623,45	568,21	324,69	1.704,62	
D29	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.584.687,24	256,00	1.557.735,66	1.026.951,58	79.948,41	7.994,84	3.837,52	1.598,97	559,64	319,79	1.678,92	
D30	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.522.533,10	256,00	1.573.732,46	948.800,64	80.346,57	8.034,66	3.856,64	1.606,93	562,43	321,39	1.687,28	
D31	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.542.570,66	256,00	1.590.201,42	952.369,24	80.754,07	8.075,41	3.876,20	1.615,08	565,28	323,02	1.695,84	
D32	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.563.225,58	256,00	1.605.761,13	957.464,45	81.129,96	8.113,00	3.894,24	1.622,60	567,91	324,52	1.703,73	
D33	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.582.782,81	256,00	1.633.701,55	949.081,26	82.266,45	8.226,65	3.948,79	1.645,33	575,87	329,07	1.727,60	
D34	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.624.400,84	256,00	1.532.478,27	1.091.922,57	80.674,16	8.067,42	3.872,36	1.613,48	564,72	322,70	1.694,16	
D35	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.509.913,79	256,00	1.405.895,93	1.104.017,86	78.649,63	7.864,96	3.775,18	1.572,99	550,55	314,60	1.651,64	
D36	VAR.	VAR.	VAR.	VAR.	0,00	100,00	2.370.308,23	256,00	1.152.441,52	1.217.866,72	72.853,01	7.285,30	3.496,94	1.457,06	509,97	291,41	1.529,91	

Tabela 19. Dados sintáticos.

GRID	Lâmina	A(m ²)	Y(m ²)	C	X	Ip(m)	I	L
D01	■	2.624.404,29	987.434,60	544	8.203	82.027	256	49
D02	■	2.624.400,00	987.479,23	544	8.203	82.031	256	45
D03	■	2.624.400,00	987.457,92	544	8.203	82.029	256	53
D04	■	2.624.400,00	987.398,76	544	8.202	82.025	256	49
D05	■	2.624.400,00	1.016.095,82	544	8.131	81.308	256	44
D06	■	2.588.578,94	1.014.918,55	544	8.038	80.375	256	40
D07	■	2.544.551,58	917.276,14	544	8.179	81.786	256	53
D08	■	2.612.277,83	975.276,59	544	8.202	82.025	256	52
D09	■	2.624.400,00	986.990,54	544	8.199	81.994	256	54
D10	■	2.624.403,79	987.137,06	544	8.200	82.005	256	55
D11	■	2.624.400,00	987.336,14	544	8.202	82.020	256	50
D12	■	2.624.400,00	987.398,76	544	8.202	82.025	256	44
D13	■	2.624.400,00	1.072.385,14	544	7.993	79.935	256	74
D14	■	2.518.002,91	935.444,32	544	8.074	80.736	256	72
D15	■	2.557.029,36	940.664,31	544	8.163	81.628	256	66
D16	■	2.600.238,27	964.671,73	544	8.211	82.111	256	54
D17	■	2.624.400,00	1.050.739,61	544	8.038	80.375	256	40
D18	■	2.544.551,58	972.776,93	544	8.032	80.324	256	42
D19	■	2.542.140,11	952.469,07	544	8.077	80.775	256	45
D20	■	2.564.593,23	958.892,61	544	8.117	81.172	256	43
D21	■	2.584.678,17	986.650,52	544	8.095	80.948	256	40
D22	■	2.573.457,89	967.427,70	544	8.115	81.148	256	39
D23	■	2.583.471,49	977.441,30	544	8.115	81.148	256	39
D24	■	2.583.471,49	961.421,18	544	8.155	81.546	256	37
D25	■	2.603.532,48	1.033.434,89	544	8.026	80.262	256	45
D26	■	2.539.077,74	959.119,38	544	8.052	80.516	256	45
D27	■	2.551.677,52	960.315,98	544	8.081	80.811	256	43
D28	■	2.566.366,36	960.665,74	544	8.117	81.172	256	40
D29	■	2.584.687,24	1.026.951,58	544	7.995	79.948	256	46
D30	■	2.522.533,10	948.800,64	544	8.035	80.347	256	44
D31	■	2.542.570,66	952.369,24	544	8.075	80.754	256	42
D32	■	2.563.225,58	957.464,45	544	8.113	81.130	256	40
D33	■	2.582.782,81	949.081,26	544	8.227	82.266	256	72
D34	■	2.624.400,84	1.091.922,57	544	8.067	80.674	256	116
D35	■	2.509.913,79	1.104.017,86	544	7.865	78.650	256	130
D36	■	2.370.308,23	1.217.866,72	544	7.285	72.853	256	95

LEGENDA:

A - Área Total da Porção Urbana (m²); Y - Área Total dos Espaços Abertos (m²); C - Número de Espaços Convexos; X - Número Total de Constituições; Ip - Perímetro das Barreiras(m); I - Número Ilhas Espaciais; L - Número de Linhas Axiais

Tabela 20. Variáveis espaciais de urbanidade.

GRID	Deformação	Y/A	Y/C	X/C	Cb	Y/X	Ip/X	GRA	RRA	INT
D01	■	0,38	1.815	15,08	0	120	10,0	0,69	4,452	0,939
D02	■	0,38	1.815	15,08	0	120	10,0	0,76	4,561	0,955
D03	■	0,38	1.815	15,08	0	120	10,0	0,64	3,379	0,937
D04	■	0,38	1.815	15,08	0	120	10,0	0,69	3,775	0,897
D05	■	0,39	1.868	14,95	0	125	10,0	0,77	4,599	0,961
D06	■	0,39	1.866	14,77	0	126	10,0	0,85	4,825	0,982
D07	■	0,36	1.686	15,03	0	112	10,0	0,64	3,753	0,919
D08	■	0,37	1.793	15,08	0	119	10,0	0,65	3,635	0,885
D09	■	0,38	1.814	15,07	0	120	10,0	0,63	3,667	0,916
D10	■	0,38	1.815	15,07	0	120	10,0	0,62	3,815	0,877
D11	■	0,38	1.815	15,08	0	120	10,0	0,68	3,869	0,884
D12	■	0,38	1.815	15,08	0	120	10,0	0,77	4,211	0,886
D13	■	0,41	1.971	14,69	0	134	10,0	0,46	3,125	0,941
D14	■	0,37	1.720	14,84	0	116	10,0	0,47	2,942	0,874
D15	■	0,37	1.729	15,01	0	115	10,0	0,52	3,301	0,945
D16	■	0,37	1.773	15,09	0	117	10,0	0,63	3,588	0,931
D17	■	0,40	1.932	14,77	0	131	10,0	0,85	4,825	0,982
D18	■	0,38	1.788	14,77	0	121	10,0	0,81	4,696	0,972
D19	■	0,37	1.751	14,85	0	118	10,0	0,76	4,086	0,930
D20	■	0,37	1.763	14,92	0	118	10,0	0,79	4,086	0,925
D21	■	0,38	1.814	14,88	0	122	10,0	0,85	4,155	0,991
D22	■	0,38	1.778	14,92	0	119	10,0	0,87	4,795	0,988
D23	■	0,38	1.797	14,92	0	120	10,0	0,87	4,851	0,985
D24	■	0,37	1.767	14,99	0	118	10,0	0,92	5,122	0,988
D25	■	0,40	1.900	14,75	0	129	10,0	0,76	4,175	0,945
D26	■	0,38	1.763	14,80	0	119	10,0	0,76	4,109	0,929
D27	■	0,38	1.765	14,85	0	119	10,0	0,79	4,251	0,924
D28	■	0,37	1.766	14,92	0	118	10,0	0,85	4,533	0,923
D29	■	0,40	1.888	14,70	0	128	10,0	0,74	4,188	0,952
D30	■	0,38	1.744	14,77	0	118	10,0	0,77	4,387	0,948
D31	■	0,37	1.751	14,84	0	118	10,0	0,81	4,560	0,910
D32	■	0,37	1.760	14,91	0	118	10,0	0,85	4,745	0,932
D33	■	0,37	1.745	15,12	0	115	10,0	0,47	3,134	0,883
D34	■	0,42	2.007	14,83	0	135	10,0	0,29	2,273	0,619
D35	■	0,44	2.029	14,46	0	140	10,0	0,26	1,963	0,507
D36	■	0,51	2.239	13,39	0	167	10,0	0,36	2,511	0,765
MAX		0,5	2238,7	15,1	0,0	167,2	10,0	0,9	5,1	1,0
MEDIANA		0,4	1815,2	15,1	0,0	120,4	10,0	0,7	4,1	0,9
MIN		0,4	1686,2	13,4	0,0	112,2	10,0	0,3	2,0	0,5

LEGENDA:
Y/A - Percentual de Espaços Abertos sobre a Área Total de Estudo; Y/C - Espaço Convexo Médio; X/C - Número Médio de Entradas por Espaço Convexo; Cb - Percentagem de Espaços Convexos Cegos; Y/X - Metros Quadrados de Espaço Convexo por Entrada; Ip/X - Metros Lineares do Perímetro das Barreiras por Entrada; GRA - Economia da malha; RRA - Integração; INT - Inteligibilidade

Tabela 21. Equações de normalização (ajuste polinomial).

VARIÁVEL	EQUAÇÃO DE NORMALIZAÇÃO
Y/A	$Y = 32692,40449 * \text{EXP}(-X/0,04007) + 0,91206$
Y/C	$Y = 90,87001 - 0,08383 X + 1,95137^{-5} X^2$
X/C	$Y = -1,52485^{-28} * \text{EXP}(-E86/-0,23106) + 5,05226$
CB	$Y = 1$
Y/X	$Y = 5033,20091 * \text{EXP}(-X/15,78873) + 0,882004$
IP/X	$Y = 5$
GRA	$Y = 4,75 - 3,33333 X - 8,33333 X^2$
RRA	$Y = 4,13364 + 1,10906 X - 0,33794 X^2$
INT	$Y = -6 + 37 X - 30 X^2$

Tabela 22. Tabela comparativa entre as medidas sintáticas e a medida de urbanidade.

	LINHAS AXIAIS	ILHAS	AXIALIDADE	PROFUNDIDADE MÉDIA	INTEGRAÇÃO GLOBAL	URB
MR	34	256	1,000	1,441	5,555	4,2
D01	49	256	0,694	1,333	4,452	2,71
D02	45	256	0,756	1,364	4,561	2,59
D03	53	256	0,642	1,5	3,775	2,94
D04	49	256	0,694	1,542	3,775	2,32
D05	44	256	0,773	1,372	1,41	2,5
D06	40	256	1,372	4,599	4,825	2,38
D07	53	256	0,642	1,5	3,753	2,55
D08	52	256	0,654	1,549	3,635	3,08
D09	54	256	0,630	1,604	3,667	2,37
D10	55	256	0,618	1,5	3,815	3,02
D11	50	256	0,680	1,51	3,869	2,95
D12	44	256	0,773	1,488	4,211	2,79
D13	74	256	0,459	1,712	3,125	2,89
D14	72	256	0,472	1,746	2,942	3,75
D15	66	256	0,515	1,661	3,301	3,44
D16	64	256	0,630	1,585	3,588	3,07
D17	40	256	0,850	1,41	4,825	2,23
D18	42	256	0,810	1,39	4,696	2,73
D19	45	256	0,756	1,5	4,086	3,14
D20	43	256	0,791	1,524	4,155	3,04
D21	40	256	0,850	1,385	4,795	2,64
D22	39	256	0,872	1,5	4,852	2,6
D23	39	256	0,872	1,5	4,851	2,52
D24	37	256	0,919	1,444	5,122	2,46
D25	45	256	0,756	1,523	4,175	2,63
D26	45	256	0,756	1,500	4,109	3,09
D27	43	256	0,791	1,500	4,251	3,02
D28	40	256	0,85	1,487	4,533	2,88
D29	46	256	0,739	1,533	4,188	2,67
D30	44	256	0,733	1,488	4,387	3,06
D31	42	256	0,810	1,537	4,56	3,03
D32	40	256	0,850	1,513	4,757	2,84
D33	72	256	0,472	1,663	3,134	3,40
D34	116	256	0,293	2,104	2,273	3,25
D35	130	256	0,262	0,262	2,651	3,25
D36	95	256	0,358	0,358	2,011	3,05
MEDIA	47,93	256	0,750	1,603	4,095	2,810

Tabela 23. Medida de urbanidade.

GRID	Y/An	Y/Cn	X/Cn	Cbn	Y/Xn	Ip/Xn	GRAn	RRAn	INTn	URB
DEF 01	3,64	3,00	1,71	5,0	3,34	1,0	3,05	2,37	2,29	2,71
DEF 02	3,64	3,00	1,70	5,0	3,34	1,0	2,51	2,16	1,96	2,59
DEF 03	3,64	3,00	1,70	5,0	3,34	1,0	3,46	4,02	2,33	2,94
DEF 04	3,65	3,00	1,71	5,0	3,34	1,0	3,05	3,50	3,05	2,92
DEF 05	2,99	2,37	3,16	5,0	2,72	1,0	2,35	2,09	1,86	2,50
DEF 06	2,75	2,39	4,15	5,0	2,57	1,0	1,56	1,62	1,40	2,38
DEF 07	4,96	5,00	2,29	5,0	5,02	1,0	3,46	3,54	2,67	3,55
DEF 08	3,85	3,30	1,71	5,0	3,58	1,0	3,37	3,70	3,24	3,08
DEF 09	3,66	3,01	1,79	5,0	3,34	1,0	3,55	3,66	2,72	2,97
DEF 10	3,65	3,01	1,77	5,0	3,34	1,0	3,63	3,45	3,38	3,02
DEF 11	3,65	3,00	1,73	5,0	3,34	1,0	3,16	3,37	3,26	2,95
DEF 12	3,65	3,00	1,71	5,0	3,34	1,0	2,35	2,81	3,23	2,79
DEF 13	2,13	1,45	4,42	5,0	1,91	1,0	4,52	4,30	2,25	2,89
DEF 14	3,99	4,42	3,85	5,0	4,15	1,0	4,47	4,47	3,42	3,75
DEF 15	4,28	4,26	2,62	5,0	4,29	1,0	4,26	4,11	2,17	3,44
DEF 16	4,03	3,58	1,48	5,0	3,84	1,0	3,55	3,76	2,44	3,07
DEF 17	2,41	1,75	4,15	5,0	2,16	1,0	1,56	1,62	1,40	2,23
DEF 18	3,26	3,36	4,19	5,0	3,23	1,0	1,99	1,89	1,62	2,73
DEF 19	3,75	3,91	3,82	5,0	3,76	1,0	2,51	3,02	2,47	3,14
DEF 20	3,81	3,73	3,36	5,0	3,72	1,0	2,18	3,02	2,55	3,04
DEF 21	3,29	3,02	3,63	5,0	3,12	1,0	1,56	2,91	1,21	2,64
DEF 22	3,67	3,50	3,39	5,0	3,53	1,0	1,32	1,68	1,28	2,60
DEF 23	3,51	3,24	3,39	5,0	3,33	1,0	1,32	1,56	1,34	2,52
DEF 24	3,94	3,67	2,77	5,0	3,76	1,0	0,78	0,95	1,27	2,46
DEF 25	2,54	2,04	4,23	5,0	2,33	1,0	2,51	2,87	2,18	2,63
DEF 26	3,54	3,73	4,05	5,0	3,54	1,0	2,51	2,99	2,48	3,09
DEF 27	3,64	3,70	3,78	5,0	3,59	1,0	2,18	2,74	2,57	3,02
DEF 28	3,78	3,69	3,36	5,0	3,68	1,0	1,56	2,22	2,60	2,88
DEF 29	2,53	2,16	4,41	5,0	2,36	1,0	2,66	2,85	2,03	2,67
DEF 30	3,65	4,02	4,17	5,0	3,72	1,0	2,35	2,50	2,11	3,06
DEF 31	3,76	3,92	3,84	5,0	3,75	1,0	1,99	2,16	2,82	3,03
DEF 32	3,84	3,77	3,41	5,0	3,74	1,0	1,56	1,79	2,43	2,84
DEF 33	4,31	4,01	1,01	5,0	4,26	1,0	4,47	4,29	3,27	3,40
DEF 34	1,92	1,22	3,91	5,0	1,83	1,0	5,01	4,91	5,41	3,25
DEF 35	1,47	1,11	4,82	5,0	1,57	1,0	5,05	5,01	5,05	3,23
DEF 36	1,00	1,00	5,05	5,0	1,01	1,0	4,88	4,79	4,75	3,05

LEGENDA:

Y/An; Y/Cn; X/Cn; Cbn; Y/Xn; Ip/Xn; GRAn; RRAn; INTn são as variáveis espaciais de urbanidade normalizadas e URB é a medida de urbanidade, que corresponde à média aritmética das variáveis espaciais normalizadas.



5 CONCLUSÃO

A dissertação tratou de uma nova corrente de desenho urbano – o urbanismo paramétrico –, que aplica ferramentas avançadas de geração digital para conceber formas urbanas a partir da manipulação de parâmetros, mas que ignora parâmetros espaciais de natureza configuracional, fundamentais para atender ao propósito a que se propõe de instituir espaços urbanos vibrantes. Este foi o motivo pelo qual se procurou demonstrar a necessidade e a forma de incorporar tais parâmetros nesse novo modelo de urbanismo, visando garantir a proposição de layouts urbanos mais eficientes no que se refere ao desempenho da vida urbana. Entende-se que criar vida urbana constitui um problema especial de *design*.

O termo *design* é quase sempre confundido com o termo planejamento, mas, enquanto o planejamento diz respeito à organização, execução e realização, *design* diz respeito à concepção (TERZIDIS, 2006, p.01). O processo de desenho urbano, assim como todo processo de *design*, é uma atividade essencialmente de concepção e, de resto, uma atividade tão complexa quanto dinâmica: complexa porque envolve o manejo com parâmetros de naturezas diversas e dinâmica porque o designer, o arquiteto ou urbanista é sempre levado a dar soluções e a ajustá-las e reajustá-las ou mesmo a retornar a uma solução original que tenha sido provisoriamente descartada. Neste particular, uma das maiores dificuldades que os arquitetos e urbanistas sempre enfrentaram, nos processos de desenho urbano, especialmente, na concepção de formas urbanas em projeto urbano de larga escala, foi a ausência de ferramentas mais interativas que permitissem operar com a grande quantidade de requisitos e, conseqüentemente, parâmetros que esse tipo específico de projeto envolve, entre outros, parâmetros de natureza formal, ambiental, programática e socioeconômica. Foi, a meu ver, em função dessa lacuna e do desconhecimento e/ou negligência de importantes códigos espaciais sobre os quais as cidades são constituídas, que, em épocas específicas da história dos assentamentos humanos, determinados parâmetros da forma urbana foram privilegiados em detrimento de outros, trazendo prejuízos para a vida nas cidades.

No entanto, os avanços mais recentes no âmbito das tecnologias digitais aplicadas ao projeto – as ferramentas de desenho paramétrico – vêm agora preencher essa lacuna. Por permitirem a geração de formas por meio de parâmetros dentro de um ambiente digital interativo, essas ferramentas apresentam a flexibilidade necessária para explorar múltiplas alternativas de desenho, possibilitando a comparação de diferentes opções e a escolha de soluções mais adequadas. Por este motivo, é natural que essas ferramentas tenham se aproximado tanto da arquitetura e do urbanismo nos últimos anos e, em particular, dos processos de projeto urbano. De fato, a aplicação do desenho paramétrico direcionado ao desenho urbano tem grande potencial para aprimorar a sistemática de produção de propostas urbanas, visando à concepção de artefatos mais eficientes, porque aspectos inerentes à forma urbana como uso, densidade e configuração formal-espacial são todos parametrizáveis. Neste sentido, ao introduzirem pertinentemente as ferramentas de desenho paramétrico em projetos de áreas urbanas, Zaha Hadid e Patrik Schumacher ampliaram as possibilidades de aprimoramento dos processos de desenho urbano, apresentando novos direcionamentos para a disciplina.

Todavia, há que se integrem aos sistemas paramétricos de morfogênese digital os sistemas de avaliação de desempenho de formas urbanas. O urbanismo paramétrico, assim como grande parte das teorias urbanas recentes, negligencia parâmetros espaciais de natureza configuracional, essenciais para o desempenho da vida urbana que se propõe a constituir. Ele manipula as malhas urbanas e projeta sobre o solo uma enxameação de edifícios de tipos variados e diferenciados em dimensão, desconsiderando completamente efeitos configuracionais incidentes sobre os padrões urbanidade, concentrando-se apenas em densidade, mistura de usos e diferenciações formais e espaciais para garantir a produção de espaços urbanos animados. A vitalidade do ambiente urbano, entretanto, não é resultante apenas da densidade e da mistura de atividades. Embora estes sejam aspectos relevantes, as propriedades morfológicas dos arranjos urbanos são primordiais. O próprio *grid* urbano atua como gerador de urbanidade porque, ao formar um sistema de espaços abertos e fechados (de barreiras e permeabilidades), privilegia determinados espaços em detrimento de outros, direcionando os deslocamentos, criando condições propícias ou restritivas a encontros sociais na arena pública. A vida urbana, portanto, está em conexão direta com a configuração espacial.

Assim, para além dos parâmetros eminentemente formais, ambientais e programáticos, que envolvem desenho de formas urbanas, os parâmetros de natureza configuracional também precisam ser considerados em qualquer projeto ou proposta de intervenção no espaço da cidade, como forma de garantir um melhor desempenho dos arranjos urbanos no sentido de, a partir da configuração espacial, melhor promover a distribuição de atividades no espaço para estabelecer os padrões de movimento de pedestres aspirados – a urbanidade desejada. Se incorporar tais parâmetros, o urbanismo paramétrico terá grande potencial para se consolidar como uma metodologia eficaz de projeto urbano. De modo que, para tornar isto possível, esta dissertação procurou desenvolver um modelo de desenho urbano paramétrico em função do desempenho da vida urbana, partindo do método construído por Frederico de Holanda para aferir padrões de urbanidade e formalidade das porções urbanas – a Medida de Urbanidade (URB).

No entanto, fez-se necessária a parametrização das variáveis configuracionais desse método para permitir sua aplicação em processos de projeto urbano paramétrico: o percentual de espaço aberto sobre o espaço total, espaço convexo médio, número de entradas por espaço convexo, % de espaços cegos, m² de espaço convexo por entrada, metros lineares do perímetro das ilhas por entrada, economia de malha, integração, inteligibilidade. Como essa metodologia de aferição necessita de dados extraídos da realidade física dos fatos urbanos, a exemplo do número de constituição, sua aplicabilidade estava limitada aos processos analíticos. Assim, para torná-la uma ferramenta propositiva, foi necessária a introdução de estimativas que indicassem a maior quantidade de transições entre espaços abertos e fechados possíveis para estabelecer padrões de urbanidade.

Em função disso, foi instituída a relação de uma unidade de constituição para cada 10 metros de perímetro das edificações, gerando um número total de constituições que o *grid* urbano pode comportar. Esse valor total, entretanto, pode ser aumentado ou diminuído se forem tomadas como referência dimensões de frentes de lotes menores ou maiores que 10 metros, respectivamente, mas essa referência métrica é um parâmetro que pode ser tomado porque ela já é empregada nas legislações urbanísticas para o desenho de loteamentos residenciais. Em seguida, sobre o valor total obtido, foram incididas taxas percentuais de Polos Geradores de Viagens (PGVs) relativas aos deslocamentos de pedestres, gerando indicadores de número de constituições por atividade urbana, os quais podem instruir as decisões de projeto para distribuir as atividades urbanas de forma equilibrada, sem trazer prejuízos para os

padrões de urbanidade. A distribuição de atividades na malha urbana orientada por parâmetros de configuração espacial é essencial porque ela também cria as condições para a existência de um maior ou menor grau de interação no meio urbano, tendo em vista que, por natureza, determinados usos necessitam de maior interface com o espaço público que outros, ou seja, de contato com exterior. Esta variável foi introduzida neste trabalho.

O modelo foi, assim, construído e, como forma de validação e de demonstração de sua aplicabilidade em processos de projeto urbano paramétrico, foi desenvolvido um ensaio por meio de experimentos com simulações, tomando, como ponto de partida, uma das principais estratégias formais empregadas pelo urbanismo paramétrico para o desenho das formas urbanas: a deformação do *grid*. Essa tática de desenho foi isolada e analisada separadamente com o objetivo de observar as principais variações configuracionais e as implicações deste tipo de operação espacial para os padrões de urbanidade. Os valores de urbanidade (URB) das diversas simulações foram comparados entre si e comparados aos valores de diferentes áreas urbanas de Brasília medidas por Frederico de Holanda, o que possibilitou confrontar dados extraídos dos *grids* hipotéticos com dados de malhas reais.

Os resultados mostraram que tais operações de desenho têm implicações significativas, seja para instituir padrões de urbanidade ou de formalidade. No que se refere às deformações, quando são mais intensas, geram diferenciações na malha que contribuem expressivamente para estabelecer padrões de urbanidade como incremento ou supressão das áreas de espaços abertos e fechados, dos perímetros totais das barreiras e dos números de constituições. É o que ocorre também nos trechos das malhas urbanas das cidades satélites de Paranoá Novo e Taguatinga, em Brasília, analisadas por Holanda, as quais possuem qualidades de espaços com vitalidade. O ensaio demonstrou que o modelo atende ao seu propósito: permite identificar as variações do nível de urbanidade quando são realizadas determinadas operações espaciais, como maiores ou menores graus de deformação na malha e diferenciações tipológicas que resultem em alterações das áreas de espaços abertos em relação à área de espaços fechados. O gradiente de cores criado, que vai do branco (máxima formalidade) ao vermelho (máxima urbanidade), permite uma melhor visualização dos valores de urbanidade, facilitando a escolha de opções por *grids* com melhor desempenho durante o processo de projeto urbano.

Desenvolvimentos futuros

Um dos principais limites desse modelo fundamentado no método de aferição da urbanidade (URB) é que ele ainda homogeneiza os padrões de vida urbana, porque o valor de urbanidade se refere ao *grid* como um todo. Embora as malhas urbanas possam ter índices de urbanidade elevados, no interior da sua estrutura, pode haver áreas ou vias mais formais ou mais urbanas. Holanda isolou partes da malha do Distrito Federal para observar, mais adequadamente, as condições de urbanidade das diversas malhas que o compõem. No entanto, seria mais interessante criar procedimentos para analisar as partes constituintes da malha urbana na sua menor escala, ou seja, a rua, a praça, a quadra etc.

Um possível desdobramento desse modelo, por conseguinte, é medir a urbanidade por segmento de via ou por espaço convexo, o que permitiria uma visualização mais precisa dos gradientes de urbanidade na estrutura urbana. Esse é um passo fundamental a ser desenvolvido porque, conhecendo-se as vias mais urbanas e mais formais determinadas

apenas pela configuração espacial, a distribuição dos usos urbanos, em seguida, poderia ser orientada adequadamente para tirar partido dela, mas mantendo o equilíbrio do nível de urbanidade da estrutura como um todo. Por exemplo, espaços ou trechos de ruas e avenidas mais formais poderiam constituir espaços cerimoniais e abrigar usos adequados à formalidade, enquanto espaços mais urbanos poderiam abrigar usos comerciais e áreas residências, sem interferir no padrão de urbanidade da área como um todo.

Outro possível desdobramento é o desenvolvimento de uma ferramenta computacional específica que permita realizar os procedimentos de aferição da urbanidade com maior praticidade e interatividade. De fato, as ferramentas de modelagem paramétrica admitem a interface com planilhas eletrônicas, o que facilita a manipulação de dados para visualizar as alterações no modelo bidimensional ou tridimensional de forma instantânea, mas dificilmente os softwares de edição de planilhas eletrônicas comportam procedimentos estatísticos mais complexos como a normalização de dados por meio de ajustes polinomiais e exponenciais. Esse procedimento ainda é realizado por meio de ferramentas estatísticas especializadas, como o Origin 8.0, e as equações são posteriormente inseridas na planilha eletrônica. Mas, se as variáveis espaciais de urbanidade forem alteradas, as equações de normalização necessitam ser refeitas.

Esta dissertação contribuiu no sentido de parametrizar as variáveis configuracionais criadas por Frederico de Holanda para aferir urbanidade. Variáveis de uso foram introduzidas, gerando indicadores quantitativos de constituições que podem ser empregados para potencializar a vida no meio urbano. A urbanidade não é apenas algo que possa ser mensurado qualitativamente, ao contrário, é um atributo que pode ser medido de forma quantitativa, portanto, é parametrizável e pode ser um critério objetivo de desempenho para ser inserido em projetos urbanos paramétricos desde a fase inicial, com o propósito de desenhar formas urbanas mais eficientes.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, Asha; Schimek, Paul. **Extent and correlates of walking in the USA**. Transportation Research Part. D12. Washington, 2007. Disponível em: < <http://www.scientificdirect.com> > . Acesso em: 10 mar. 2009.
- ALEXANDER, Christopher. A city is not a tree. *Architectural Forum*, v. 122, n.1, April 1965.
- _____. et al. **A new theory of urban design**. Oxford: Oxford University Press, 1987.
- ALLEN, Stan. From object to field. *Architectural design*. Architecture after Geometry. London: Offices, v.67, n.5/6, 1997.
- AMORIM, Luiz; Loureiro, Claudia. **O mascate, o juiz, o bispo e os outros: sôbre a gênese morfológica do Recife** Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, Recife, v.1, n.3, 2000.
- ARCHITECTURAL Association. **AA DRL documents 2. DRL TEN: a design research compendium**. Londres: Architectural Association Publication Publications, 2008.
- _____. **Experimentation: AA Projects Review 2005-2006**. London: Architectural Association Publication, 2006.
- _____. **Prospectus 2006-2007**. London: Architectural Association Publication, 2007.
- ARCHITECTURAL Design. **Architecture after Geometry**. London: Editorial Offices, v.67, n.5/6, 1997.
- _____. **Contemporary processes in architecture**. London: Editorial Offices, v.70, n.3, 2000.
- _____. **Emergence: morphogenetic design strategies**. London: Editorial Offices, v. 74, n.3, mai./jun. 2004.
- _____. **Folding in Architecture**. London: Editorial Offices, v. 63 3-4, 1993.
- _____. **Techniques and technologies in morphogenetic design**. London: Editorial Offices, v. 76, n. 2, 2006.
- BATTY, Michael. **Models cities**. Working paper series. Paper 113. UCL CASA – Centre for advanced spatial analysis. Londres, 2007. Disponível em: < <http://www.casa.ucl.ac.uk/publications/workingpapers.asp> > . Acesso em: 21 dez. 2008.
- BENEVOLO, Leonardo. **História da arquitetura moderna**. São Paulo: Perspectiva, 1976.
- _____. **História das cidades**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1976.
- BRANDÃO, José. **O papel do desenho urbano no planejamento estratégico: a nova postura do arquiteto no plano urbano contemporâneo**. Texto Especial-134. ISSN 1809-6298 Portal Vitruvius, São Paulo: jun. 2002. Disponível em: < <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp134.asp> > . Acesso em: 12 ago. 2008.
- _____. **The role of urban design in strategic planning: the case of rio de janeiro**. 2004. Thesis (Doctoral in Housing and Urbanism Program) – Architectural Association Graduate School of Architecture, Londres, 2004.
- CALDEIRA, Tereza. **Cidade de Muros: crime, segregação e cidadania em São Paulo**. São Paulo: Editora 34, 2000.
- CAMARA, Andrea. **A malha como geratriz: um estudo sobre as relações entre a malha urbana e o ambiente construído**. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-graduação de Desenvolvimento Urbano) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 1998.
- CANUTO, Robson; AMORIM, Luiz. **O urbanismo paramétrico de Zaha Hadid: emergências, limites e perspectivas**. In: *Anais do IV Projetar*. 2009.

CAVALCANTI, Rafaela Campos. *O Projeto urbano contemporâneo. Competição global e coesão sócio-espacial*. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2008.

CHOAY, Françoise. *O urbanismo*. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1992.

CONSIGLIERI, Victor. *As Metáforas da Arquitetura Contemporânea*. Lisboa: Estampa, 2007.

DELEUZE, Gilles. *A dobra: Leibniz e o barroco*. Rio de Janeiro: Editora Papyrus, 2000.

EISENMAN, Peter. *Folding in time: the singularity of rebstock*. *Architectural design: folding in architecture*. London: Editorial Offices, profile n. 102, v. 63 3-4, 1993.

EL CROQUIS. *Daniel libeskind 1987-1996*. n. 80. Madrid, 1996.

_____. *OMA/Rem koolhaas 1987-1996*. n. 79. Madrid, 1996.

FERNANDES, Karla. *A influência da forma urbana e da legislação urbanística na mobilidade urbana*. 2008. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco). Recife, 2008.

FERRE, Alberto et al. *Verb natures: architectural boogazine*. Barcelona: Actar, 2007.

FHWA. *Guidebook on method to estimate Non-Motorized Travel: supporting documentation*. Washington, 1999. Disponível em: <<http://www.tfhrc.gov/safety/pedbike/vol2/sec2.4.htm>>. Acesso em: 21 mar. 2009.

FIGUEIREDO, Lucas. *Linhas de continuidade no sistema axial*. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2004.

_____.; AMORIM, Luiz. *Continuity lines in the axial system*. In: **PROCEEDINGS** of Fifth International Space Syntax Symposium. Delft: TU Delft, 2006.

_____. *Mindwalk1.0 - Space Syntax Software*. Laboratório de Estudos Avançados de Arquitetura – LA2, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Disponível em: <http://www.mindwalk.com.br/papers/Figueiredo_2005_Space_Syntax_Software_pt.pdf>

FISCHER, Nils ; BHOOSAN, Shajay. *Parametric urbanism, procedural complexity*. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE** on Computer Graphics and Interactive Techniques – ACM SIGGRAPH 2008. Nova York: ACM , 2008.

FOSTER & PARTNERS. **[Projects]**. Disponível em: <<http://www.fosterandpartners.com/>>. Acesso em: 13 ago. 2009.

F-U-R. **[Projects]**. Disponível em: < <http://f-u-r.de/>>. Acesso em: 18 ago. 2009.

GA DOCUMENT 99, *Special Inssue Zaha Hadid*. Tokyo: Edita Tokyo, 2007. Não paginado.

GAUSA, Manuel. *Metápolis, dictionary for advanced architecture*. Barcelona: Actar, 2001.

GERBER, David. *Towards a parametric urbanism*. *Interactive Cities*. Paris: Anomos e Hyx Edições, 2006.

HADID, Zaha. *New Urban Geometries*. Hadid Master Class. University of Applied Arts. Viena: 2004-2005. Disponível em: <http://www1.uni-ak.ac.at/architektur/pdf/2004ws_new_urban_geometries.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2008.

HADID ARCHITECTS, Zaha. **[Projects]**. Disponível em: < <http://www.zaha-hadid.com>>. Acesso em: 29 mar. 2009.

HENSEL, Michael; MENGES, Achim. *Morpho-ecologies: towards heterogeneous space in architectural design*. Londres: Architectural Association Publications, 2006.

- HILLIER, Bill et al. **Natural Movement**: or configuration and attraction in urban pedestrian movement. [s.l.]: Environment and Planning B, 1993.
- _____. **Space is the machine**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- _____. **The architecture of the urban object**. Ekistics 56, 1989.
- _____.; BURDETT, Richard; PEONIS, John; PENN, Alan. **Creating life: or, does architecture determine anything?** *Architecture & Comportement /Architecture & Behaviour*, v. 3, n. 3, p. 233-250, 1987.
- _____.; HANSON, Julienne. **The social logic of space**. London: Cambridge University Press, 1984.
- HOLANDA, Frederico et al. **Arquitetura e urbanidade**. São Paulo: ProEditores Associados, 2003.
- _____. **O espaço de exceção**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2002.
- JACOBS, Jane. **The death and life of great american cities**. São Paulo: Martins Fontes, 2007. (Publicado originalmente em 1961)
- KALAY, Yehuda. **Architecture's new media: principles, theories and methods of computer-aided design**. Massachusetts, MIT Press, 2004.
- KELBAUGH, Douglas. **Three urbanisms and the public realm**. In: **PROCEEDINGS of 3rd**. International Space Syntax Symposium. Atlanta, 2001.
- KNEIB et al. **Pólos geradores de viagens e mobilidade: a evolução dos conceitos e da consideração dos impactos gerados**. *Revista dos Transportes Públicos*, v. 121, p. 65-80, 2009.
- KOLAREVIC, Branko. **Architecture in the digital age: design and manufacturing**. London: Taylor & Francis, 2005.
- _____. **Digital Architectures, Eternity, Infinity and Virtuality in Architecture**. In: **PROCEEDINGS Of The 22nd Annual Conference Of The Association For Computer-Aided Design In Architecture**. Outubro, 2000.
- KOLAREVIC, Branko. **Digital morphogenesis and computational architectures**. In: **CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAFICS,10.**, 2000, Rio de Janeiro, *Anais...* Rio de Janeiro: [s.n.], 2000.
- KOLATAN, Ferda. **Responsive architecture through parametric design. How parametric systems introduce diversity, adaptability, and responsiveness into the architectural design process**. In: **WOLFRAM Science Conference, NKS 2006**. Disponível em: <<http://www.wolframscience.com/conference/2006/presentations/kolatan.html>>. Acesso em: 22 ago. 2008.
- KOOLHAAS, Rem et al. **Mutations**. Barcelona: Actar & arcen reve centre d'archhitectura, [s.l. : s.n.], 2000.
- _____. **Delirious New York: a retroactive manifesto for manhattan**. New York: The Monacelli Press, 1978.
- _____. MAU, Bruce. **SMLXL**. New York: Monacelli, 1995.
- KRÜGER, Mario. **An approach to built form connectivity at an urban scale: system description and its representation**. *Environment and Planning B*, v.6, p.67-88, 1979.
- _____. **An approach to built form connectivity at an urban scale: variations of connectivity and adjacency measures amongst zones and other related topics**. *Environment and Planning B*, v.6, p.305-320, 1979.
- _____. **Leslie Martin e a Escola de Cambridge**. Coimbra: Edarc, 2005.
- LEE, Christopher; JACOBY, Sam. **Typological formations: renewable building types and the city**. Londres: Architectural Association Publications, 2006.

- LEE, Franklin; DE BEAURECUEIL, Anne Save. Museu Mercedes-Benz e o Modelo de Arquitetura Paramétrica. *AU – Arquitetura e Urbanismo*. v. 181. Abril, 2009.
- LITMAN, Todd. **Land use impacts on transport: how land use factors affect travel behaviour**. Victoria Transport Policy Institute. Victoria, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.vtpi.org/landtravel.pdf>>. Acesso em: 30 ago, 2009.
- LOUREIRO, Claudia. **Classe, controle, encontro: o espaço escolar**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- LYNCH, Kevin. **A Imagem da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1997. (Publicado originalmente em 1960)
- MANGABA, Eduardo. **Perspectivas urbanas**. Madrid: COAM, 2007.
- MARCH, Lionel, STEADMAN, Philip. **The geometry of environment**. Londres: RIBA Publications, 1971
- _____.; MARTIN, Leslie;. **Urban space and structures**. Cambridge: Cambridge University Press, 1972.
- MARTIN, Leslie. The architect's approach to architecture. *RIBA Journal*. May: 191-201, 1967.
- _____. The grid as generator. In: MARCH, L; MARTI, L. **Urban space and structures**. Cambridge: Cambridge University Press, 1972, p. 6-27.
- MARCUS, J.S. Designer cities: The development of the superstar urban plan. *The Wall Street Journal*. New York: 25 jul. 2008. Disponível em: <<http://online.wsj.com/article/SB121693005482282163.html>>. Acesso em: 22 ago. 2008.
- MENGES, Achim. Instrumental Geometry. *Architectural Design*. Techniques and Technologies in Morphogenetic Design. London: Editorial Offices, v. 76, n. 2, 2006.
- MEYER, Regina. A urbanidade em transe. *Revista Urbs*. São Paulo: Associação Viva o Centro, 2001. (n. 19)
- MITCHELL, William. **ME ++: The Cyborg Self and the Networked City**. Cambridge: MIT Press, 2001
- MONEDERO, Javier. "Parametric Design". A Review and Some Experiences" In: CHALLENGES OF THE FUTURE, 15., 1997, Anais... eCAADe Conference Proceedings, 1997.
- NHTS. U. S. **Summary of travel trends, 2001**. Department of transportation of Federal Highway Administration. Dezembro, 2001. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/322943/Summary-of-Travel-Trends-2001>> Acesso em: 20 mar. 2009.
- ONE-NORTH. JTC Corporation. Disponível em: <http://www.one-north.sg/aboutus_masterplan.aspx>. Acesso em: 10 jan. 2009.
- PANERAI, Phillipe et al. **Urban form, the death and life of the urban block**. Oxford: Architectural Press, 2004. (Publicado originalmente em 1977)
- PEPONIS, John. Space, Culture and Urban Design in Late Modernism and After. In: *Ekistics*, n.334-335, p. 93-108, 1989. Tradução Frederico de Holanda. Miemografado.
- POLBAR. [Polbar's photostream]. Disponível em: < <http://www.flickr.com/photos/46064269@N00/3944035530/>> Acesso em: 15 jan. 2009
- PORTUGAL, Licínio; GOLDNER, Lenise. **Estudos de polos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2003.
- RATTI, Carlo. "Rejoinder to Hillier and Penn", *Environment and Planning B: Planning and Design*. v. 31, 2004.
- _____. Space syntax: some inconsistencies. *Environment and Planning B: Planning and Design*. v. 31, 2004.

- ROTHERO, K. A Vision for Parametric Design. *Architecture Week*. Eugene, jul. 2002. Disponível em: <http://www.architectureweek.com/2002/0710/tools_1-1.html>. Acesso em: 22 ago. 2008.
- ROWE, Colin; KOETTER, Fred. *Collage city*. Cmbidge. London: The MIT Press, 1978.
- SCHNABEL, Marc Aurel. "Architectural parametric designing" *Communicating Space(s)*. 24th eCAADe Conference Proceedings, Volos (Greece) 6-9 September 2006, p. 216-221.
- _____. *Parametric designing in architecture*. *Computer Aided Architectural Design Futures*. Proceedings of the 12th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures,] Sydney (Australia) 11-13 July 2007, p. 237-250, 2007.
- SCHUMACHER, Patrik. *Parametricism as Style - Parametricist Manifesto*. Writings - theorizing architecture. BIENAL DE ARQUITETURA DE VENEZA, 11., 2008, Londres, *Anais...* Londres: [s.n.], 2008. Disponível em: <<http://www.patrikschumacher.com>>. Acesso em: 12 nov. 2008.
- _____. *Design Research within the Parametric Paradigme*. Publicado como "Smart Work – Patrik Schumacher on the growing importance of parametrics" In: *RIBA Journal Setembro*, 2008. Disponível em: <<http://www.patrikschumacher.com>>. Acesso em: 10 nov. 2008.
- _____. *Digital Hadid: landscapes in motion*. Londres: Birkhauser, 2004.
- _____. *The concept of space in architecture: emergence, hegemony and transcendence*. Bologna: Compositori, 2008. Disponível em: <<http://www.patrikschumacher.com>>. Acesso em: 12 nov. 2008.
- SCHUMACHER, Thomas. *Buildings and streets: notes on configuration and use*. In: ANDERSON, Stanford (ed.) *ON STREETS*. Cambridge, MA: Institute of Urban Studies/ MIT Press, 1978.
- SOMEKH, Nadia; CAMPOS, Candido Malta. *Desenvolvimento local e projetos urbanos*. Texto Especial-134. *Portal Vitruvius*, São Paulo: abr. 2005. ISSN 1809-6298. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq059/esp059_01.asp>. Acesso em: 11 dez. 2008.
- _____.; MARQUES, Juliana. *Reconversão Industrial e Projetos Urbanos: a experiência Internacional e o Caso da área do Brás em São Paulo*. In: *FÓRUM DE PESQUISA DA FAU*, 3., 2007, São Paulo. *Anais...* São Paulo: FAU Mackenzie, 2007.
- SOUZA, Chris. [Chris Souza's photostream]. Disponível em: <<http://www.flickr.com/photos/chrisfotosub/2532453244/>> Acesso em: 15 jan. 2009
- SPACE SYNTAX. [Projects & clients]. Disponível em: < <http://www.spacesyntax.com/en/projects-and-clients/urban-projects/trafalgar-square.aspx> > Acesso em: 15 fev. 2009
- STEADMAN, Philip. *Architectural Morphology*. London: Pion Limited, 1983.
- STEINØ, Nicolai; VEIRUM, Niels. "Parametric Urban Design". *CONGRESS AESOP*, 5., 2005, Vienna, *Anais...* Vienna : [s.n.], 2005.
- TERZIDIS, Kostas. *Algorithmic architecture*. New York: Princeton Architectural Press, 2006.
- TURNER, A. et al. "From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space". *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 28, n. 1, p. 103-121, 2001.
- _____. "Depthmap: A program to perform visibility graph analysis". Atlanta: *Georgia Institute of Technology, Proceedings. 3rd International Space Syntax Symposium*. p. 31.1-31.9, 2001.
- UNSTUDIO. [Projects]. Disponível em: < <http://www.unstudio.com/>>. Acesso em: 20 abr. 2009.

WERZ, Max. **Open source fabric**. Archiprix International. Disponível em: <http://www.archiprix.org/print.php?id=2688>
Acesso em: 15 mar. 2009.

WEWORK | 4HER. [Projects]. Disponível em: <http://www.data-tribe.net/wework4her/index.php?m=06&y=09> Acesso
em: 07 jun. 2009

APÊNDICE A – SOFTWARES DE ANÁLISES ESPACIAIS E ESTATÍSTICAS

SOFTWARES DE ANÁLISES ESPACIAIS

Nos procedimentos de análises espaciais foram utilizados os softwares:

- (1) Mindwalk, uma ferramenta desenvolvida por Lucas Figueiredo de Medeiros. Disponível em: <<http://www.mindwalk.com.br/>> Acesso em: Março, 2007
- (2) Dethmap, um software elaborado por Alasdair Turner, para permitir analisar gráficos de visibilidade. Disponível em: <<http://www.spacesyntax.com>> Acesso em: Março, 2007.

SOFTWARES DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS:

Para os procedimentos de análise estatística foram utilizados os softwares:

- (1) Origin 8.0 da OriginLab. Disponível em: <<http://www.originlab.com/>> Acesso em: janeiro, 2009.
- (2) EXCELL da suíte Microsoft Office 2007.

