

**Diferentes abordagens em
morfologia urbana.
Contributos luso-brasileiros**
Vítor Oliveira (ed.)
2ª Edição

URBAN FORMS

**Diferentes abordagens em
morfologia urbana.**

Contributos luso-brasileiros

Vítor Oliveira (ed.)

2ª Edição

URBAN FORMS

Este livro está disponível em:
vitoroliveira.fe.up.pt uf books

Vítor Oliveira – Urban Forms.

Publicado pela primeira vez em 2018;

publicado pela segunda vez em 2020.

ISBN 978-989-20-8164-9

Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida sem a
permissão escrita dos autores.

Créditos fotográficos das ‘fotografias-separadores’:

Alessandra Gobbi Santos: páginas 104 e 119

Fernanda Tomiello: páginas 90 e 103

Frederico de Holanda: páginas 68 e 89

Simone Safe: página 42

Vítor Oliveira: capa, páginas 16, 41, 67, 120 e 147.

Índice

Prefácio à edição de 2020	1	4.3. Clivagens seculares num espaço formal	71
<i>Karl Kropf</i>		4.4. Vila Planalto: a irônica utopia social	76
Prefácio à edição de 2018	3	4.5. Monumento bom é... monumento deserto	80
<i>Ivor Samuels</i>		4.6. Fissura popular numa região de classe média	82
		4.7. Conclusão	85
Índice de quadros	6	5. Autômatos celulares e simulação de crescimento urbano	91
Índice de figuras	7	<i>Maurício Couto Polidori, Otávio Martins Peres</i>	
Lista de abreviaturas	9	5.1. Cidade e ambiente	91
		5.2. Principais características dos autômatos celulares em estudos urbanos	92
1. Diferentes abordagens em morfologia urbana (edição de 2020)	11	5.3. Complexidade, auto-organização e emergência	94
<i>Vítor Oliveira</i>		5.4. O programa de simulação de crescimento <i>CityCell</i>	94
1.1. Abordagem processual tipológica	11	5.5. Uma aplicação de simulação de crescimento urbano com AC em Pelotas, RS, Brasil	95
1.2. Abordagem histórico-geográfica	12	5.6. Observações gerais realizadas a partir de casos práticos	95
1.3. Sintaxe espacial	12		
1.4. Autômatos celulares	13	6. Aplicação da metodologia do <i>Transect</i> e construção do código baseado na forma	105
1.5. Gramáticas da forma	13	<i>Alessandra Gobbi Santos e Bruna Cristina Lermen</i>	
1.6. Transecto	14	6.1. Superando a orientação dos códigos convencionais	105
1.7. Estrutura do livro	14	6.2. Teoria das zonas <i>Transect</i>	106
		6.3. O código baseado na forma	108
2. A abordagem histórico-geográfica (Escola Conzeniana)	17	6.4. A boa forma urbana: elementos essenciais	109
<i>Vítor Oliveira</i>		6.5. Considerações finais	117
2.1. Os antecedentes de M. R. G. Conzen	17		
2.2. As ideias de M. R. G. Conzen	20	7. urbanGENE: uma gramática do urbano de origem portuguesa	121
2.3. J. W. R. Whitehand e o UMRG	25	<i>Alexandra Paio</i>	
2.4. Aplicação do conceito de região morfológica ao Porto	31	7.1. Introdução	121
2.5. Conclusões	38	7.2. Génese morfogenética do urbano de origem portuguesa (séculos XVI-XVIII): uma abordagem sintática	122
		7.3. Taxonomia do urbano de origem portuguesa (séculos XVI-XVIII)	125
3. Aplicações de conceitos da Escola Italiana de Morfologia Urbana em cidades brasileiras planejadas e multi diferenciadas	43	7.4. <i>urbanGENE</i> : gramáticas da forma do urbano português	134
<i>Stael Pereira Costa, Manoela Gimmler Netto, Simone Safe</i>		7.5. Considerações finais	144
3.1. Introdução	43		
3.2. O território tipo	45	8. Estudos comparativos e integração de diferentes abordagens (edição de 2020)	149
3.3. A área cultural	51	<i>Vítor Oliveira</i>	
3.4. A extensão cultural	58	8.1. Uma abordagem, diferentes contextos geográficos	149
3.5. Considerações finais	62	8.2. Diferentes abordagens	150
		8.3. Integração de diferentes abordagens	151
4. Arquitectura e sociedade como artefactos	69		
<i>Frederico de Holanda</i>			
4.1. Introdução	69		
4.2. Brasília: <i>civitas</i> e <i>urbs</i>	70		

Índice de quadros

Quadro 2.1. Geografia humana alemã 1890-1929	18
Quadro 2.2. Aplicações do conceito (ou variantes do conceito) de região morfológica	26
Quadro 2.3. Contributo dos diferentes atributos morfológicos para a caracterização da paisagem	30
Quadro 7.1. Etapas da lógica descritiva e sintática de descodificação da génese morfogenética do urbano de origem portuguesa	123

7. urbanGENE: uma gramática do urbano de origem portuguesa

Alexandra Paio

‘Caí nestes pensamentos; havia duas maneiras de expressá-los; uma histórica, por meio da descrição das duas principais obras [...] a outra lógica, por meio da definição das regras e das recomendações dessa arte na forma de algum método adequado: e esta foi a minha escolha; não apenas por ser a mais direta e elementar, mas principalmente por ser a mais sólida’ (Wotton, 1624 *apud* Mitchell, 1998, v).

7.1. Introdução

A origem do urbano português tem sido objeto de múltiplas abordagens metodológicas de análise. Diferentes aproximações epistemológicas têm procurado compreender como a forma urbana se vincula aos fenômenos políticos, sociais, econômicos, culturais, estéticos, ideológicos e históricos, que lhe deram origem (Reis Filho, 1967; Ribeiro, 1962; Delson, 1979; Moreira, 1984). A partir da última década do século XX, a abordagem historicista começa a descrever o urbano de origem portuguesa como regular, planeado, erudito (Rossa, 2002; Araújo, 1998; Teixeira e Valla, 1999; Bueno, 2003), questionando posturas suportadas por Olanda (1936), Azevedo (1956), Smith (1955) e Santos (1968). Os estudos evidenciam a ordem da forma do urbano dos séculos XVI-XVIII, assente na descrição da prática articulada entre *praxis* e saber erudito europeu presente em tratados. As análises iconográficas procuram demonstrar a existência de padrões ou pré-estruturas geométricas na gênese do urbano a partir de dois pontos distintos: i) descrição isolada das pré-estruturas, com base no conhecimento que os fazedores do urbano português tinham dos modelos teóricos de cidades ideais, presentes em tratados portugueses (Chicó, 1956; Araújo, 1992; Valla, 2004; Moreira, 1982); e ii) descrição do traçado da cidade construída como resultado de combinações de elementos morfológicos (ruas, praças, lotes, edifícios) com estruturas cadastrais moduladas, que teriam delineado e adaptado cada projeto urbano conforme as condicionantes contextuais (os sítios, os recursos, o tempo de decisão e de realização) e as diferenças de programa de cada traçado (Horta Correia, 1985; Fernandes, 1997; Lamas, 1992; Rossa, 1990).

Tais estudos, no entanto, não logram explicitar as lógicas das estruturas básicas configuracionais urbanas que permitiriam

identificar a gênese das suas semelhanças e diferenças independentes do período temporal, geografia, individualidades, estilos, influências artísticas, conjunturas econômicas, sociais e políticas. Os estudos tradicionais de história urbana apenas descrevem um estilo sem dizer como é possível gerar projetos nesse estilo (Duarte, 2007). Segundo March e Martin (1972), Krüger (1984, 1986) e Mitchell (1998) a explicação da relação entre as formas complexas e diversas não reside nos aspetos aparentes ou de fisionomia, mas na caracterização taxonómica baseada no reconhecimento de padrões em grau de abstração ausente da documentação iconográfica original. Reforçando esta perspectiva, Martin *et al.* (1937) explica que ‘(...) o mundo das aparências deu lugar a um mundo no qual coisas aparentemente não relacionadas entre si, são unidas na integralidade de um sistema simples. Na ciência, como na arte, a aparência foi descartada em favor de um mundo descoberto somente através da penetração nas aparências’. Alexander (1964) reforça esta visão sobre a complexidade, afirmando que a solução passa por uma divisão do processo numa infinidade de subpartes com base no contexto e forma para atingir a substância semântica da estrutura (Sequeira, 2007). O contexto é composto por dados, axiomas e constantes presentes na lógica, como se fosse um problema matemático. A forma é a parte variável e manipulável pelos projetistas. O processo passa por definir requisitos e tabelas de interconexão entre as partes e em seguida, representar o sistema que poderia ser aplicado de vários modos. Alexander *et al.* (1977) defende uma linguagem que seria o sistema genético que dá aos milhares de pequenos atos criativos a capacidade de formar um todo. Neste sentido, a identificação, descrição e classificação, necessárias à definição da linguagem do urbano de origem portuguesa, depende de uma explicação formal de lógicas geométricas, assente em princípios intemporais, uma espécie de suporte através do qual é possível fazer emergir os princípios genéticos geradores da forma, o vocabulário básico, a sintaxe formal urbana e gerar sistemas baseados em padrões.

Neste contexto, o estudo que se apresenta assumiu uma abordagem metodológica alternativa baseada nos princípios do *design* computacional, ou seja, nas potencialidades descritivas e geradoras das gramáticas da forma de Stiny e Gips (1972) para revelar a gênese da complexidade morfológica urbana subjacente

aos modelos teóricos dos tratados e à cartografia histórica portuguesa produzida entre os séculos XVI e XVIII. Uma descrição baseada: i) na relação entre lógica geométrica, princípios projectuais tratadísticos, e a lógica de implantação de diferentes cidades projetadas e construídas; e ii) em estruturas gramaticais para a geração de respostas a circunstâncias contextuais.

O resultado final obtido é uma gramática do urbano de origem portuguesa, denominada *urbanGENE*, com propriedades de automação que permitam a aprendizagem interativa dos princípios e lógicas geradoras do urbano de origem portuguesa.

7.2. Génese morfogenética do urbano de origem portuguesa (séculos XVI-XVIII): uma abordagem sintática

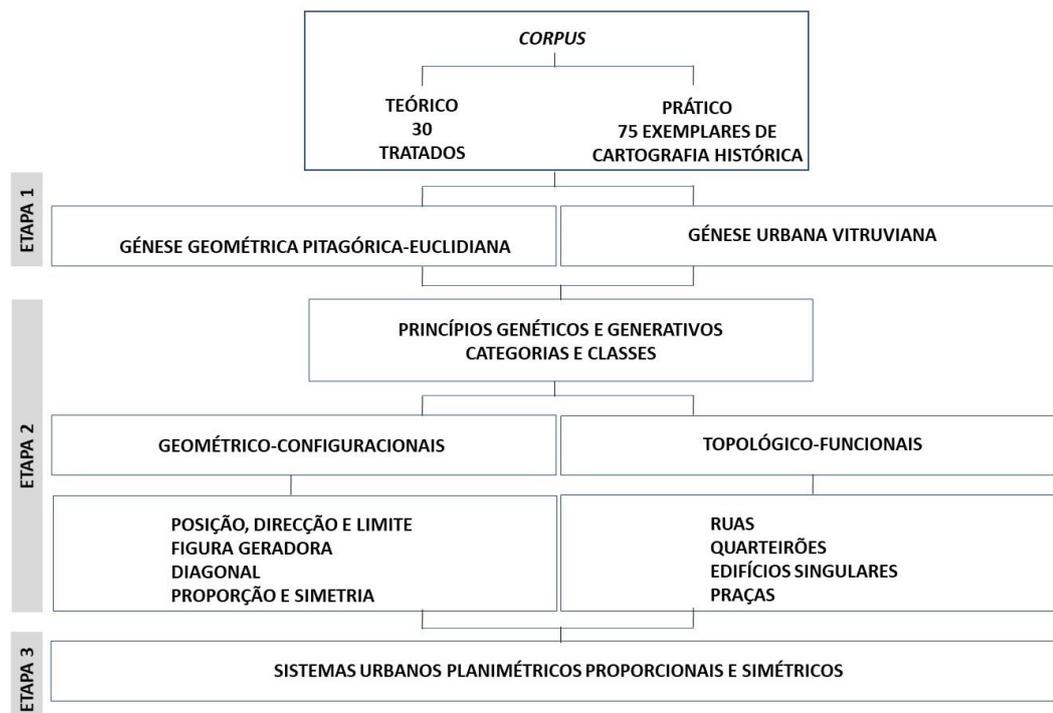
A investigação contemporânea tem procurado novas abordagens. O estudo da matriz genética quando aliada com outros campos do saber, evidencia atributos que reequacionam identidades, redefinem limites e inscrevem inovadoras relações geométrico-matemáticas (Bonner, 1963; March e Steadman, 1971; Steadman, 1983; Thompson, 1961). Vários estudos têm introduzido teorias e métodos de análise arquitetónica e urbana, análogos aos utilizados na biologia e na computação (Steadman, 2008). A analogia entre os modos de descrição do urbano e os métodos taxonómicos utilizados na biologia tem possibilitado uma abordagem sintática para: i) a identificação e descrição de estruturas, e dos elementos que as compõem; e ii) a sua classificação segundo os seus princípios genéticos generativos.

Na computação, os estudos gramaticais iniciados por George Stiny e James Gips (1972), denominados de gramática da forma (do inglês *shape grammar*), estabelecem a base de um dos contributos mais relevantes para a análise/decomposição morfológica descritiva e sintática. As suas origens assentam nos conceitos fundamentais de morfologia e sintaxe da gramática generativa linguística de Chomsky (1980 [1955]). O método emerge de um conjunto de outros utilizados nos países anglo-saxónicos desde os anos 60 do século XX, denominado *Design Methods* (Alexander, 1964; Jones, 1970). Como método alternativo, permite especificar a génese da linguagem de *design*, de acordo com a aplicação de regras pré-estabelecidas (formas geométricas básicas e transformações euclidianas), fornecendo um mecanismo que possibilita manipular essas regras segundo sequências lógicas, algoritmos (Post, 1936; Turing, 1936), para gerar soluções diferenciadas em resposta a circunstâncias

particulares. Stiny e Gips (1972) estabelecem uma abordagem algorítmica do processo de conceção. Os sistemas baseiam-se no conhecimento para a resolução de problemas, utilizando regras para representar, manipular e produzir esse conhecimento. A gramática da forma tem provado ser um poderoso meio descritivo, interpretativo, classificativo, avaliativo e generativo de linguagens de arquitetura e urbanismo (Stiny, 1980, 1981). Como método analítico, facilita a descodificação das regras subjacentes a um estilo ou linguagem arquitetónica ou urbana e, como generativo, possibilita a geração de um conjunto alargado de soluções de projeto dentro das regras aferidas na análise de um *corpus*. Os estudos analíticos têm permitido caracterizar linguagens de projetos e revelar regras formais subjacentes aos seus processos generativos. Stiny e Mitchell (1978) demonstram o grande potencial das gramáticas na análise morfológica e sintática das *Villas* de Palladio através da geração de projetos de Palladio, originais e novos, que representavam o seu estilo. Duarte *et al.* (2007) e Beirão (2012) usaram o formalismo do método analítico para definir gramáticas urbanas com o objetivo de os adotar como soluções para problemas do urbano contemporâneo.

No estudo do urbano português, para descrever os mecanismos que levaram a adotar diferentes soluções no urbano de origem portuguesa e descodificar a génese da forma baseada no conhecimento dos vários atores envolvidos, tornou-se necessária a confrontação do material gráfico (cartografia histórica) com a tratadística (tratados, códices, compêndios, aulas, etc.). As fontes utilizadas foram, sobretudo, primárias, em especial, a tratadística presente nos arquivos portugueses. Os tratados portugueses inventariados definiram o *corpus* teórico do trabalho, composto por 30 documentos, entre tratados, códices, compêndios, exercícios das aulas militares – referentes às aulas de Geometria, Geometria Prática, Esfera, Matemática Aplicada à Fortificação, Desenho, Arquitetura Militar e Civil e Fortificação (Paio, 2011). A amostra incidiu, essencialmente, sobre a tratadística já referida em vários estudos históricos, como sendo essenciais à formação dos fazedores do urbano. A cartografia portuguesa definiu um *corpus*, denominado de prático, de setenta e cinco exemplares de núcleos urbanos desenhados por fazedores do urbano, entre os séculos XVI-XVIII, no território geográfico do universo ultramarino português (Portugal, Brasil, Índia e África). A amostra recolhida corresponde a uma percentagem reduzida do que foi construído nos territórios portugueses entre os séculos XVI-XVIII, mas alargada relativamente aos registos gráficos existentes nos arquivos nacionais e internacionais.

Quadro 7.1. Etapas da lógica descritiva e sintática de descodificação da génese morfogenética do urbano de origem portuguesa



Com base no *corpus*, iniciou-se o método de identificação e descrição do processo formal do urbano de origem portuguesa (séculos XVI-XVIII), confrontando a construção dos modelos formais reguladores de cidades ideais, presentes nos tratados, com os exemplos construídos. O Quadro 7.1 expõe, por etapas, a lógica descritiva e sintática de descodificação da génese morfogenética do urbano de origem portuguesa. A primeira etapa corresponde à descrição genético-generativa da morfologia urbana portuguesa (séculos XVI-XVIII), à luz da génese pitagórica-euclidiana e vitruviana. A segunda, dissecar o *corpus* descrevendo os seus atributos geométricos e topológicos e estabelecendo categorias e respetivas classes. O reconhecimento de elementos, das suas especificidades físicas e das suas relações, constitui uma etapa fundamental no processo taxonómico dos processos de composição formal de sistemas. A terceira etapa equivale à classificação do *corpus* segundo sistemas geométricos básicos e aos testes aos princípios e às suas lógicas na geração de novos sistemas. Foram aferidas lógicas generativas, globais e

específicas, e critérios de aplicação dos princípios, validando-os como geradores de sistemas do *corpus* e de novos sistemas: primeiro, através da determinação e da comparação dos códigos genéticos dos sistemas, isto é, da identificação dos princípios aplicados para gerar um dado sistema e os níveis de hereditariedade e de adaptabilidade/flexibilidade dos sistemas inseridos no *corpus*. E, em seguida, através da classificação dos sistemas gerados em quatro sistemas geométricos básicos.

7.2.1. Génese pitagórica-euclidiana: *raciocínio abstrato de régua não graduada e compasso*

A génese pitagórica-euclidiana assenta no papel da geometria para organizar um discurso duplamente articulado entre o plano da forma visível e o domínio do raciocínio abstrato da ideia que a estrutura (Paio, 2007). Como afirma Fortes (1660-1749) (1993, tomo I), '(...) quasi não há profissão, ou arte na vida humana, que

deixe de necessitar das suas regras, e problemas (...). Para que os engenheiros '(...) práticos, & soldados possaõ ter mais algua ainda que breve noticia lhe proponho os problemas deste Cõpendio, que são vulgares, como tambem alguns theoremas de Euclides que servem para a intelligencia das propriedades, & combinaçoens das linhas, & angulos das figuras da Fortificação posto que no Methodo havemos já ensinado hum breve, & facil caminho para se investigarem'. Pimentel (1613-1679), tal como outros autores de tratados de arquitetura e de engenharia, promove no seu tratado uma visão utilitária da geometria pitagórica-euclidiana, para determinar as proporções relacionadas com a construção de figuras planas.

Nos tratados portugueses é notório que os fazedores do urbano português recorrem à cópia dos axiomas, teoremas e proposições de Euclides e suas ilustrações para descrever e demonstrar as propriedades das figuras geométricas básicas (Euclid, trad. Health, 2006), como: i) definições: os elementos básicos da geometria plana – ponto, reta, círculo e outras figuras poligonais regulares; ii) operações: traçar círculos e unir pontos de intersecção – paralelismo perpendicularidade, medição de ângulos, inscrever e circunscrever figuras planas; e iii) transformações: quadrar, duplicar e tripartir (Paio, 2011). O conhecimento incorporado nos tratados permite, ainda: i) apreender os vários níveis de abstração do processo conceptual (definições, operações, transformações) e a influência dos modelos teóricos ideais citados e difundidos em escolas europeias; ii) conferir a dimensão operativa da geometria, como dispositivo gramatical do traçado urbano, uma ciência preparatória, uma disciplina mental, um discurso abstrato que facilita a estruturação de sistemas formais reguladores; e iii) confirmar a capacidade dos fazedores urbanos para configurar sistemas urbanos planimétricos.

7.2.2. *Génesse vitruviana: a cidade como lógica geométrica*

Os modelos formais cartesianos enunciam uma lógica baseada na ordem e na clareza de ideias, aliada aos desígnios políticos e estéticos, e critérios científicos de pensamento racional (Paio, 2007). Pimentel (1993[1680]), no seu tratado, define arquitetura em função da sua vivência 'digo o que entendo, & experimentei', e da leitura e conhecimento do 'Príncipe da Architectura, Vitruvius'. Pimentel reafirma, assim, a indissolubilidade do pensamento e da ação, porque ambos são necessários na formação do fazedor de fortificação, e como consequência do

urbano (Paio, 2009). A divulgação da cidade vitruviana enformará o pensamento criativo dos vários autores do urbano ao longo de três séculos, através da construção de modelos formais ideais reguladores globais, que serviram, na maioria dos casos, dois propósitos: razões políticas e sociais. Segundo Argan (1999, p. 58) '(...) a primeira fonte continua a ser o tratado de Vitruvius, que, já conhecido na Idade Média, se tornou o texto básico para os tratadistas de arquitectura'. Os modelos serviram como objeto de estudo e de experimentação privilegiado, permitindo na sua estruturação usar conceitos formais aplicados ao campo da defesa de territórios das coroas europeias (Moreira, 1981; Valla, 2001, 2004; Tavares, 2007). Deste modo, constituem o laboratório onde se irá testar e validar soluções num processo contínuo de vários séculos.

Os tratados portugueses estão repletos de relatos, ilustrações de cidades teóricas ideais e de cidades projetadas ex-novo, estruturadas segundo critérios puramente racionais e regulares que contribuirão em larga medida para a constituição e difusão da doutrina de cidade como lógica geométrica de génesse vitruviana, ou seja, a cidade como construção mental e a geometria como ferramenta de raciocínio abstrato, ordenador de sistemas que relacionam o todo e as partes. Como afirma Vitruvius (trad. Maciel, 2006, p. 30) 'a ciência do architecto é ornada de muitas disciplinas e de vários saberes (...) Nasce da Fabrica e do Ratiocinatio'. A geometria proporciona à arquitetura muitos recursos, ensina o uso do compasso e dos esquadros na lógica e métodos geométricos aplicados à *Compositio* dos templos e das cidades e '(...) assenta na Symmetria, a cujo princípio os architectos se deverão submeter com muita diligência. A comensurabilidade nasce da Proportio (proporção) (...) (Vitruvius, trad. Maciel, 2006, p. 38).

A geometria era aplicada aos diferentes problemas a que os arquitetos eram chamados a resolver. Pimentel acrescenta-lhe um argumento estético, afirmando a grande formosura que encontrava nesta retícula geométrica e na poética da linha reta. Os procedimentos militares da fortificação estavam subordinados a uma dinâmica geométrica muito bem definida (Pfeffinger trad. Maia e Fortes, 1708). Pimentel e Fortes definem uma estética de regras geométricas, por oposição a uma estética imaginativa e livre. Existem várias questões de carácter funcional e estético que levam os fazedores do urbano português a aplicar a geometria no desenho da estrutura urbana: i) o desenho das fortificações, o limite do urbano, que corresponde a figuras geométricas poligonais regulares (pentágonos, hexágonos, octógonos, etc.); ii) o ajustamento dos principais edifícios, ruas, portas, a fim de criar uma malha harmoniosa com o limite definido; e iii) os benefícios

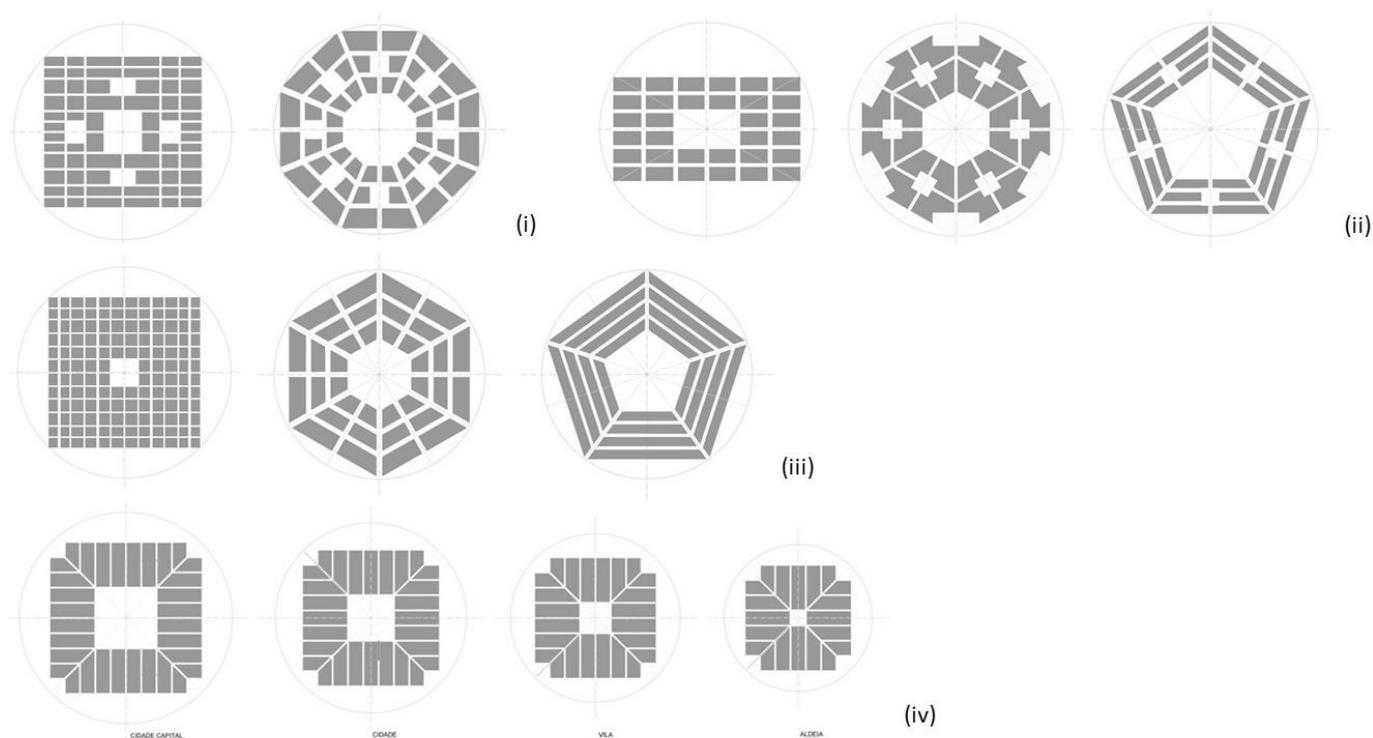


Figura 7.1. Modelos teóricos ideais:

(i) António Rodrigues; (ii) Luís Serrão Pimentel; (iii) Manuel Azevedo Fortes; e (iv) José de Figueiredo Seixas.

militares que decorrem da existência de ruas largas e retas para o movimento e fornecimento das tropas (Lewis, 1992).

A identificação da génese pitagórica-euclidiana e vitruviana permitiu descrever os modelos formais divulgados nos tratados portugueses, contextualizados nas influências sofridas por outros tratados portugueses e estrangeiros. Quatro modelos teóricos de cidades ideais foram formalizados (Paio, 2011) – Figura 7.1: i) António Rodrigues: a cidade influenciada pelos tratados do século XV-XVI; ii) Luís Serrão Pimentel: a cidade ideal escrita dos militares; iii) Manuel Azevedo Fortes: a cidade influenciada dos tratados do século XVI-XVIII; e iv) José de Figueiredo Seixas: a cidade ideal escrita e desenhada (Seixas 1759-1769). Os modelos formais apresentados refletem o máximo poder de síntese e de simplificação, revelando um pensamento recursivo.

7.3. Taxonomia do urbano de origem portuguesa (séculos XVI-XVIII)

A descrição do urbano através de métodos taxonómicos possibilitou a classificação do *corpus* segundo os seus princípios genéticos e generativos (Lineu, 1758; Bailey, 1994; Steadman, 2008), inferir lógicas generativas que caracterizam as representações urbanas portuguesas pertencentes a um mesmo grupo de sistemas urbanos planimétricos e, ainda, a reprodução destes como linguagem. Os resultados foram traduzidos em quadros de códigos genéticos, para aferir níveis de hereditariedade, adaptabilidade e flexibilidade dos sistemas representativos do *corpus* (Paio, 2011; Paio e Turkienicz, 2009,

2011). Os princípios genéticos e geradores converteram-se num conjunto de lógicas necessárias para gerar sistemas urbanos planimétricos ideais e suas variantes. A taxonomia do *corpus*, alicerçada na génese pitagórica-euclidiana e vitruviana, reduziu progressivamente os atributos geométricos e topológicos, definindo duas categorias: i) geométrico-configuracionais; e ii) topológico-funcionais. Cada categoria é composta por classes de princípios genéticos e geradores, que estão relacionadas entre si e com o todo. Os princípios transportam-nos, por um lado, para uma ontologia, compreendida como o estudo das formas do sistema no seu desenvolvimento embrionário; e por outro lado, para a topologia, entendida como forma geométrica, cuja noção básica é a de um espaço não quantitativo e em que se consideram apenas as relações de posição dos elementos no sistema.

7.3.1. Geométrico-configuracionais

Na procura das relações invariáveis, pelas quais as formas são reguladas e interligadas, verifica-se que os padrões se erguem num processo generativo sobre níveis arquétipos, assentes em sete princípios genéticos e geradores: i) posição - definição do ponto (centro geométrico); ii) direção - traçado da reta (eixos vertical e horizontal); iii) limite - o traçar do círculo; iv) figura geradora - a divisão do círculo em partes iguais; v) diagonal; vi) proporção; e vii) simetria.

A posição, representa a ponta do compasso, um ponto indivisível que organiza os elementos e relações geométricas e funcionais do sistema. A reta, caracterizada pelo(s) eixo(s) geométrico(s) ortogonais (x,y) desenhados com régua não graduada, é essencial para a definição de direção. O limite expressa o domínio e a periferia, é definido por um círculo, desenhado pelo compasso, que se fecha e que representa a unidade desejada. Da divisão do círculo com régua não graduada e compasso surgem três figuras geradoras: triângulo equilátero, quadrado e pentágono. A repetição de formas, segundo uma diagonal, conduz à repetição de rácios e assegura a repetição de figuras semelhantes (Euclid, Liv. I, prop. 43; Liv. I, prop. 47) (Hambidge, 1967). Este conhecimento está na origem dos princípios genéticos e generativos da proporção e simetria (Scholfield, 1971(1958)]. A proporção estabelece-se segundo procedimentos arquitetónicos da figura geradora, resultado da aplicação de dois tipos de operações básicas de repetição: i) uma de divisão, a tripartição; e ii) outra de rotação e sobreposição da figura geradora, que se traduz numa progressão geométrica. A

análise dimensional permitiu estabelecer intervalos de variação das dimensões e das proporções (Paio, 2011).

7.3.2. Topológico-funcionais (TF)

A segunda categoria é composta por atributos que aliam a lógica da forma a uma função específica no sistema planimétrico urbano, segundo relações básicas entre os elementos urbanos de composição: i) ruas; ii) quarteirões; iii) edifício(s) singular(es); e iv) praça(s). O traçado da rua é um dos elementos mais claramente identificáveis, tanto na forma de uma cidade como no gesto de a criar. O traçado das ruas tem um carácter de permanência, não modificável, que lhe permite resistir às transformações urbanas. O quarteirão adquire o estatuto na produção da cidade, como unidade morfológica que agrupa subunidades (Lamas, 1992). O quarteirão não é autónomo dos restantes elementos do sistema urbano, agrega e organiza todos os outros elementos da estrutura urbana (rua, praça ou edifícios singulares).

Os edifícios com valor e com significação social, política, religiosa ou militar ganham individualidade e grande expressão no desenho urbano, tornam-se um pólo estruturante topológico-funcional. O edifício singular é 'gerador de funções no espaço urbano, sem o qual perderia boa parte da sua razão de ser' (Lamas, 1992, p. 184). Foram identificados quatro tipos de edifícios: i) religiosos – correspondem às igrejas (*igr*); ii) casas singulares – casa da câmara (*cmr*), casa do governador (*gvn_cs*), casa do padre/vigário (*pdr_cs*), casa do director (*drt_cs*) e casa do rei (*rei_cs*); iii) edifícios militares – quartéis (*mlt*), armazéns (*armz*), corpo da guarda (*mlt*), elementos da fortificação – porta (s) principais (*P*), baluartes (*blt*), cortina (*crt*); e iv) outros edifícios, como: o pelourinho (*pl*) e o cruzeiro (*crz*) – que se tornam pontos de significado e de ostentação de poder, associados, respetivamente, à casa da câmara e à igreja –, bem como, a fonte (*fnt*), o obelisco (*obl*) e o marco (*mrc*). Neste grupo, encontram-se ainda o hospital (*hsp*), o engenho (*engh*) e o curral (*crl*), edifícios singulares menos expressivos nos sistemas, mas, em alguns casos, estruturantes. A análise do *corpus* permitiu concluir que 99% da cartografia histórica tem a igreja representada; 26%, a casa da câmara; 66%, os edifícios militares; 32%, outras casas singulares; e 33%, outros edifícios.

A praça, ou *platea*, como elemento morfológico da composição urbana, distingue-se de outros espaços pela organização espacial e intencional no sistema planimétrico. O desenho da praça 'resulta dos seus processos de génese, na absorção de modelos de referência, consequência de situações

planeadas' (Berger, 2007, p. 15). A praça é entendida como um lugar especial, e não apenas um vazio na estrutura. A sua intencionalidade é dada pela situação da praça na estrutura urbana e nos elementos morfológicos – edifícios singulares que a caracterizam. Foram identificados quatro tipos de praças: (i) praça civil (*prç_cvc*), associada à presença da casa da câmara; (ii) praça religiosa (*prç_rlg*), ligada à localização da igreja; (iii) praça mista (*prç_mst*), relacionada com a presença da igreja e outro(s) edifício(s) singular(es); e (iv) praça militar (*prç_mlt*), associada à localização de um edifício militar, ou inexistência de outro edifício singular. As praças como lugares de manifestação de poder necessitam de marcos simbólicos do seu centro, pelourinho, cruzeiro; fonte, obelisco ou marco.

7.3.3. *Sistemas urbanos planimétricos proporcionais e simétricos: lógicas generativas e classificação*

Os sistemas urbanos planimétricos erguidos sobre os modelos referenciados nos tratados, evidenciam uma grande capacidade operativa e adaptativa, assentes num conjunto de lógicas generativas. Os sistemas são gerados a partir das coordenadas do ponto (x,y), que correspondem à posição: i) do centro geométrico; ii) da origem da localização da povoação no território (georreferenciação); iii) do cruzamento de duas ruas principais; e iv) de edifícios singulares ou a localização da praça. Os dois eixos (x,y) do sistema planimétrico, caracterizam a direção: i) a marcação da orientação solar N/S e E/O; ii) a definição de uma direção dominante das ruas; iii) o posicionamento de edifícios singulares; iv) a relação entre a localização dos vários edifícios singulares e a praça; e v) a forma dos quarteirões, segundo a presença do rio/mar.

O limite equivale ao perímetro máximo e mínimo do círculo para gerar o sistema planimétrico. O primeiro só permite que o sistema seja gerado para fora do círculo. Esta opção corresponde ao círculo no qual será inscrita a figura poligonal regular geradora, que gerará o sistema a partir da forma da praça, permitindo uma maior expansão no território. O limite como perímetro máximo só permite gerar o sistema para dentro do círculo. Neste caso, o limite corresponde ao círculo onde será inscrita a figura geradora de um sistema com fortificação. O limite assume medidas-padrão portuguesas, vigentes nos séculos XVII e XVIII (Araújo, 1992), traduzidas no raio do círculo (Paio, 2011).

A escolha da figura geradora (triângulo equilátero, quadrado ou pentágono) passa pela sua facilidade de construção

geométrica, cálculo de áreas e função a que se destina. Os sistemas definidos a partir do limite máximo são um bom exemplo. A figura geradora é determinada pela estratégia militar de defesa, ou seja, o tipo de relação entre a muralha fortificada e a estrutura urbana. Identificam-se dois tipos de relação entre a figura geradora dos sistemas e a composição urbana: i) a composição dos elementos urbanos e a fortificação estão articuladas; e ii) a composição urbana e a fortificação são autónomas. Na primeira hipótese, a figura geradora cria um sistema concêntrico de organização radial da estrutura urbana. A figura geradora escolhida para conceber a fortificação influencia a estrutura urbana. Na segunda, a figura geradora, escolhida para produzir a fortificação, partilha o ponto (centro geométrico) com a estrutura urbana, mas não a influencia diretamente (Figura 7.1). Os sistemas da primeira hipótese optam por figuras poligonais regulares (triângulo, hexágono e pentágono) porque definem estruturas radiais mais adequadas aos procedimentos militares em caso de guerra. A opção pelo quadrado, apesar de utilizada nesta hipótese, é maioritariamente utilizada em sistemas que se iniciam com a definição do perímetro mínimo, definindo uma estrutura reticulada que permite uma expansão contínua por todo o território.

Quanto à simetria estabelecem-se relações com a definição dos eixos do sistema e agrupam-se em dois tipos: i) o biaxial; e ii) o multiaxial. O poder organizativo do primeiro sistema resulta da regularidade e da continuidade da sua estrutura, controlando os elementos que organiza sem os deformar. Neste caso, este tipo de simetria dá origem a uma configuração em retícula. A simetria multiaxial consiste na combinação de quatro, cinco ou seis eixos, que se intersectam num ponto central, dando origem a uma configuração radial. Trata-se de um sistema centrado no ponto de origem, a partir do qual um número de elementos lineares se expande, estabelecendo-se modelos de circulação, que são radiais, ligando, por exemplo, uma praça central a elementos periféricos, como portas da fortificação. A associação do tipo de simetria do(s) sistema(s) planimétrico(s) à figura geradora é evidente. O triângulo, por exemplo, permite gerar sistemas planimétricos com simetria biaxial e multiaxial (Figura 7.2). A primeira simetria só é aplicável a uma das figuras derivadas do triângulo e da sua rotação, o hexágono, composto por quatro eixos (eixo x e y, diagonal 30° e 150°), que correspondem às suas diagonais. Em relação à outra figura, o retângulo $\sqrt{3}$, só é aplicável uma simetria biaxial. A presença das diagonais, diagonal 30° e 150°, são essenciais à repetição gnómica do retângulo $\sqrt{3}$ segundo regras específicas – Figura 7.2 (Paio, 2011). O quadrado como figura geradora dá origem a sistemas com os dois tipos de

PARÂMETROS: FIGURA GERADORA (GC_{fgp}), OPERAÇÃO DE REPETIÇÃO, RELAÇÃO COM O LIMITE (GC_{lim})
(sem escala)
Termos da Progressão Geométrica (PG) e Variantes(V)

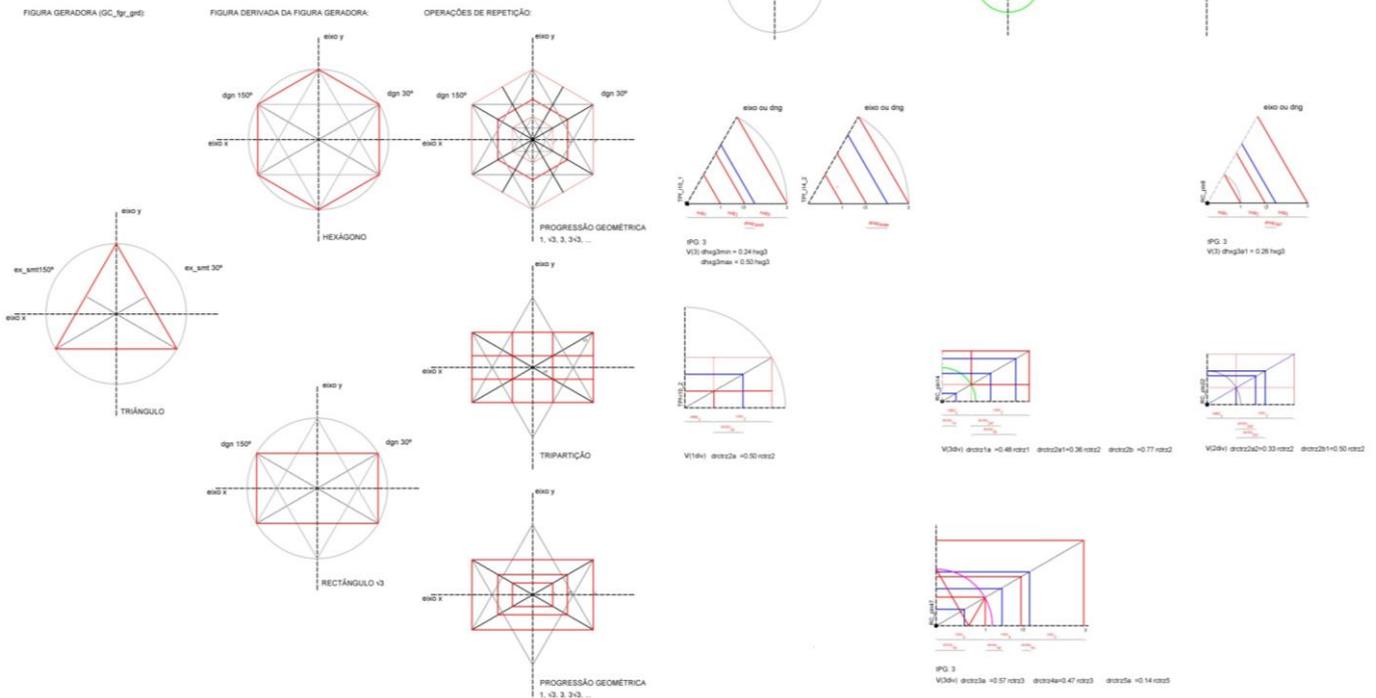


Figura 7.2. Sistemas urbanos planimétricos proporcionais e simétricos: lógicas generativas dos princípios geométrico-configuracionais.

simetria. Na simetria biaxial, torna-se necessário definir os eixos x e y. Na simetria multi-axial, é preciso definir os eixos x, y, bem como as diagonais – diagonal 45° e diagonal 135°. O pentágono só gera sistemas planimétricos com simetria multiaxial, a partir dos cinco eixos de simetria (eixo y, eixos de simetria 18°, 54°, 126°, 162°).

Na proporção do sistema, também, se verifica um conjunto de relações dependentes da figura geradora, definindo dois tipos de aplicação: i) progressão geométrica (PG); e ii) tripartição (Trip). No triângulo como figura geradora podemos gerar o hexágono ou retângulo v3. A PG 1: √3 tem por base a repetição recursiva da figura derivada segundo três termos da PG, 1, √3, 3. A escolha da Trip, só se aplica ao retângulo v3 e divide a figura em nove partes iguais. No quadrado como figura do sistema pode ser gerado também o octógono. A PG 1: √2 tem por base a repetição

recursiva da figura derivada segundo três termos da progressão. A tripartição divide a figura em 9 partes iguais. Em relação ao pentágono, a PG 1: √5, ou seja, a repetição recursiva da figura geradora segundo quatro termos da PG.

Relativamente às lógicas definidas pelos princípios topológico-funcionais, observou-se três tipos de ruas: i) os eixos principais (x,y), que se estabelecem como ruas-eixo; ii) a figura geradora, ou a sua derivada, que posiciona as quatro ruas ortogonais iniciais da estrutura urbana; e iii) e as diagonais, ou eixos de simetria, que determinam as ruas diagonais/eixo de simetria do sistema (Figura 7.3). Isto possibilitou perceber a existência de processos de conjugação dos posicionamentos básicos; por exemplo, as ruas-eixo (x,y) associam-se às quatro ruas definidas pela figura geradora, ou às ruas diagonal/eixo de simetria. As restantes ruas posicionam-se no sistema segundo a

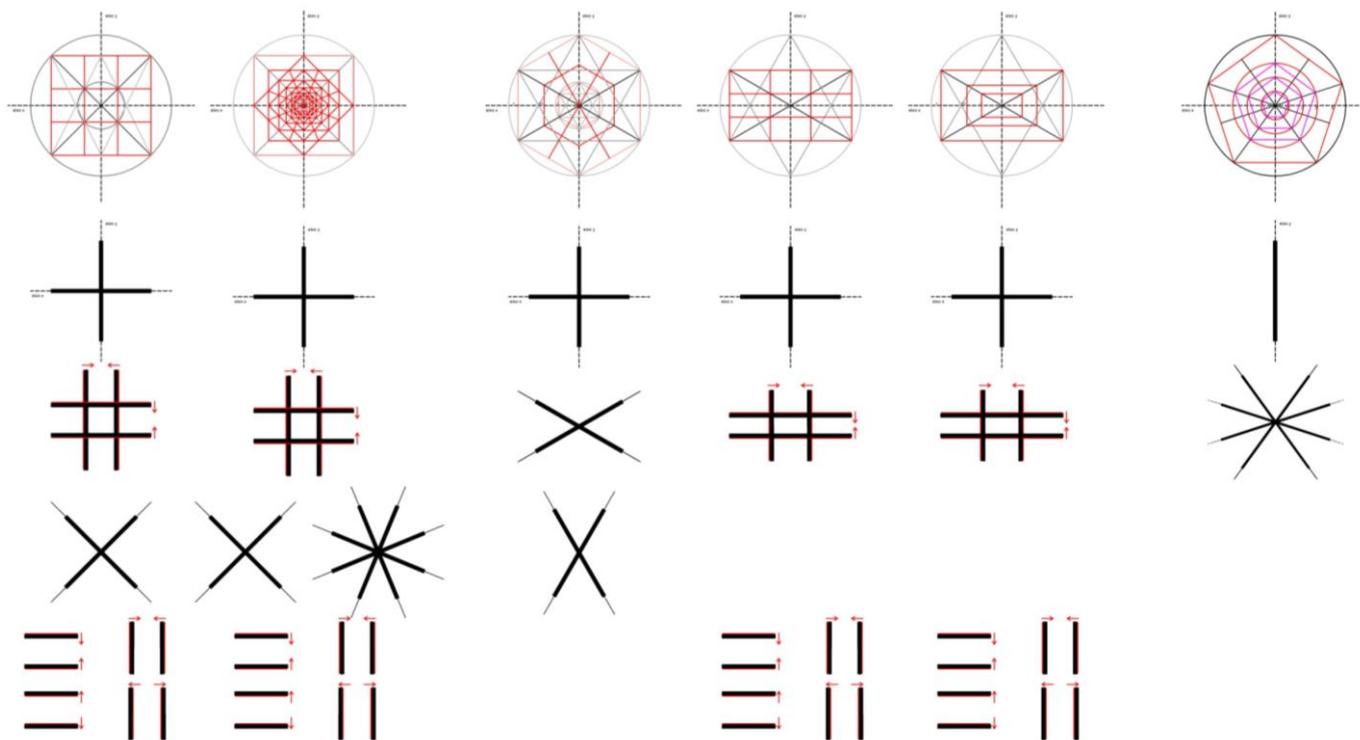


Figura 7.3. Sistemas urbanos planimétricos proporcionais e simétricos: lógicas generativas dos princípios topológico-funcionais - ruas.

estrutura geométrica definida pelas regras de simetria. O princípio de hierarquia define-se em relação à dimensão, à forma e à localização dos elementos no sistema (Paio, 2011).

Os quarteirões (forma, dimensão e volumes variáveis) são definidos, consoante o seu posicionamento na estrutura de ruas. As variantes são condicionadas pela presença da praça(s) ou dos edifício(s) singulares(s), maioritariamente, pela presença da igreja.

Na relação do(s) edifício(s) singular(es) com a direção, são estabelecidas três opções: i) eixo dominante y; ii) eixo dominante x; e iii) eixo dominante x e o y (Figura 7.4). Neste último, o edifício singular localiza-se no ponto geométrico (x,y), no centro do sistema, e associa a povoação à sua função dominante. No *corpus*, verificou-se que são quatro os 'edifícios' que se localizam no centro: i) a igreja, que se associa a funções religiosas dominantes; ii) o edifício militar, ligado a funções militares dominantes; iii) o pelourinho, relacionado com funções civis; e iv) a fonte, o obelisco e o marco, que são representações simbólicas

do centro, não estando associadas a funções específicas. Nos restantes, o eixo dominante prende-se com quatro aspetos de relação e posicionamento dos edifícios na estrutura urbana: i) perpendicularidade ou paralelismo com o rio/mar; ii) entre os edifícios singulares; iii) direção dominante dos quarteirões; e iv) orientação solar. Nas lógicas generativas aferidas no *corpus*, principalmente a representação cartográfica, é evidente que existem conjugações entre estes aspetos: i) perpendicular ao rio/mar + relação entre os edifícios; ii) paralelo ao rio/mar + relação entre os edifícios; iii) relação entre os edifícios; iv) direção dominante dos quarteirões; e v) orientação solar.

Os edifícios singulares relacionam-se com os restantes princípios genéticos e geradores, numa posição predominante ou integrante. Esta definição é fundamental para a localização posterior da(s) praça(s). Na definição de uma posição predominante, o(s) edifício(s) singular(es) tornam-se pontos fulcrais na organização da estrutura, uma vez que modificam a forma dos quarteirões ou ruas onde são inseridos. As

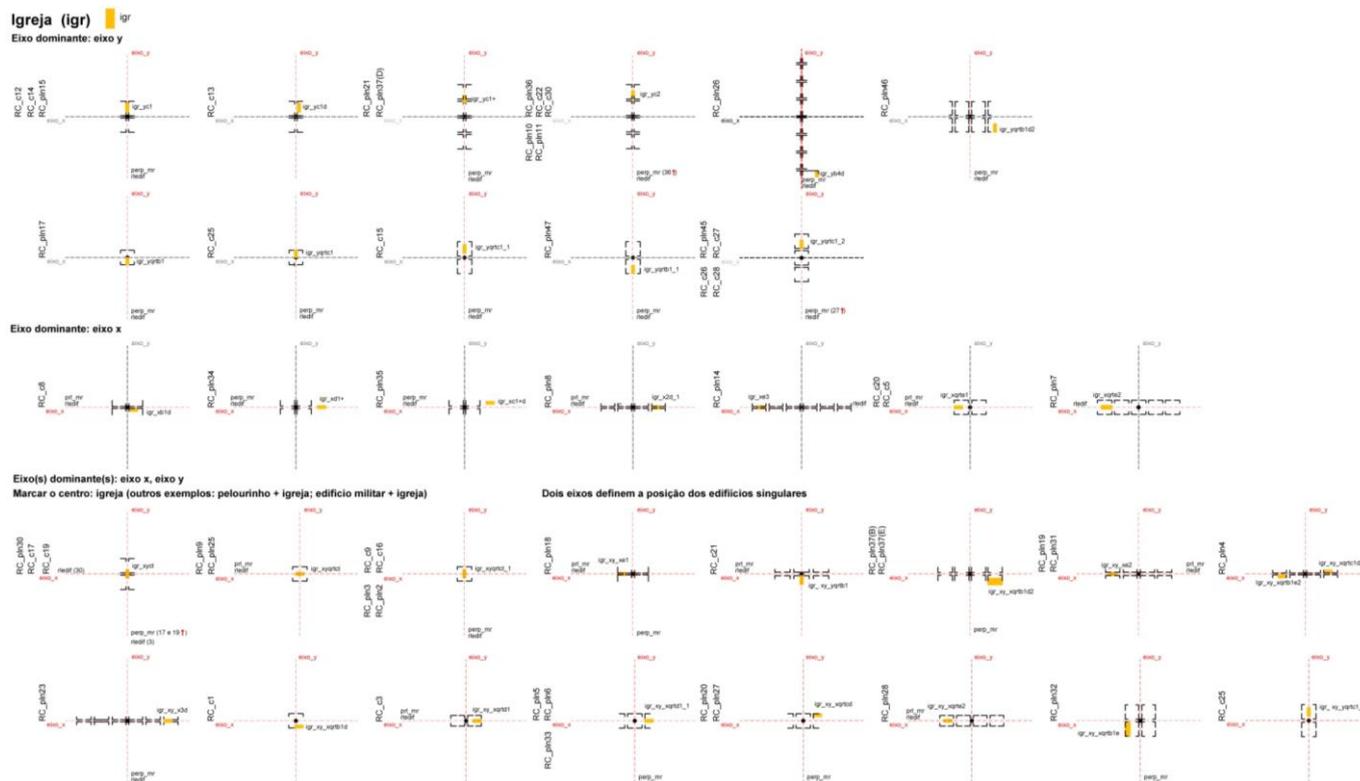


Figura 7.4. Sistemas urbanos planimétricos proporcionais e simétricos: lógicas generativas dos princípios topológico-funcionais – edifícios singulares.

modificações morfológicas estão relacionadas com: i) a necessidade de isolamento do edifício no sistema; e ii) o fechamento dos lados de praças e de perspectivas retilíneas. Na definição de uma posição integrante, o edifício continua a destacar a sua presença, sem, no entanto, alterar a estrutura de quarteirões ou de ruas do sistema. O edifício localiza-se no quarteirão e assume uma posição integrante, não modificando a sua forma inicial. A posição do edifício no quarteirão é variada: i) o edifício pode ocupar a totalidade do quarteirão, solução que se associa à escala do plano; ou ii) outra posição, que não seja o centro do quarteirão.

A localização da(s) praça(s) no sistema planimétrico estabelece-se através de seis dos seus princípios genéticos generativos: i) posição; ii) direção; iii) figura geradora; iv) rua; v) quarteirão; e vi) edifício(s) singular(es). Os três primeiros princípios permitem localizar: i) a posição da praça no sistema,

nos casos em que está no centro do sistema; o ponto como elemento que define o centro é formalizado pela presença da praça; ii) múltiplas praças associadas ao eixo dominante; e iii) a praça a partir da figura geradora, quando esta se associa ao limite mínimo (*prç*), só permitindo trabalhar para fora deste limite. Este último caso, só se aplica, se existir apenas uma praça de dimensão e com a forma da figura geradora (quadrado, triângulo equilátero ou pentágono e suas rotações octógono, hexágono ou decágono).

Os restantes princípios definem a forma, a função e a dimensão da praça. As ruas e quarteirões definem a forma à praça, estabelecendo regras operativas para trabalhar com os quarteirões (eliminar, aglutinar, reduzir, etc.). O(s) edifício(s) singular(es) associa(m)-se à função e ao número de praças existentes: i) praça civil; ii) praça religiosa; iii) praça mista; e iv) praça militar (Figura 7.5).

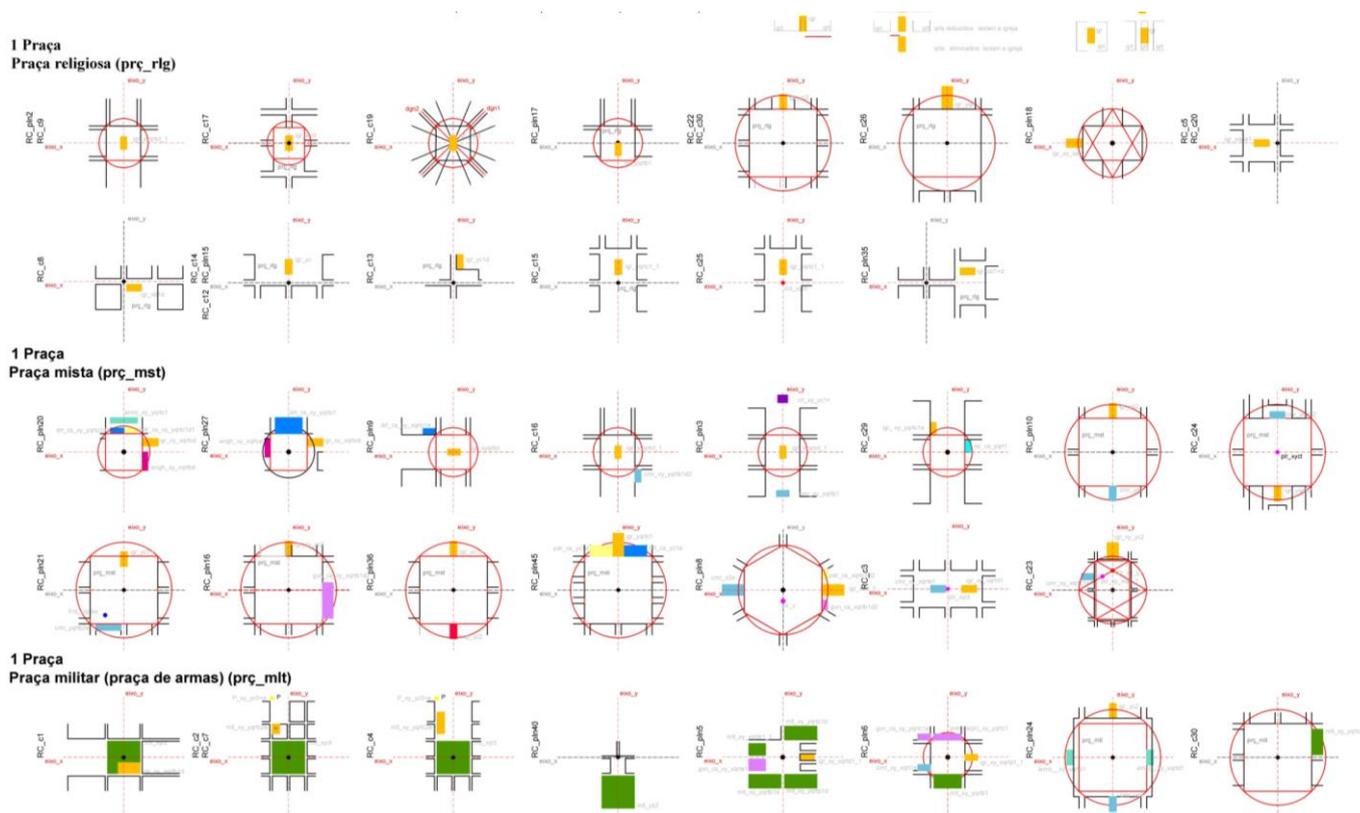


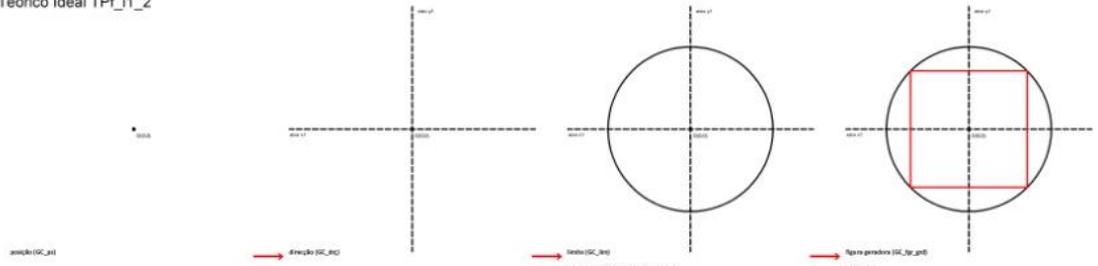
Figura 7.5. Sistemas urbanos planimétricos proporcionais e simétricos: lógicas generativas dos princípios topológico-funcionais – praça(s).

O número de praças depende da posição dos edifícios no sistema planimétrico: i) os edifícios agregados geram uma praça, na maioria das vezes reforçando o centro da povoação; ii) os edifícios singulares separados segundo um eixo dominante geram múltiplas praças, originando a presença de duas ou três praças no máximo; e iii) os modelos teóricos de cidades ideais divulgados nos tratados ou fortificações, pela sua estratégia militar, geram múltiplas praças, entre cinco a treze praças, uma central, de maiores dimensões, considerada a ‘praça de armas’, e as restantes, de menores dimensões. Na presença de múltiplas praças, outro aspeto importante é a hierarquia, que se estabelece pela diferença formal, dimensional, funcional ou toponímica (Paio, 2011).

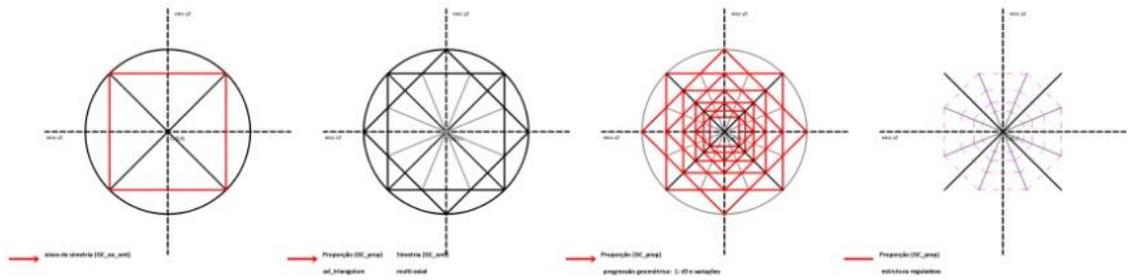
As lógicas dos princípios genéticos e generativos geométrico-configuracionais permitiram classificar os sistemas urbanos

planimétricos proporcionais e simétricos em três grandes grupos, conforme a figura geradora associada à proporção e simetria, e em quatro sistemas geométricos básicos: i) sistema I – o triângulo como figura geradora de sistemas urbanos planimétricos proporcionais e simétricos; ii) sistema II e III – o quadrado como figura geradora de sistemas urbanos planimétricos proporcionais e simétricos (figuras 7.6 e 7.7); e iii) o sistema IV – o pentágono como figura geradora de sistemas urbanos planimétricos proporcionais e simétricos (Figura 7.8). O grupo I é gerado a partir do triângulo equilátero, sendo caracterizado pela aplicação do princípio de proporção *ad-triangulum*, o primeiro sistema geométrico básico. O sistema I dará origem a duas figuras derivadas do triângulo: hexágono ou retângulo $\sqrt{3}$. Ao hexágono, aplica-se o princípio de proporção e progressão geométrica 1:√3 e o princípio de simetria multiaxial. Ao retângulo, pode-se aplicar

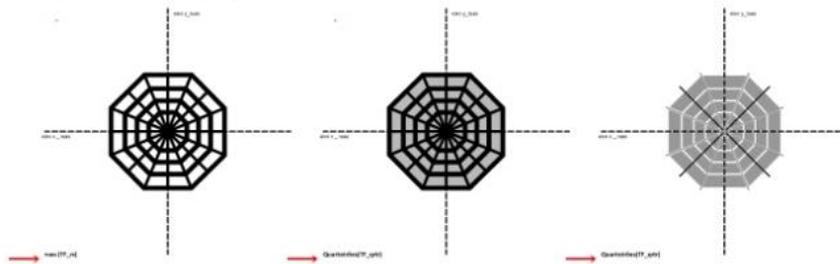
Modelo Teórico Ideal TPf_i1_2



Diagonal/eixos smt (GC_dng), Simetria (GC_smt) e Proporção (GC_prop)



Princípios genéticos e generativos topológico-funcionais (TF): Ruas (TF_rs), Quarteirões (TF_qrt)



Edifícios Singulares (TF_qrtr), Praças (TF_prc)

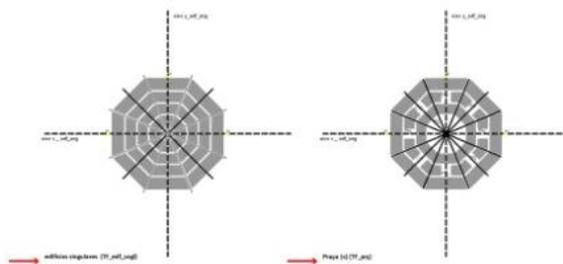


Figura 7.6. Sistemas urbanos planimétricos proporcionais.

Elemento representativo do *Corpus* RC_pln4

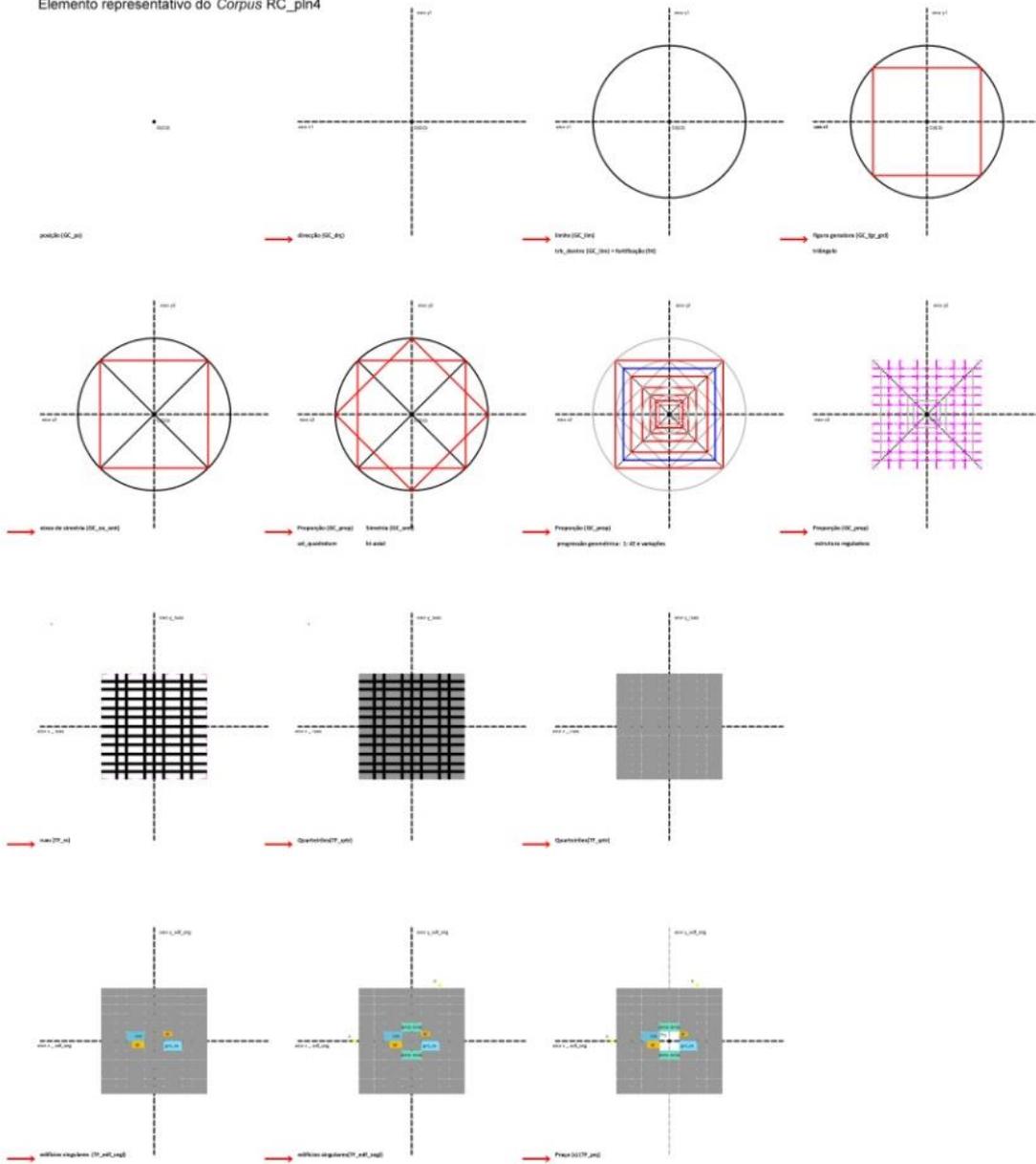


Figura 7.7. Sistemas urbanos planimétricos proporcionais.

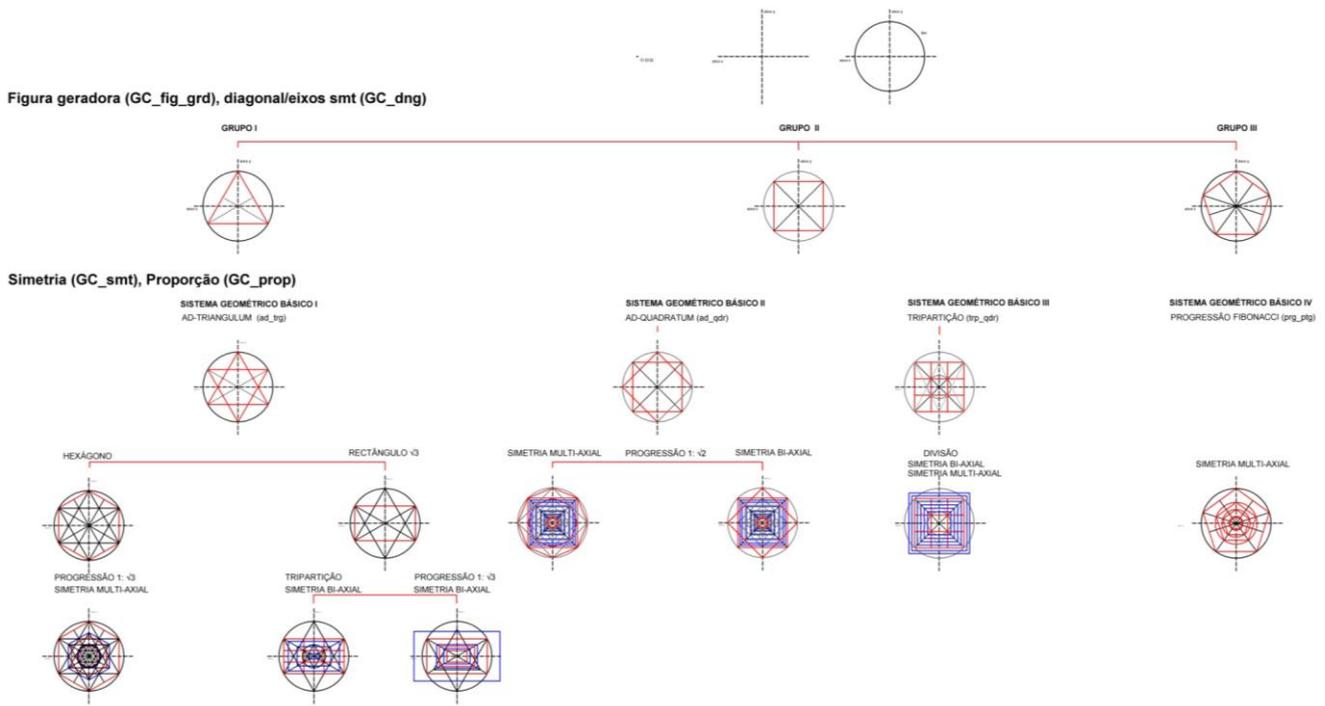


Figura 7.8. Sistemas urbanos planimétricos proporcionais e simétricos.

o princípio de proporção tripartição ou uma progressão geométrica 1: $\sqrt{3}$, mas o princípio de simetria biaxial. O grupo II é gerado a partir do quadrado, sendo caracterizado pela aplicação do princípio proporção, que a subdivide em outros dois sistemas geométricos básicos II e III: *adquadratum* e tripartição. Estes sistemas permitem aplicar o princípio de simetria biaxial e multiaxial. O grupo III é gerado a partir do pentágono, que estabelece o IV, sistema geométrico básico. Este, é caracterizado pela aplicação do princípio de proporção, segundo a progressão geométrica de Fibonacci, definido o último tipo básico. A este sistema só se aplica o princípio de simetria biaxial.

7.4. urbanGENE: gramáticas da forma do urbano português

A gramática como protocolo de uma linguagem permite codificar em regras formais de composição a gênese do fazer urbano de origem portuguesa num algoritmo, considerando os sistemas

urbanos planimétricos como produto de um processo sintático (Figura 7.9). A componente generativa da gramática permite produzir, formalmente, não só o *corpus* analisado, como outras soluções urbanas conformes com as regras que constituem a gramática. Esta é desenvolvida a partir da definição de vários componentes (Stiny, 1980, 1992): i) um conjunto finito de formas ou vocabulário (S); ii) um conjunto finito de rótulos (L) e pesos (W) usados para controlar a computação; iii) um conjunto de transformações euclidianas de semelhança (T), como rotação, reflexão, translação, escala, proporção, simetria, ou uma finita composição destas, sob as quais se aplicam as regras; iv) um conjunto finito de funções (G), que atribuem valores aos parâmetros das regras, mais um aspeto que define condições específicas de aplicação; v) um conjunto finito de regras (R) do tipo $\alpha \rightarrow \beta$, em que α é uma forma antecedente, pertencente ao conjunto (S, L, W, T, G)+ e β é uma forma consequente, pertencente ao conjunto (S, L, W, T, G)+; e vi) uma forma I designada de forma inicial, para dar início à computação, pertencendo, também, ao conjunto (S, L, W, T, G)+.

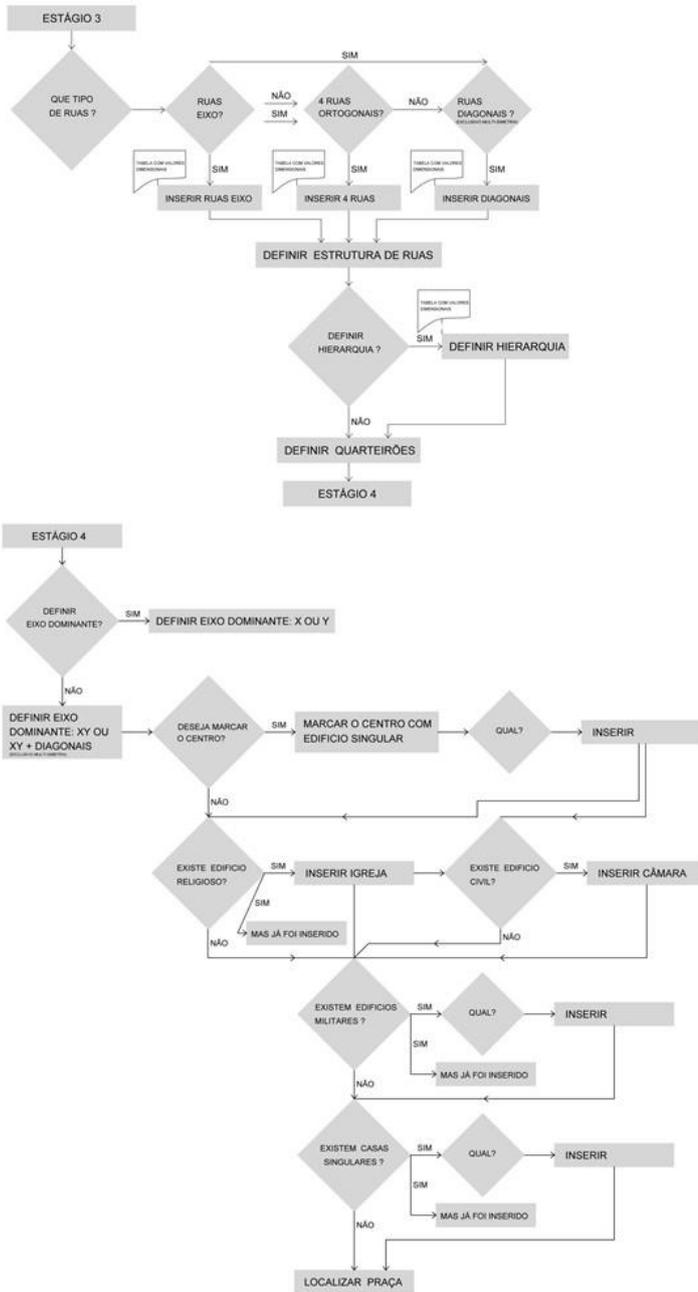


Figura 7.9. UrbanGENE: Fluxograma do algoritmo, estágio 3 e estágio 4.

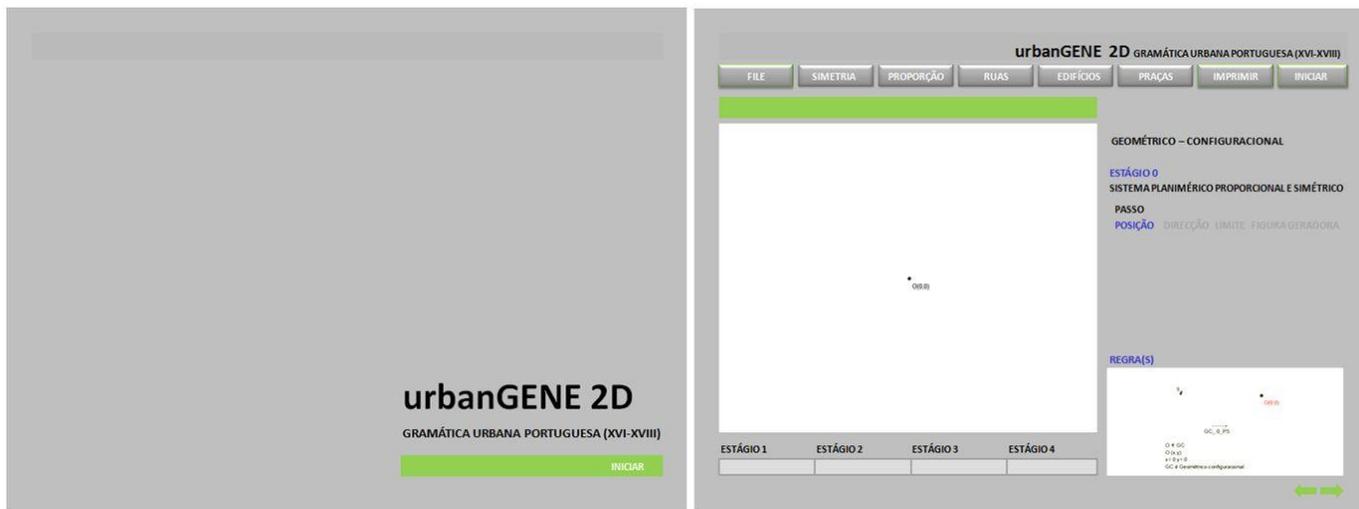


Figura 7.11. Mockup do interpretador *UrbanGENE 2D*: Estágio 0.

A *urbanGENE* é constituída por um conjunto de regras que, aplicadas, passo a passo, vão gerar soluções na linguagem do urbano de origem portuguesa (Figura 7.10). A estratégia adotada, permite ao utilizador da gramática partir de estágios mais abstratos para estágios mais concretos, tornando mais fácil de compreender cada etapa da derivação. A derivação desenvolve-se em quatro estágios sequenciais. O primeiro e segundo estágios contêm essencialmente regras geométrico-configuracionais e o terceiro e quatro, regras topológico-funcionais. As transições entre as sequências na aplicação das regras e estágios são controladas pelas convenções descritivas da gramática da forma metalinguagem de Liew (2004). A seguir, ilustra-se com um exemplo de derivação e interação automatizada, associado ao sistema geométrico básico II, através do *mockup* do interpretador *UrbanGENE 2D*, procurando demonstrar as potencialidades generativas da gramática, bem como, a capacidade pedagógica de ensinar geometria e o seu papel no urbano de origem portuguesa.

Estágio 0

A derivação de um sistema planimétrico tem início na introdução de um ponto com um par de coordenadas (0,0). Apenas uma

regra se aplica neste estágio, introduzindo a forma inicial que corresponde ao posicionamento na origem do referencial do sistema (Figura 7.11).

Estágio 1. Definir direção, limite e figura geradora

No primeiro estágio da gramática, o utilizador dispõe de cinco regras definidas com base nos princípios geométricos básicos generativos do sistema planimétrico proporcional e simétrico, os quais estabelecem três passos (Figura 7.12). O primeiro passo, aplica a regra que insere dois eixos geométricos ortogonais essenciais à simetria e à proporção, no estágio dois, e à localização dos edifícios singulares e praça, no estágio quatro. No passo seguinte o utilizador insere um círculo e os parâmetros dimensionais do seu raio, $r_{lim_max} \geq r_{lim} \geq r_{lim_min}$, determinado dentro do limite superior e inferior do intervalo de valores disponíveis. A definição do limite de trabalho está associada a rótulos que condicionam a aplicação das regras em todos os estágios seguintes: i) *frt* corresponde a fortificação e só permite trabalhar para dentro do círculo; e ii) *prç* corresponde a praça e só permite trabalhar fora do círculo. O último passo deste estágio insere a figura geradora e determina qual a família tipológica do sistema.

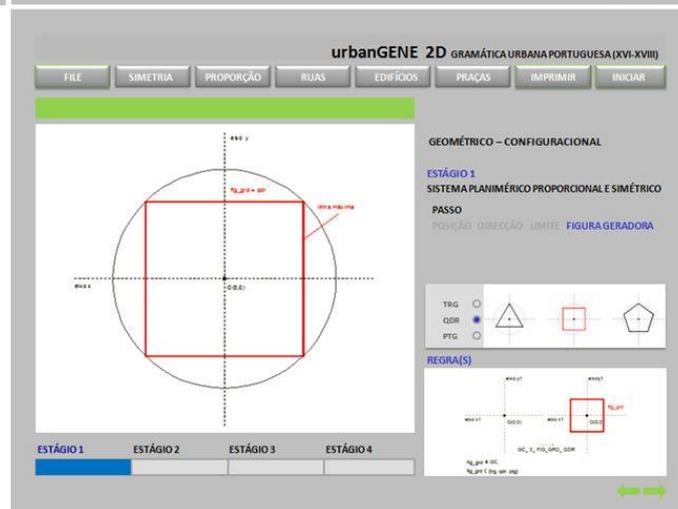
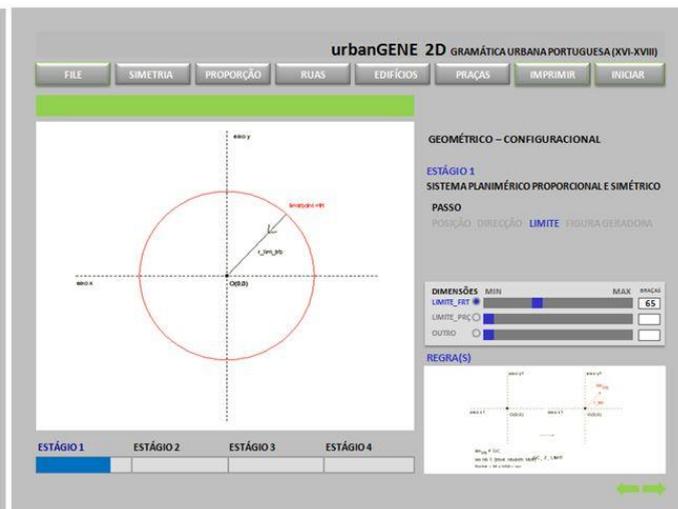
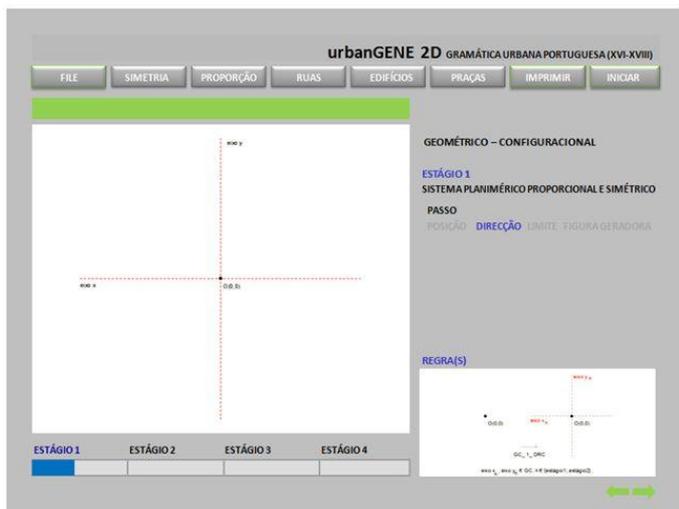


Figura 7.12. Mockup do interpretador *UrbanGENE 2D*: Estágio 1.

Estágio 2. Definir proporção e simetria do sistema planimétrico proporcional e simétrico

No segundo estágio da *urbanGENE*, o utilizador opera, também, regras tipo geométrico-configuracionais, procurando, passo a passo, simular as operações realizadas com compasso e com regra não graduada. Para clarificar os passos deste estágio,

demonstra-se o conjunto de operações que permitem, ao utilizador, manipular a simetria e a proporção do sistema segundo as diagonais/eixos de simetria da figura geradora (Figura 7.13).

A definição do sistema planimétrico passa por seis passos diferentes: i) mudança de estágio; ii) definição de eixos de simetria/diagonais (*ex-smt*, *dng*); iii) definição do tipo de proporção (*prop*); iv) definição do tipo de simetria (*smt*); v)

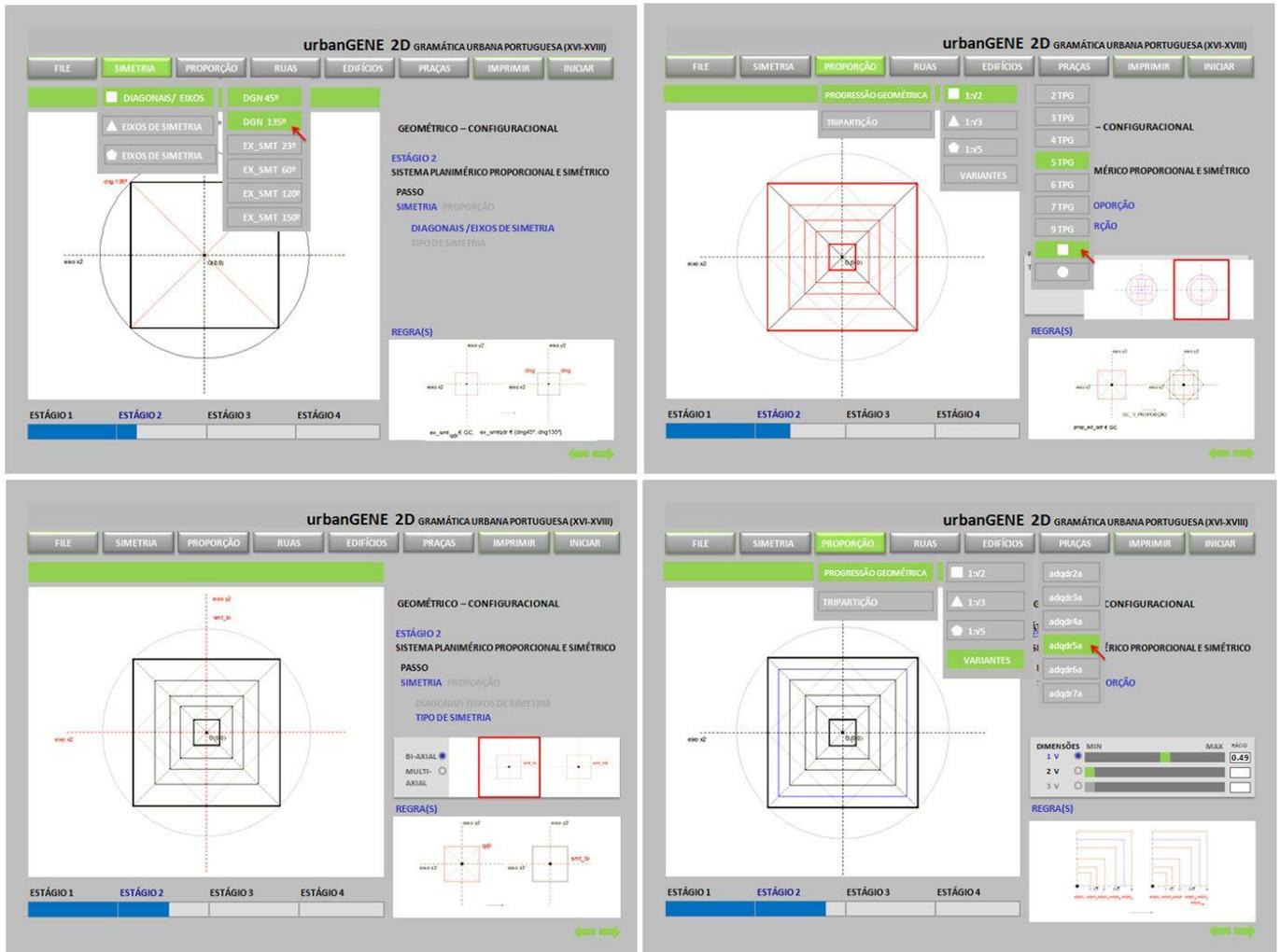


Figura 7.13. Mockup do interpretador UrbanGENE 2D: Estágio 2.

definição de variantes por divisão (d) ou extensão (e); e vi) definição por linhas reguladoras (lr). O segundo passo é definir as diagonais ou eixos de simetria da figura geradora, que são a chave da simetria e da proporcionalidade dos sistemas. As diagonais/eixos de simetria são a garantia da repetição gnómica da figura geradora segundo rácios pré-estabelecidos. No caso do quadrado, a regra define as diagonais do quadrado com os

respetivos rótulos: 45° e 135°, diferenciados também pelo tipo de linha e de cor. Os rótulos são importantes, uma vez que determinam a posição, nos estágios subsequentes, das ruas, dos edifícios singulares e das praças.

Na opção pelo tipo de proporção do sistema temos um conjunto de regras dependentes da figura geradora escolhida no primeiro estágio. O primeiro conjunto inclui seis regras

combinadas, e só é aplicado ao triângulo. As regras determinam a figura derivada do triângulo que o utilizador pretende utilizar, hexágono (*hxg*) ou retângulo $\sqrt{3}$ (*rctrz*) e o tipo de proporção a aplicar, progressão geométrica (*PG*) ou tripartição (*Trip*). O segundo conjunto inclui cinco regras combinadas, e só são aplicadas ao quadrado como figura geradora (Figura 7.13). As regras determinam o tipo de proporção a aplicar, progressão geométrica (*PG*) ou tripartição (*Trip*). As regras que aplicam a *PG* dependem do sentido associado ao rótulo *frt* ou *prç*: $\sqrt{2}$, tendo por base a repetição recursiva da figura derivada segundo os termos da *PG*: 1, $\sqrt{2}$, 2, $2\sqrt{2}$, 4, $4\sqrt{2}$, 8, $8\sqrt{2}$, 16. No mínimo três termos, no máximo nove termos. A escolha da regra *Trip* divide a figura em nove partes iguais. As seguintes regras são opcionais: define o quadrado como figura do sistema; ou evidencia a figura derivada do quadrado, o octógono gerado, e define esta forma com a figura do sistema. Esta regra só é aplicada à figura geradora com rótulo *frt* (Figura 7.13). O terceiro conjunto de regras está associado ao pentágono, regra aplica uma *PG* 1: $\sqrt{5}$, ou seja, a repetição recursiva da figura geradora segundo quatro termos da progressão. A aplicação destas regras está associada a restrições designadas pelos rótulos *frt*, *prç* estabelecidos no primeiro estágio.

Relativamente à simetria do sistema o utilizador dispõe de um grupo de regras que permite definir dois tipos de simetria: biaxial ou multiaxial. As regras aplicadas neste passo focalizam-se nas linhas rotuladas com eixos x_2 , y_2 e em todos os eixos simetria (*ex_smt*) e diagonais (*dng*) existentes nas figuras geradoras. O utilizador opta por uma simetria biaxial, que destaca nos rótulos eixos x_2 , y_2 , ou uma simetria multiaxial, que destaca todos os rótulos associados aos eixos x_2 , y_2 , *ex_smt* e diagonais (*dng*) definidas na figura geradora escolhida no primeiro estágio. Na Figura 7.13 exemplifica-se a simetria biaxial do sistema gerado a partir do quadrado, expondo os eixos x_2 , y_2 e eliminando os restantes. Esta opção ativa, com base nas lógicas generativas descritas na sessão anterior, um conjunto de rótulos fundamentais para a localização das ruas, edifícios singulares e praças nos estágios seguintes. O passo seguinte introduz as variantes de divisão e extensão e é composto por grupos de regras com parâmetros dimensionais em intervalos máximos e mínimos de rácio proporcional. Este passo é opcional, porque o utilizador da gramática pode não desejar introduzir variantes. A introdução das variantes passa pela repetição por divisão (*d*) ou extensão (*e*) da figura geradora ou derivada, tendo como referência o tipo de proporção aplicada no passo anterior. No caso do grupo de regras associado ao quadrado e da aplicação da tripartição como proporção, este contém seis regras, quatro de

divisão (*d*) e três de extensão (*e*). O utilizador tem como opção introduzir uma, duas ou três divisões e o mesmo número de extensões. As opções são múltiplas neste conjunto. Os parâmetros dimensionais encontram-se num intervalo máximo e mínimo. Para a divisão, os valores são máximo *dtripn max* = 0,85 *rctrzn* e mínimo *dtripn min* = 0,11 *rctrzn*. O afastamento entre múltiplas divisões é superior a 0,16. Os valores para a extensão: máximo *etrip 3n max* = 1,41 *etrip3* e mínimo *etrip 3nmax* = 0,08 *etrip3*. No grupo de regras associado à progressão geométrica do quadrado, este contém seis regras de divisão, que correspondem à divisão. O utilizador tem como opção introduzir uma divisão em cada termo ou/e divisão em dois termos diferentes.

O último passo da definição do sistema planimétrico proporcional e simétrico consiste em determinar as suas linhas reguladoras (*lr*), ou seja, definir uma malha reguladora na qual ruas, quarteirões, edifícios singulares e praças vão emergir nos estágios seguintes.

Estágio 3. Inserir as ruas e definir quarteirões do sistema urbano planimétrico

No terceiro estágio da gramática urbana, o utilizador tem conjuntos de regras opcionais para inserir atributos topológico-funcionais e definir o sistema urbano planimétrico (Figura 7.14). Os rótulos, *eiox_x_ruas* e *eiox_y_ruas*, indicam que o utilizador está no terceiro estágio. O estágio passa por cinco passos diferentes: i) mudança de estágio; ii) localização e posicionamento das ruas, definir a primeira estrutura de ruas; iii) definição da estrutura final de ruas do sistema urbano planimétrico; iv) inserir os quarteirões do sistema urbano planimétrico; e v) definição da primeira fase do sistema urbano planimétrico.

No passo 2 é necessário definir a primeira estrutura de ruas. As regras que se aplicam neste estágio localizam e posicionam as ruas na estrutura geométrica de linhas reguladoras, ou seja, no sistema planimétrico proporcional e simétrico. Existem regras para posicionar: i) a rua a meio da linha; ii) para dentro; e iii) para fora. A lógica de aplicação remete para os rótulos definidos para o limite no estágio 1, *frt*, *prç*, para o tipo e simetria definidos no estágio 2, *bi* ou multiaxial. O utilizador é convidado a focalizar a sua atenção nos eixos x_{ruas} , y_{ruas} , diagonais (*dng*) e eixos de simetria (*ex_smt*), que têm cores e tipos de linha diferenciados e assumem-se neste estágio como ruas-eixo, ruas diagonais. Existe ainda um terceiro tipo de ruas que pode ser aplicado neste passo: quatro ruas ortogonais, o que implica a aplicação recursiva de regras que aplicam duas a duas ou a quatro.

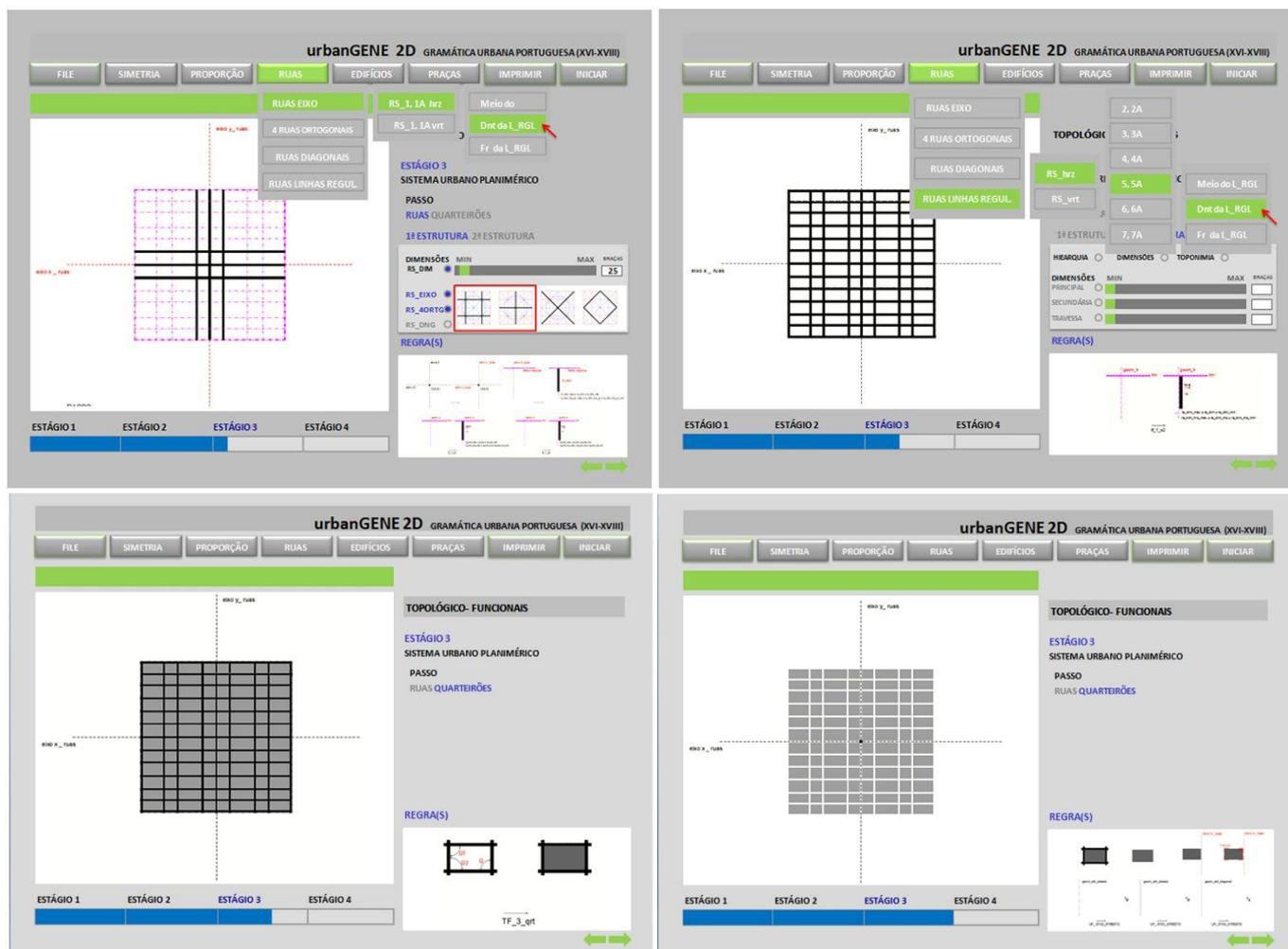


Figura 7.14. Mockup do interpretador UrbanGENE 2D: Estágio 3.

A escolha de uma simetria biaxial no estágio 2 só permitirá ao utilizador da gramática optar pelas ruas-eixo ou quatro ruas-ortogonais, individualmente ou em simultâneo. Neste passo, o utilizador dispõe de duas regras para definir hierarquia. O utilizador da gramática tem à sua disposição duas formas de hierarquizar as ruas, atribuir toponímia ou valores dimensionais diferenciados. Existem três opções de ruas, as ruas principais, as secundárias ou as travessas. Os parâmetros dimensionais

encontram-se num intervalo máximo e mínimo para cada tipo de opção. A hierarquização das ruas é opcional.

Após a definição da estrutura de ruas sobre a malha reguladora, no estágio 2, o utilizador tem à sua disposição duas regras de aplicação recursiva, que definem os quarteirões do sistema urbano planimétrico. Os quarteirões são diferenciados por uma cor cinza e é atribuído um rótulo *qrt*.

O último passo, contém um grupo de regras operativas para

eliminar, aglutinar e dividir, que permitem ao utilizador manipular o sistema e os quarteirões antes de mudar de estágio. Contém também grupos de regras que permitem eliminar elementos que deixam de ser necessários, como ruas e linhas reguladoras. Em alguns casos verificou-se, que, neste estágio, o utilizador pode eliminar quarteirões, pelo que se criou uma regra específica para o fazer. O passo final do estágio 3 destaca a estrutura de quarteirões e eixos, que serão basilares para o estágio final da gramática.

Estágio 4. Inserir edifícios singulares e localizar praças no sistema urbano planimétrico

Neste estágio, o utilizador continua a utilizar regras associadas aos princípios genéticos e generativos topológico-funcionais. Dispõe de um grupo de regras optativas que permitem localizar no sistema: i) edifícios singulares; e ii) praças (Figura 7.15). O primeiro grupo é composto por cinco subgrupos de regras para localizar edifícios religiosos, casas singulares, edifícios militares e outros edifícios ou pontos singulares. O segundo grupo é composto por quatro subgrupos de regras para localizar a praça religiosa (*prç_rgl*), a praça civil (*prç_cvc*), a praça militar (*prç_mlt*) e a praça mista (*prç_mst*). Todas as regras transmitem a relação entre eixos, edifícios singulares e praças (figuras 7.4 e 7.10).

Como nos estágios anteriores a primeira regra disponível é para levar a derivação para o estágio 4. Os rótulos *eiox_x_edf_sng* e *eiox_y_edf_sng* indicam que o utilizador está no último estágio da *urbanGENE*. Muito relevante para os passos que se seguem é a definição do(s) eixo(s) dominante(s). Este(s) é(são) composto(s) por uma série de rótulos que localizam e posicionam na rua (*rs*) ou no quarteirão (*qrt*) as diferentes opções de edifícios singulares, os quais estarão na origem da localização da(s) praça(s). Na Figura 7.15 é visível uma opção em que o foco incide sobre os quarteirões adjacentes à(s) rua(s)-eixo, o utilizador tem disponível regras para: i) o eixo x dominante; ii) o eixo y dominante; e iii) o eixo xy dominante. O eixo dominante x disponibilizará, no passo seguinte, sete grupos de regras para posicionar os dezanove rótulos de edifícios singulares segundo a sua função no sistema. Por sua vez, o eixo dominante y consagra duas opções: i) o *eixo_y_edf_sng_rs1*, que disponibilizará sete grupos de regras para posicionar os dezanove rótulos de edifícios; e ii) o *eixo_y_edf_sng_rs2*, que oferece uma regra para posicionar o primeiro rótulo de edifício. Finalmente, o eixo dominante xy,

eixo_xy_edf_sng_rs, facultará, no passo seguinte, doze grupos de regras para posicionar os 62 rótulos de edifícios.

No terceiro passo o utilizador opta por inserir edifícios singulares disponíveis no eixo dominante escolhido anteriormente, focalizando nos quarteirões (*qrt*), e no foco definido no estágio 3 e nas ruas-eixo. O eixo dominante contém um conjunto de opções para a localização, com rótulos diferenciados pela cor: edifícios religiosos, a igreja (*igr*); casas singulares, casa da câmara (*cmr*), casa do padre (*pdr_cs*), casa do governador (*gvn_cs*), casa do diretor (*drt_cs*), casa do rei (*rei_cs*); edifícios militares, quartéis e corpo da guarda (*mlt*), armazéns (*armz*), elementos da fortificação – porta (*s*) (*P*), baluarte (*Blt*), cortina (*Crt*); outros edifícios e pontos singulares, pelourinho (*pl*), fonte (*fmt*), cruzeiro (*crz*), obelisco (*obl*), marco (*mrc*), hospital (*hspt*), alfandega (*alfg*), engenho (*engh*) e curral (*crl*).

Apesar de o utilizador ter várias hipóteses de localização e de posicionamento dos edifícios singulares, associados ao eixo dominante, não poderá inserir um de cada grupo. A presença dos rótulos *frt*, *prç*, herdados do estágio 1, determina o conjunto de edifícios exigidos e a sua ordem de inserção. A presença do rótulo *prç* exige que primeiro sejam incluídos os edifícios religiosos, sendo os restantes optativos. Caso se opte por inserir outros edifícios, terá de se observar a seguinte ordem: casas singulares, edifícios militares e outros edifícios. O rótulo *frt* exige que sejam inseridos edifícios militares seguidos dos edifícios religiosos. A presença de casas singulares é opcional.

Os edifícios inseridos no sistema, no passo anterior, são fundamentais para a localização da(s) praça(s). O conjunto de regras optativas que o utilizador da gramática dispõe, neste passo, remete para as várias hipóteses de relações entre os edifícios singulares e a localização das praças no urbano de origem portuguesa, analisadas no *corpus*. O grupo de regras atribui: i) a forma da praça, está na sua maioria associada à eliminação ou manipulação de quarteirões; e ii) a função, associada aos edifícios inseridos na envolvente da praça. Por exemplo, a igreja (*igr*), isolada ou com o cruzeiro (*crz*), atribui à praça uma função religiosa. A presença da casa da câmara (*cmr*) isolada e/ou pelourinho confere-lhe uma função civil. A presença de edifícios militares isolados ou sem edifícios singulares atribui a função militar. A igreja com outros edifícios é uma praça mista.

O último passo define o sistema urbano planimétrico, que é composto por regras operativas que permitem eliminar elementos e todos os rótulos. A aplicação da regra *fim_gramática* marca o fim do processo de derivação.

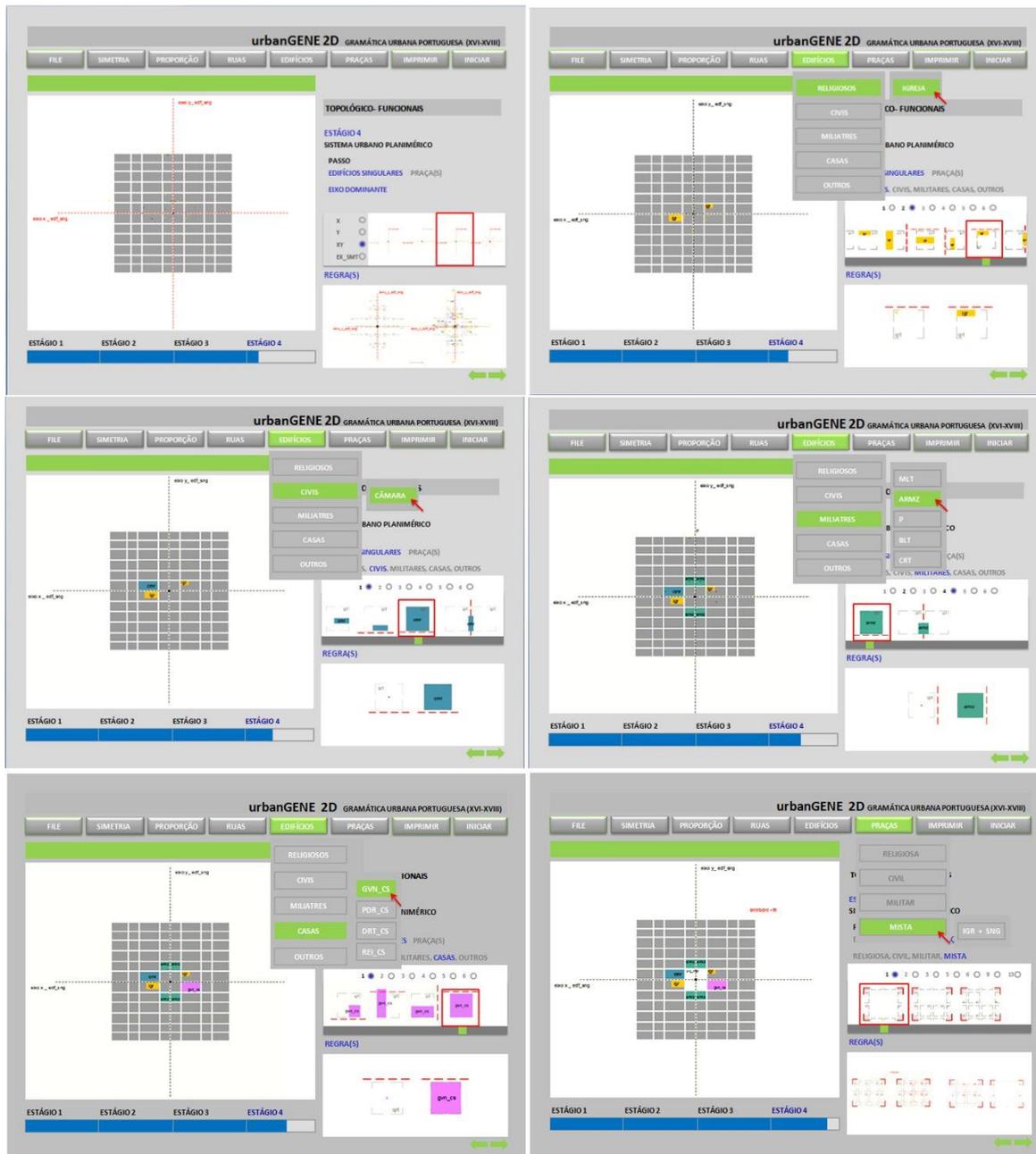


Figura 7.15. Mockup do interpretador UrbanGENE 2D: Estágio 4.

7.5. Considerações finais

A abordagem metodológica das gramáticas da forma, demonstrou superar, as limitações dos estudos urbanos tradicionais, indo mais além na descrição formal de padrões ou pré-estruturas geométricas que estão por detrás do urbano português, revelando: i) princípios geométricos associados às diferentes cidades projetadas e construídas; ii) lógica geométrica e urbana descrita na tratadística da época; e iii) princípios estruturais comuns tanto às cidades teóricas ideais como às projetadas e construídas, independentes das condições do terreno, da estratégia programática e do período temporal. Ou seja, a abordagem descodifica a sintaxe dos processos conceptuais assentes em princípios genéticos/generativos e lógicas generativas comuns.

A explicitação das relações entre as representações do passado, o raciocínio visual presente nelas e o conhecimento dos seus princípios genéticos e generativos, geométrico-configuracionais e topológico-funcionais, permitiu identificar e classificar padrões, sistemas planimétricos proporcionais e simétricos, em três grandes grupos, segundo a figura geradora, e em quatro sistemas geométricos básicos, de acordo com as relações de proporção. A descrição das lógicas do processo generativo, também, possibilitou definir estágios generativos sucessivos e esboçar parâmetros para a geração do *corpus* e de soluções geneticamente semelhantes àquelas projetadas e construídas entre os séculos XVI e XVIII.

No confronto entre a descrição tradicional e a descrição baseada na gramática da forma, observa-se que a segunda permite uma precisão didática na descrição das pré-estruturas geométricas vinculadas aos processos conceptuais, possibilitando a descrição das regras de geração e a sua vinculação ao conhecimento geométrico existente e aos procedimentos descritos nos tratados. O vínculo entre o discurso tratadístico e a gramática generativa *urbanGENE*, facilitou o desenvolvimento de *mockup* de um programa computacional, que permite a manipulação dos princípios projetuais do urbano pelos aprendizes na contemporaneidade. O conhecimento adquirido através desta manipulação partirá da compreensão e mesmo da reutilização de soluções empregues no passado. 'Readquirir' o conhecimento, incorporando o saber fazer do passado, tem um papel muito importante nos primeiros estágios da aprendizagem de projeto nas escolas de arquitetura.

O conhecimento adquirido em experiências anteriores ajuda a compreender as novas restrições e a solucioná-las com práticas do passado. A novidade é um ato de revelar pela primeira vez

algo que sempre existiu. Neste sentido, torna-se da maior importância o conhecimento sobre as relações ontológicas entre as diferentes partes ou estágios do processo projetual, codificado na gramática generativa *urbanGENE*.

Referências

- Alexander, C. (1964) *Notes on the synthesis of form*, Cambridge: Harvard University Press.
- Alexander, C., Silverstein, M. e Ishikawa, S. (1977) *A pattern language*, Nova Iorque: Oxford University Press.
- Araújo, R. (1992) *As cidades da Amazônia no século XVIII. Belém, Macapá e Mazagão*, Porto: FAUP Publicações.
- Araújo, R. (1998) 'A urbanização do Mato Grosso no século XVIII. Discurso e método'. Tese de Doutoramento não publicada, Universidade Nova de Lisboa.
- Argan, G. (1999) *Clássico anticlássico: o Renascimento de Brunelleschi a Bruegel*, São Paulo: Companhia das Letras.
- Azevedo, A. (1956) 'Vilas e cidades do Brasil colonial', *Terra Livre* 10, 23-78.
- Bailey, K. D. (1994) *Typologies and taxonomies: an introduction to classification techniques*, Londres: SAGE Publications.
- Beirão, J. N. (2012) *CityMaker: designing grammars for urban design*. Tese de Doutoramento não publicada, Delft University of Technology.
- Berger, F. (2007) *A praça em Portugal. Inventário de espaço público – Continente*, Lisboa: DGOTDU e FAUTL.
- Bonner, J. T. (1963) *Morphogenesis. An essay on development*, Nova Iorque: Atheneum.
- Bueno, B. A. (2003) *Desenho e desígnio: o Brasil dos engenheiros militares (1500-1822)*. Tese de doutoramento não publicada, Universidade de São Paulo.
- Chicó, M. (1956) 'A cidade ideal do Renascimento e as cidades portuguesas da Índia', In Garcia da Horta, *Revista das Missões Geográficas e de Investigação do Ultramar*. Lisboa: [s.n.], 319-328.
- Chomsky, N. (1980 [1955]) *Estruturas sintáticas*. Lisboa: Edições 70.
- Delson, R. (1979) *New towns for colonial Brazil. Spatial and social planning of the eighteenth century*. Syracuse.
- Duarte, J. P. (2007) *Personalizar a habitação em série: uma gramática discursiva para as casas da Malagueira do Siza*. Lisboa: FCG e FCT.
- Duarte, J. P., Rocha, J. e Ducla-Soares, G. (2007) 'Unveiling the structure of the Marrakech medina: a shape grammar and an

- interpretar for generating urban form', *Artificial Intelligence for Engineering Design. Analysis and Manufacturing* 21, 317-49.
- Euclid (trad. Sir Thomas L. Heath) (2006) *The elements*, Nova Iorque: Barnes & Noble.
- Fernandes, J. M. (1997) 'L' Inde et le Sud du Bresil. Plans de l'Urbanisme Portugais au XVIII ème Siècle', In Pinon, P. e Malverti, X. (dir.) *Actes du colloque. La ville régulière, modèles et tracés*, Paris: Picard Éditeur, 111-21.
- Fortes, M. de A. (1993) *O engenheiro Portuguez (1727-1728)*, Lisboa: DAE.
- Hambidge, J. (1967) *The elements of dynamic symmetry*, Nova Iorque: Dover Publications.
- Horta Correia, J. (1985) *Vila Real de Santo António – urbanismo e poder na política Pombalina*. Tese de Doutoramento não publicada, Universidade Nova de Lisboa.
- Jones, J. C. (1970) *Design methods*, New Jersey: John Wiley & Sons Ltd.
- Krüger, M. (1984) 'Descrição taxonómica e morfogenética das tipologias arquitectónicas', *Cadernos Brasileiros de Arquitectura* 14, 85-128.
- Krüger, M. (1986) *Teorias e analogias em arquitectura*, São Paulo: Editora Projecto.
- Lamas, J. (1992) *Morfologia urbana e desenho da cidade*, Lisboa: FCT.
- Lewis, M. J. (1992) *The geometry of defence: fortification treatises and manuals, 1500-1800*, Montréal: Canadian Center for Architecture.
- Lineu, C. (1758) *Systema Naturae*, Ed. X. (Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Editio decima, reformata.) Holmiae. Systema Nat. ed. 10 v. 1: i-ii + 1-8
- Liew, H. (2004) *SGML: a meta-language for shape grammars*. Tese de Doutoramento não publicada, MIT.
- March, L. e Steadman, J. (1971) *The geometry of environment: an introduction to spatial organization in design*. Londres: Riba Publications.
- March, L. e Martin, L. (1972) *Urban space and structures*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Martin, L., Nicholson, B. e Gabo, N. (eds.) (1937) *Circle: international survey of constructive art*, Londres: Faber & Faber.
- Mitchell, W. (1998) 'The logic of architecture', *Design, Computation and Cognition*. Londres: MIT Press.
- Moreira, R. (1981) 'Arquitectura militar do Renascimento em Portugal', *A Introdução da Arte da Renascença na Península Ibérica. IV Centenário da Morte de João de Ruão (1500-1580). Actas do Simpósio Internacional*. Coimbra: EPARTUR, 281-305.
- Moreira, R. (1982) *Um tratado Português de arquitectura do século XVI*. Tese de Mestrado não publicada. Universidade Nova de Lisboa.
- Moreira, R. (1984) 'Uma utopia urbanística pombalina: o Tratado da Ruação de José de Figueiredo Seixas', *Pombal Revisitado*, Lisboa: Estampa, 131-144.
- Olanda, S. B. de. (1936) *Raízes do Brasil*. Rio de Janeiro: José Olympio Editora.
- Paio, A. e Turkienicz, B. (2009) 'A generative urban grammar for Portuguese colonial cities, during the sixteenth to eighteenth centuries. Towards a tool for urban design', *Computation. The New Realm of Architectural Design. Proceedings of the 27th Conference eCAADe, Istanbul*, 585-592.
- Paio, A. e Turkienicz, B. (2011) 'An urban grammar study: a geometric method for generating planimetric proportional and symmetrical systems', *Nexus Network Journal* 13, 151-69.
- Paio, A. (2007) 'Knowledge of geometrical design and composition in a Portuguese approach to urban layout', *14th International Seminar on Urban Form Proceedings*, Ouro Preto, Setembro.
- Paio, A. (2009) 'Geometry, the measure of the world', *Nexus Network Journal* 11, 63-76.
- Paio, A. (2011) *UrbanGENE: gramática do urbano de origem Portuguesa (séculos XVI-XVIII)*. Tese de Doutoramento não publicada, ISCTE-IUL.
- Pfeffinger (trad. Manuel da Maia e Manuel de Azevedo Fortes) (1708) *Fortificação moderna, ou recopilação de diferentes methodos de fortificar, de que usão na Europa os Espanhoes, francezes, italianos, & Holandezes. Com hum dictionario alphabetico dos termos militares, offensa, &defensa de praças, construcçoens de baterias, & minas, & forma da aquartelar exércitos. Composta na lingual franceza por Mr. PFEFFINGER, &traduzido por ordem de S. Magestade que Deos Guarde*, Lisboa: Na Officina Real Deslandesiana.
- Pimentel, L. S. (1993) *Método Lusitânico de desenhar as fortificações das praças regulares e irregulares*, Lisboa: DAE.
- Post, E. (1936) 'Finite combinatory processes - formulation 1', *Journal of Symbolic Logic* 1, 103-5.
- Reis Filho, N.G. (1967) *Urbanização e teoria. Contribuição ao estudo das perspectivas atuais rara o conhecimento dos fenômenos de urbanização*. São Paulo: SCP.
- Ribeiro, O. (1962) 'Aspectos e problemas da expansão Portuguesa', *Estudos de Ciências Políticas e Sociais* 59, 213.
- Rossa, W. (1990) *Além da Baixa. Indícios de planeamento urbano na Lisboa setecentista*, Lisboa: IPPAR.
- Rossa, W. (2002) *A urbe e o traço*, Coimbra: Almedina.

- Santos, P. F. (1968) *Formação de cidades no Brasil colonial*, Coimbra.
- Scholfield, P.H. (1971 [1958]) *Teoría de la proporción en arquitectura*, Barcelona: Labor.
- Seixas, J. F. [1759-1769] *Tratado da ruação, para emenda das ruas das cidades, villas, e lugares deste reyno em duas partes dividida...*, (BNP Res (Cod. 6961).
- Sequeira, J. M. (2007) A concepção arquitectónica como processo: o exemplo de Christopher Alexander, *Revista Lusófona de Arquitectura e Educação* 1, 43-58.
- Smith, R. C. (1955) 'Urbanismo colonial no Brasil', *II Colóquio de Estudos Luso-Brasileiros*, São Paulo.
- Steadman, J. (1983) *Architectural morphology. An introduction to the geometry of building plans*, Londres: Pion.
- Steadman, J. (2008) *The evolution of designs. Biological analogy in architecture and the applied arts*, Londres: Routledge.
- Stiny, G. e Gips, J. (1972) 'Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture', In Freiman, C. V. (ed.) *Information Processing*, Amsterdão: North Holland, 1460-1465.
- Stiny, G. e Mitchell, W. (1978) 'The Palladian grammar', *Environment and Planning B* 5, 5-18.
- Stiny, G. (1980) 'Introduction to shape and shape grammar', *Environment and Planning B* 7, 349-51.
- Stiny, G. (1981) 'A note on the description of designs', *Environment and Planning B* 8, 257-67.
- Stiny, G. (1992) 'Weights', *Environment and Planning B* 19, 413-30.
- Tavares, D. (2007) *António Rodrigues, Renascimento em Portugal*, Porto: Dafne Editora.
- Teixeira, M. C. e Valla, M. (1999) *O urbanismo Português, séculos XIII-XVIII. Portugal-Brasil*, Lisboa: Livros Horizonte.
- Thompson, D. A. (1961) *On growth and form*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Turing, A. M. (1936) 'On computable numbers, with an application to the Entscheidungs problem', *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2, 42, 230-65.
- Valla, M. (2001) 'A praça no espaço urbano fortificado', In Teixeira, M. C. (ed.) *A Praça na Cidade Portuguesa*, Lisboa: Livros Horizonte, 157-74.
- Valla, M. (2004) 'A formação teórica dos engenheiros-militares', In Teixeira, M. C. (ed.) *A construção da cidade Brasileira*. Lisboa: Livros Horizonte, 109-28.
- Vitrúvio (2006) (traduzido por M. Justino Maciel), *Os dez Livros de arquitectura*, Lisboa: IST Press.

