

FRANCISCO M. T. ALVES

ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa

Outubro | 2016

“Mas com o nome de Barreiras nasceu, com o nome de Barreiras há-de morrer, se é certo que as vilas têm de passar, como rezam os livros das Babilónias afamadas.”

em Ribeiro, A., 1922/ 1958. O Malhadinhas. 2011 ed. Lisboa: Bertrand Editora.

Aos meus pais, ao meu irmão, ao meu avô

Agradecimentos

Professor Vasco Rato e Professor Pedro Botelho

Bárbara Lopes, Afonso Patinhas e Soraia Cardoso

Daniel Matias

Bárbara Prudêncio, Mariana Neto, Joana Sequeira e a todos os que andaram entre os Anjos e a Ameixoeira

Aos de sempre, da outra banda

PROJETO FINAL DE ARQUITECTURA

2015_2016

ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa

Escola de Tecnologias e Arquitectura

Departamento de Arquitectura e Urbanismo

Mestrado Integrado em Arquitectura

Vertente Prática

SINES 2074: ESTAÇÃO INTERMODAL

Trabalho Prático submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitectura

Orientador: Professor Pedro Botelho, Professor Auxiliar Convidado, ISCTE-IUL

Vertente Teórica

FENÓMENOS EMERGENTES COMPLEXOS NA VIVÊNCIA DO ESPAÇO ARQUITETÓNICO

Trabalho Teórico submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitectura

Orientador: Professor Doutor Vasco Moreira Rato, Professor Auxiliar, ISCTE-IUL

Francisco Miguel Teixeira Alves

Outubro | 2016

ÍNDICE GERAL

Proposta de grupo: Sines 2074	12
Lugar	17
Lugar: análise	21
Infraestrutura	31
Programa	33
Sines 2074: visualização	35
Proposta individual: Estação intermodal	52
Enquadramento	57
Memória descritiva	63
Introdução	124
Complexidade	128
A Cidade como fenómeno emergente	158
Complexidade e arquitetura	196
Conclusão	236
Bibliografia	240

I. Vertente Prática

SINES 2074: ESTAÇÃO
INTERMODAL

1_PROPOSTA DE GRUPO: SINES 2074





LUGAR

“De duas maneiras se chega a Despina: de navio ou de camelo. A cidade apresenta-se diferente a quem vem por terra e a quem vem por mar. O condutor de camelos que vê aparecer no horizonte do planalto os pináculos dos arranha-céus, as antenas de radar, esvoaçar nos aeroportos as mangas de vento brancas e vermelhas, deitar fumo as chaminés, pensa num navio, sabe que é uma cidade mas pensa-a como uma nau que o leva para fora do deserto, uma veleiro que esteja para zarpar, com o vento já a inchar-lhe as velas ainda não desfraldadas, ou um vapor com a caldeira a vibrar na querena de ferro, e pensa em todos os portos, nas mercadorias do ultramar que os guindastes descarregam nos cais, nas tabernas onde as tripulações de diferentes bandeiras quebram garrafas nas cabeças uns dos outros, nas janelas iluminadas dos rés do chão das casas, cada uma com uma mulher a pentear-se.

Por entre o nevoeiro da costa o marinheiro distingue a forma de uma bossa de camelo, de uma sela bordada de franjas cintilantes entre duas bossas sarapintadas que avançam a balançar, sabe que é uma cidade mas pensa-a como um camelo de cuja albarda pendem odres e alforjes cheios de frutas cristalizadas, vinho de palmeira, folhas de tabaco, e já se vê à cabeça de uma longa caravana que o leva para fora do deserto do mar, a caminho de oásis de água doce à sombra serrilhada das palmeiras, para palácios de grossas paredes caiadas, de pátios com mosaicos em que dançam descalças as bailarinas, e movem os braços um pouco dentro e um pouco fora do véu

Todas as cidades recebem a sua forma do deserto a que se opõem; e é assim que o condutor de camelos e o marinheiro veem Despina, cidade de fronteira entre dois desertos.”

em Calvino, I., 1972. *As Cidades Invisíveis*. 2 ed. Lisboa: Publicações Dom Quixote.





LUGAR: ANÁLISE

Sines, uma pequena cidade piscatória na costa alentejana, é palco - na década de 70 - de uma grande transformação urbana, através da introdução de um complexo industrial que veio ultrapassar a própria escala do território e do seu tempo. Hoje, a imagem e vivência da cidade estão diretamente ligadas a um conjunto de equipamentos necessários ao funcionamento desse complexo, como:

- Toda a estrutura portuária, cujos limites percorrem e desenham a linha da costa criando uma sucessão de espaços interditos que suprimem a relação mais imediata da cidade com o mar.
- Uma pedreira, cuja exploração alimentou as obras marítimas da construção do porto de Sines.
- A Central Termoelétrica, localizada a 6km a sudeste do Porto de Sines e que se liga a este por uma rede de corredores e tapetes de carvão (a ser desativados, fruto de um uso progressivamente obsoleto e da crescente adesão a energias renováveis).
- Grandes zonas industriais, dispostas de forma radial em relação à cidade – refinarias petroquímicas, nomeadamente, cujos *pipelines* que as conectam ao porto e ao restante território nacional se tornam frequentemente uma barreira física.

A cidade ficou cercada! A pedreira ganha, pela sua exploração, dimensões desmesuradas face ao território; e as construções que possibilita desvirtuam continuamente uma relação da cidade com o mar ímpar no território português.

À esq. – Fotografia aérea da cidade de Sines, 2016.

À dir. – Diagramas da evolução da cidade de Sines



é tarde meu amor
estou longe de ti com o tempo, diluíste-te nas veias das marés, na saliva de meu corpo sofrido
agora, tuas máquinas trituram-me, cospem-me, interrompem o sono
habito longe, no coração vivo das areias, no cuspo límpido dos corais.... e no ventre impossível das cidades
nocturnas
a solidão tem dias mais cruéis

tentei ser teu, amar-te e amar o falso ouro... quis ser grande e morrer contigo
enfeitar-me com tuas luas brancas, pratear a voz em tuas águas de seda...cantar-te os gestos com ternura
mas não

águas, águas inquinadas pulsando dentro de meu corpo, como um peixe ferido, louco
em mim a lama... e o visco inocente dos teus naufragos sem nome-de-rua, nem estátua-de-jardim-público
aceito o desafio do teu desdém

na boca ficou-me um gosto a salmoura e destruição
apenas possuo o corpo magoado destas poucas palavras tristes que te cantam

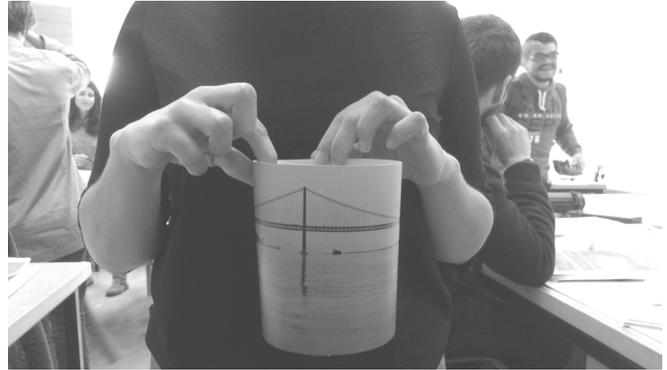
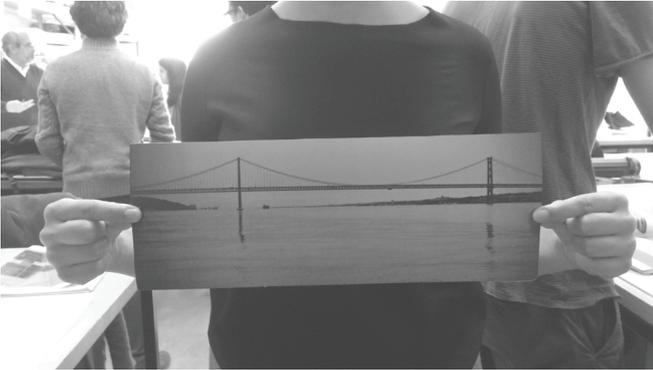
em Berto, A., 1987. O MEDO. Edição 473, Dezembro de 1977 ed. Lisboa: Assírio & Alvim.



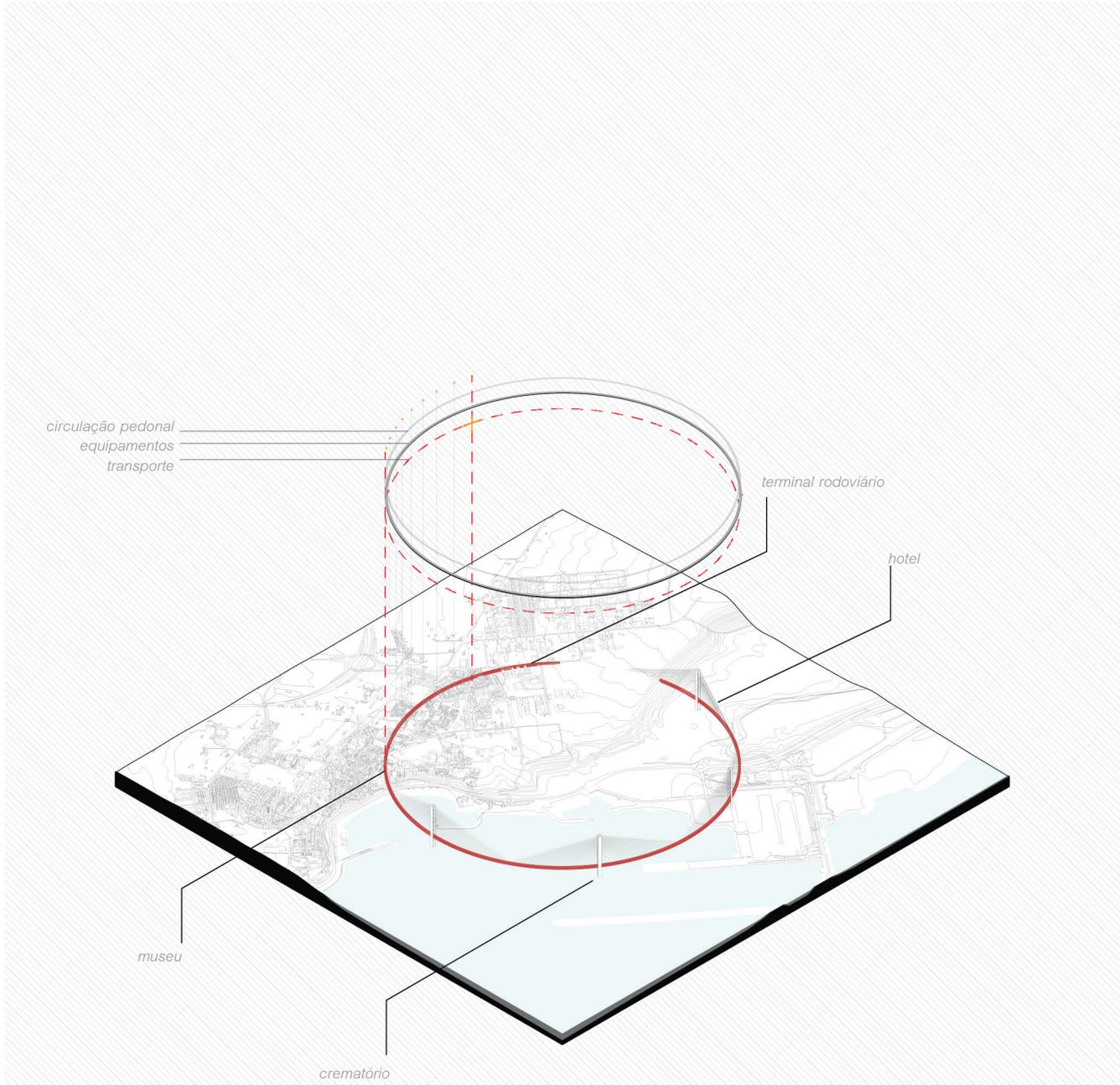
Estrutura do território de Sines - A vermelho estão representadas as maiores zonas de acesso restrito.



*Diagrama do
território de
Sines.*



*À esq. – Or-
tofotomapa:
proposta.*



INFRAESTRUTURA

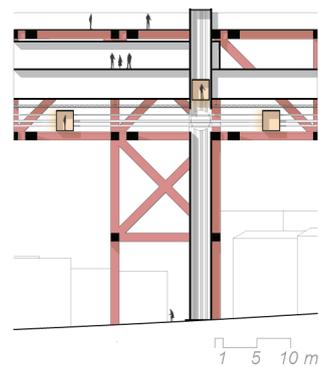
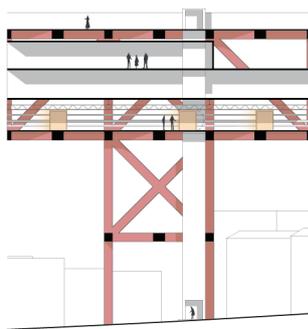
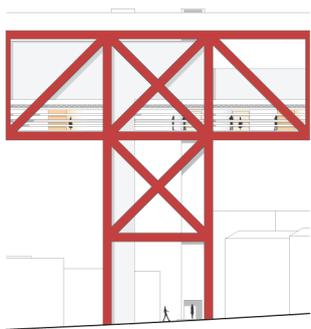
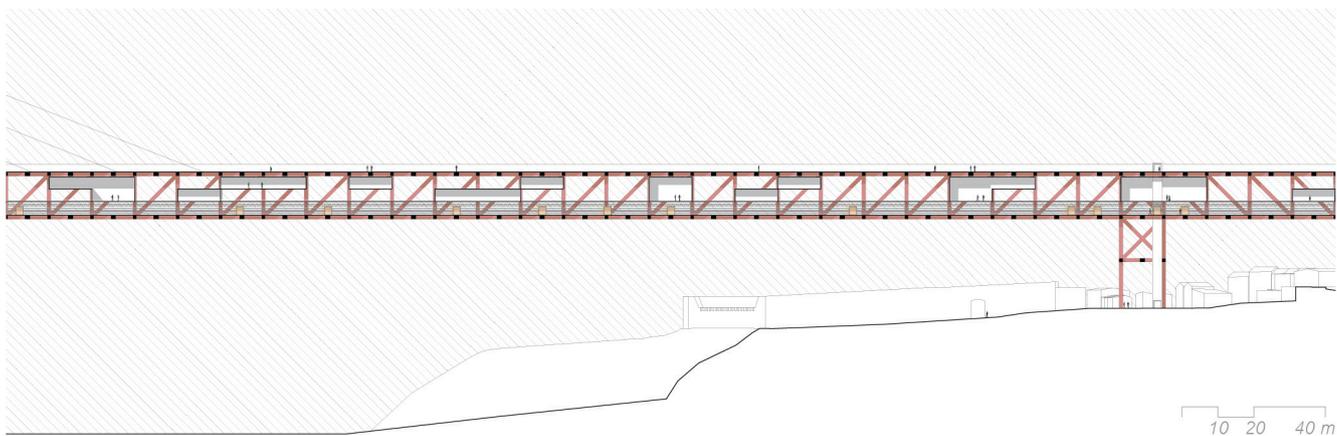
Alguns estudos económicos indicam que só através do desenvolvimento de Zonas Industriais Ligeiras será possível o crescimento da cidade, face ao porto. Estas zonas industriais atuam como um forte motor sobre a região, integrando a população num processo tecnológico que de outra forma seria altamente especializado. Na tentativa de coser simbólica e funcionalmente todas as valências - num futuro tecnológico e economicamente otimista - é proposta uma nova escala e uma nova entidade para a cidade de Sines, que se materializa na construção de uma infraestrutura circular, suspensa à cota 60, sobre a cidade e o mar.

A infraestrutura de 1,6 km de diâmetro em aço pintado de vermelho toca a cidade quando se enterra, tangente à Zona Industrial Ligeira; e nos seus pontos de apoio colocados numa posição acertada com a malha urbana. Estes “pés” permitem o acesso vertical à estrutura circular através de um sistema de elevadores de duplo eixo que, capazes de movimentos horizontais e verticais, percorrem todo o perímetro. No mar a estrutura é suportada por quatro mastros de betão e aço com 260 m de altura, possibilitando vãos de 900 metros através de tirantes em leque.

À esq. – Axonometria geral da proposta.

À dir. – Axonometria de um dos mastros que suporta a estrutura.





PROGRAMA

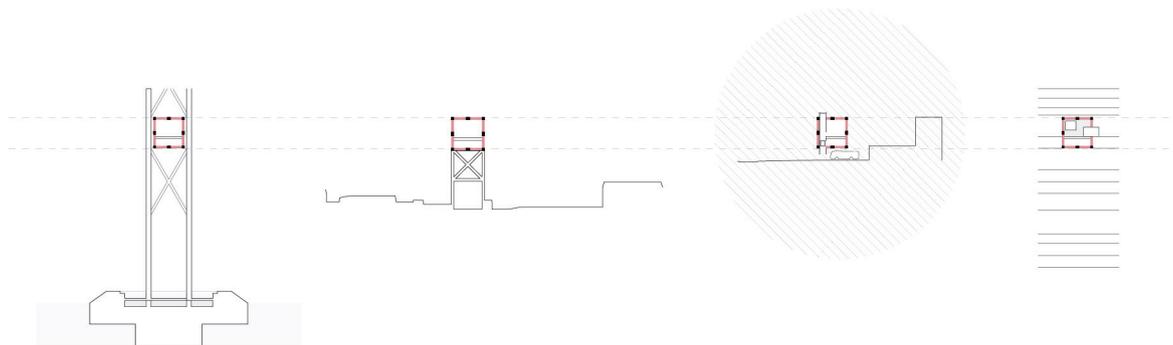
A secção quadrada de 13m x 13m (exteriores) divide-se em 3 anéis funcionais: o de transporte, que se movimenta à volta de toda a estrutura, ao nível do tabuleiro; o do programa, que se vai materializando através do uso de estruturas ligeiras consoante as necessidades emergentes – contribuindo para uma complexidade e versatilidade espacial da estrutura; e o da circulação pedonal, na cobertura.

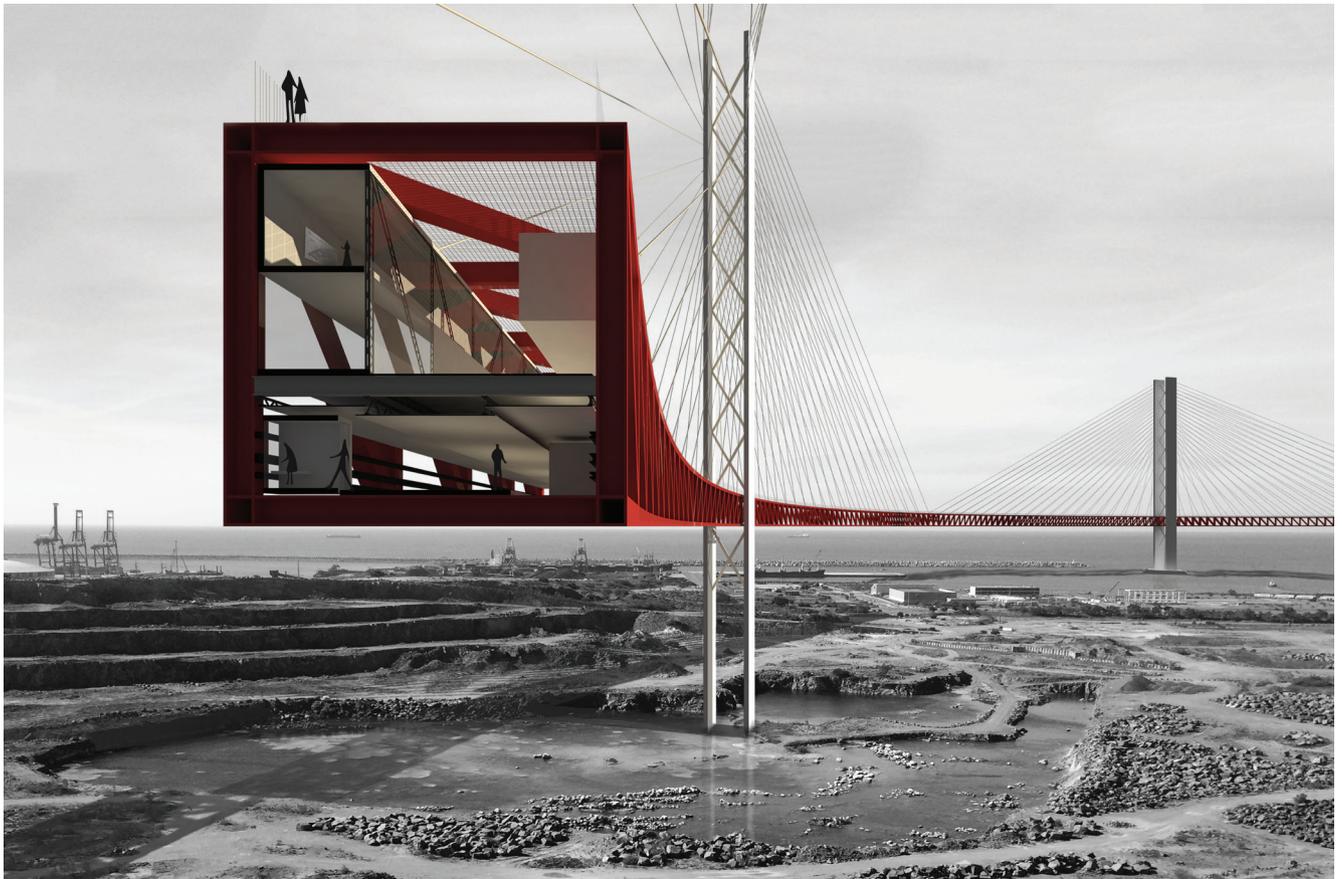
Alguns locais da cidade, pela sua relação com a infraestrutura, permitem e sugerem o desenvolvimento de programas específicos, como sendo um museu, junto ao castelo; uma estação intermodal, junto à zona industrial ligeira; um hotel, junto à pedreira; e um espaço de carácter mais sagrado na fundação do mastro que se ergue na baía de Sines. A infraestrutura é um suporte programaticamente versátil, um agente na transformação da cidade simultaneamente contaminado pela realidade envolvente.

À esq. em cima – Corte longitudinal com planta de localização.

À esq. em baixo – Cortes de pormenor de um “pé” com o sistema de transporte.

À dir. em baixo – Esquemas programáticos da infra-estrutura.





SINES 2074: VISUALIZAÇÃO

*Secção tipo
da infraes-
trutura e
exemplo de
ocupação
interior - na
pedreira.*



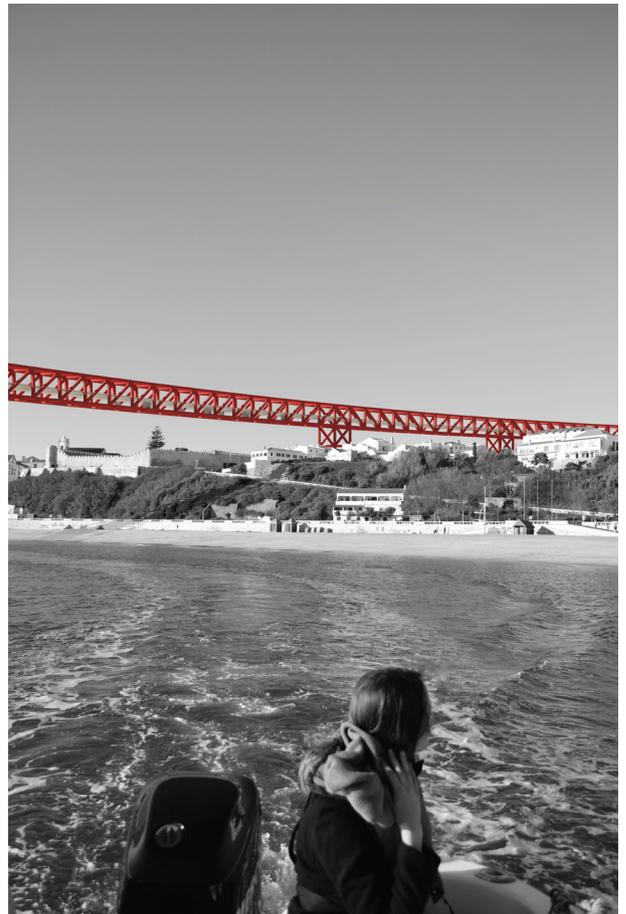
Fotomontagem da infraestrutura vista do interior da pedreira.



Fotomontagem da infraestrutura vista do interior do Bairro 1º de Maio.



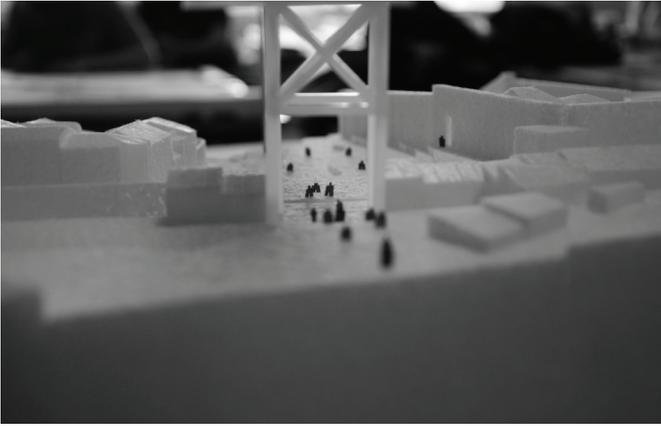
Fotomontagem da infraestrutura junto ao Castelo.



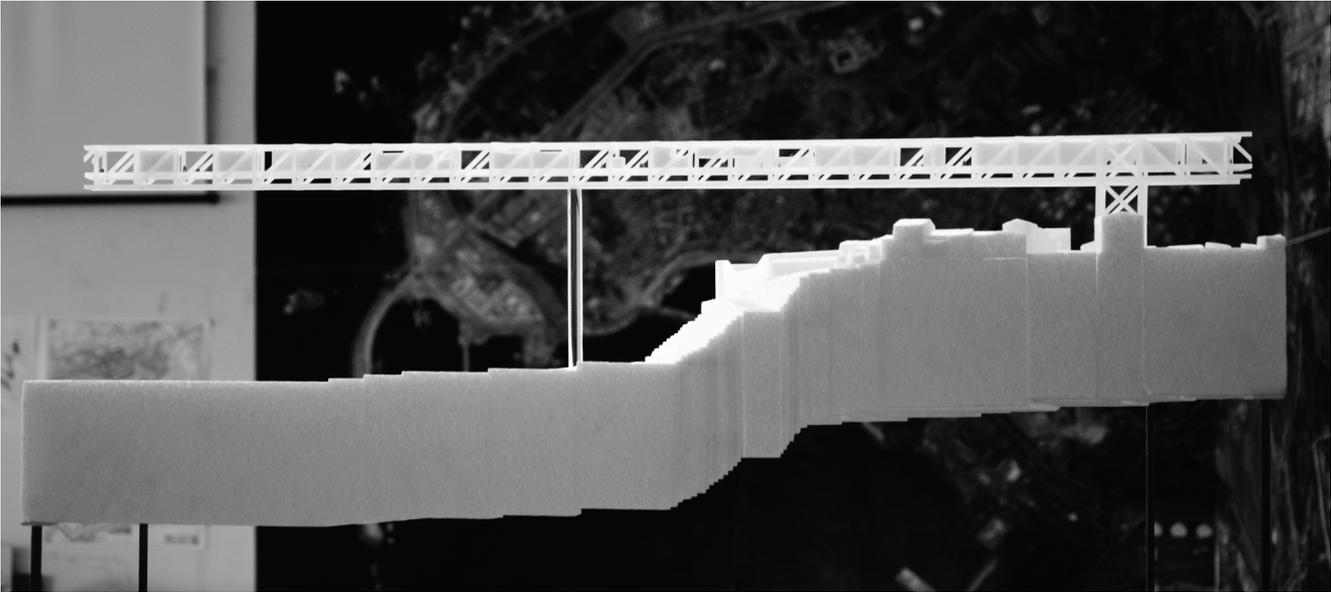
Fotomontagem da infraestrutura vista do mar na Baía de Sines.



Fotomontagem da infraestrutura vista do mar, junto ao porto de pesca.







2_PROPOSTA INDIVIDUAL: ESTAÇÃO INTERMODAL





ENQUADRAMENTO

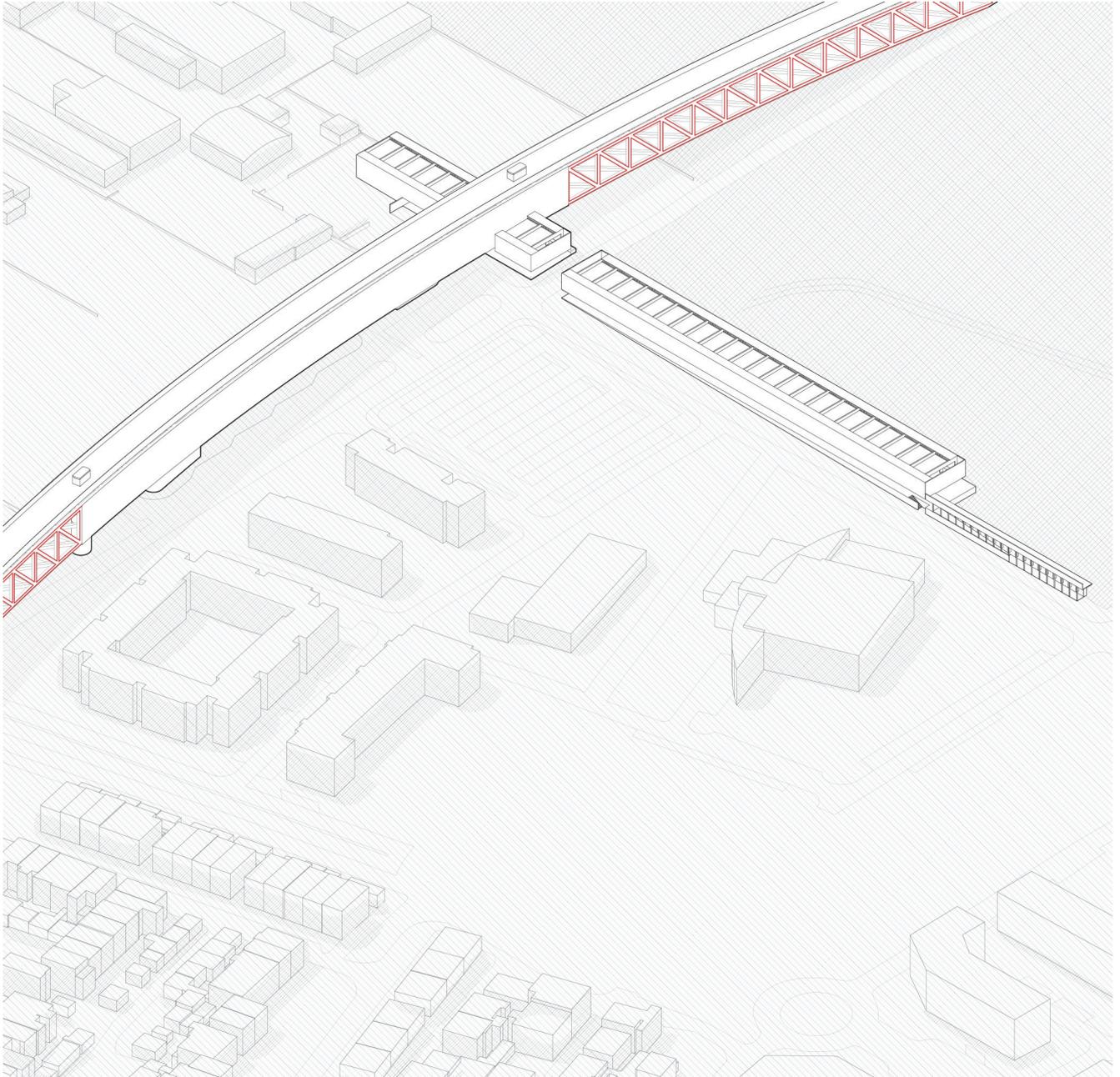
A proposta de grupo desenha-se para um tempo específico, assumindo um futuro otimista em que Sines cumpre o seu desígnio tecnológico e por consequência se aproxima da promessa económica que lhe está subjacente. Ainda que a grande transformação da década de 70 tenha sido conseguida sobre o degradar da paisagem urbana, os indicadores sociais para aquele território são bastante promissores no panorama nacional. Agarremo-nos a este pequeno fator para defender um futuro em que o progresso, pelo produto que gera, torna possível devolver à cidade a relação com o mar que primeiramente cortou.

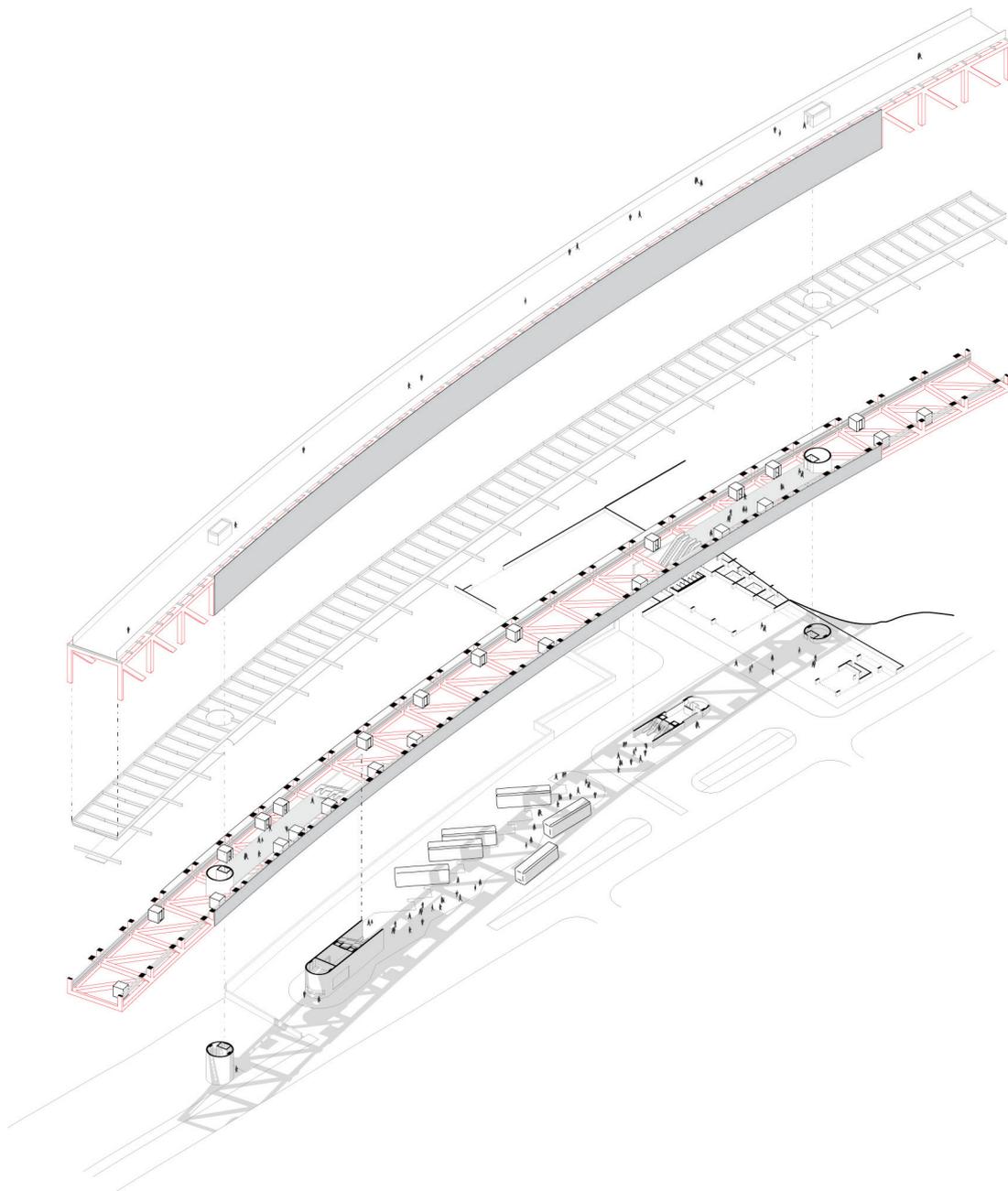
Percebemos que uma tal proposta se constrói sobre e na dicotomia entre dois períodos temporais distintos: desenha-se para o futuro em que é economicamente viável, mas com os métodos e a tecnologia de que somos hoje capazes. Acrescentemos ao processo construtivo de que somos capazes uma quota-parte de otimismo e ainda assim a condição humana deixar-nos-á, provavelmente, longe do futuro para o qual se projeta. É importante assumir esta dicotomia como condição ao processo de projeto, e lembrar que nas visões de futuro há um quê de terreno, que se ancora profundamente no momento atual e que nem por isso torna o processo menos rico.

Como proposta individual trabalhou-se um segmento da infraestrutura proposta em grupo: para o caso a secção em que esta, ao manter a sua cota, intersecta a cidade – junto ao limite sudoeste da Zona Industrial Ligeira, à Piscina Municipal e à Escola Secundária. A conjugação de programas e condicionantes neste lugar, ao que se acrescenta a convivência da infraestrutura anelar, cedo evidenciou a potencialidade do espaço para o desenvolvimento de uma estação de transportes intermodal. A proposta para este espaço cruza o transporte da infraestrutura, que cobre a escala da cidade, e um serviço rodoviário de autocarros, que se estende à escala nacional conectando a cidade a outros locais.

*Planta com
a área de
intervenção
assinalada
1 - Escola;
2 - Piscina
Municipal;
3 - Zona
Industrial
Ligeira;
4 - Zona
Habitacional*







À esq. – Axo-
nometria da
proposta.

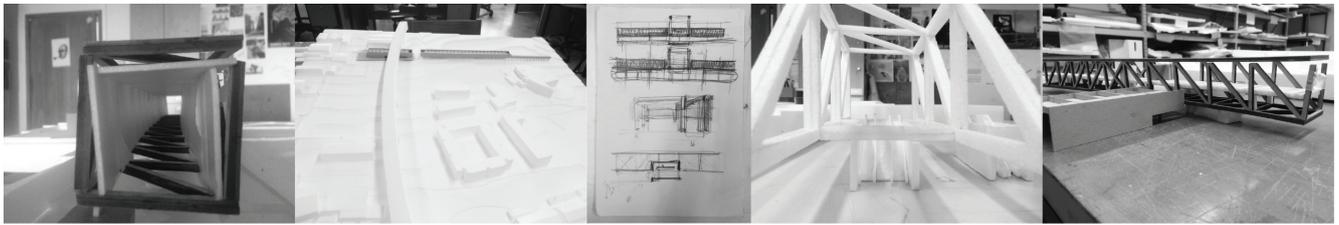
À dir. – Axo-
nometria
explodida da
proposta.

MEMÓRIA DESCRITIVA

O confronto entre períodos temporais na proposta de grupo estende-se ao desenvolvimento do programa intermodal, que se torna possível sobre o desenho de uma infraestrutura planeada para 2074, mas se agarra a algumas condicionantes da contemporaneidade. Importa, por exemplo, fazer referência às dificuldades no traçado de uma linha ferroviária que conecte Sines ao território nacional da forma mais eficiente possível, e à escolha, face a essa premissa, da modalidade rodoviária.

O local onde a infraestrutura anelar se aproxima do chão permite uma transição direta do transporte que providencia para aquele com que é complementado no programa intermodal. Nesse sentido a implantação da intervenção é acertada com o objetivo de conectar confortavelmente a cota da cidade naquele local à da base da infraestrutura – correspondente ao nível dedicado ao transporte. Esta situação permite um conjunto de acessos (escadas, escadas rolantes e elevadores) que são trabalhados estruturalmente como suportes da grande treliça infraestrutural – condição evidenciada imagetivamente. Esta posição permite ainda que a infraestrutura se torne um corpo protetor aos elementos naturais, potenciando por baixo de si o desenho do cais de embarque para os autocarros. O corpo “treliçado” da infraestrutura é coberto lateralmente com chapa metálica perfurada, o que sugere a leitura do espaço interior do anel como uma nave sobre quem apanha o transporte rodoviário, e projeta uma imagem simbólica daquele programa para quem se aproxima do espaço.

A posição da infraestrutura e a diferença de cotas potencia o desenvolvimento de um corpo perpendicular ao anel que ocupa o espaço entre ele e o chão a que se opõe. Este edifício desenha-se paralelamente ao limite do quarteirão em que se implanta, possibilitando com esta posição um percurso resguardado, tanto desde a Escola e da Piscina Municipal, como da Zona Industrial Ligeira para o núcleo de transportes. Esta implantação permite uma posição de topo face aos cais de embarque para o transporte rodoviário e traça um limite entre o ambiente edificado da cidade e o perímetro desocupado que rodeia a pedreira, ou, leia-se, entre o artificial e o natural: realidades que distinguem de igual forma os percursos que se desenham contíguos ao edifício. O percurso que se faz do lado da cidade é de carácter mais rápido, ligado ao transporte, enquanto que o do lado oposto, sensivelmente a sul, sugere

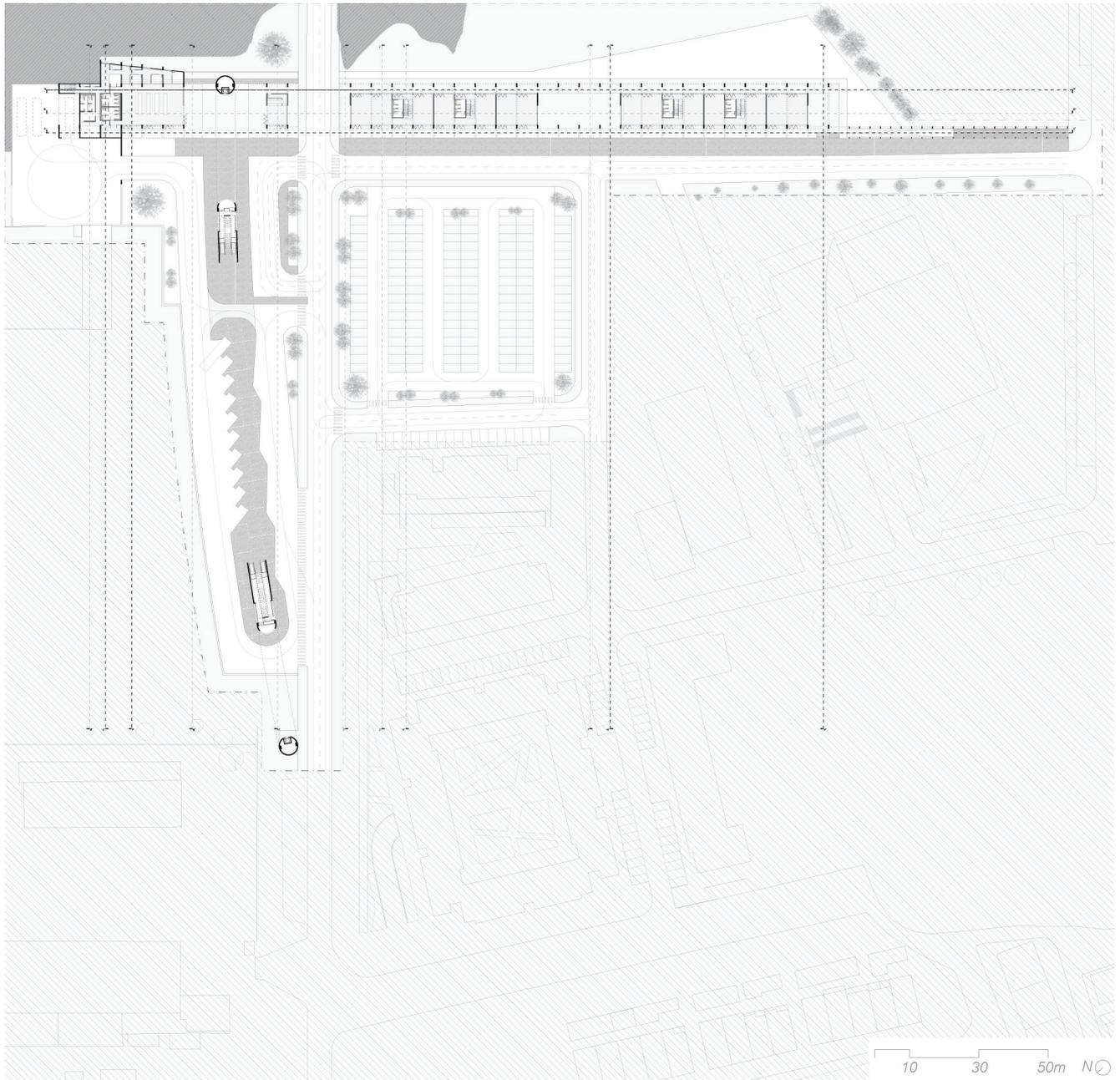


uma maior permanência. O vazio sugerido pela posição do eixo deste edifício e pela do eixo da infraestrutura anelar, que se lhe opõe perpendicularmente, face à configuração espacial do lugar, marca parte dos limites da intervenção.

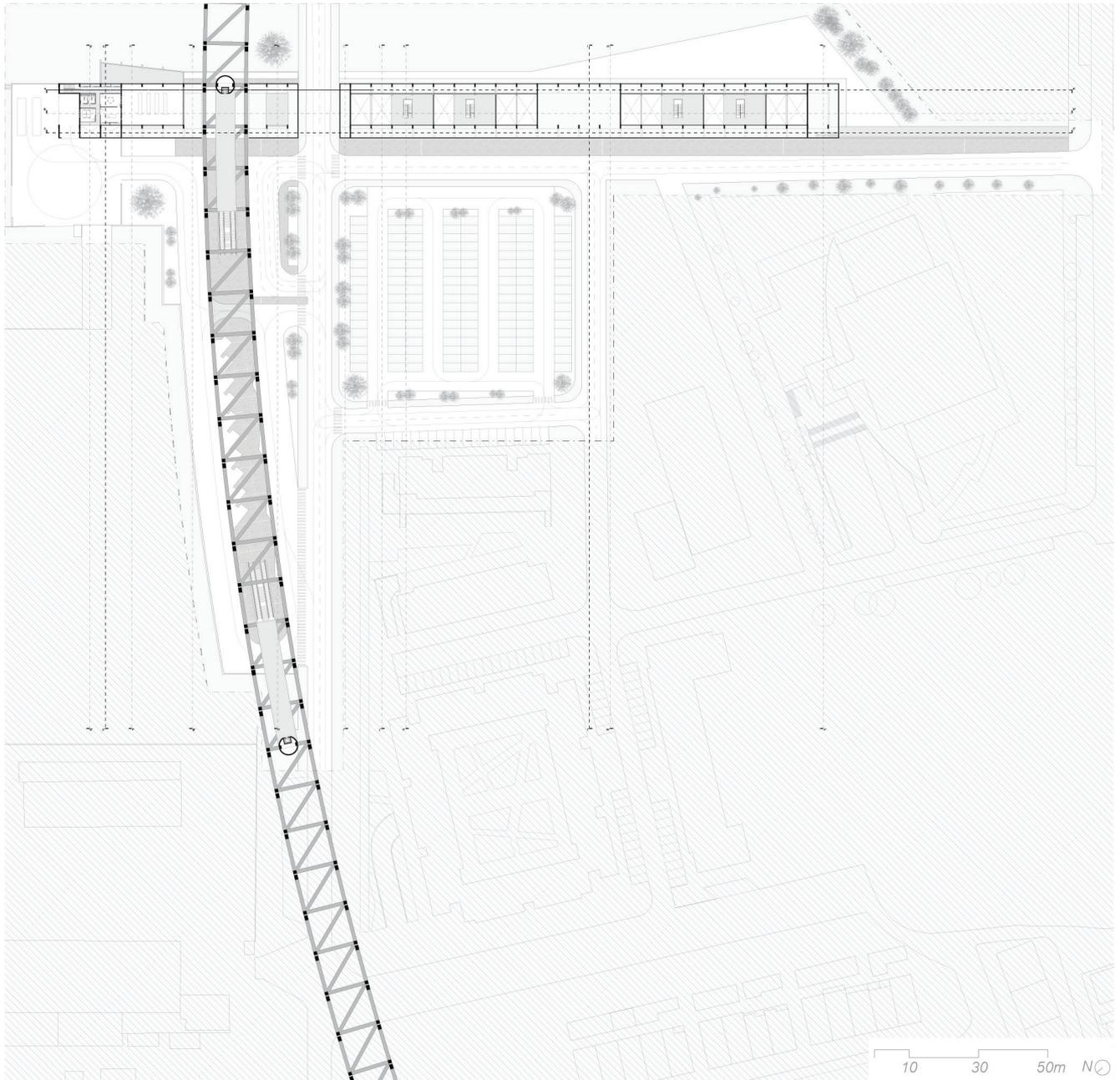
O edifício desenvolve-se intrinsecamente ligado à sua solução estrutural. Um conjunto de lâminas de betão colocadas sobre uma malha de 6x12 permite o desenho da fachada como uma pele que se sobrepõe ao vazio que marca os percursos das galerias. Esta pele fecha o corpo do edifício sobre si mesmo, sugerindo uma relação mais equilibrada com a pesada infraestrutura anelar que se lhe sobrepõe. As lâminas da estrutura têm uma posição recuada no lado do edifício sensivelmente virado a Norte, acabando por marcar a entrada para os espaços programáticos; e por oposição, no lado sul, colocam-se à face, criando um elemento adicional de sombreamento para a galeria que encerram.

O edifício desenvolve-se em dois corpos, que ainda assim sugerem uma continuidade entre si. O primeiro, de carácter mais definitivo, recebe o programa diretamente ligado à estação intermodal – espaços administrativos, wc, bilheteiras, café, etc. ... – e procura, na sua intersecção com o anel, enunciar uma entrada franca para o espaço interior. O segundo corpo prolonga a galeria coberta que se desenha do lado da cidade, e é, pelo seu sistema construtivo, mais flexível no programa que recebe – à estrutura principal de betão “agarra-se” uma outra mais versátil, metálica. Procura dotar-se este corpo de um conjunto de espaços adaptáveis que funcionem em complemento ao percurso que se faz do programa intermodal aos equipamentos públicos do lugar– escola e piscina. O programa intermodal sugere ainda que estes espaços possam ser ocupados futuramente por grandes equipamentos, quer de carácter público, como uma loja do cidadão, ou comercial. A estrutura flexível potencia, neste sentido, a ocupação do espaço por lojas e serviços que podem optar por 1 ou 2 pisos, sempre com acesso às necessidades básicas deste tipo de programas: água, gás luz, saneamento, redes, etc. ...





*Planta de
conjunto:
Estação
Intermodal -
Piso 0.*

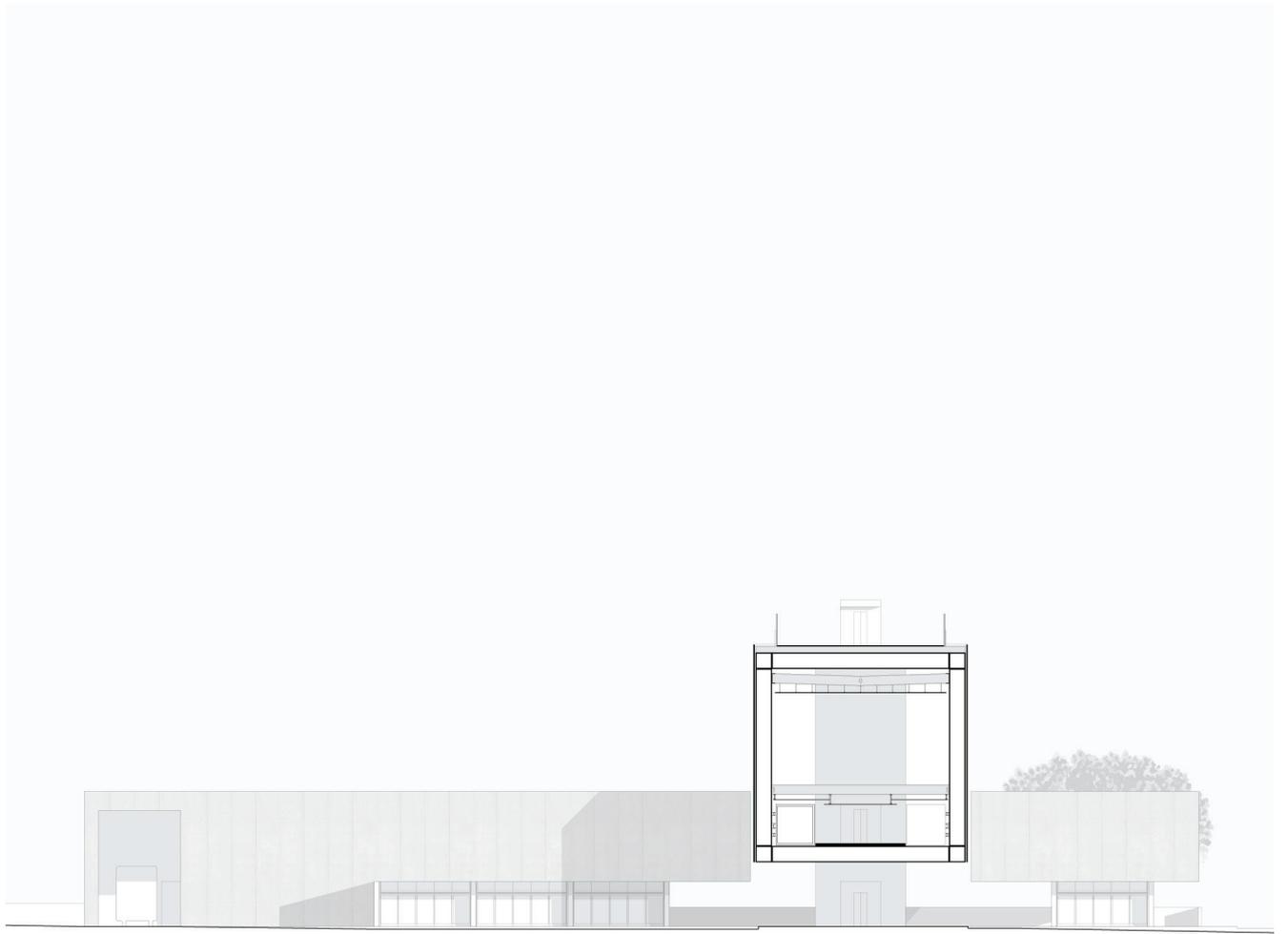


*Planta de
conjunto:
Estação
Intermodal -
Piso 1.*



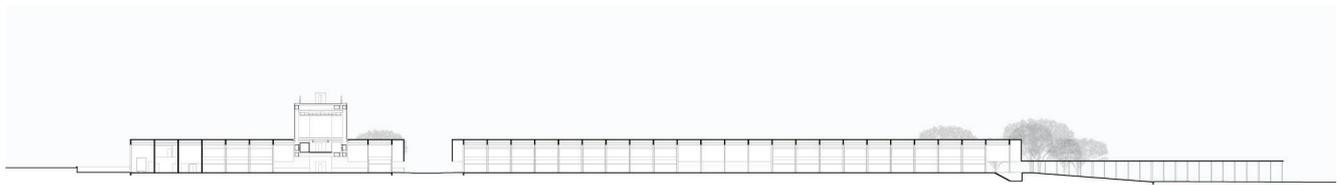
*Planta de
conjunto:
Estação
Intermodal -
coberturas*

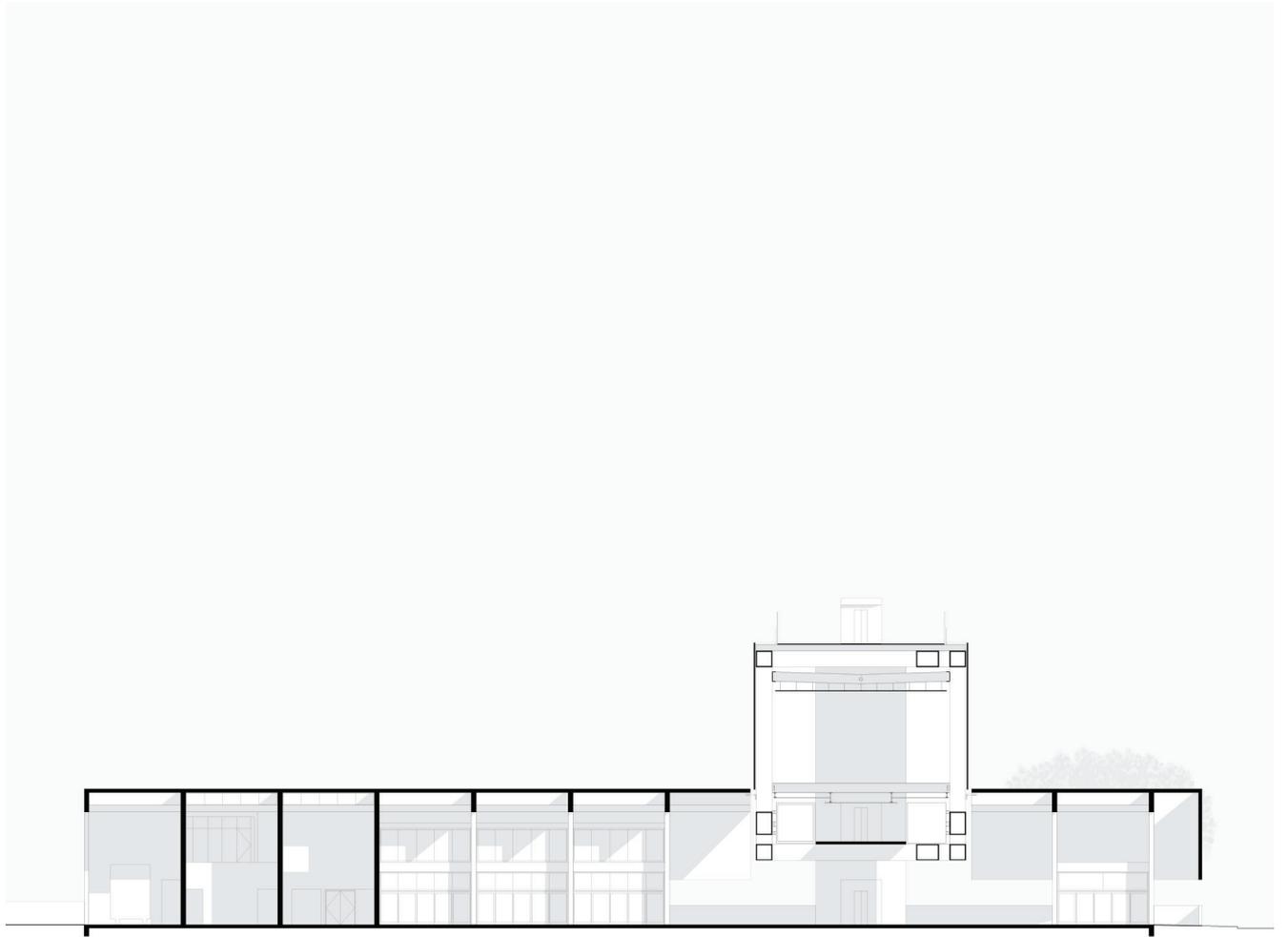




*Comércio
e serviços:
alçado
principal*



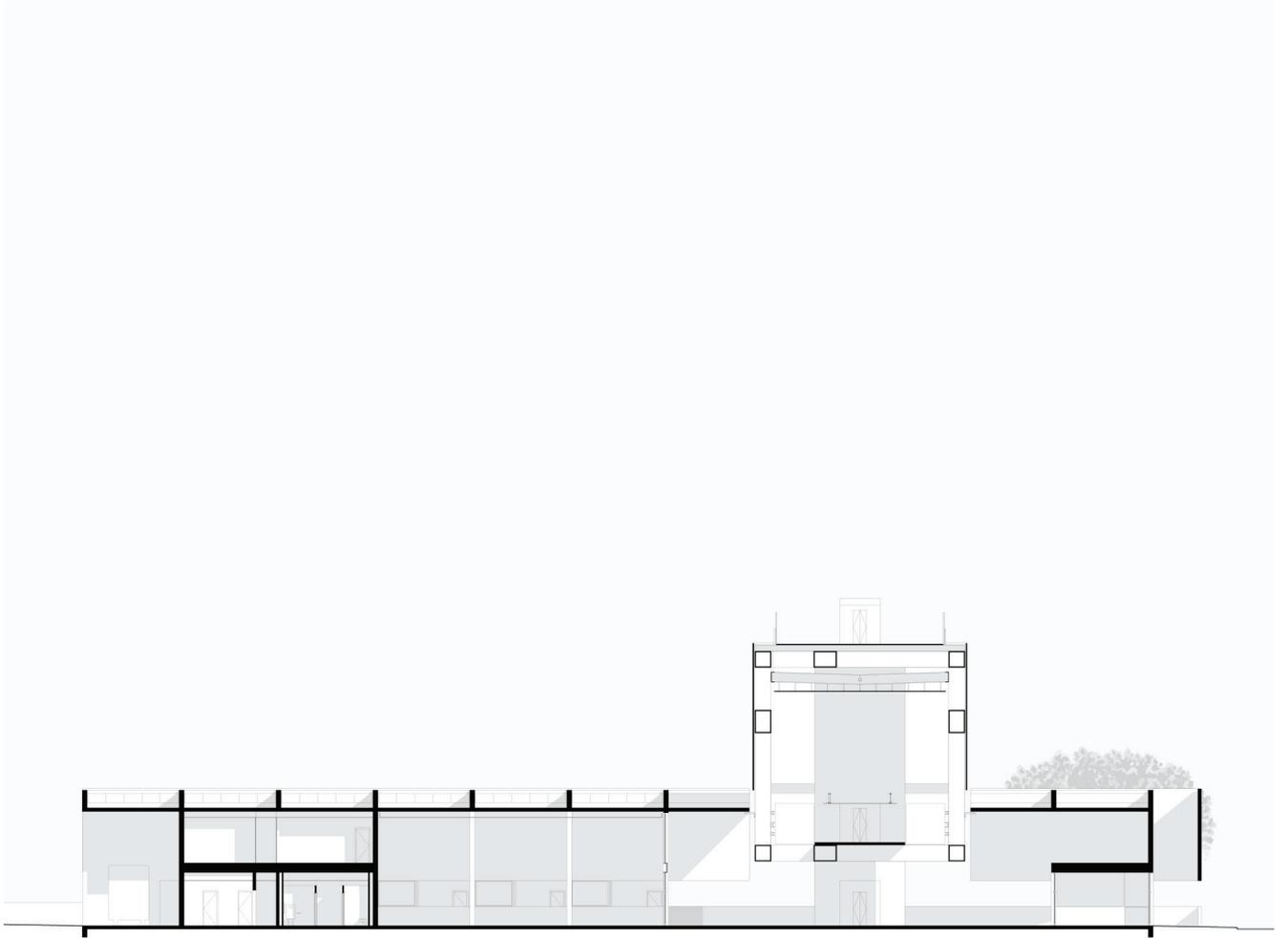




*Comércio
e serviços:
corte galeria
principal*

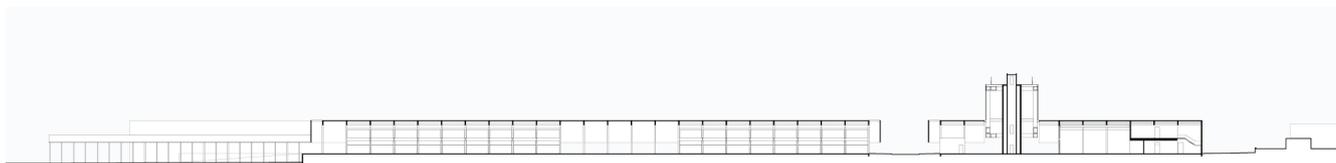
2 6 10m
77

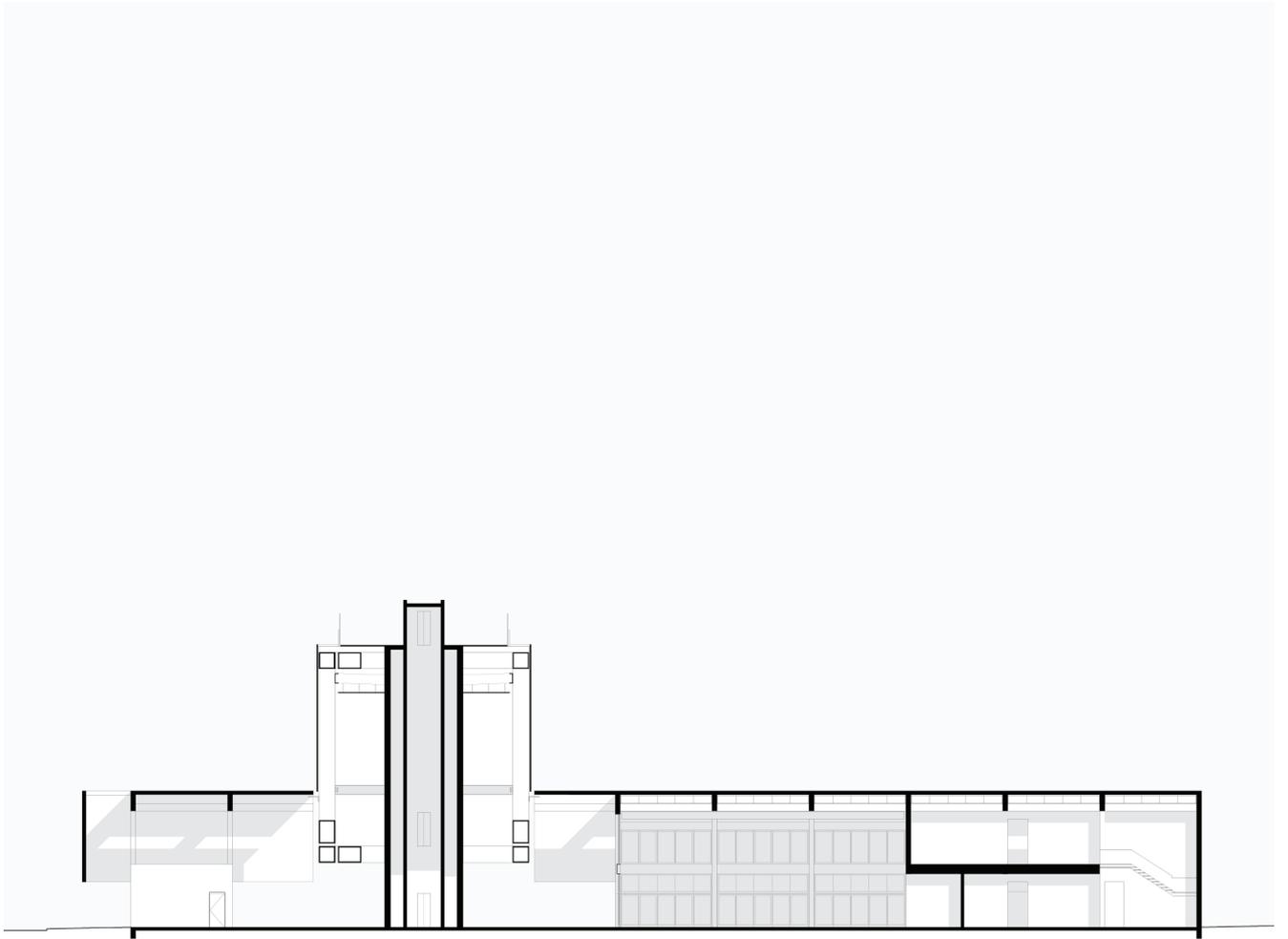




*Comércio
e serviços:
corte pelo
corpo da
estação
intermodal.*

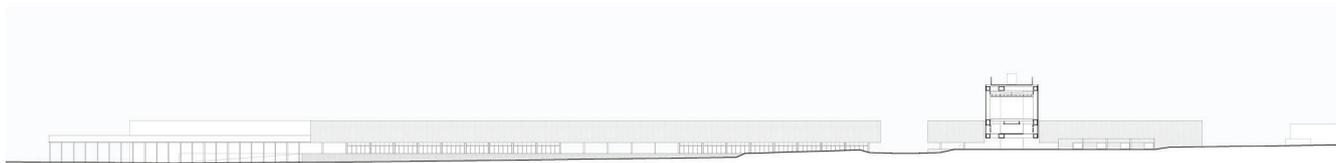
2 6 10m
79

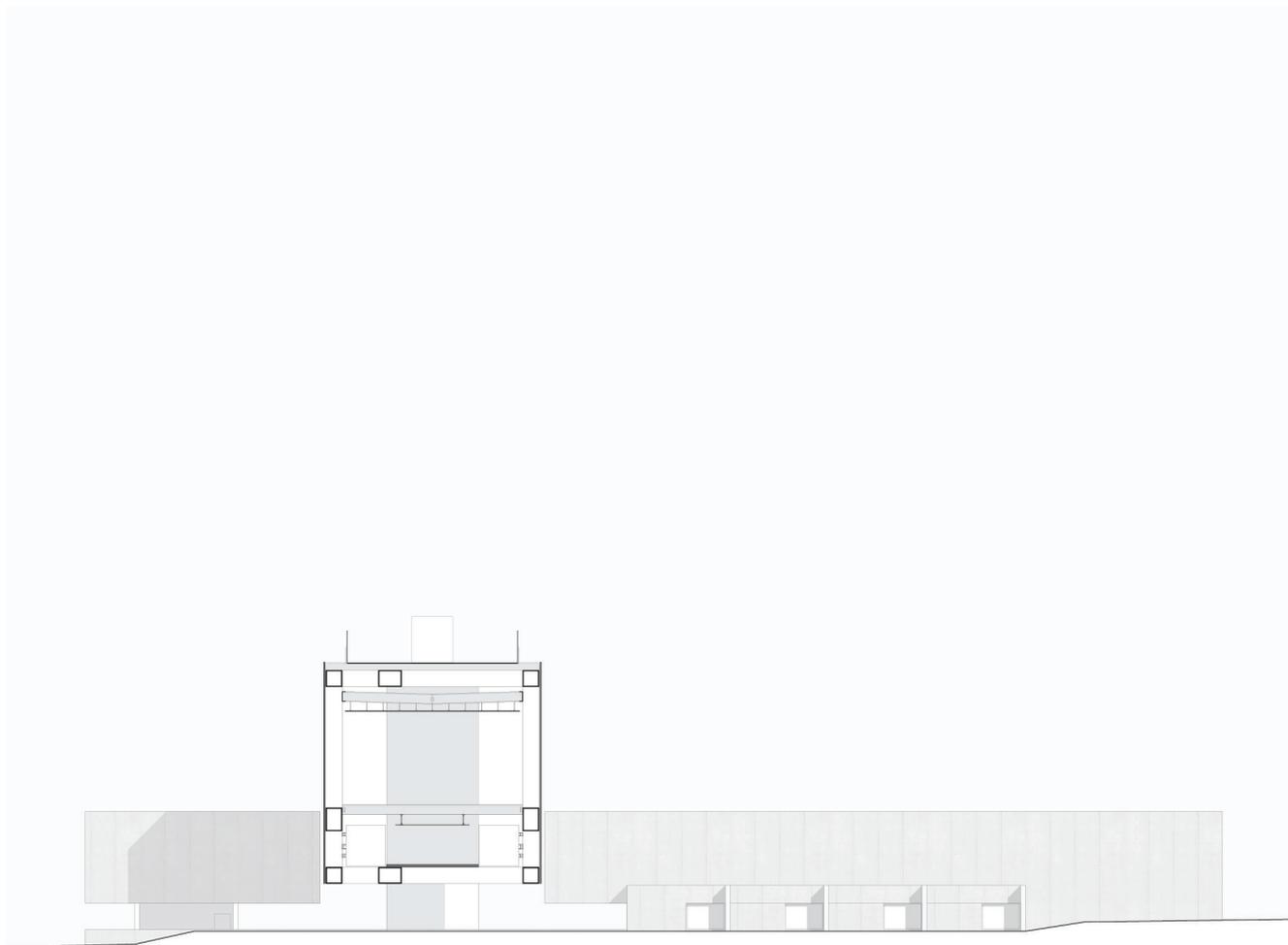




*Comércio
e serviços:
corte galeria
posterior.*

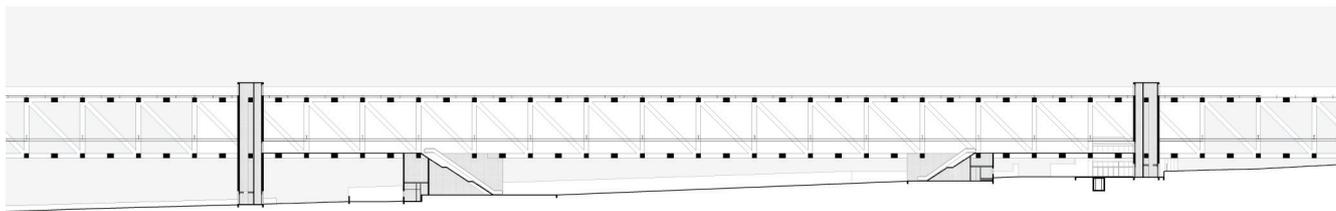
2 6 10m
81





*Comércio
e serviços:
alçado
posterior.*

2 6 10m

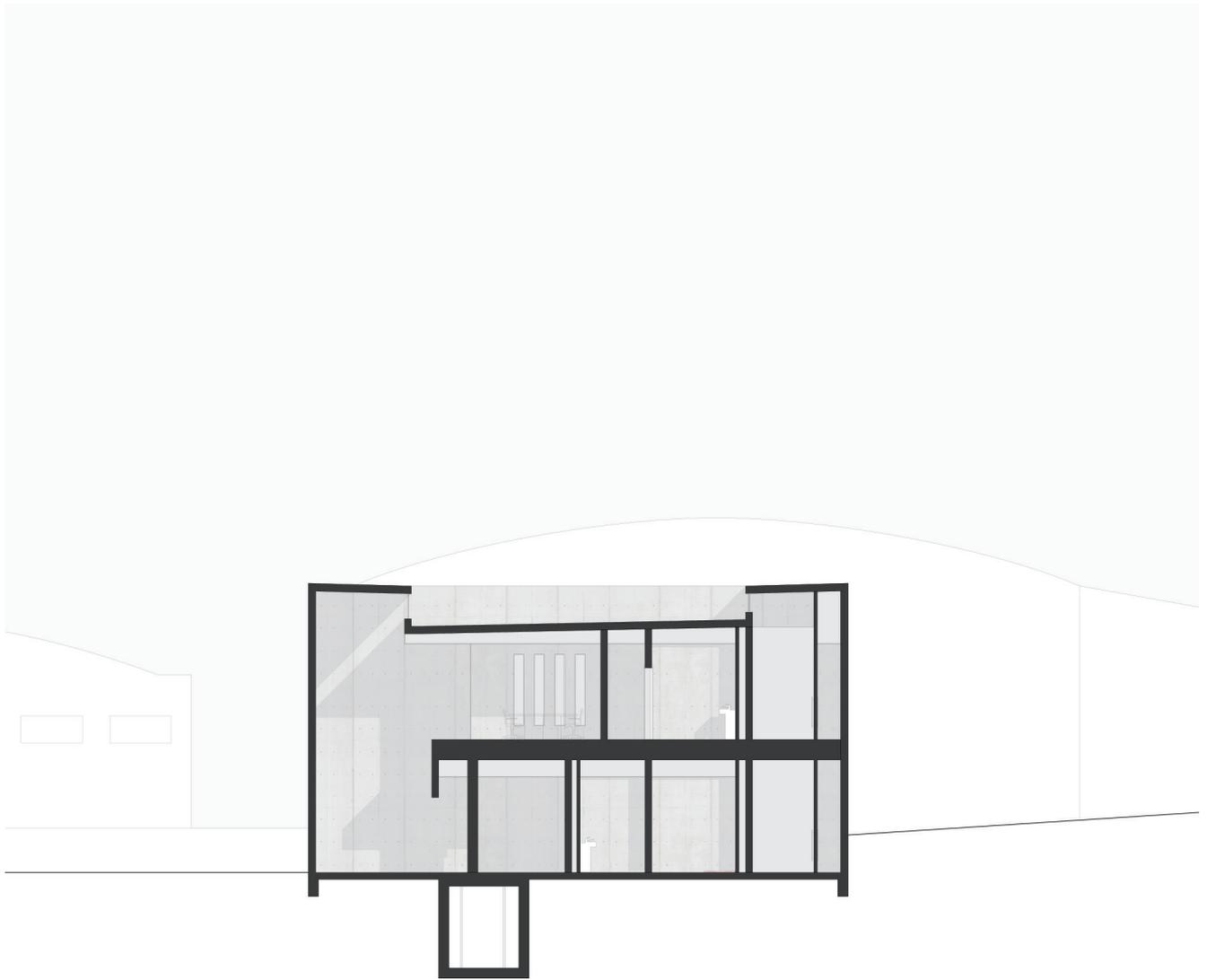


5 15 40m

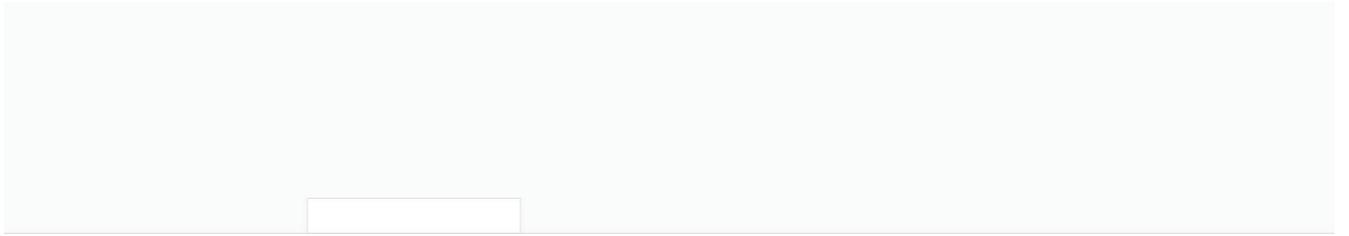


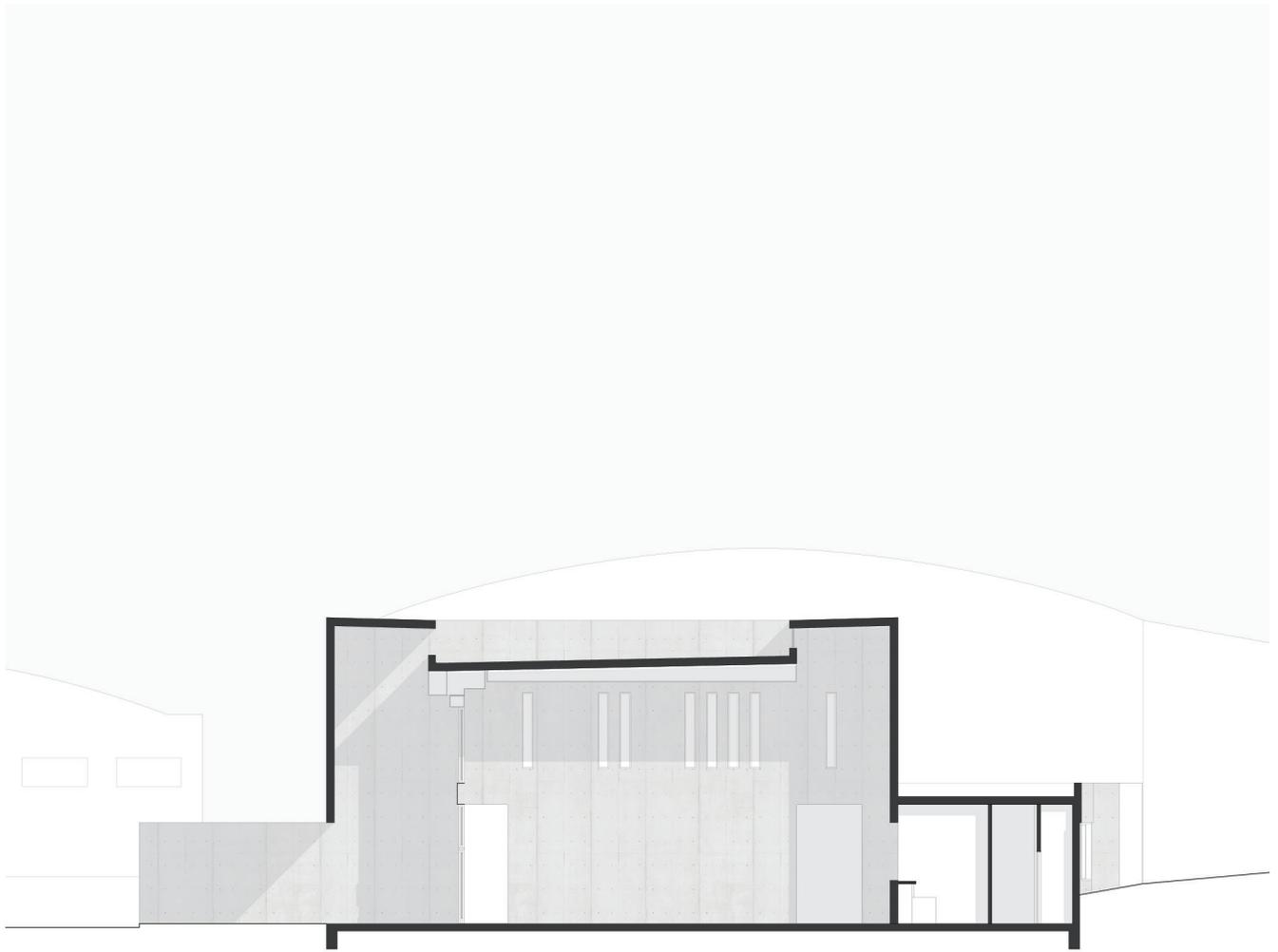
*Cais de
transporte:
corte longitu-
dinal e alçado
sudoeste*



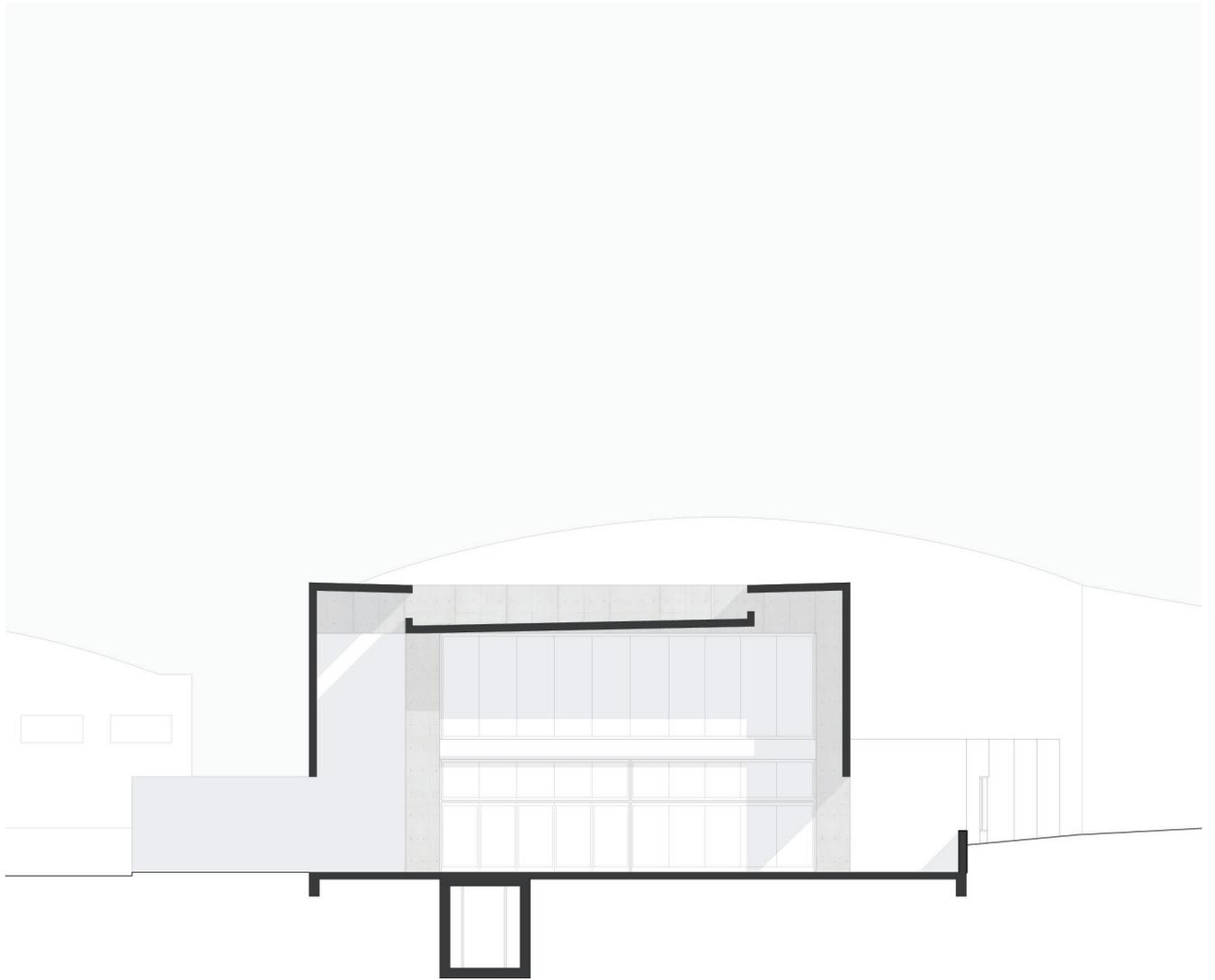


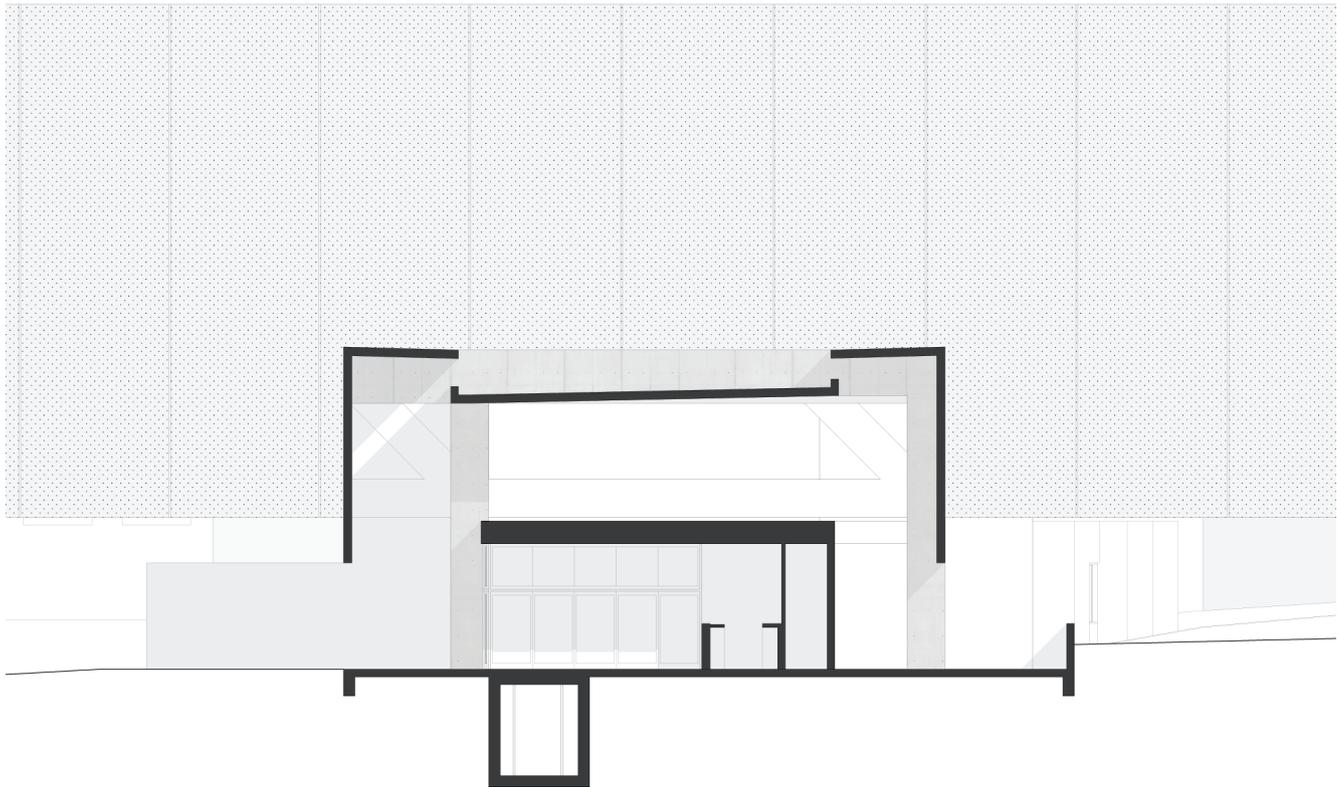
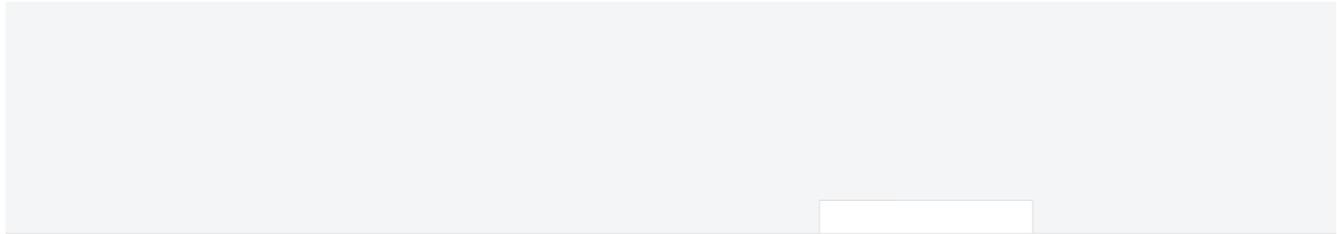
1 3 5m

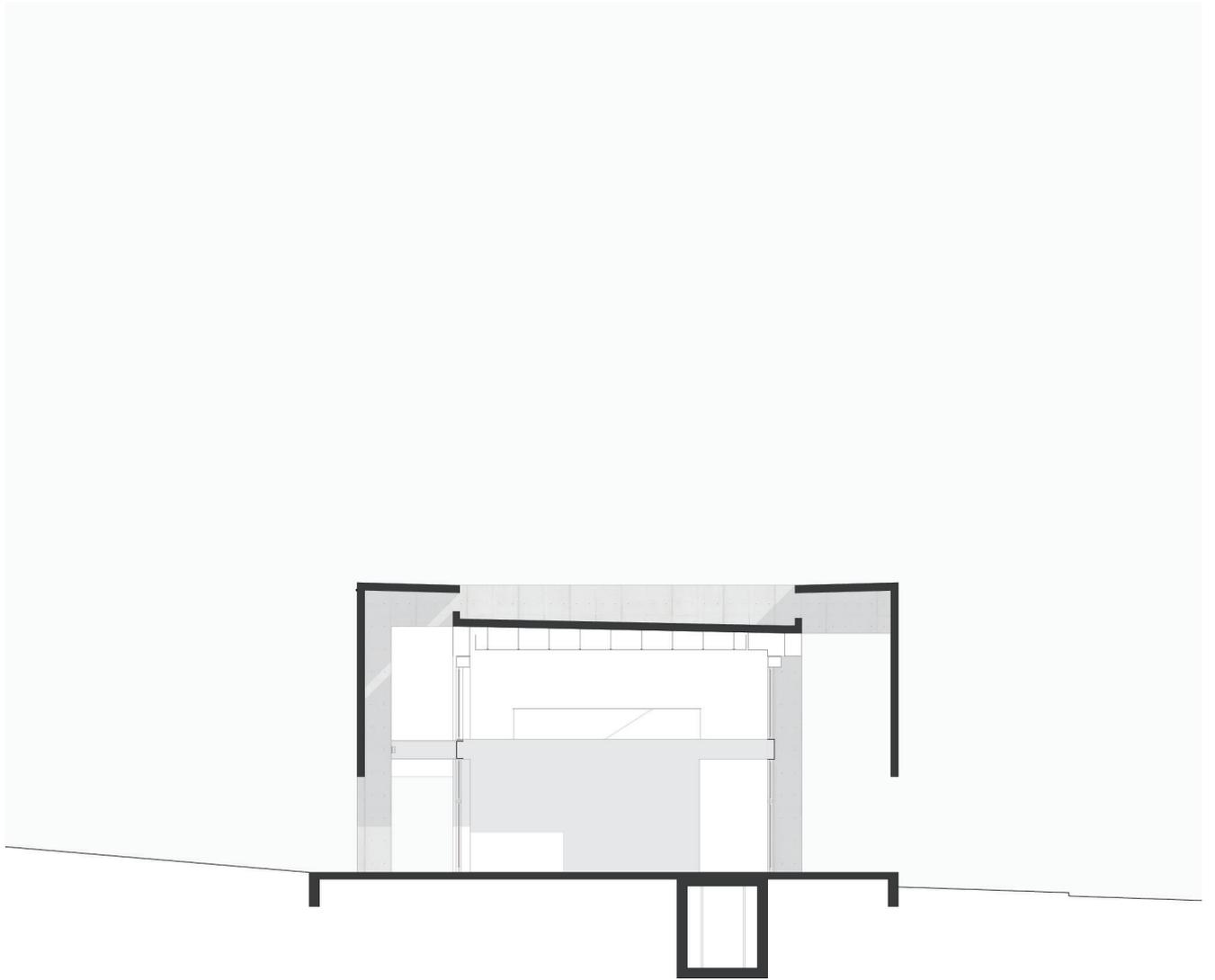




1 3 5m

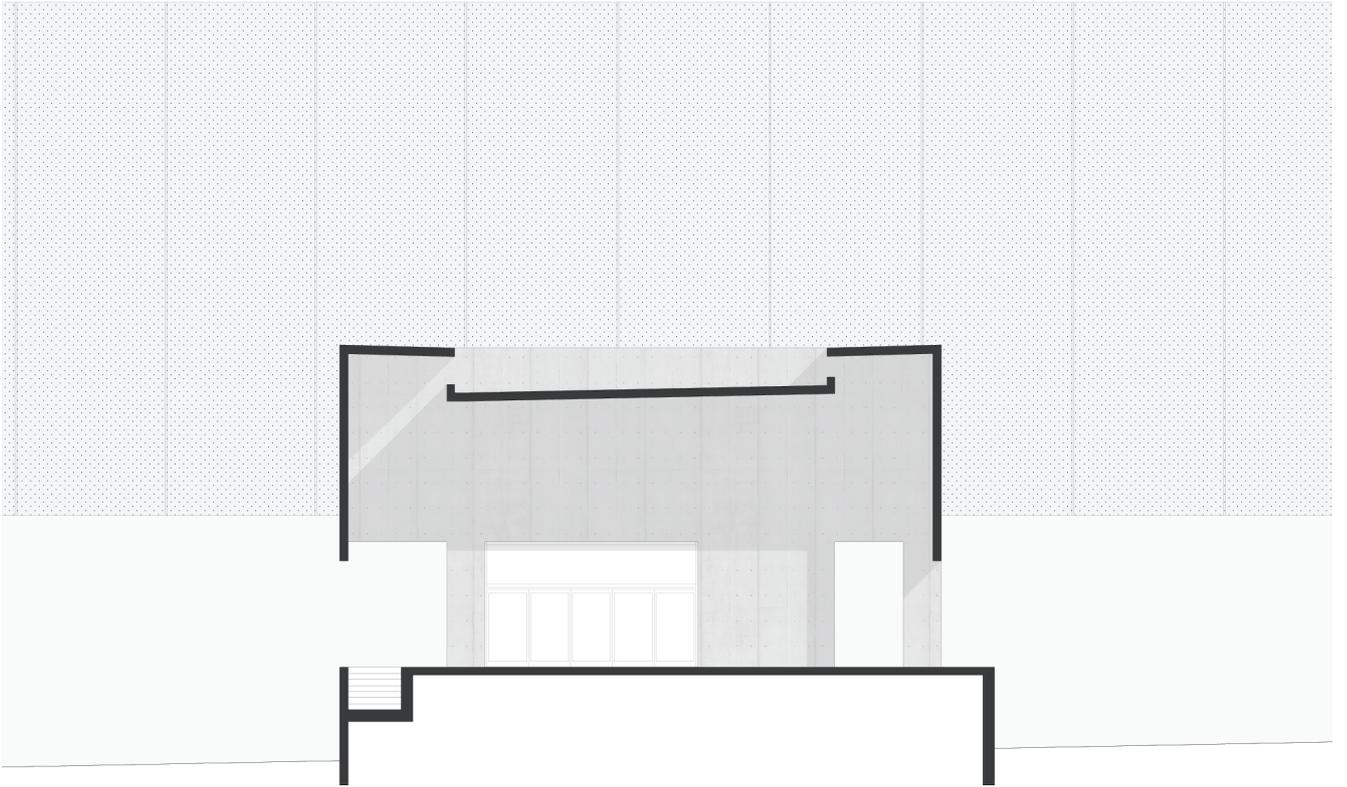
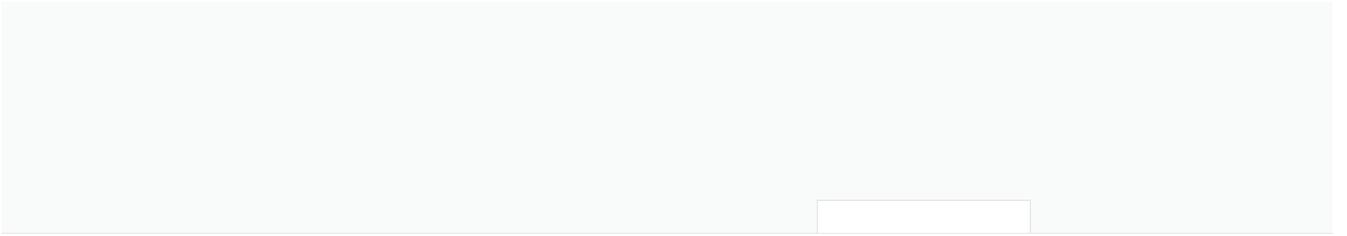


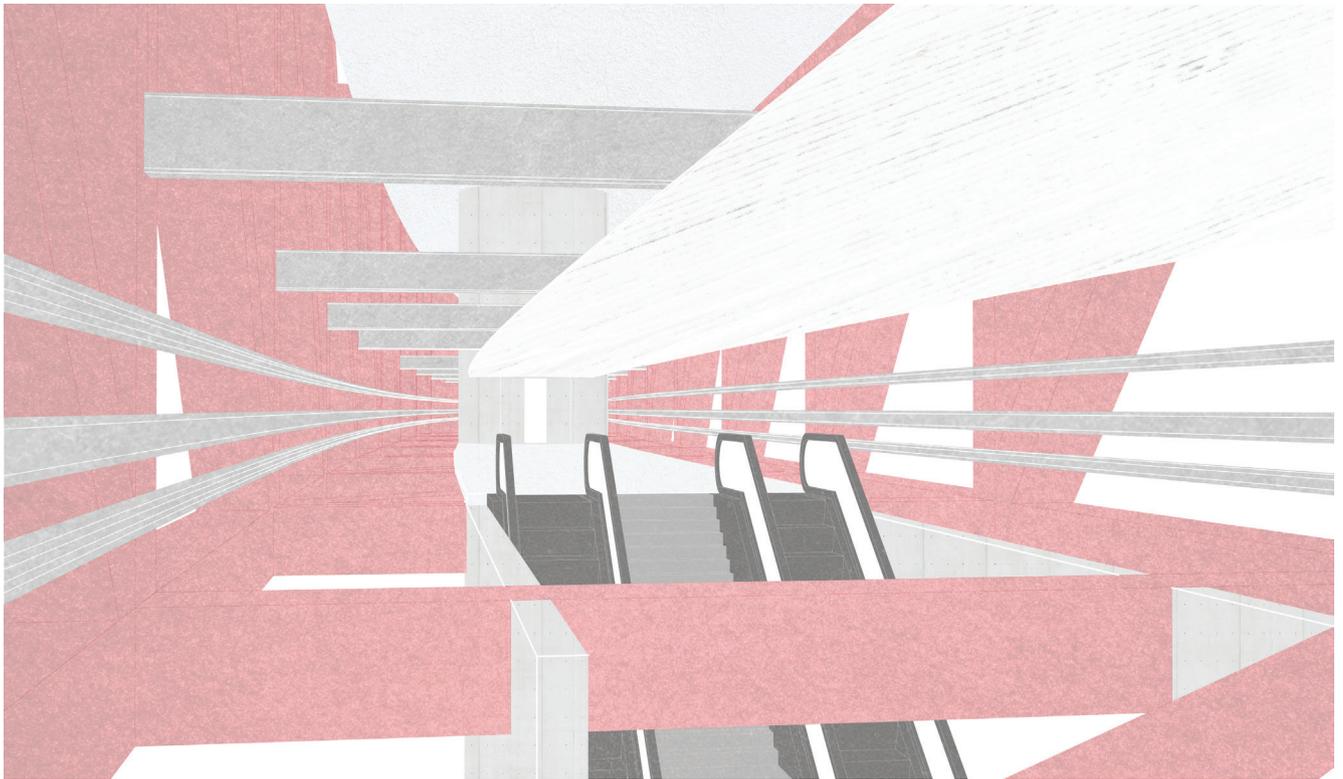




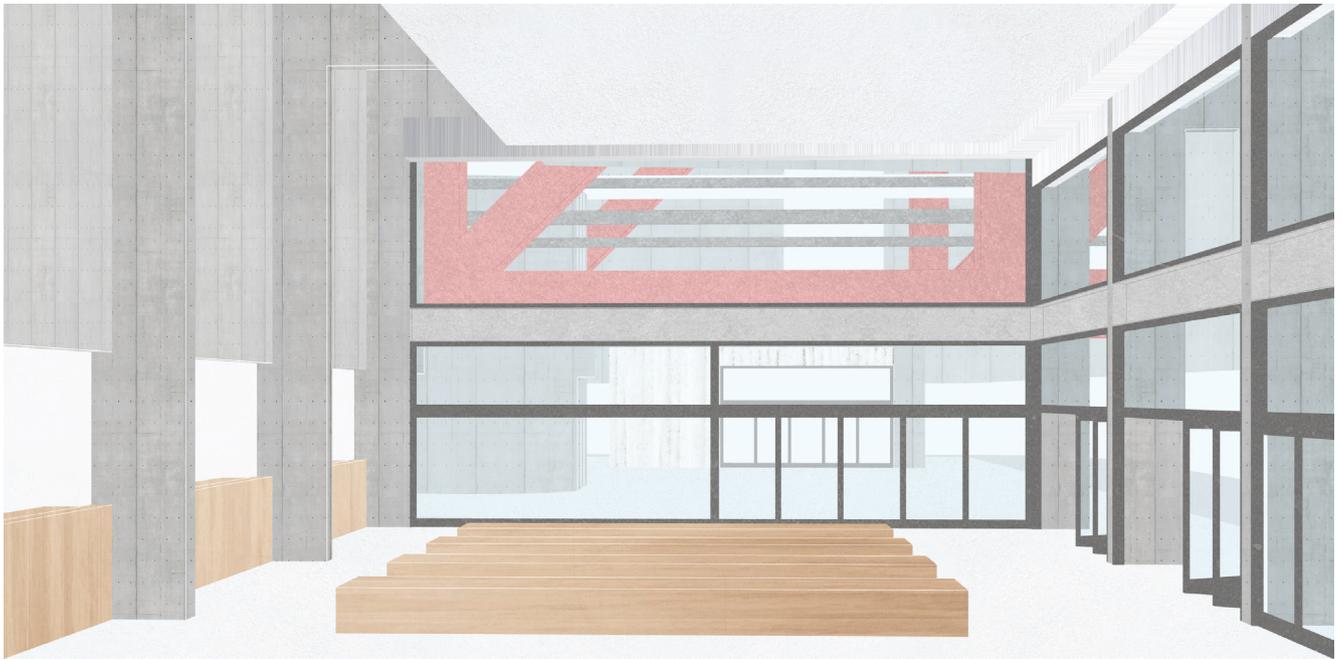
1 3 5m
91

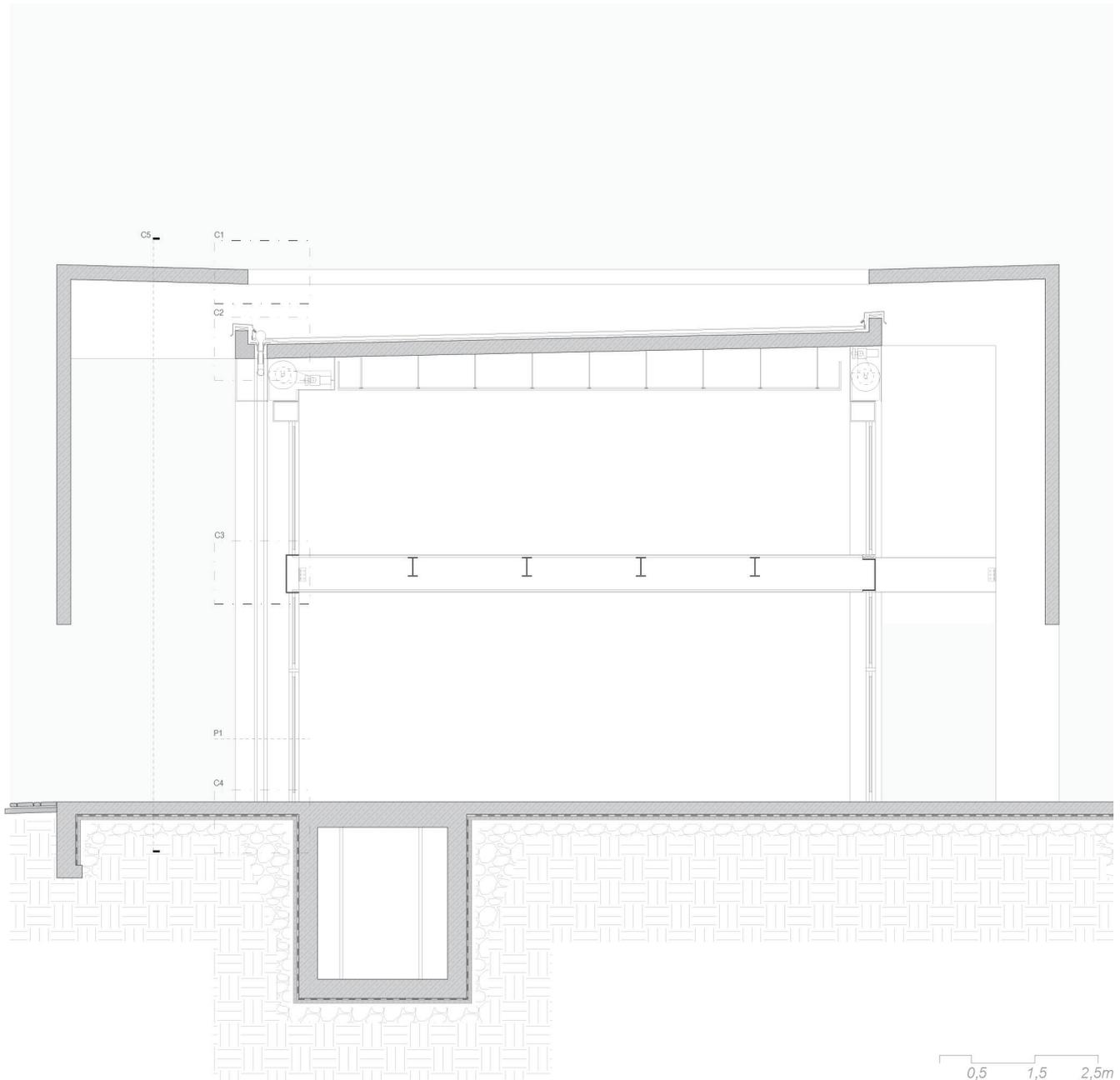


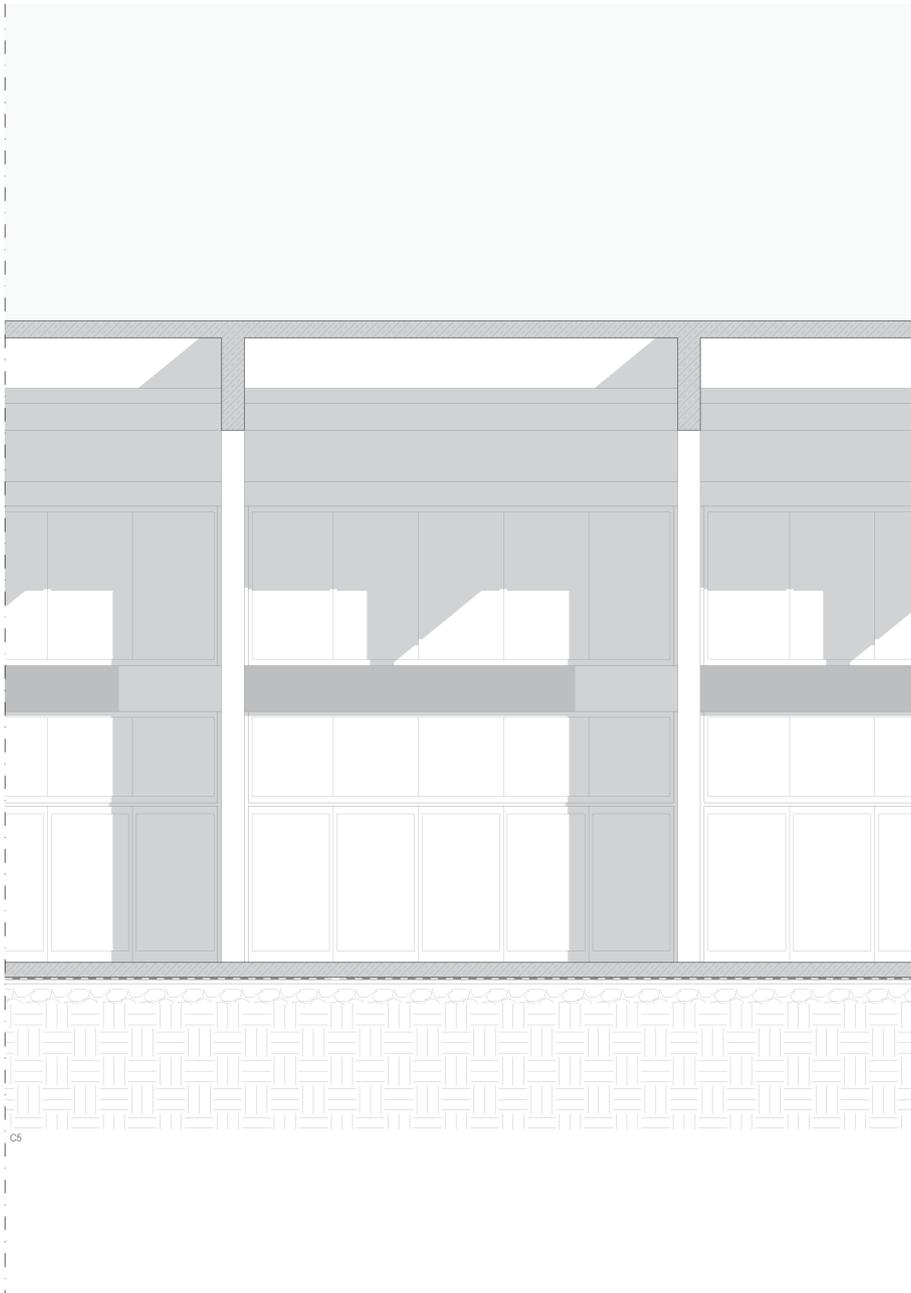






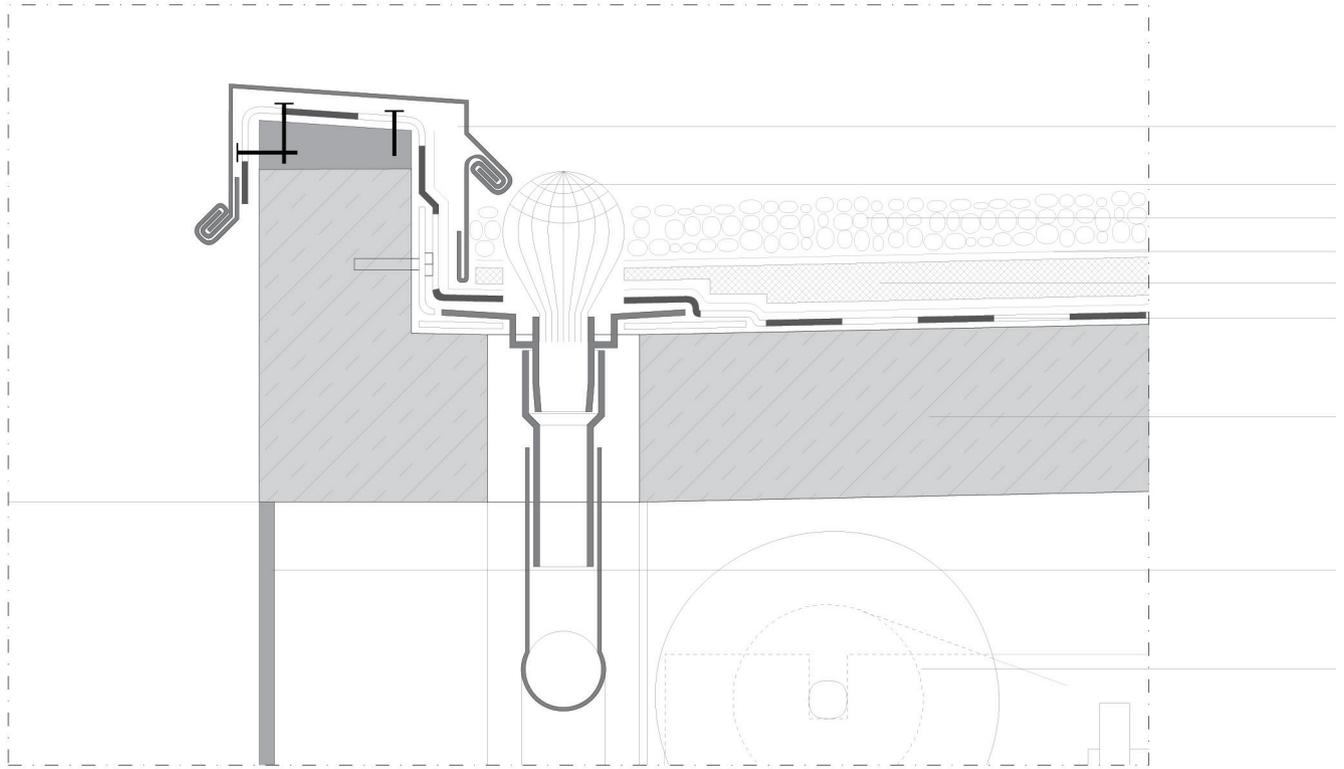






C5

0,5 1,5 2,5m
101



C2

Chapa de zinco

Ralo de pinha

Protecção pesada (gravilha solta)

Camada geotêxtil

Isolamento térmico (5cm)

Membrana impermeabilizante

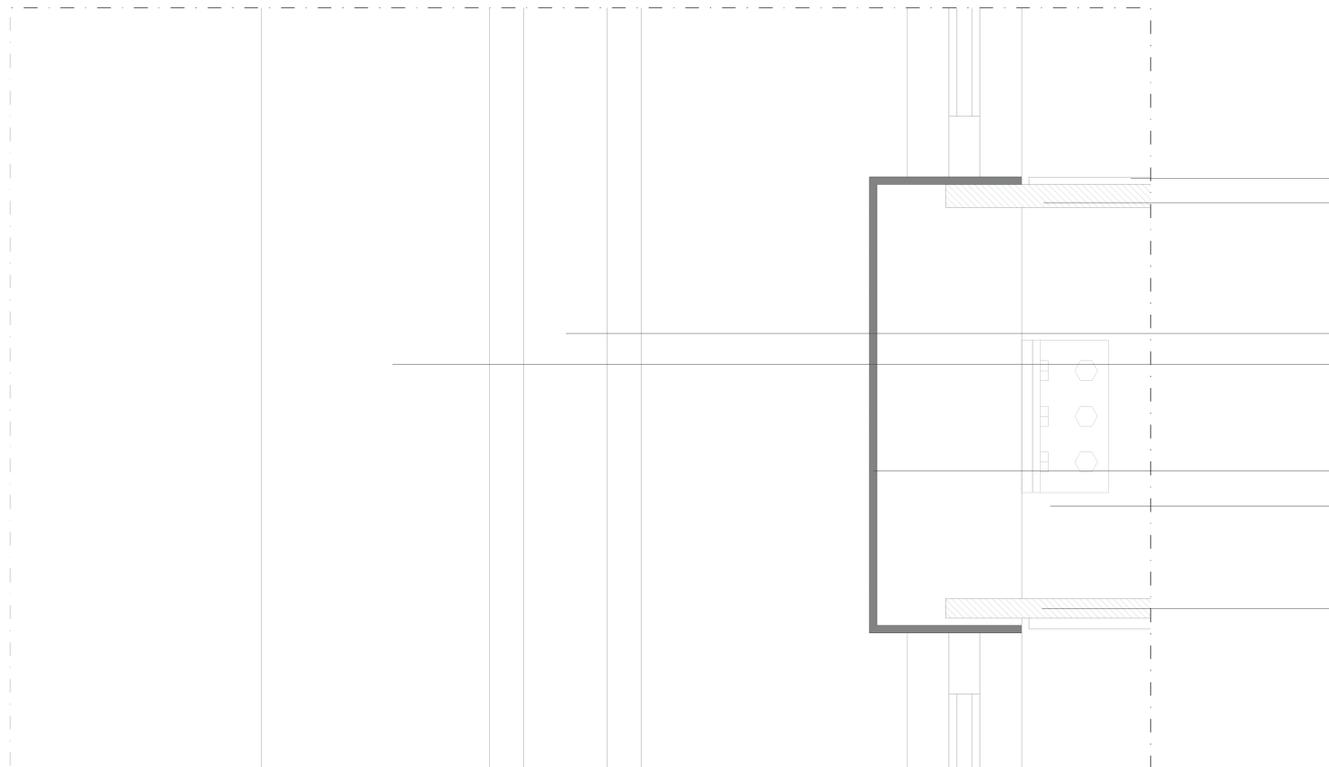
Laje de betão (22 cm) - pendente

de 2%

Chapa metálica de protecção

Mecanismo de auxílio aos estores metálicos

de rolo - protecção das lojas



C3

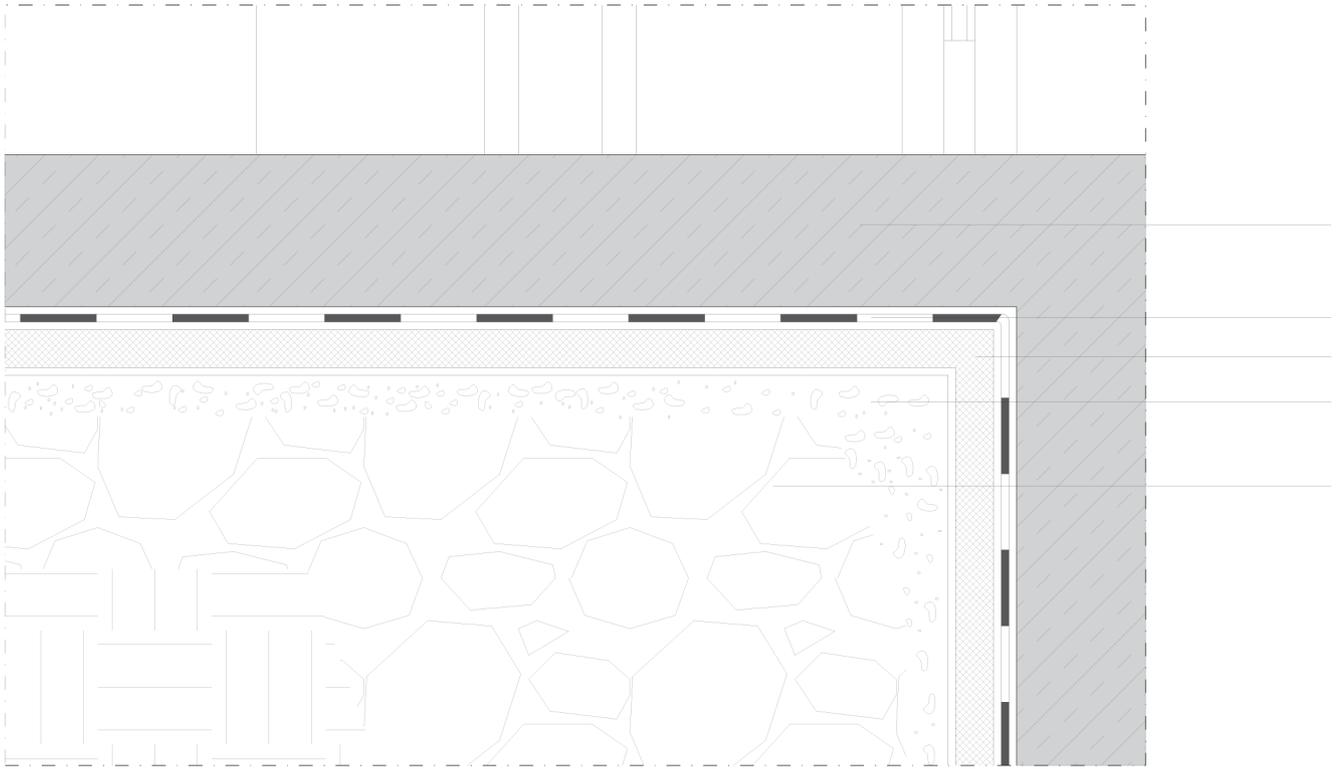


Laminado de Madeira (8mm)
Aglomerado de madeira (2,5 cm)

Escoamento de águas pluviais
Lâmina de betão (30x100 cm)

Perfil (C) 60x20 cm
Perfil (I) 55x20 cm

Aglomerado de madeira (2,5 cm)



C4

5 15 25cm

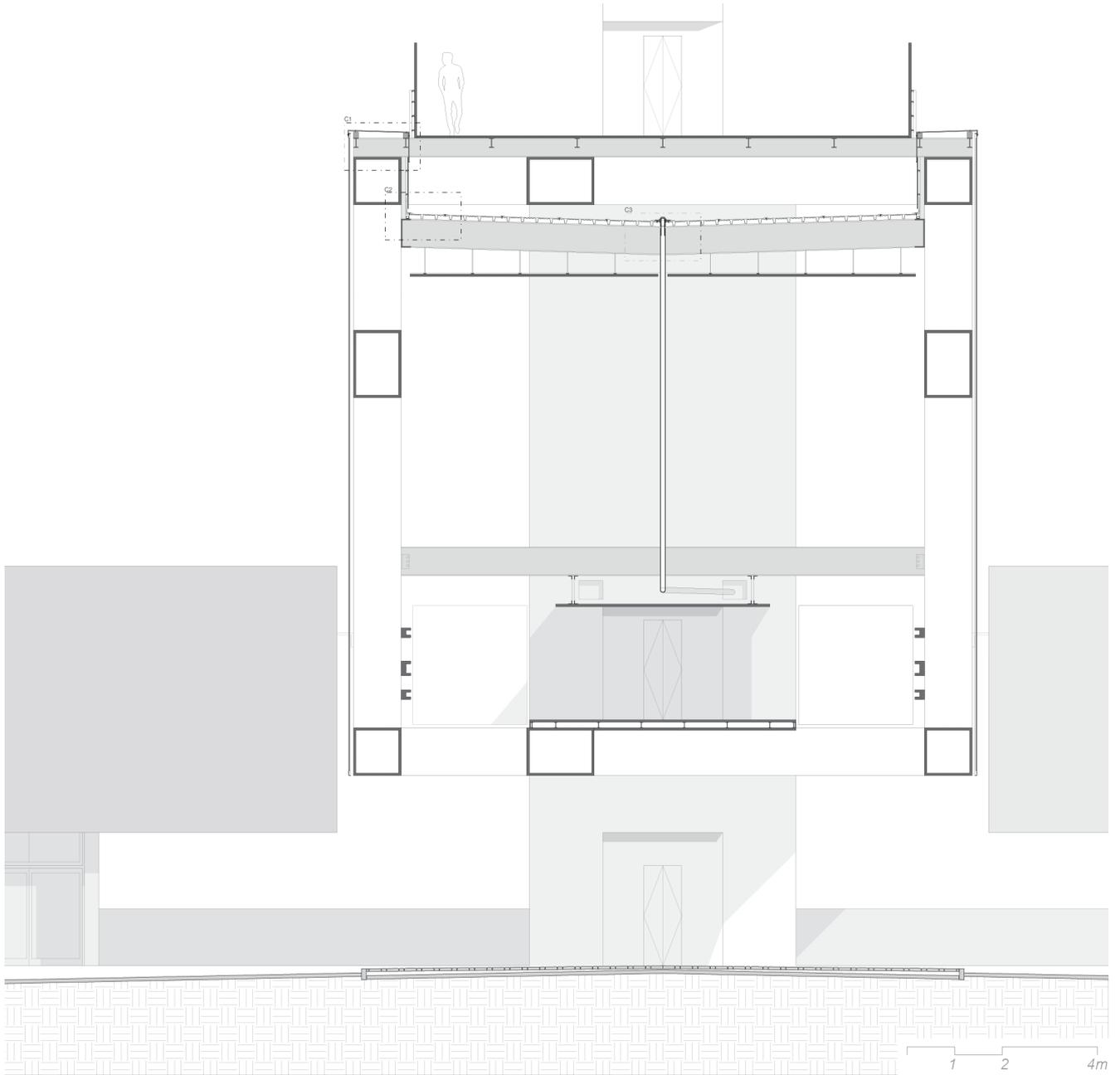
Laje de betão (22 cm)

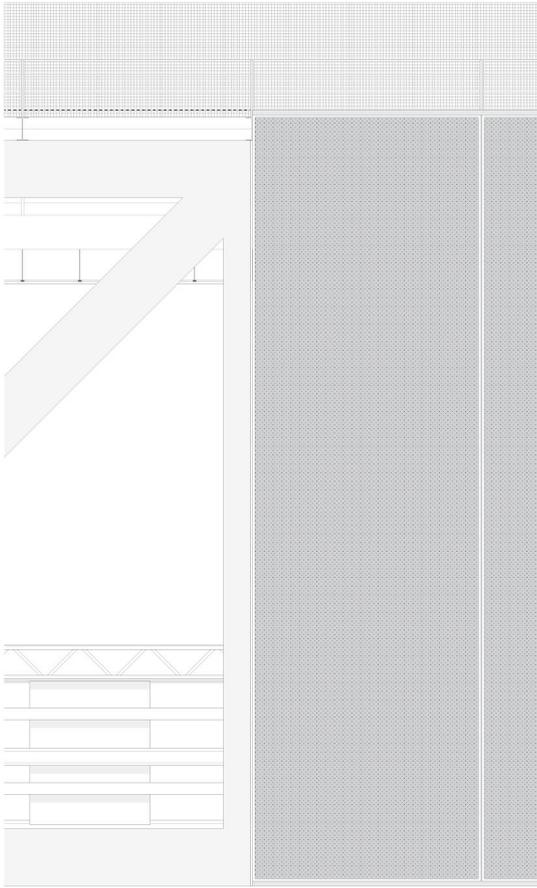
Membrana Impermeabilizante

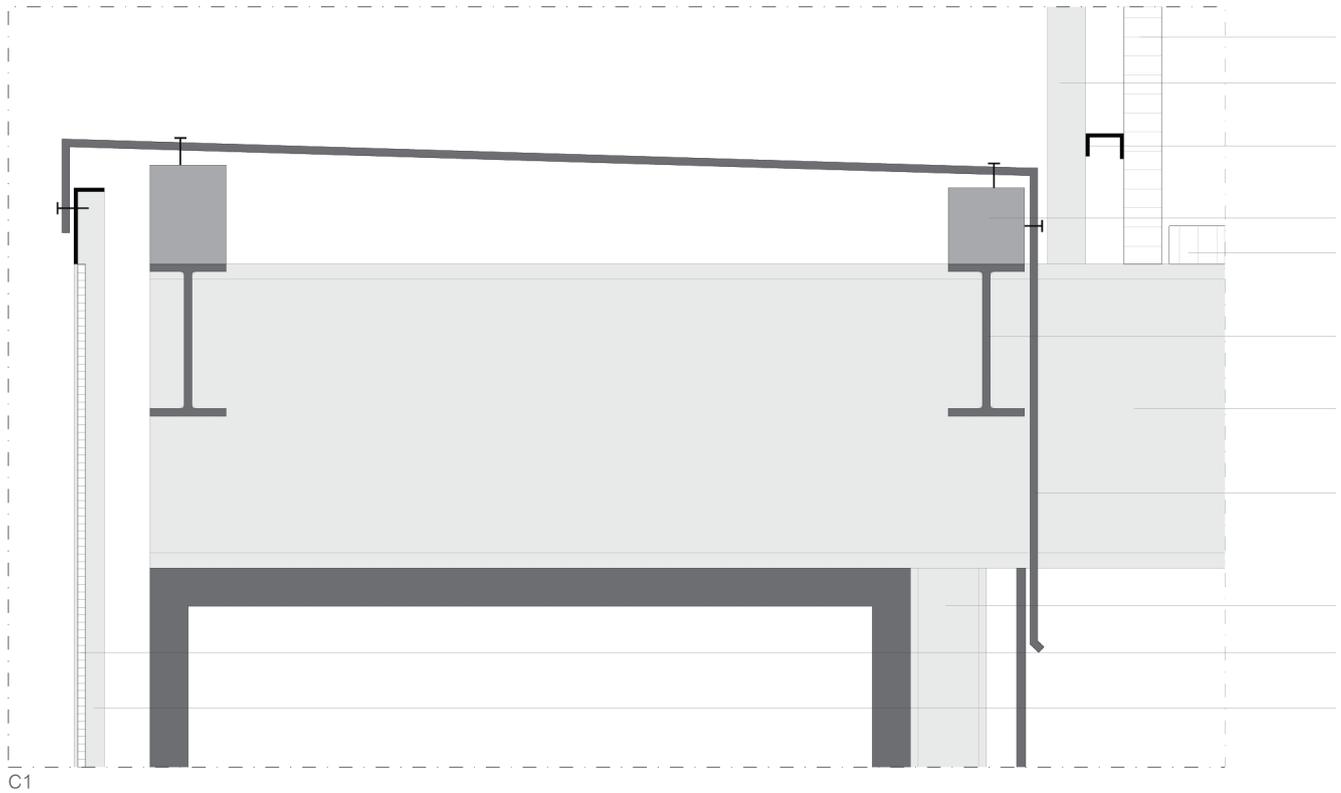
Isolamento térmico (5cm)

Brita

Enrocamento







C1



Grelha metálica 5x5 cm

Perfil HSS 5x3 xm

Perfil (C) 5x3 xm

Tacão de madeira

Grelha metálica 5x5 cm

Perfil (I) 20x10 cm - subestrutura (cobertura)

Perfil (I) 40x20 cm - estrutura principal (cobertura)

Chapa de zinco

Perfil (I) 10x5 cm

Revestimento em chapa de metal distendido

Estrutura metálica de suporte à fachada -
moldura 4cm



C2



Perfil (C) 4x3 cm

Chapa de zinco

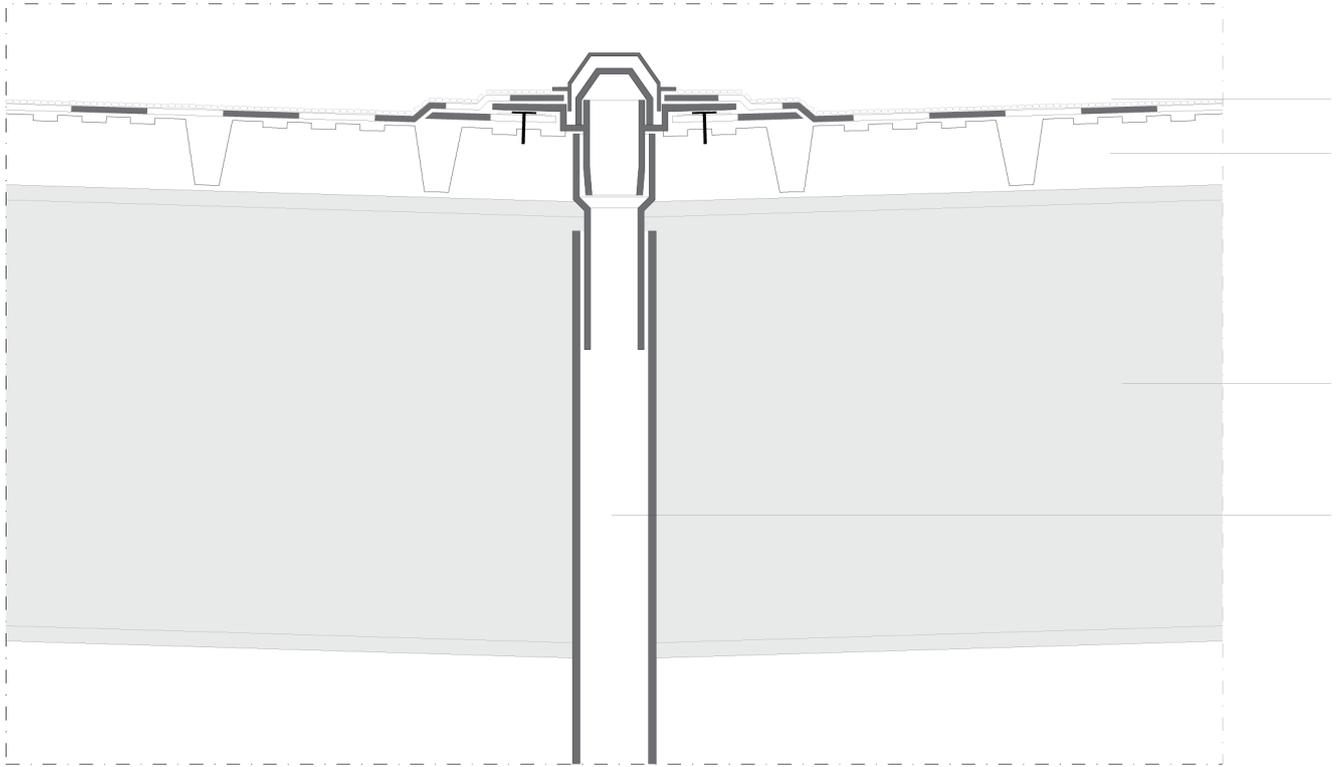
Perfil (I) 10x5 cm

Membrana impermeabilizante
autoprottegida

Laje colaborante

Perfil (I) 60x20 cm - pendente de 3%

Perfil (C) 60x20 cm



C3



Membrana impermeabilizante
autoprotégida
Laje colaborante

Perfil (I) 60x20 cm - pendente de 3%

Escoamento de águas pluviais

II. Vertente Teórica

FENÓMENOS EMERGENTES
COMPLEXOS NA VIVÊNCIA DO
ESPAÇO ARQUITECTÓNICO

PROJECTO FINAL DE ARQUITECTURA

2015_2016

Escola de Tecnologias e Arquitectura

Departamento de Arquitectura e Urbanismo

Mestrado Integrado em Arquitectura

Vertente Teórica

FENÓMENOS EMERGENTES COMPLEXOS NA VIVÊNCIA DO ESPAÇO ARQUITETÓNICO

Trabalho Teórico submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Arquitectura

Orientador: Professor Doutor Vasco Moreira Rato, Professor Auxiliar, ISCTE-IUL

Francisco Miguel Teixeira Alves

Outubro | 2016

RESUMO

Este trabalho produz uma reflexão teórica sobre a relação entre a temática do ambiente construído/-edificado e o pensamento complexo, abordando as possibilidades e implicações que surgem no processo e procurando um caminho para a integração de Arquitetura e Urbanismo na Teoria da Complexidade. A Teoria da Complexidade é um paradigma disciplinar de consequências tecnológicas e filosóficas/-epistemológicas que aborda os espaços no fim da razão clássica onde às variáveis de um problema se sobrepõem as relações entre elas.

O trabalho descreve as várias propriedades dos sistemas ditos complexos para, munido dessas ferramentas, estabelecer e validar as relações que se façam com a temática do ambiente construído: num primeiro ponto à escala da cidade; e num segundo chegando aos edifícios que a compõem.

A escala da cidade remete para o processo de evolução destas estruturas, que na ausência de um controlador central, e pela escala temporal superior à dos indivíduos que as habitam, introduz a ideia de todo auto-organizado. À escala do edificado estuda-se a interação entre indivíduos – comum às várias escalas de análise ainda que com manifestações formal e funcionalmente diferentes –; a interação entre partes de um edifício; e a adaptabilidade das estruturas através de uma interação entre partes que seja responsiva à interação entre indivíduos – a conjugação dos dois pontos prévios.

O trabalho desenvolve um conjunto de modelos que, sem pretenderem ser exaustivos, procuraram demonstrar como a assimilação do pensamento complexo em Arquitetura permite a avaliação, no período de projeto, de cenários para a pós-ocupação de edifícios.

Palavras Chave: Complexidade; Sistema; Arquitetura; Urbanismo; Cidade; Interdisciplinaridade

ABSTRACT

This work reflects on the relation between the built environment and a complex way of thinking, going through the possibilities and implications that arise upon the process of doing so. It then sets to integrate Architecture and Urbanism under Complexity Theory. Complexity Theory is a disciplinary paradigm with both technological and philosophical/-epistemological repercussions. It deals with the spaces left untouched at the limit of a classic view of reason, where one should start to consider the relations between a problem's variables over their own extent.

Several properties found in complex systems are described and used to define the established relations between the built environment and complex thinking. These relations start at the city scale, reaching building level at a later stage.

Cities have a process of evolution which occurs in the absence of centralized control and at a time scale that exceeds the life of those who inhabit them. This process allows us to study cities as self-organized systems. At the building level we then set to study the interaction between individuals; the interaction between building components; and building's transformation and adaptability through the interaction of building components, as a response to individuals' interactions – linking the two previous points.

A set of models is developed as to demonstrate how a proper relation between complex thinking and Architecture can help define, during design stages, better scenarios for building's post occupancy.

Key words: Complexity; System; Architecture; Urbanism; City; Interdisciplinarity

Introdução	124
Complexidade	128
O pensamento complexo	133
<i>Teoria de sistemas</i>	135
<i>O pensamento complexo e a temática espacial</i>	137
<i>Interação entre agentes</i>	141
Propriedades de sistemas complexos	141
<i>Feedback</i>	143
<i>Sistema aberto</i>	145
<i>Vida</i>	148
<i>Fenómenos Emergentes</i>	149
<i>Ordem/Desordem</i>	153
A Cidade como fenómeno emergente	158
<i>Sobre a primeira cidade</i>	159
O estudo da cidade	159
<i>Uma rápida evolução</i>	163
Teoria da cidade Orgânica	167
<i>Sintaxe Espacial</i>	173
<i>Considerações sobre a cidade orgânica</i>	181
<i>Outras considerações sobre a cidade orgânica, n' <u>A Rua da Estrada</u>.</i>	192
Complexidade e arquitetura	196
Relação edifício/utilizador(es)	199
<i>Formulação pós-moderna</i>	204
<i>Pós-ocupação</i>	207
<i>Fluxo e agentes</i>	208
<i>Caso-Escola</i>	209

Building Relations	213
Sensori-Motor Intelligence	221
Agent-based models no projeto de uma estação intermodal em Sines	225
<i>Modelo 1</i>	232
<i>Modelo 2</i>	233
<i>Modelo 3</i>	234
<i>Modelo 4</i>	235
Conclusão	236
Bibliografia	240

INTRODUÇÃO

Este trabalho produz uma reflexão teórica sobre a relação entre a temática do ambiente construído/-edificado e o pensamento complexo, abordando as possibilidades e implicações que surgem no processo e procurando um caminho para a integração de Arquitetura e Urbanismo na Teoria da Complexidade. A Teoria da Complexidade é um paradigma disciplinar de consequências tecnológicas e filosóficas/-epistemológicas que aborda os espaços no fim da razão clássica onde às variáveis de um problema se sobrepõem as relações entre elas. Esta ideia, vasta, constrói-se em linha com a Teoria Geral de Sistemas, adotando uma posição interdisciplinar. De entre as propriedades comuns aos problemas desta forma abordados está a ideia de fenómeno emergente, ou de auto-organização, que rapidamente se percebeu transcender os contornos estritos das disciplinas clássicas. Algumas das principais áreas abordadas no pensamento complexo têm sido Biologia, Física e Sociologia.

O trabalho descreve numa primeira instância as várias propriedades dos sistemas ditos complexos para, munido dessas ferramentas, estabelecer e validar as relações que se façam com a temática do ambiente construído: num primeiro ponto à escala da cidade; e num segundo chegando aos edifícios que a compõem. Uma ideia central à Teoria da Complexidade e à noção de fenómeno emergente ganha neste processo alguma importância enquanto denominador comum às relações que se estabelecem: interações simples entre elementos simples geram resultados ricos e complexos. Percebemo-lo, à escala da cidade, nas interações quotidianas entre indivíduos que se materializam na produção de um fenómeno físico de aglomeração que evolui na ausência de um controlador central; e, à escala do edifício, nos padrões de dispersão que a nossa ocupação destes espaços produz, influenciada pela sua configuração espacial e por outros indivíduos. O trabalho projeta perpetuamente as propriedades identificadas (Interação entre agentes; *Feedback*; Sistema aberto; Vida; Fenómenos Emergentes; Ordem/Desordem), de forma isolada e em conjunto, sobre os cenários e processos do ambiente físico, procurando perceber de que forma estas aguentam a transição entre escalas.

Jane Jacobs, por exemplo, foi bastante prematura no entendimento complexo das cidades, mas o ímpeto inicial da autora não encontrou um pleno seguimento até muito recentemente. Sabemos a mensagem de Jacobs

bem presente no panorama acadêmico atual, mas há na autora um léxico que não tem sido ponderado em paralelo com a sua mensagem, e esse é o léxico da complexidade. Neste desacerto percebemos que a Teoria da Complexidade tem encontrado o seu caminho na temática do ambiente construído pela via da Sociologia: uma abordagem complexa distancia-se das simplificações redutoras da realidade, o que torna um tal processo em Sociologia indissociável da questão espacial.

Este trabalho retoma um pensamento sobre o ambiente edificado que se mune do léxico associado à Teoria da Complexidade, ultrapassando a via indireta e propondo demonstrar como uma correta descrição dos fenômenos é um primeiro passo para o salto entre sistemas e para a produção de conhecimento.

Uma breve estrutura do trabalho e resumo dos temas que aborda será a seguinte:

1 – Complexidade

Reflexão sobre as implicações epistemológicas do caminho interdisciplinar da complexidade e breve enquadramento no seguimento da noção de Holismo e da Teoria Geral de Sistemas. Dedicar-se igualmente parte deste capítulo à definição das propriedades comuns aos sistemas que definimos como complexos, através das perspectivas de diferentes autores, apontando frequentemente uma primeira possível ponte entre estas propriedades e as cidades ou as formas que as compõem.

2 – A cidade como fenómeno emergente

Este capítulo atenta sobre a ideia de cidade como fenómeno emergente das interações quotidianas entre indivíduos, assumindo importante na compreensão desse fenómeno um estudo retrospectivo, ou seja, o entendimento da génese da cidade. Analisam-se com as ferramentas da complexidade teorias universais para a formação dos assentamentos urbanos e discute-se a evolução dos mesmos face à influência de condicionantes da contemporaneidade.

3 – Complexidade e Arquitetura

Este capítulo denota a falta de relações, à escala das edificações, entre a Teoria da Complexidade e o ambiente construído. Propõe, nesse sentido, uma metodologia de aproximação ao problema com base nas ferramentas da complexidade e um processo que transporta considerações anteriormente estabelecidas para a escala em análise – e procura, ao fazê-lo, consistências ou incongruências. Estabelece-se, assim, um caminho entre o estudo da influência do ambiente físico nas interações entre utilizadores de um espaço; a possibilidade de influenciar essas interações; a apresentação de alguns exemplos; e a criação de modelos que permitem uma observação analítica ou propositiva no projeto de arquitetura.

1_COMPLEXIDADE

“Mas quando Zaratustra ficou só, falou assim ao seu coração: «Será possível? Este santo velho na sua floresta ainda não ouviu dizer que Deus morreu!»”

(Nietzsche, 1883, p. 26)

Retire-se o tom provocativo no domínio espiritual e utilize-se o excerto em cima pelo cenário que propõe – o desaparecimento de uma mão top-down com influência na evolução de um sistema, para o qual nós sejamos os componentes individuais. Entenda-se por “nós” uma determinada população, ou conjunto de agentes, capazes de agir e interagir – variáveis que tornam progressivamente difícil lidar com o sistema que compõem quando aumentam em número e nas relações entre si. À luz das possibilidades que esta linha de pensamento sugere podemos questionar, por exemplo, como evoluem as cidades na ausência de um controlador central, e sem que nenhum dos seus habitantes tenha total controlo do processo. Será condição necessária ao referido processo de evolução que o conhecimento que lhe é inerente, bem como os desenvolvimentos tecnológicos alcançados, não desapareçam com as gerações que formam a cidade (Johnson, 2001). Nesse sentido, podemos imaginar os assentamentos urbanos como estruturas capazes de armazenar informação e como interfaces que permitem o acesso à mesma (Johnson, 2001).

Jane Jacobs (1961) (Fig. 1) descreve a efusividade do ambiente urbano, e da rua mais concretamente, como um ballet intrincado em que as diversas partes intervenientes se reforçam umas às outras, formando um todo ordenado. É justamente esse cenário de interação entre indivíduos que potencia a circulação de conhecimento e informação, formando uma ordem complexa (Jacobs, 1961). Jacobs é bastante acertada na sua escolha de palavras, que não são, de modo algum, desprovidas de intenção. À ideia de “ordem complexa” não se substitui “ordem complicada”, pelo menos não à luz dos problemas de complexidade organizada como definidos pelo matemático Warren Weaver, bem presentes no trabalho de Jacobs (Johnson, 2001). A ideia de complexidade aqui presente é mais do que mera adjetivação, e embora careça de uma definição exata, teve nesse sentido uma forte



aproximação por parte de Weaver (Jacobs, 1961; Johnson, 2001). O matemático norte-americano aborda, num texto de 1958, as estratégias do pensamento científico que lhe é contemporâneo – apontando nesse sentido um conjunto de situações com as quais esse pensamento não soube lidar, e onde mais do que o número de variáveis de um problema, importam as relações entre as mesmas (Johnson, 2001). Entre problemas simples de duas variáveis, e problemas que envolvem biliões delas, a metodologia científica desenvolvida até ao final da primeira metade do séc. XX deixou intocada uma grande região intermédia (Jacobs, 1961; Johnson, 2001), hoje explorada sob o domínio das ciências da complexidade.

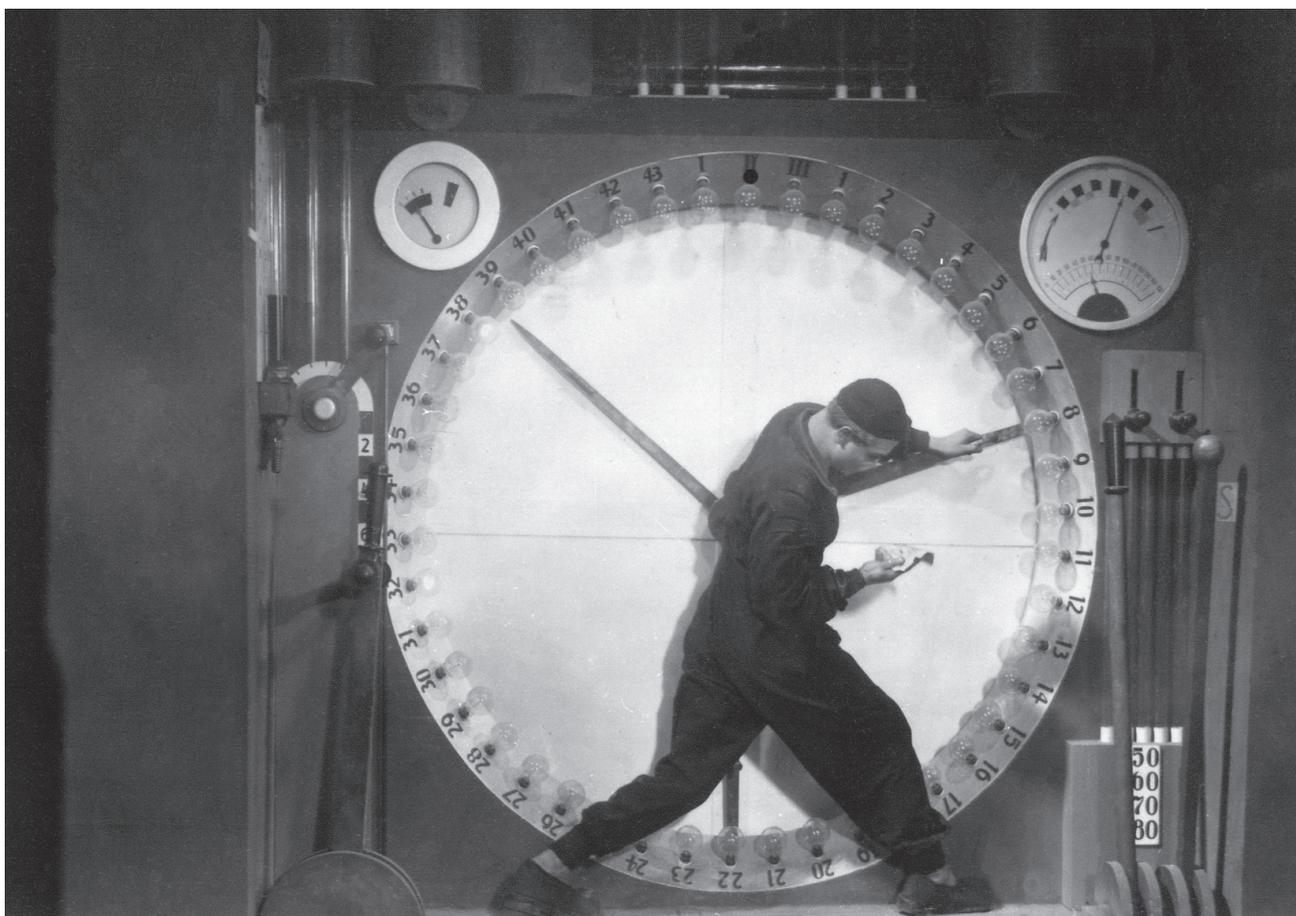
Fig. 1 – Jane Jacobs no Washington Square Park, em 1963 – por McDarrah, Fred W (Epstein, 2011).

O PENSAMENTO COMPLEXO

“Eis umas árvores e eu conheço-lhes a rugosidade, eis a água e eu conheço-lhe o sabor. Estes perfumes de erva e de estrelas, a noite, certas tardes em que o coração se dilata, como negar esse mundo cujo poder e cujas forças experimento? No entanto, toda a ciência desta terra não me dará nada que possa certificar-me de que este mundo é meu. As pessoas descrevem-no e ensinam-me a classificá-lo. Enumeram as suas leis e eu, na minha sede de saber, consinto em que elas sejam autênticas. Demonstram o seu mecanismo, e a minha esperança aumenta. Por fim, ensinam-me que este universo prestigioso e matizado se reduz ao átomo, e que o próprio átomo se reduz ao electrão. Tudo isto é bom e espero que continuem. Mas falam-me de um invisível sistema planetário, onde os electrões gravitam em redor de um núcleo. Explicam-me este mundo com uma imagem. Reconheço então que os homens se embrenharam pela poesia: Jamais «conhecerei» nada disso. (...). Compreendo que, se posso apreender os fenómenos pela ciência e enumerá-los, não posso apreender da mesma maneira o mundo. Ainda que lhe acompanhasse com o dedo todos os relevos, não ficaria mais adiantado.”

(Camus, 1942, p. 30)

Há em nós uma ânsia de dar sentido às situações que vivemos, de reduzir o mundo ao humano, a realidade a termos do pensamento (Camus, 1942; Morin & Moigne, 2007). Se tomarmos em conta o conhecimento científico clássico, percebemos que à nossa procura de compreender o mundo está associada uma busca de unidade (Morin, 1990). Procurámos, sob a complexidade aparente dos fenómenos, uma máquina perfeita que regesse o cosmos (*Fig. 2*); e, iluminados pelo mesmo espírito, partimos em busca da unidade última sobre a qual este se constrói (Morin, 1990; Johnson, 2007). Quando ao descobrir a molécula julgámos ter encontrado essa unidade o desenvolvimento dos instrumentos de observação revelou-nos o átomo, os electrões, os quarks, eventualmente fazendo desabar o pressuposto de onde partíamos (Camus, 1942; Morin, 1990; Johnson, 2007). A obsessão de simplicidade desencadeou descobertas científicas impossíveis de conceber enquanto tal (Morin, 1990).



Perceba-se que o problema tem muito de epistemológico: o que fazer no fim da razão clássica? Nesses lugares últimos o pensamento complexo adota uma posição interdisciplinar, entre uma estratégia disjuntiva e redutora que nos conduz à simplificação do real; e uma ideia de completude, que se sabe à partida impossível (Morin, 1990). Pela definição de Holismo sabemos difícil explicar o todo na redução às suas partes, mas sobre esta ideia o pensamento complexo constrói ainda uma outra: a total compreensão dos constituintes de um objeto é de escassa importância para o entendimento das interações entre um conjunto desses objetos (Johnson, 2007). Impera, nestes patamares do conhecimento, uma atitude que permita o caminho entre multidisciplinar e transdisciplinar¹ – a transição, utilização e sistematização de conhecimento entre disciplinas distintas (Morin, 1990; Johnson, 2001).

TEORIA DE SISTEMAS

O princípio abrangente e interdisciplinar sobre o qual o pensamento complexo se propõe trabalhar é, de alguma forma, semelhante ao que nos sugere a teoria de sistemas. Vejamos nesse sentido que, como refere Edgar Morin (1990), “qualquer realidade conhecida, desde o átomo à galáxia, passando pela molécula, a célula, o organismo e a sociedade pode ser concebida como um sistema”. É importante, contudo, que à relação entre áreas do conhecimento não se substitua uma unificação generalista; e que não caiamos num processo insípido de metaforização organicista e mecanicista – como o permite a ideia de sistema (Morin, 1990).

Fig. 2 - A máquina que rege, não o cosmos, mas a Metrópolis de Fritz Lang. (Metropolis, 1927)

¹ O *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* faz a distinção entre os termos “Multidisciplinarity”, “Interdisciplinarity” e “Transdisciplinarity”. Na sucessão dos termos, pela respetiva ordem apresentada, percebe-se o salto epistemológico entre: diferentes disciplinas abordarem simultaneamente o mesmo tema, numa lógica de justaposição; investigadores de diferentes disciplinas trabalharem em conjunto num mesmo assunto, proativamente; e uma síntese do conhecimento que deixe para trás os limites definidos entre disciplinas (Klein, 2010, pp. 16-24).



Para Morin (1990), que muito se debruçou sobre as implicações do pensamento complexo, a aspiração à totalidade é uma aspiração à verdade, mas o reconhecimento da impossibilidade na tarefa também o é. Daí se retira que se a complexidade recusa a simplificação mutiladora do mundo também recusa o extremo oposto, o que torna estranha a ideia estabelecida à priori de que é possível analisar um qualquer sistema – independentemente da sua escala – com o mesmo conjunto de teorias e metodologias. De facto, di-lo Sawyer (2005), a teoria dos sistemas sempre explicou muito mais facilmente os sistemas naturais do que os sociais (*Fig. 3*). Arriscar-se-á nesse sentido: o esforço para a síntese no conhecimento não poderá ofuscar-se em si mesmo.

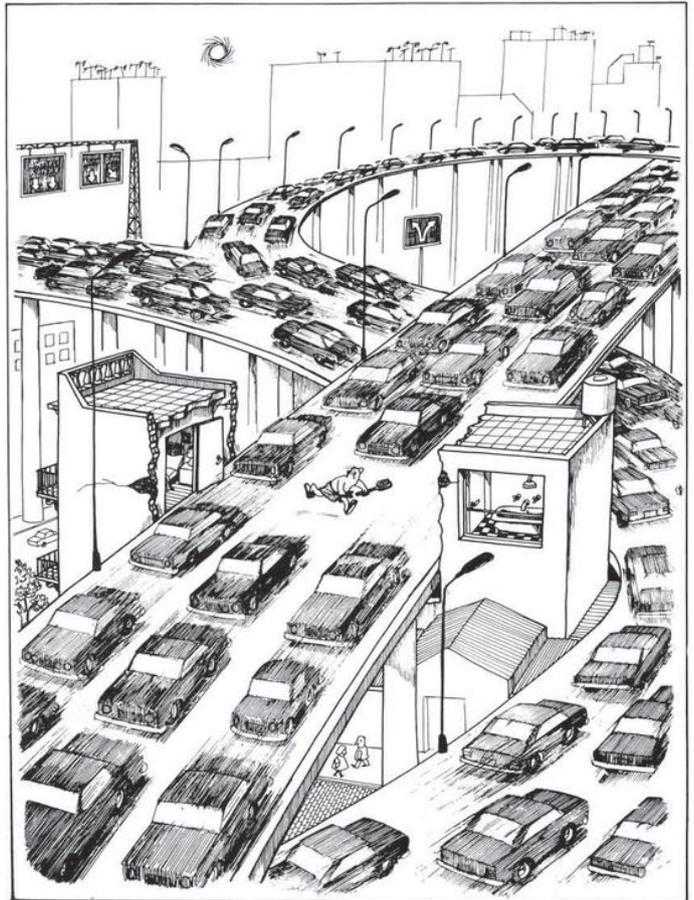
O PENSAMENTO COMPLEXO E A TEMÁTICA ESPACIAL

“Se o conceito de física se alargar, se complexificar, então tudo é físico. Digo que então a biologia, a sociologia, a antropologia são ramos particulares da física; do mesmo modo, se o conceito de biologia se alargar, se complexificar, então tudo o que é sociológico e antropológico é biológico. A física como a biologia deixam de ser redutoras, simplificadoras, e tornam-se fundamentais. Isto é quase incompreensível, quando se está no paradigma disciplinar onde física, biologia, antropologia são coisas distintas, separadas, não comunicantes.”

(Morin, 1990, p. 56)

Não se pretende, com este trabalho, esgotar as possíveis relações que surjam ao introduzir a temática do espaço ao pensamento complexo – renegar a completude, entenda-se. Os tópicos lançados são, neste sentido, os alicerces ou bases de trabalho para as relações a estabelecer e para as posições que se possam tomar. Embora não fazendo parte da principal literatura no domínio da teoria da complexidade (que faz uso, essencialmente, dos campos da Biologia, Antropologia, Sociologia e Física), Arquitetura e Urbanismo são, ainda assim, indissociáveis deste pensamento. Na ausência de referências explícitas dir-se-á que a temática do ambiente construído terá encontrado o seu caminho no seio da complexidade pela via da Sociologia – e da Economia.

Fig. 3 – Sociedades que podemos analisar como sistemas (Lost in Translation, 2003).



Numa procura de aproximar as ciências humanas à complexidade do real, o espaço tornou-se uma preocupação recorrente nos modelos sociais do último quartel do séc. XX (Hillier, 2005). À grande maioria destes modelos interessa, contudo, uma descrição estatística da distribuição de propriedades funcionais da cidade, o que trata o espaço enquanto entidade abstrata, e omite a sua estrutura. Bill Hillier (2009a, p. 6) lembra, por oposição a esta linha de pensamento, que as cidades não são simplesmente o reflexo de processos socioeconómicos, mas do ato de construir à luz destes processos. Hillier é ainda mais provocador quando refere que no processo de evolução da cidade novas funções ocupam frequentemente estruturas espaciais já existentes – dando o exemplo da cidade de Londres, que sofrendo profundas alterações nos seus padrões económicos e sociais, manteve ainda assim uma estrutura espacial semelhante ao longo dos anos (Hillier, 2009a). Hillier levanta deste modo a possibilidade de que os subsistemas funcionais (humano, social) e estruturais (físico, técnico) da cidade não variem necessariamente um com o outro – pondo desta forma em causa os modelos supramencionados. Ainda assim, este autor não descarta possíveis relações entre aquilo a que chama os subsistemas da cidade. O seu trabalho, aliás, tem-se focado na procura de propriedades estruturais do fenómeno cidade – propriedades de carácter universal, entenda-se – que, embora independentes de circunstâncias sociais e económicas, as reflitam de forma genérica (Hillier, 2009a, p. 1). Reconhece-se neste trabalho a procura de uma teoria universal da cidade – desenhada sobre o entrelaçar de teorias da complexidade e do estudo dos assentamentos urbanos (Hillier, 2009a, p. 1).

Já aqui se referiu como o desenvolvimento das cidades é um processo sobre o qual nenhum dos seus habitantes tem total controlo. De facto, é impressionante que as cidades emergem um todo ordenado e coeso (globalmente) das ações e interações de um conjunto de indivíduos que apenas as experiencia localmente (*Fig. 4*). Esta ideia sugere o entendimento da cidade como um sistema que se auto-organiza e que, num processo iterativo, retroage sobre as interações e padrões comportamentais das entidades que em primeiro lugar contribuem para essa organização. É nesse sentido que se apelida de orgânica uma teoria universal da cidade como a que propõe Hillier – de carácter analítico e, num salto qualitativo, posteriormente propositiva.

Fig. 4 - Experienciando localmente o desenvolvimento da cidade. (Quino, 1984)

Os fenómenos de auto-organização são indissociáveis do estudo das ciências da complexidade, e neles, entende-se, há uma ideia de interações simples capazes de gerar resultados ricos, variados e inesperados. Rapidamente se percebeu, no final do séc. XX, que os problemas da auto-organização transcendiam as disciplinas locais, motivando uma abordagem que também as transcendesse – transdisciplinar, congruente com a lógica do pensamento complexo (Morin, 1990; Johnson, 2001; Hillier, 2009a).

A ideia de cidade como todo auto-organizado abre uma brecha que justifica a temática do espaço no esforço complexo transdisciplinar, mas sobre ele é necessário levantar algumas precauções: à procura de relações entre os fenómenos que organizam o mundo físico é necessário que não se substitua um processo de comparação e metaforização que se quede em camadas superficiais. Em boa verdade, é justamente entre estes dois lugares, ou patamares de rigor, que se colocam as diferentes possibilidades de trabalhar Arquitetura e Urbanismo à luz do pensamento complexo – e, nesse sentido, é também aí que se coloca este trabalho.

PROPRIEDADES DE SISTEMAS COMPLEXOS

Falar de uma ciência – ou teoria – da Complexidade, poderia levar-nos a assumir a ideia de um campo definido, com um objeto de estudo bem enquadrado. A transversalidade da área a várias disciplinas (Sawyer, 2005; Johnson, 2007), contudo, impede essa mesma definição – ainda que possamos identificar facilmente um conjunto de propriedades associadas a sistemas que exibam complexidade, ditos complexos (Johnson, 2007). Neil Johnson, num complicado trabalho de síntese, identifica um conjunto de propriedades para ele essenciais, que aqui se traduzem e explanam.

INTERAÇÃO ENTRE AGENTES

“O sistema contém uma colecção de muitos objectos, ou agentes, que interagem entre si” (Johnson, 2007, p. 13).

Johnson (2007, p. 13) identifica, de entre os exemplos possíveis, um conjunto de condutores, no trânsito; ou investidores, numa bolsa económica. A interação entre agentes pode ser resultante – para estes e outros sistemas – da proximidade física entre os mesmos; por pertencerem a um determinado grupo; ou por partilharem algum tipo de informação (Johnson, 2007). É neste sentido que podemos conceber a cidade como um sistema complexo potenciado pelas interações quotidianas dos seus habitantes (Jacobs, 1961; Johnson, 2001); ou ainda – numa lógica algo fractal – os seus bairros, ruas e edifícios. Sobre a cidade como sistema complexo e a influência da proximidade física nas interações entre agentes, levantam-se questões pertinentes em Johnson (2001), como a do impacto da cultura automóvel em Los Angeles. Será relevante perceber de que modo evolui o sistema numa sociedade dependente do carro como meio de transporte para o dia-a-dia, e em que as interações sejam essencialmente potenciadas a alta velocidade.

Sob o mote do pensamento complexo, é necessário entender que a interação entre indivíduos não produz um resultado último. Por exemplo, se olharmos para a Sociedade enquanto produto das interações entre indivíduos,



é importante notar como ela retroage sobre esses indivíduos “pela educação, pela linguagem, pela escola” (Morin, 1990, p. 126) – o todo organizado é também ele organizador.

É imperativo que ao ponderar as interações entre um conjunto de indivíduos os entendamos como sujeitos plurais. Morin (1990) refere que onde a ciência procurou criar uma imagem abstrata do Homem e da vida quotidiana, o romance trabalhou a complexidade do real. Um indivíduo não é passível de ser definido enquanto unidade fechada, de papel social bem delimitado, “(...) cada ser tem uma multiplicidade de identidades, uma multiplicidade de personalidades nele próprio, um mundo de fantasmas e de sonhos que acompanham a sua vida” (Morin, 1990, p. 84).

A ação face ao mundo implica complexidade, que sejamos capazes de reagir e decidir à luz de situações imprevistas. Fala-se aqui, por oposição a uma ideia de programa, de estratégia, e da capacidade de um conjunto de agentes/-indivíduos para inovar, construindo sobre a sua ação programada.

FEEDBACK

“O comportamento dos objectos é afectado por memória, ou feedback” (Johnson, 2007, p. 14).

Corre o ano de 1938, dia de Halloween. O jovem ator Orson Welles narra na rádio uma adaptação de A Guerra dos Mundos, não consciente das reações algo desproporcionadas que a sua interpretação está prestes a gerar (Schwartz, 2015). No tenso ambiente que antecedia a Segunda Guerra Mundial alguns ouvintes tomam os eventos relatados por reais e, no pânico que se instala, são o exemplo máximo de como o nosso comportamento pode ser fortemente afetado pela informação que recebemos (*Fig. 5*). Considere-se o trabalho de Marshall McLuhan (1964), e à equação junta-se também o meio em que a recebemos. De facto, ainda à luz deste episódio, aparece como pertinente a passagem de Understanding Media: The Extensions of Man, sobre a relação de Adolf Hitler com

Fig. 5 – Orson Welles e o Mercury Theatre Group, a encenar para a rádio (Barnes & Noble, -2016).

os meios de comunicação.

“The famous Orson Welles broadcast about the invasion from Mars was a simple demonstration of the all-inclusive, completely involving scope of the auditory image of radio. It was Hitler who gave radio the Orson Welles treatment for real.

That Hitler came into political existence at all is directly owing to radio and public-address systems. This is not to say that these media relayed his thoughts effectively to the German people. His thoughts were of very little consequence.”

(McLuhan, 1964, p. 299)

Não só por informação externa, contudo, é afetado o nosso comportamento. Face à recursividade de uma dada ação, como seja ir várias vezes às compras num determinado local acabando por verificar que o mesmo se encontra frequentemente sobrelotado, seremos tentados a alterar a nossa estratégia – neste caso procurando outro sítio para o efeito. A memória de uma experiência passada é assim recebida como *feedback*, com influência nas decisões que tomamos no presente (Johnson, 2007, p. 14). Será importante notar que os objetos, ou agentes, podem eles próprios adaptar o seu comportamento, procurando melhorar o seu desempenho (Johnson, 2007).

É sobre a informação recebida que um conjunto de agentes é capaz, como mencionado em cima, de agir face ao inesperado e de se adaptar – nesse sentido é essencial ponderar o fator informação em toda a sua dimensão, e não apenas de forma estatística (Morin, 1990, p. 77).

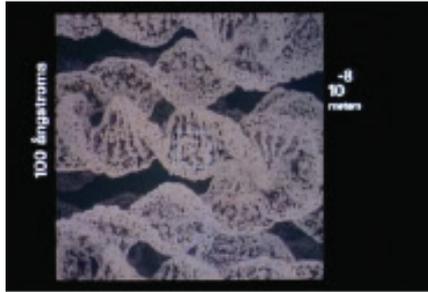
A informação, dirá Morin (1990, p. 159), não existe antes da vida, não existe na natureza. O que a este autor importa é a dimensão não-digital da computação viva, capaz de tratar e extrair informações do universo, de as interpretar, de transformar “(...) elementos e acontecimentos em signos (...)” (Morin, 1990, p. 159). Sobre este pensamento equacionamos: os organismos não se conhecem a si mesmos, não sabem o que sabem, nenhuma das células do meu corpo estará consciente de que escrevo este trabalho. Da mesma forma, refere Morin, também o nosso espírito não estará consciente de todas as células que o compõem – sobre elas só obtemos informação e produzimos

conhecimento com recurso a meios que nos são exteriores, “os meios da investigação científica” (Morin, 1990, p. 161). É neste ponto que Morin separa conhecimento, que assume organizador, e informação, mediante a capacidade dos organismos em processá-la (Morin, 1990, p. 160).

SISTEMA ABERTO

“O sistema é tipicamente aberto” (Johnson, 2007, p. 14)

Tanto o interesse como a dificuldade em trabalhar com sistemas complexos residem nesta propriedade dos mesmos. Entenda-se que considerar um sistema como aberto é referir que o mesmo é influenciado por tudo o que o rodeia, já que que o único sistema fechado conhecido é o Universo em si (Johnson, 2007, p. 14). Jacobs (1961), a propósito da dificuldade do problema, dá o exemplo do estudo de um parque: para melhor compreender a situação do espaço em questão seremos forçados a considerar não só o seu desenho, como também os seus potenciais utilizadores – e de que forma este parâmetro é por sua vez afetado pelos usos que a cidade oferece em seu redor. A força destes fatores é, contudo, apenas parcial no sucesso daquela estrutura urbana, torna-se para mais necessário perceber em que medida eles dependem de outros, e combiná-los para perceber a sua real influência. Os usos em redor do parque dependerão, por exemplo, da idade dos edifícios, ou da dimensão dos quarteirões – e assim poderíamos continuar, até que na modelação do problema de um parque de bairro tivéssemos incluído a cidade inteira. Podemos imaginar – numa imagem à semelhança do conhecido vídeo Power of Ten, do casal Eames para a IBM (Power of Ten, 1977) (*Fig. 6*) – as sucessivas camadas que informam o problema a formarem-se à medida que um imaginário plano de cinema se afasta do mesmo. Falar de um sistema aberto, entende-se, implica considerar os problemas na sua dimensão fractal, já que “qualquer ecossistema pode tornar-se sistema aberto num outro ecossistema mais vasto” (Morin, 1990, p. 56).



Face à necessidade de trabalhar com grandes quantidades de informação torna-se, porventura, importante relembrar o texto de Jorge Luís Borges, escrito sob o nome de Suarez Miranda, Sobre o Rigor na Ciência:

“...Naquele império, a Arte da Cartografia alcançou tal Perfeição que o mapa de uma única Província ocupava uma cidade inteira, e o mapa do Império uma Província inteira. Com o tempo, estes Mapas Desmedidos não bastaram e os Colégios de Cartógrafos levantaram um Mapa do Império que tinha o Tamanho do Império e coincidia com ele ponto por ponto. Menos Dedicadas ao Estudo da Cartografia, as gerações seguintes decidiram que esse dilatado Mapa era inútil e não sem Impiedade entregaram-no às Inclemências do sol e dos Invernos. Nos Desertos do Oeste perduram despedaçadas Ruínas do Mapa habitadas por Animais e por Mendigos; em todo o País não há outra relíquia das Disciplinas Geográficas .”

(Borges, 1935, p. 117)

A noção de sistema aberto veio introduzir no conhecimento científico clássico a ideia de que um determinado sistema poderá atingir o seu estado de equilíbrio através de trocas com o exterior. Neste sentido, e face à forte conotação com o segundo princípio da termodinâmica, falamos essencialmente de trocas energéticas. Para o caso dos sistemas vivos, contudo, é necessário equacionar que para o referido estado de equilíbrio contribuirá também uma “alimentação exterior (...) organizacional/informacional” (Morin, 1990, p. 30). Este estado de equilíbrio alimentado por um fluxo exterior em desequilíbrio, é, di-lo Edgar Morin (1990, p. 31), constante, apesar de frágil, e algo paradoxal: “as estruturas permanecem as mesmas, embora os constituintes sejam mutáveis; (...). Face aos exemplos deste autor, “a chama de uma vela, o redemoinho de um rio em torno do pilar de uma ponte” (Morin, 1990, p. 30), ou mesmo os “nossos organismos, onde incessantemente se renovam as nossas moléculas e as nossas células, enquanto o conjunto permanece aparentemente estável (...)” (Morin, 1990, p. 31); podemos sugerir um outro: a cidade. Ao longo dos anos, e apesar da constante renovação dos indivíduos que as formam, as cidades continuam a funcionar como todos organizados e coesos; e as suas estruturas em grande parte estacionárias.

Fig. 6
- Várias
escalas
de análise
- frames
retirados do
vídeo Power
of Ten, de
Charles e
Ray Eames.
(Power of
Ten, 1977)

É para os temas que neste trabalho se desenvolvem muito importante a noção de sistema aberto, que para mais nos ajuda a perceber um pouco melhor o pensamento complexo. O teorema de Gödel, como exposto por Morin (1990, p. 68), demonstra que em qualquer “sistema formalizado está pelo menos uma proposta que é irresolúvel”. Para esse aspeto irresolúvel encontrar-se-á explicação num outro sistema, ou até mesmo metassistema, mas também ele terá a sua “brecha lógica” (Morin, 1990, p. 68). Neste sentido, um sistema abre-se ao desconhecido para que se produza e progrida no conhecimento, de sistema em sistema, de metassistema em metassistema (Morin, 1990).

VIDA

“O sistema parece ter vida” (Johnson, 2007, p. 14)

Um sistema complexo tenderá a evoluir ao longo do tempo de forma não trivial e complicada, aparentando ter vida própria (Johnson, 2007, p. 14). O desenvolvimento dificilmente expectável do sistema será resultado das constantes interações entre agentes capazes de adaptar e alterar o seu próprio comportamento.

Esta ideia de adaptação é em boa verdade profundamente darwiniana, e nesse sentido não se manifestará como estranha uma certa procura pós-modernista de pensar o ambiente construído num processo de metaforização com os organismos vivos (Feliciano, 2014). A década de 60 foi de alguma forma predecessora no entendimento da célula habitacional e da estrutura urbana como extensões de um Homem então considerado em toda a sua pluralidade (cultural, biológica, física e psicologicamente), mas podemos encontrar a ideia de uma escala fractal do metabolismo humano, por exemplo, em Da Vinci:

“...o homem é dito pelos Antigos como mundo menor, e é por certo apropriado este nome, pois que, assim como o homem é composto de terra, água, ar e fogo, este corpo de terra é o semelhante; se o homem tem em si ossos, suportes e armação da carne, o mundo tem as pedras, suportes da terra; se o homem tem em si o lago do sangue, onde cresce

e decresce o pulmão ao respirar, o corpo da terra tem o seu mar oceano, o qual também ele cresce e decresce de seis em seis horas para o respirar do mundo; se do dito lago de sangue derivam veias, que se vão ramificando pelo corpo humano, de igual modo o mar oceano enche o corpo da terra de infinitas veias de água; faltam ao corpo da terra os nervos, os quais não existem, porque os nervos são feitos para o movimento, e o mundo, sendo de perpétua estabilidade, não tem movimento e, não tendo movimento, não são necessários os nervos; mas em todas as outras coisas são muito semelhantes...”

(Apud Feliciano, 2014, p. 80)

O organicismo aqui exposto estende-se além da metáforização com a disciplina de Arquitetura – é aliás essencialmente sobre o plano social que Edgar Morin (1990) o aborda. Sobre ele o autor refere que não é a analogia que nos deve preocupar, mas sim o carácter insípido e trivial dessa analogia. Frequentemente, as equivalências assim extrapoladas da Biologia e expostas neste processo, são apenas a manifestação superficial dos fenómenos, embrenhadas em romantismo (Morin, 1990, p. 42).

A ideia que este processo nunca abandonou é a de que a organização vital não pode ser reduzida “a leis lineares (...), a uma visão mecanicista”, e nesse ponto reconhece Edgar Morin a virtude do Organicismo (Morin, 1990, p. 42). Divergem, deste modo, organicismo e “organizacionismo”, ou, entenda-se, a procura de “analogias fenomenais” face à busca de “princípios de organização comuns” (Morin, 1990, p. 41).

FENÓMENOS EMERGENTES

“O sistema exhibe fenómenos emergentes, que são geralmente surpreendentes, e podem ser extremos / Os fenómenos emergentes que o sistema exhibe aparecem geralmente na ausência de um controlador central” (Johnson, 2007, p. 15).

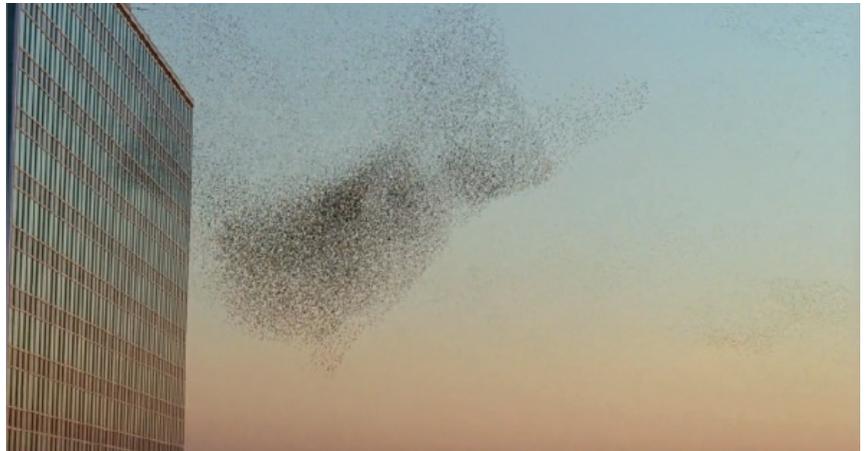
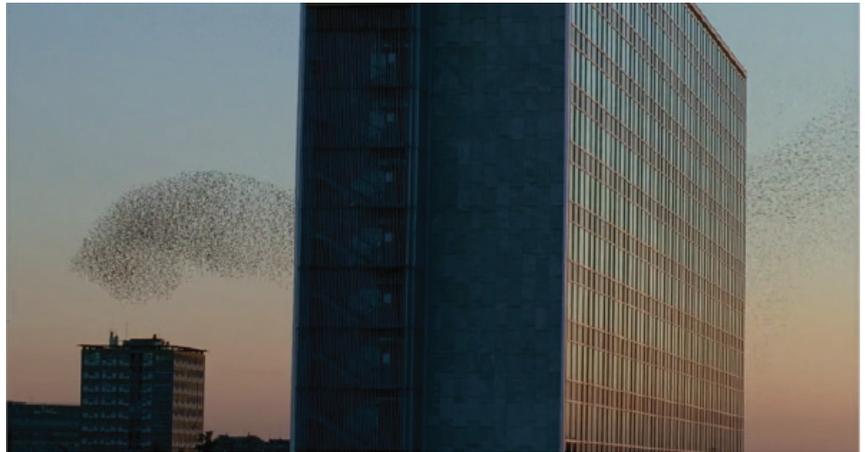


Das interações, decisões, e regras locais de um conjunto de agentes, surgem, no sistema que os mesmos compõem, padrões ou comportamentos globais comumente denominados por fenômenos emergentes (Johnson, 2001; Sawyer, 2005; Johnson, 2007). A esta ideia está subjacente uma relação de causalidade entre a micro e a macro escala de um sistema, embora alguns autores diverjam face à possibilidade de reduzir as propriedades globais do mesmo às suas unidades individuais; ou de alocar propriedades funcionais do todo aos seus componentes físicos (Sawyer, 2005).

Nos campos da Sociologia e da Economia tem-se trabalhado à luz da metáfora sociedade como sistema (Sawyer, 2005, p. 1), o que permite identificar – com os devidos cuidados a que interdisciplinaridade obriga – duas correntes de pensamento ligadas ao estudo dos fenômenos emergentes que divergem precisamente na questão anteriormente enunciada: Coletivismo e Individualismo metodológico. Numa posição coletivista entende-se que os fenômenos emergentes de um sistema formado por um grupo – coletivo – de indivíduos, não são reduzíveis às unidades do mesmo, embora apenas elas existam fisicamente; o individualismo metodológico, por outro lado, defende que as propriedades manifestadas na macroescala de um sistema podem ser explicadas um nível abaixo, nos indivíduos que o compõem, e nas suas relações (Sawyer, 2005, p. 10).

No estudo dos fenômenos emergentes será sob a alçada da posição coletivista aqui explanada que se encontram a grande maioria dos autores até este ponto referidos. É, nesse sentido, importante mencionar que sistemas facilmente decompostos – onde para cada função é possível identificar um componente responsável – serão menos propícios a manifestar fenômenos emergentes (Sawyer, 2005, p. 13); e que tais fenômenos, geralmente surpreendentes e por vezes extremos, são característicos de sistemas que se encontram longe de um estado de equilíbrio (*far from equilibrium*). É essencialmente sobre esta lógica, que imagina o comportamento emergente de um sistema entre a ordem e a anarquia (Johnson, 2001, p. 38), e resultante das interações complexas entre agentes, que interessa trabalhar.

Fig. 7 – As veias de água que enchem o corpo da terra – limite geometricamente fractal do rio Nilo.



Perceba-se que, aliados à noção de fenómeno emergente, estão processos de auto-organização que, como se entenderá pelo termo, acontecem na ausência de um controlador central – numa lógica *bottom-up*, em oposição a *top-down*. Neil Johnson (2007, p. 15) exemplifica-os na formação de engarrafamentos, ou nas bruscas e imprevisíveis flutuações da bolsa; Sawyer (2005, p. 3), na evolução da língua falada, processo não regulamentado até ao aparecimento da primeira cidade-estado; Steven Johnson (2001) na lógica de funcionamento de uma colónia de formigas, ou, à semelhança de Jacobs (1961), na criação e desenvolvimento de cidade (*Fig. 8*).

“Não viu Kant na Revolução francesa a transição da forma inorgânica para a forma orgânica do Estado?”

(Nietzsche, 1895, p. 23)

Já aqui se referiu como é importante para os temas desenvolvidos a noção de sistema aberto que, de facto, aparece fortemente conectada com a ideia de fenómeno emergente e de auto-organização. O conceito de sistema aberto, como refere Edgar Morin (1990, p. 33), permite imaginar as interações entre sistema e ecossistema, e introduz a possibilidade de conceber teorias da evolução, dos sistemas que se auto-organizam, e dos seres vivos.

Um sistema auto-organizador não poderá fechar-se em si próprio. Face à necessidade de “alimentos, de matéria/energia, (...) de informação, de ordem”, o processo de organização só será possível pela sua abertura ao exterior. O “meio estranho” em que se insere está por isso no seu interior, agindo como coorganizador (Morin, 1990, p. 49).

ORDEM/DESORDEM

“O sistema exhibe uma mistura complicada de comportamentos ordenados/desordenados” (Johnson, 2007, p. 15).

Fig. 8 – Os padrões formados por um bando de passáros em movimento são um exemplo de auto-organização no mundo biológico - frames retirados do Filme Tree of Life, de Terrence Malick (Tree of Life, 2011)



Um sistema tenderá a mover-se entre a ordem e a desordem em função do comportamento dos agentes que o compõem. A transição entre estados é possível face ao *feedback* que os agentes recebem dos seus próprios comportamentos, e pelo dispêndio de energia na alteração dos mesmos (Johnson, 2007).

A procura, sob a complexidade aparente dos fenómenos, de uma máquina perfeita que reja o cosmos (a que aqui já se fez referência) é, classicamente, uma procura por ordem. É preciso, porventura, que à luz do pensamento complexo repensemos os conceitos de ordem e desordem. Edgar Morin (1990) faz uso do modelo comumente aceite para a criação do universo para mostrar como afinal podemos unir estas duas noções que “logicamente, parecem excluir-se”: a radiação isotrópica que se deteta no universo sugere uma origem para o mesmo, uma deflagração que conhecemos por *big-bang*; podemos deste modo considerar, como sugere o autor, que “o universo começa com uma desintegração, “(...) e é ao desintegrar-se, que se organiza” (Morin, 1990, p. 90) (Fig. 9).

Sabemos, com a noção previamente explanada de fenómeno emergente, que é pela abertura para com um meio que se torna possível falar de auto-organização num dado sistema. O que sucede, nesse sentido, para o caso do Universo, tido como o único sistema fechado conhecido? A segunda lei da termodinâmica enuncia-o: a energia num sistema fechado tenderá a degradar-se, e a desordem a aumentar à medida que o tempo avança. Não obstante o esforço que se possa fazer em sentido contrário, o Universo como um todo tende a degradar-se: paradoxalmente, na tentativa de ordenar o mundo que nos rodeia, os momentâneos relances de ordem que possamos estabelecer serão sempre, pela energia consumida no processo, de menor importância face à desordem que acrescentamos (Johnson, 2007). “A vida é um progresso que se paga com a morte dos indivíduos” (Morin, 1990, p. 89).

Mas “a degradação e a desordem também dizem respeito à vida” (Morin, 1990, p. 89). As moléculas de ar que respiramos ocupam o espaço de forma desordenada – incapazes de receber *feedback* – por oposição à forma como um conjunto de condutores, por exemplo, se posiciona numa estrada. O exemplo dá-o Neil Johnson (2007,

Fig. 9 - No deserto de Atacama, onde se instalaram os maiores telescópios do mundo, na procura de compreender o melhor o Universo, que se organiza ao desintegrar-se – frame retirado do documentário chileno Nostalgia de la Luz, de Patricio Guzmán (Nostalgia de la Luz, 2011).

p. 29), fazendo notar que só nessa condição podemos tomar o nosso próximo fôlego como garantido, e para que se entenda como também a desordem nos é essencial.

“Num universo de ordem pura, não haverá inovação, criação, evolução. Não haveria existência viva nem humana.”

(Morin, 1990, p. 129)

2_A CIDADE COMO FENÓMENO EMERGENTE

O ESTUDO DA CIDADE

A cidade é certa, a cidade é cada vez mais certa! Escrevia Aristóteles sobre a natureza social da espécie humana no séc. IV a.C. e já a cidade nos era certa. Politika, o nome original da obra do filósofo grego – derivação de *polis*, ou cidade-estado – não só nos sugere a cidade como também o seu estudo (Aristóteles, 1252a-1260b). No entanto, e embora admitindo variações, a génese da cidade enquanto fenómeno de aglomeração é datável, sugerindo um início, um momento em que pequenos grupos de indivíduos caçadores-recolectores se fixaram num local, criando o primeiro assentamento urbano. Se considerarmos que as forças que levaram esses primeiros grupos de indivíduos a habitar um espaço comum, território definido, são as mesmas que se exercem hoje sobre a cidade (*Fig. 10*), permitindo a mesma aglomeração, torna-se impositivo falar da génese da mesma.

O estudo em torno da génese da cidade, embora assente numa teoria comumente aceite, admite variações que aqui interessam explorar, e estende-se para lá dos campos estritos da arqueologia e da antropologia. Referir, aliás, que esse estudo pode ter influência no âmbito propositivo do urbanismo atual, seja no seu domínio espacial, social ou económico, não se manifestará como uma lógica descabida se a mesma for lida à luz do que diz, por exemplo, Edward Soja, em Postmetropolis. Soja lembra que a história é sempre montada num diálogo entre dois momentos temporais, e que mesmo o mais objetivo dos historiadores não estará inteiramente consciente de como o modo de pensar que lhe é contemporâneo, as suas convicções pessoais e políticas, ou os atuais modos de inquérito, influenciam o seu entendimento do passado (Soja, 2000, p. 19). Soja é ainda mais provocador quando refere que o processo historiográfico parte frequentemente de convicções atuais, e que num processo invertido busca origens e raízes no passado que o suportem (Soja, 2000, p. 19).

SOBRE A PRIMEIRA CIDADE

No debate sobre a génese da primeira cidade é geralmente aceite uma sequência de acontecimentos que coloca o assentamento urbano como pináculo do progresso tecnológico. Entre 10 a 15 000 anos atrás – provavelmente em resposta a alterações climáticas – pequenos grupos de caçadores-recolectores terão intensificado a exploração



de cereais, grãos e animais selvagens, fixando-se, por necessidade do processo, cada vez mais num dado local (Soja, 2000). A transição tem sido vista em associação com o aparecimento e multiplicação de pequenas vilas, que só 4 000 anos mais tarde se materializariam em cidades, na região conhecida como Suméria (Soja, 2000). O gradual aumento do foco na agricultura durante o período que separa os dois momentos levou ao desenvolvimento de técnicas mais avançadas – rotatividade de colheitas e grandes sistemas de irrigação – que não só permitiriam o agrupamento de um maior número de indivíduos, como necessitariam desse mesmo agrupamento para serem mantidas. A cidade, assim lida, aparece como fruto da crescente interação, se não mesmo cooperação, entre indivíduos, possível e justificável numa revolução agrícola.

Edward Soja propõe, contudo, uma inversão provocadora, abrindo a possibilidade da existência de cidades pré-revolução agrícola (ou mesmo pré-civilizacionais, dependendo da fórmula que aceitarmos para definir civilização) e que tenham funcionado como motor dessa mesma revolução (Soja, 2000). Recentes descobertas nas escavações de assentamentos como Jericó, ou Çatal Hüyük, suportam o cenário e levam-nos a pensar numa cidade em que o puro estímulo da aglomeração espacial se materialize em progresso, na formação de classes, de estado, e da sua administração (Soja, 2000). O exemplo muralhado de Jericó (*Fig. 11*), que data de 8350 a.C., permite inclusive um enredo como o que cria o geógrafo Álvaro Domingues sobre o trabalho de Soja:

“(...) imagino algures no chamado Crescente Fértil (...), um grupo com o seu chefe no cimo de uma colina. Diz um:

– pelo pó que ali se levanta ao longe, vem aí um grupo com o seu rebanho!

– sim, diz outro, espécie de chefe, vamos matá-los todos e as suas cabras e reservas de alimentos serão para nós um “excedente” de quem dele já não precisa.

Assim fizeram e foi uma chacina. Dali a tempos, repete-se a cena. Diz um:

– pela poeira que se levanta ao longe, vem aí um grupo com o seu rebanho!

*Fig. 10 -
Plano de
2010 para
a cidade
portuária de
Qianhai, do
atelier OMA
(OMA, 2015-
1016).*

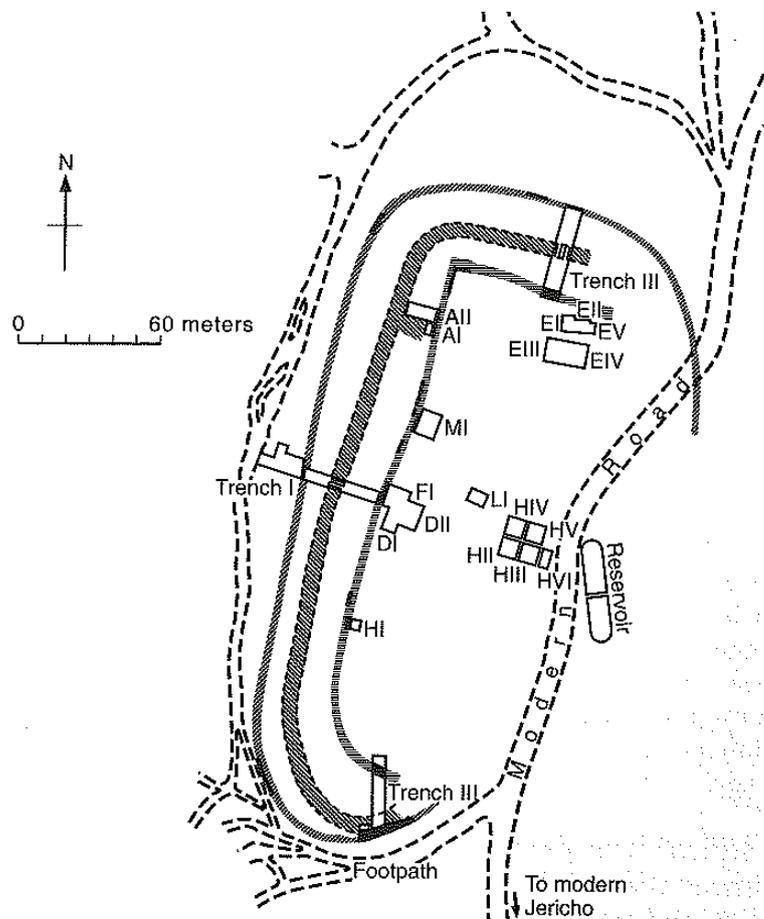
– sim, diz o tal chefe, agora todo-poderoso pelo sucesso que teve na operação militar anterior; agora não vamos repetir a asneira da outra vez: matamos metade e escravizamos os outros para trabalharem, pastorearem o rebanho e agricultarem estas terras aqui à volta da colina.

Tantas vezes isto ocorreu, que o pessoal nómada que por ali deambulava com os seus rebanhos começou a passar palavra de umas tribos para outras dizendo que era preciso cuidado e armamento para passar naquele corredor onde estavam aqueles facinoras no topo da colina. A coisa começou a ser ainda mais violenta.

Então, os da colina construíram uma muralha para se defenderem e organizarem o ataque e uma torre para melhor controlarem os movimentos no terreno. Tinha nascido a primeira cidade!”

(Domingues, 2015)

Se no primeiro modelo sobressai uma ideia geral de cooperação, o cenário alternativo introduz, na procura de definição de uma unidade territorial, competição. Neil Johnson (2007) faz referência

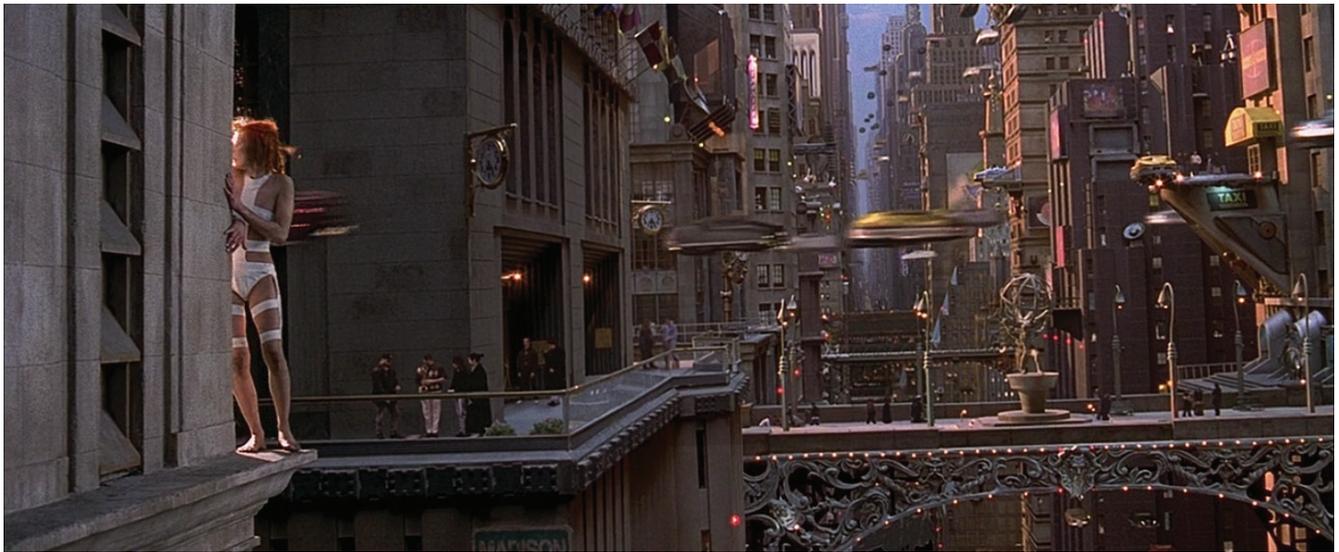


à importância deste fator como agitador das interações humanas – num sistema em que o acesso a qualquer tipo de recurso não seja de alguma forma limitado, pouco importam as decisões individuais, ou os processos de aprendizagem, adaptação, e evolução a elas associados (Johnson, 2007). Não caindo, contudo, no risco de simplificar os modelos e compartimentar os valores que lhes estão subjacentes, admita-se que ambos são resultado de trocas, ações e interações entre um conjunto de indivíduos, que podem ser, na sua natureza, de âmbitos muito variados. Os gregos terão cunhado o termo “sinecismo” (*synoikismos*), que remete precisamente para essa condição, a de coabitar determinado espaço, e da influência desse fator no desenvolvimento da *polis* (Soja, 2000). Esta influência será facilmente entendida se considerarmos que um conjunto de indivíduos é atraído para um dado assentamento em proporção à sua escala (Batty, 2013, p. 38) – à luz dos princípios das economias de aglomeração – gerando um ciclo de *feedback* positivo; e que o produto gerado por esse assentamento aumenta mais do que seria proporcional em relação à sua população (Batty, 2013, p. 39).

UMA RÁPIDA EVOLUÇÃO

“(…) dão-se em Isaura religiões de duas espécies. Os deuses da cidade, de acordo com uns, habitam nas profundidades, no lago negro que nutre as veias subterrâneas. Segundo outros, os deuses habitam nos baldes que sobem pelas roldanas quando saem fora da boca dos poços, nas polés que giram, nos cabrestantes das noras, nas alavancas das bombas, nas pás dos moinhos de vento que puxam a água dos furos artesanais, nos castelos das plataformas que sustentam o aparafusar das sondas, nos reservatórios suspensos sobre os tetos em cima de andas, nos arcos finos dos aquedutos, em todas as colunas de água, nos canos verticais, nos ferrolhos, válvulas, até às girândolas que se sobrepõem aos andaimes aéreos de Isaura (...)”.

(Calvino, 1972, p. 29)



O Marco Polo de Italo Calvino interroga-se sobre a sua existência. Do Marco Polo que terá realmente existido interroga-se-lhe a vida. Aceitemos o percurso mais fantástico da vida do mercador veneziano e coloquemo-lo, como Calvino, em frente a Kublai Kan, soberano de um império tão vasto que se torna escasso o tempo de o conhecer. As cidades que Polo narra a Kan são, ainda assim, as da transição da idade medieval para a era moderna, de um período em que apenas 3% da população mundial viveria em assentamentos urbanos com mais de 5 000 indivíduos (Johnson, 2001, p. 99). Resolvendo problemas locais do seu quotidiano esses indivíduos perceberam como tornar os seus solos mais férteis, ou o que fazer com os resíduos da cidade, desenvolvendo um conjunto de avanços tecnológicos que permitiram ao assentamento suportar mais e mais pessoas (Johnson, 2001, p. 112). À luz desse fenómeno progressivo cresce também a compreensão da escala e densidade das cidades atuais, ambas refletidas numa breve passagem de Delirious New York – A Retroactive Manifesto for Manhattan, em alusão ao ano de 1909 nessa cidade.

“It was said that someone standing long enough on Fifth Avenue and 23 Street might meet everybody in the world....”

(Koolhaas, 1978, p. 97)

Considerando a tendência de um conjunto de indivíduos dispersos no espaço para serem progressivamente atraídos pelo fenómeno cidade (*Fig. 12*), alimentando assentamentos cada vez maiores, abordamos uma problemática bastante familiar à sociedade contemporânea – dados recentes apontam para que em 2050 cerca de 70% da população mundial seja urbana (UN: Department of Economic and Social Affairs, 2014). Bem diz a cultura popular que “É um mundo pequeno!”, mas aguentará a expressão ao cenário traçado? A ideia de “seis graus de separação”, que remete para uma experiência de 1967 do psicólogo norte-americano Stanley Milgram – embora nunca cunhada pelo mesmo em tais termos –, fala precisamente de, num mundo altamente populoso e organizado em assentamentos geograficamente distintos, a distância que separa dois indivíduos ser, contudo, relativamente pequena – seis (pessoas), em média (Johnson, 2007, p. 100). Entenda-se que embora o limite

*Fig. 12 -
Leeloo, antes
do salto – por
trás uma
cidade que
se desenol-
veu, ou a
visão dos
anos 90 para
o séc. XXIII
(The Fifth
Element ,
1997).*

imposto ao crescimento das cidades seja essencialmente tecnológico, latente quer no custo associado ao transporte de mercadorias (Batty, 2013), quer no tempo das deslocações de um indivíduo, é o mesmo processo tecnológico que permite a uma população em constante crescimento manter-se, ainda assim, interligada.

TEORIA DA CIDADE ORGÂNICA

“One of the difficulties of studying cities is that they seem to involve the interaction of physical, spatial, economic, social, cultural and cognitive processes, and in the past no models have existed for integrating such complex interactions”

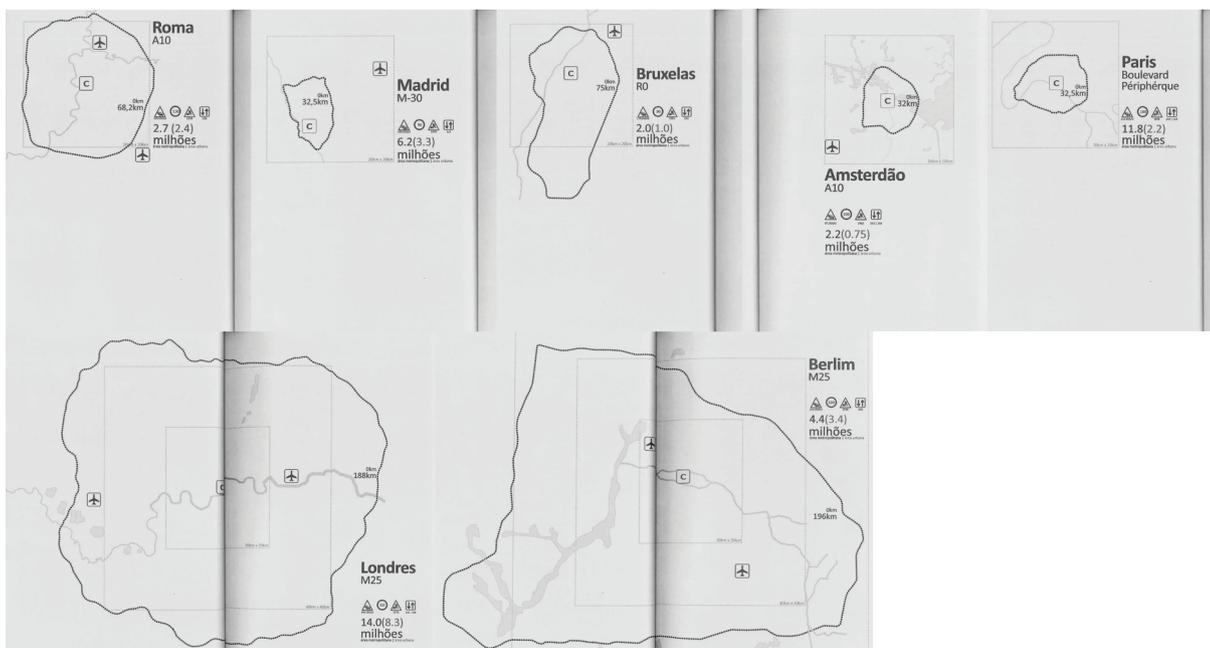
(Hillier, 2009a, p. 13)

Jane Jacobs lançou o mote: as cidades como problemas de complexidade organizada. The Death and Life of Great American Cities, de 1961, inicia um campo de trabalho que se desenha sobre o cruzamento da temática do ambiente edificado com as ciências da complexidade². Meio século volvido são vários os trabalhos de investigação que se propõem a perpetuar esta linha de pensamento – e disso é bastante sintomática, logo pelo título, a conferência Complexity Theories of Cities Have Come of Age, realizada em 2009 na Delft University of Technology.

O léxico utilizado por um conjunto de autores contemporâneos para descrever as cidades e os processos que lhes são inerentes é bastante informado pela ideia de complexidade. Bill Hillier, a título de exemplo, ao perguntar “How do cities come into existence emerging from centuries of human activity as a well-ordered system?” (Hillier, 2005), não o faz, com certeza, alheio aos conceitos de ordem, sistema e de fenómeno emergente. A pergunta de Hillier, entende-se, é central aos temas que aqui têm sido expostos, e por isso muito interessa o caminho teórico que leva o autor das questões da auto-organização à formulação de uma teoria da cidade genérica³.

² É impressionante no trabalho de Jacobs, como o destaca Johnson (2001), que a autora tenha entendido alguns dos fenómenos descritos em The Death and Life of Great American Cities antes ainda do conhecimento científico ter sistematizado um vocabulário para os descrever.

³ À conferência Complexity Theories of Cities Have Come of Age, de 2009, Hillier leva o tema The Genetic Code for Cities – is it simpler than we think?



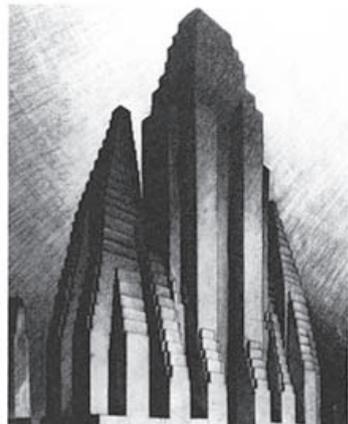
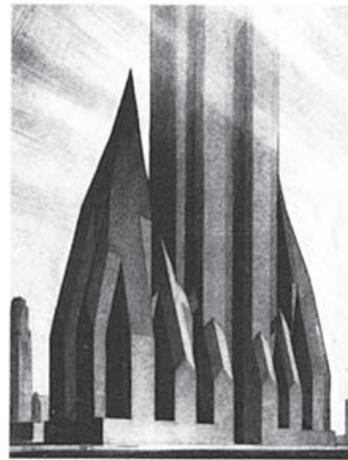
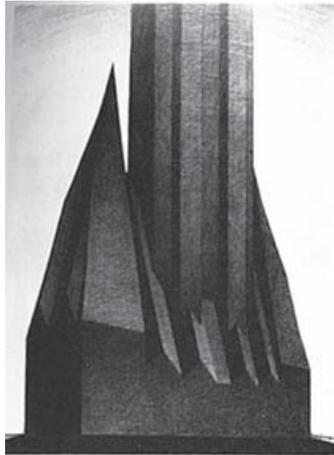
A cidade genérica – ou orgânica – como Hillier a entende, é composta por duas partes, as quais cunha de *foreground* e *background*. O *foreground* a que Hillier se refere é a estrutura principal das cidades, que, defende o autor, emerge de processos microeconómicos numa espacialidade quase universal e policêntrica (Hillier, 2009a, p. 13). Essa universalidade é resultado da alocação de atividades económicas que procuram maximizar o seu raio de operação e o fluxo de mercadorias nessa distância, ao mesmo tempo minimizando a energia necessária ao movimento (Hillier, 2009b, p. 9) – ou o custo de transporte. Embora na ausência de referências explícitas, entende-se a ligação ao trabalho do economista Paul Krugman, que denomina de centrípetas e centrífugas as forças que informam os fatores microeconómicos de que se mune o raciocínio de Hillier. Steven Johnson (2001) descreve estas forças, segundo Krugman:

“Some centripetal forces draw businesses closer to one another (because firms may want to share a customer base), and some centrifugal forces drive businesses farther apart (because firms compete for labor, land, and in some cases customers)”

(Johnson, 2001, p. 89)

Fig. 13 – Apresentação de importantes estradas radiais para algumas cidades europeias, evidenciando a centralidade com que os assentamentos urbanos se desenvolvem. (Pinto, 2013)

De facto, aplicando este tipo de lógica a simples modelos microeconómicos, Krugman havia já notado a invariabilidade com que as empresas se distribuem em padrões policêntricos no espaço (Krugman, 1996; Johnson, 2001) (Fig. 13). É importante questionar, contudo – face aos referidos cenários microeconómicos, que se defende serem capazes de justificar o desenvolvimento formal da estrutura principal das cidades, e encontrar nesse desenvolvimento regularidades quase universais –, como é possível que as cidades nos pareçam, entre elas, tão diferentes? Hillier justifica-o na segunda parte que diz compor a malha urbana da cidade: o *background* residencial. A estrutura principal da cidade, *foreground*, desenvolve-se de forma a maximizar o movimento útil, enquanto o *background* – pano de fundo residencial – estrutura esse movimento à luz da cultura particular de um dado local, traduzindo-o em geometrias distintas (Hillier, 2009b; Hillier, 2009c). Estamos, neste sentido, mais aptos a entender



algo que já aqui foi referido: as cidades são a manifestação do ato de construir à luz de processos socioeconómicos (Hillier, 2009a, p. 6) – de facto, se o *foreground* reproduz os padrões económicos da cidade, o *background* é reflexo de questões sociais (Fig. 14).

Steve Johnson (2001), que põe a claro a mensagem de *The Death and Life of Great American Cities*, nem sempre entendida na sua inteira dimensão, lembra como Jacobs percebe as cidades na sua dimensão emergente – como o somatório das interações quotidianas de estranhos que se cruzam nos passeios. Esse fluxo é essencial ao desenvolvimento da cidade, e é por ele que Jacobs luta tão afincadamente contra o planeamento central de Robert Moses (Johnson, 2001). Sobre a influência das nossas deslocações quotidianas no desenvolvimento emergente da cidade, Johnson diz pertinentemente:

“Driving a car has short-term and long-term consequences. The short term influences whether we make it to soccer practice on time; the long term alters the shape of the city itself.”

(Johnson, 2001, p. 98)

O movimento nas cidades é também o fio que desvenda o alcance verdadeiramente complexo do raciocínio de Hillier. Para o autor, a principal estrutura da cidade é um fenómeno espacial emergente⁴, que se torna por sua vez agente ao influenciar os padrões funcionais e o movimento na cidade, e numa segunda instância governa os usos do solo, que se distribuirão em zonas de mais ou menos movimento, consoante o tipo (Hillier, 2009c, p. 8) (Fig. 15). Imagina-se, à luz desta ideia, um perpétuo *loop* de afetação impulsionado por *feedback* e interações: as cidades corporizam e reproduzem simultaneamente fatores socioeconómicos (Hillier, 2009b, p. 2).

Johnson (2001, p. 52) entende como necessária a transição dos modelos sociais – embora importantes – de Jane Jacobs para cenários científicos, construídos com métodos mais rigorosos. Hillier responde a esse

⁴ Fenómeno espacial emergente dos supramencionados processos microeconómicos.

Fig. 14 –
Variações
de Hugh
Feriss para
a “Zoning
Resolution”
de 1916 – a
imagem de
Nova Iorque,
à luz da
cultura parti-
cular daquele
local no início
do séc. XX.
Na maximi-
zação de
espaço face à
condicionan-
te luz solar
notamos uma
influência
económica?
(Koolhaas,
1978, p. 112)



chamamento com distinção: é ele próprio autor de um conjunto de métodos que permitem analisar e quantificar propriedades estruturais da cidade, o que o coloca numa posição privilegiada para melhor defender as teorias que formula – a necessidade aguça o engenho, não é verdade?

Para que melhor se compreenda o processo de Hillier na fundamentação de uma teoria da cidade genérica, aqui se aborda brevemente a Teoria da Sintaxe Espacial – como desenvolvida pelo próprio –, bem como o conjunto particular de medidas que permitem ao autor identificar na cidade *foreground* e *background*.

SINTAXE ESPACIAL

Fig. 15 – David Byrne ao volante – por trás, a paisagem de Virgil, Texas, ainda por se transformar em subúrbio (True Stories, 1986). A relação do discurso de Byrne com o subúrbio norte-americano é bem notada pelo arquiteto José Luís Saldanha no Nº1 da revista Passagens (Saldanha, 2013).

Muitas vezes, como noutras questões que aqui se procuraram desenvolver, as problemáticas do espaço podem, numa primeira instância, ser abordadas no plano filosófico. De facto, a necessidade coloca-se ao entender que o espaço nas cidades é o vazio que rodeia as construções, e não uma construção ou entidade física em si. Por essa razão torna-se difícil trabalhá-lo no processo descritivo de que é capaz a cognição humana (Hillier, 2005, p. 2). Igualmente, trabalhar relações espaciais não é um processo claro: as relações entre as entidades não existem da mesma forma que as próprias entidades (Hillier, 2005, p. 4) – passámos da física à metafísica? Ao tecer relações entre espaços, refere-o Hillier (2005, p. 4), recorreremos frequentemente a ferramentas linguísticas. Na língua portuguesa, por exemplo, utiliza-se a classe gramatical dos advérbios de lugar para expressar estas relações: aqui, aí, dentro, acima, diante, longe, perto, etc. ... Hillier (2009a, p. 2) propõe, contudo, que através da *Space Syntax* sejamos capazes de expor as propriedades e relações ocultas da estrutura da cidade que não conseguimos descrever linguisticamente.

“(…) human beings routinely create these more complex patterns, and equally routinely seem to understand and use them, even though language cannot describe them. We infer from this human beings understand complex spatial patterns intuitively, even though they cannot describe or analyse them linguistically, and that this is likely to be because, as with

language where we do not think about the syntax while we are using it, the relatedness of things forms part of the apparatus we think with, rather than what we think of. This is why we understand patterns better intuitively than consciously.”

(Hillier, 2005, p. 6)

É central, no conceito de sintaxe espacial, a noção de que a espacialidade dos assentamentos urbanos é intrínseca à atividade humana, e não apenas um pano de fundo estacionário para a mesma (Hillier, 2005, p. 5). De facto, recentes descobertas potenciadas pela disciplina indicam que a estrutura física dos espaços é, em si mesma, a maior influência sobre os padrões de movimento. Procura estudar-se, neste sentido, a relação entre a espacialidade das cidades e as sociedades que as habitam, representado as relações assim estabelecidas num processo assente em grafos (Mahmoud & Omar, 2015). A aplicação de princípios rigorosos ao cálculo de propriedades do espaço físico pode ser não só analítica como propositiva – o processo de projeto torna-se, deste modo, necessariamente mais informado, senão mesmo baseado em certezas matemáticas (Turner, 2003). De igual forma, com a representação do espaço físico numa estrutura topológica e em padrões mensuráveis, abre-se a possibilidade de confrontar e avaliar diferentes espaços, seja à escala do edifício ou à escala urbana.

1. Metodologia

O processo da sintaxe espacial mune-se de três ideias-chave sobre o movimento das pessoas na cidade: as pessoas movem-se em linhas; interagem em espaços convexos; e percecionam diferentes campos visuais à medida que se movem pelo ambiente edificado da cidade (Hillier, 2005, p. 5). São também de especial importância, na metodologia da sintaxe espacial, as relações “configuracionais” do espaço. Por “configuracional” entende-se a relação de um espaço para com todos os outros do sistema (e a preposição inversa), em oposição a simples relações geométricas bidirecionais (Hillier, 2005, p. 5; Hillier, 2009a). O processo “configuracional” da sintaxe espacial é, contudo, confrontado com algumas condicionantes: como calcular distâncias, ou que elementos geométricos considerar, tendo em conta que o espaço nas cidades é contínuo (Hillier, 2005, p. 12)? Como forma de superar esta condicionante a

metodologia da sintaxe espacial propõe a tradução da estrutura da cidade em espaços convexos e linhas axiais, entidades que aqui se explanam:

Espaços Convexos – Por espaços convexos entende-se o menor conjunto possível de polígonos que cubra o espaço a modelar (apud Turner, 2003).

Linhas axiais – Por linhas axiais entende-se o menor conjunto das maiores linhas possíveis que unam os espaços de um sistema, e que apesar da abstração envolvida mantenham a topologia do mesmo (apud Turner, 2003). Pressupõe-se, neste sentido, a cidade como uma rede de espaços lineares, levando igualmente em conta a forma como as pessoas se deslocam nessa rede – ao longo de linhas, mudando de direção e linha consoante mudam de rua (Hillier, 2005, p. 12).

A Teoria da Sintaxe espacial constrói, sobre as entidades espaciais mencionadas, um vasto conjunto de medidas sintáticas que também aqui se explanam – embora fazendo sobretudo referência às que Hillier utiliza em particular no processo que lhe permite definir *foreground* e *background*. Ambas as medidas aqui abordadas podem ser calculadas para uma distância métrica (valor em metros entre centros de linhas vizinhas); topológica (numerando sequencialmente as mudanças de direção; ou geométrica (correspondente ao valor do ângulo entre mudanças de direção) (Hillier, 2009a, p. 3).

Integração – Por integração entende-se a distância (métrica, topológica ou geométrica), em média, que se tem de percorrer para chegar de um ponto a todos os outros do sistema (Hillier, 2009a, p. 3). A medida é, neste sentido, indicativa da proximidade de um espaço em relação a todos os outros na cidade (Hillier, 2005, p. 12), podendo ajudar a classificá-lo como mais integrado ou segregado (Al_Sayed, et al., 2014, p. 15). De igual forma é geralmente considerada como referência para a ocupação expectável de um local (Al_Sayed, et al., 2014), pelo que se entende a sua capacidade de medir o *to-movement potential* de um espaço, como o refere Hillier (2005, p. 15).

Choice – Esta medida caracteriza a potencialidade de um espaço estar no percurso que se faça entre outros dois, entenda-se uma origem e um destino (Hillier, 2009a, p. 3). É, neste sentido, indicativa da possibilidade de um dado espaço ser escolhido como caminho entre todos os pares origem-destino possíveis. Por esta razão a medida é frequentemente mencionada por Hillier como referência para o *trough-movement potential* de um espaço (Hillier, 2005, p. 15).

2. Teoria da Sintaxe Espacial como suporte da cidade genérica

“Since (...) all (...) actions that create cities are taken by human beings, it is hard to avoid the interference that the mechanism through which the laws of space reach the spatial form of the city is the human mind...”

(Hillier, 2009c, p. 17)

Os indivíduos percorrem a cidade no seu todo embora a percebam como uma sucessão de diferentes espaços, numa experiência algo descontínua (Hillier, 2009c, p. 17) (*Fig. 16*). Impera perceber, neste sentido, que tipo de mapa mental do ambiente edificado constrói o ser humano que lhe permite, ainda assim, eficiência nas suas deslocações. As medidas que Hillier desenvolve aproximam-nos destas questões. De facto, considerando a seleção de um destino e de um percurso como fatores essenciais para caracterizar qualquer deslocação, entende-se que Integração e *Choice* sejam uma ferramenta apta para melhor compreender os padrões de movimento nas cidades (Hillier, 2009b, p. 4). Deste modo, e como forma de revestir de maior validade estas medidas, é necessário confrontar os resultados que assim se computem⁵ e os fluxos reais de movimento observados nos espaços em análise.

⁵ Computadas com o DephtMapX, um programa de acesso livre inicialmente criado e trabalhado por Alasdair Turner – entre 2000 e 2010 –, e atualmente sob desenvolvimento por Tasos Varoudis. Este software processa um conjunto de análises “configuracionais” – como descritas pela *Space Syntax* – utilizadas para uma melhor compreensão da relação dos fatores sociais com o ambiente construído (Al_Sayed, et al., 2014, p. 7).

*Fig. 16 –
Pianta Grande
di Roma de
Giambattista
Nolli, (1748)
– a sucessão
de diferentes
espaços
na cidade.
(Prinzmetal
Architekten, -
2016)*

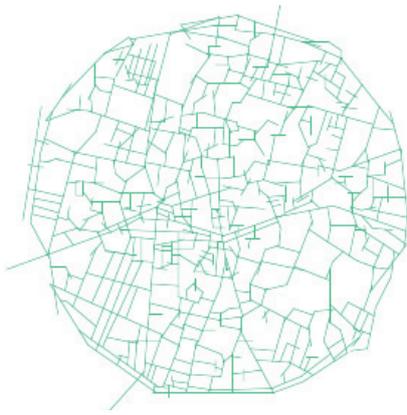
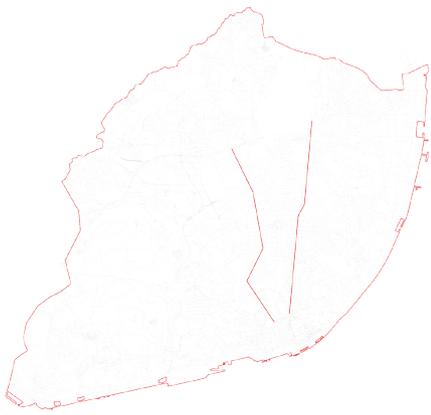
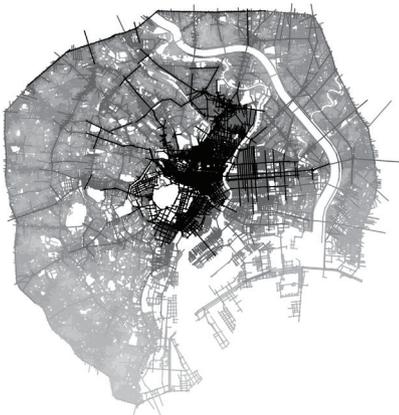


Fig. 17 (esq.)
– Representação dos eixos principais na estrutura viária de Lisboa, como descritos no texto e no seguimento das propriedades universais descritas por Bill Hillier.

Fig. 18
(centro e dir.)
– Esquemas de Hillier, mostrando a antiga cidade de Nicósia (à esquerda) e os resultados do processamento da medida “integração” para a sua estrutura (à direita). Nos resultados percebemos uma estrutura principal (deformed wheel),

Para as medidas em questão as melhores correlações com a realidade são encontradas quando a ponderação das mesmas é feita para uma noção de distância geométrica, ou angular. Estes resultados sugerem que as pessoas se orientam no espaço urbano criando um mapa mental geométrico do mesmo, e não estimando distâncias ao longo dos seus percursos (Hillier, 2005, p. 16). É também sob uma definição de distância angular que estas medidas se revelam capazes de identificar consistências e semelhanças surpreendentes entre as estruturas de diferentes cidades - sejam elas mais ou menos orgânicas (Hillier, 2009a). Estas propriedades, até então por identificar de forma clara, permitem a Hillier criar um modelo genérico segundo o qual a grande maioria das cidades se desenvolve. Esse modelo será consequente da forma como nos movemos nos espaços urbanos, e das questões espaciais latentes a fatores microeconómicos organizadores de movimento que se entendem universais (Hillier, 2009c, p. 17). A espacialidade resultante da influência destes fatores no desenvolvimento da cidade – que leva Hillier a definir *foreground* e *background* – pode ser aproximada da seguinte forma: o mapa axial de uma cidade é composto de muitas linhas pequenas e poucas linhas grandes (Hillier, 2009a, p. 16); quanto maior for a linha, maior é a probabilidade de que nos seus extremos hajam conexões quase lineares com outras linhas (Hillier, 2009a, p. 16); quanto mais pequena for a linha, maior é a probabilidade de que as conexões nos seus extremos lhe sejam perpendiculares ou quase perpendiculares (Hillier, 2009a, p. 16); estas propriedades tendem a verificar-se independente da escala da área em análise (Hillier, 2009a, p. 17). Pensando no caso de Lisboa, por exemplo, podemos apontar a quase linearidade com que se fazem os percursos Av. da Liberdade/ Av. Fontes Pereira de Melo/ Av. da República/ Campo Grande, ou Rua da Palma/ Av. Almirante Reis/ Av. Alm. Gago Coutinho, que qualquer residente facilmente identificará como parte da estrutura principal da cidade (Fig. 17).

Bill Hillier apresenta frequentemente nos seus trabalhos um exemplo pragmático que muito ajuda à compreensão da sua ideia de cidade genérica: Nicósia. Na cidade cipriota coabitam duas culturas diferentes – a grega e a turca – que moldam o espaço residencial (*background*) à imagem de diferentes valores sociais. Ainda assim a cidade evolui como uma só, num padrão policêntrico que suporta quarteirões geometricamente bastante



comum à cidade inteira – ou seja, apesar das diferenças culturais no plano residencial (Hillier, 2009c).

Fig. 19 (esq. e centro) – resultados de Hillier para o processamento da medida “integração” para Tóquio (à esquerda), e Londres (ao centro). Nos resultados percebem-se duas variações do padrão deformed wheel (com múltiplos anéis, no caso de Tóquio) (Hillier, 2009a).

Fig. 20 (dir) – Cálculo de

distintos (Hillier, 2009c, p. 16). As cidades tenderão a desenvolver-se – independentemente da cultura que lhes dê origem – numa estrutura que com recurso a imagética Hillier (2009a, p. 13) apelida de *deformed wheel* (Fig. 18).

CONSIDERAÇÕES SOBRE A CIDADE ORGÂNICA

A roda deformada de Hillier constrói-se no confronto de modelos microeconómicos – como o proposto por Krugman – com a topografia do mundo real (Fig. 19). Associadas ao seu desenho estão, sabemos agora, questões que se prendem com a maximização do movimento útil nas cidades e com a diminuição da energia gasta nesse movimento (Hillier, 2009b, p. 9). Num contexto disciplinar que procura crescer sobre a troca de conteúdos entre diferentes áreas do saber (Morin, 1990), não é de estranhar que vários autores estabeleçam o paralelismo desta situação com as trocas de energia noutros tipos de sistema (Johnson, 2001; Johnson, 2007).

De facto, o conceito de roda deformada (Fig. 20), como desenvolvido por Hillier (2009a), procura essencialmente fundamentação teórica para modelos fortemente interdisciplinares que empiricamente havíamos já estabelecido sobre o desenvolvimento radial das cidades – como é caso do *spoke-hub distribution paradigm*⁶. Neil Johnson (2007), por exemplo, identifica vários tipos de sistemas complexos que se organizam de forma radial (não necessariamente formal) em torno de um núcleo agregador, e que enfrentam de forma comum o mesmo problema: como fazer, de forma eficiente, a ligação entre dois pontos do sistema que se podem conectar de diferentes maneiras. No contexto urbano, Neil Johnson coloca-o da seguinte forma: “People are therefore often faced with the dilemma of whether to choose a route through the center of the city and risk congestion problems, or to go around the outside and hence risk a longer journey” (Johnson, 2007, p. 133). Entre outros exemplos identificados pelo autor estão sistemas biológicos, como fungos, que precisam de transportar energia de um ponto do organismo

⁶ Paradigma de distribuição em raios e radiais, como ilustrado em várias possíveis aplicações em [Simply Complexity: A Clear Guide to Complexity Theory](#).

uma rota que passa por um grande aeroporto internacional ou vários regionais; cadeias de supermercados, que de igual forma precisam de escolher entre um grande armazém central ou vários descentralizados; hierarquias no crime organizado, onde é necessário equacionar a informação que se confia a cada uma das células (Johnson, 2007, p. 136); ou hierarquias corporativas, que precisam de transitar informação rapidamente entre os diferentes graus administrativos de uma empresa – sem que a mesma estagne num determinado patamar hierárquico (Johnson, 2007, p. 140).

Os sistemas biológicos, em particular, são uma presença constante nas considerações interdisciplinares que se fazem sobre o ambiente urbano (Johnson, 2007; Johnson, 2001) – relembre-se, contudo, a importância de não cair num processo superficial de comparação embrenhado em romantismo. As mais simples referências entre um universo e outro levantam questões notáveis que são, antes de possíveis abordagens sobre a sua resolução, importantes chamadas de atenção. Perceber que o conhecimento de uma determinada área do saber nos pode ajudar a melhor compreender uma outra – tida como distinta – é da maior importância (Johnson, 2001; Morin, 1990), e uma possibilidade que se perpetua quando abordarmos sistemas abertos.

A cidade é um fenómeno emergente das múltiplas interações entre os indivíduos que a compõem – em condições ótimas a espacialidade resultante cabe nas efusivas descrições que fazem Jacobs e Johnson do bom ambiente urbano, e potencia o seu próprio desenvolvimento económico, como refere Hillier. Nem todos os resultados são ótimos, contudo: se os bairros mais vibrantes são um fenómeno emergente também os mais precários o podem ser, e esses não os podemos atribuir somente ao natural processo de evolução das cidades, desta forma diminuindo o nosso papel (Johnson, 2001, p. 137). Para um correto entendimento desta situação será importante, em primeiro lugar, compreender o sistema e os diferentes estados que toma. Inteirados dos conceitos-chave no domínio das ciências da complexidade somos também capazes de reconhecer na ideia de cidade como sistema os princípios da auto-organização (Jacobs, 1961; Johnson, 2001), e aí, vários autores o defendem, aprender com os sistemas biológicos.

Em *Simply Complexity: A Clear Guide to Complexity Theory*, de Neil Johnson, a problemática da cidade não é

Hillier para a medida "Choice", evidenciando a estrutura da cidade genérica, como o autor – neste caso para Londres, dentro do perímetro da M25 (Hillier, 2009a, p. 4).

frontalmente abordada – o interesse reside, aliás, nos sistemas biológicos e nas suas ramificações interdisciplinares. Numa dessas ramificações, contudo, o autor explora questões que procuram um paralelismo entre as deslocações na cidade e as deslocações de alimento/-energia em redes biológicas como o são os fungos (Fig. 21).

“On the forest floor where the fungus sits, there are nutrients such as carbon which need to be transported from one side of the organism to another. If these packets of food – like cars on a road – were all passed through one central point in the fungus at the same time, the congestion could be considerable. Yet, the organism survives, and event thrives, without a traffic light in sight. “

(Johnson, 2007, p. 135)

O excerto não pretende encerrar em si os paralelismos que se possam fazer, mas apontar um de vários caminhos. O entendimento da cidade no domínio da complexidade potencia uma nova luz sobre problemas antigos, e sobretudo maneiras mais capazes de descrever a urbe e as questões que lhe são inerentes. O texto remete-nos para uma propriedade dos sistemas abertos, e dos seres vivos mais especificamente, com que (como já foi referido) muito podemos aprender – a capacidade para a autorregulação, ou homeostasia. Na transposição para o cenário do ambiente urbano – e para o caso da cidade genérica assente numa espacialidade policêntrica, como descrita por Hillier –, um sistema capaz de autorregulação poderá ele mesmo, a título de exemplo, definir o número ótimo de vias que conectam o perímetro exterior ao centro (Johnson, 2007).

Quando anteriormente se abordou a noção de sistema aberto referiu-se como pela abertura ao desconhecido se produz e progride no conhecimento (Morin, 1990) – neste ponto, contudo, sugere-se que o avanço se perpetue pela abertura à nossa influência. Se condições externas alteram o normal desenvolvimento de um sistema (Johnson, 2007, p. 14) será importante que se compreenda a correta correlação entre a nossa influência e os estados que este toma, o que nos deixa mais amplamente capazes de prever os fenómenos emergentes expectáveis (Johnson, 2007, p. 33) – que podem ser, para o caso da cidade, o congestionamento ou a livre circulação nas vias da mesma.

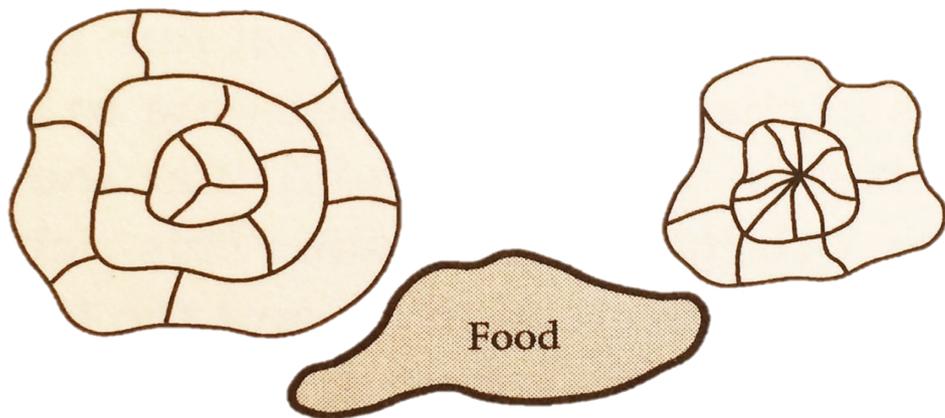


Fig. 21 –
Esquema
em *Simply
Complexity: A
Clear Guide
to Complexity
Theory*
– diferentes
estruturas
formais (em
rede) com
iguais proprie-
dades funcio-
nais. Nelas
o alimento
leva o mesmo
tempo a
chegar de
A a B, e
em ambas
este tempo
é o mínimo
possível
(Johnson,
2007).

A essa influência externa que exercemos sobre o sistema, Neil Johnson (2007) apelida de *bias*.

No caso das estruturas urbanas podemos imaginar como *bias* a criação de uma taxa de congestionamento adaptável, que varie consoante a ocupação momentânea das diferentes artérias da cidade (Johnson, 2007, p. 139) e torne mutável uma estrutura que vivemos como estática. Esta é uma perspetiva que se constrói sobre a antiga ideia que sugere o desacerar dos horários de entrada e saída dos trabalhadores na cidade, e em linha com a visão tecnologicamente mais avançada – como Steven Johnson (2001, p. 231) chega a referir que Oliver Selfridge pretende desenvolver – de criar uma rede de semáforos interligada, capaz de se autorregular. Esta linha de pensamento desenvolve-se no âmbito da área científica da “biomimética”: a procura de dotar a produção do Homem de propriedades da estrutura biológica dos seres vivos (Priberam Informática, S.A., 2008-2016). Sobre o caso específico dos fungos (previamente mencionado) Neil Johnson (2007) aborda o trabalho de um conjunto de autores onde é particularmente perceptível como o entendimento destas redes biológicas pode ajudar os profissionais associados ao desenho das estruturas que habitamos.

“How does a fungus do it? Nobody knows so far. But this has opened up a fascinating research area which is currently being pursued by Mark Fricker, Tim Jarret and Dough Ashton to determine how the corresponding transport costs in a biological system dictate the type of network structures that are observed. Not only is Mark Fricker’s group well on its way to solving this mystery, they are also gaining valuable insight into possible smart designs for man-made supply networks.”

(Johnson, 2007, p. 135)

Sobre alguns dos pontos a que chega o trabalho do conjunto de investigadores mencionados no excerto acima, e das considerações que o próprio Neil Johnson (2007) faz sobre essas ideias, podemos destacar:

- Na procura do correto número de vias que conectem o perímetro exterior da cidade ao seu centro (*spokes*,



ou raios) existe uma competição entre dois fatores: por um lado, construir mais vias ou alargar as existentes aumenta a disponibilidade do sistema, o que sugere que o trânsito fluirá de forma mais eficiente; por outro, um maior número de vias pode também potenciar que mais indivíduos se desloquem pelo centro da cidade (neste caso), aumentando a congestão (Johnson, 2007, p. 137).

A este ponto deve dar-se especial atenção na medida em que, face ao tráfego excessivo (*Fig. 22*) nas cidades e no acesso às mesmas, aumentar a disponibilidade de vias tem sido a principal estratégia dos profissionais associados ao desenho das mesmas. Há, no entanto, um desacerto desta estratégia com a realidade – pautado em estudos recentes (Handy, 2015), coerentes com os princípios económicos da lei da oferta e da procura. Em suma, uma maior disponibilidade de recursos aumenta a procura dos mesmos, ou o aumento da capacidade da estrutura viária encoraja mais indivíduos a conduzir – novas estradas potenciam o desenvolvimento de novas centralidades, afastando espacialmente locais de residência e trabalho e forçando o uso de transportes motorizados. As distâncias percorridas por veículos motorizados aumentam com a criação de novas vias, por oposição ao resultado expectável deste tipo de operações: o câmbio e repartição dos fluxos entre novas e velhas estruturas⁷.

- Os padrões de trânsito nas cidades podem ser otimizados variando o custo de uma taxa de congestão que se aplique em função do número de condutores a utilizar uma determinada via, ou mesmo alterando o número de acessos ao centro que estejam disponíveis e operacionais num dado momento – a ponderar no seguimento das considerações do ponto anterior (Johnson, 2007, p. 139).

- No seio da comunidade dedicada ao estudo da Biologia reconhece-se como diferentes formas podem

⁷ O estudo desenvolvido por Susan Handy, do *Department of Environmental Science and Policy University of California, Davis*, é inclusivamente mencionado pelo *California Department of Transportation*, no que se entrevê o reconhecimento das entidades públicas sobre a necessidade de novas formas de entender e resolver o problema – e sobretudo onde ele adquire contornos mais preocupantes.

*Fig. 22 –
Frame de
uma cena de
trânsito – o
perpétuo
movimento
à volta de
uma rotunda
em Playtime,
de Jacques
(Playtime,
1967).*

surgir em resposta às mesmas condições ambientais (Johnson, 2007, p. 142). Se diversas estruturas formais podem responder corretamente às mesmas circunstâncias, é necessário que o foco das investigações no âmbito da “biomimética” cambie da procura de universalidade estrutural para a procura de universalidade funcional (Johnson, 2007, p. 143).

Um conjunto de investigadores prossegue esta linha de pensamento “biomimética” atentado essencialmente nas estruturas de transporte – estas redes, referem-no, são um ponto crucial para o normal funcionamento de qualquer metrópole contemporânea, deslocando da forma mais eficiente possível pessoas, informação ou energia (Tero, et al., 2010, p. 439). Muitas delas, contudo, foram desenhadas sem um objetivo global, deixando os sucessivos acrescentos que desenham os seus traçados incapazes de responder a interrupções ou falhas. Que as estruturas urbanas sejam resilientes é, em primeira instância, uma questão económica: até que ponto é possível investir em vias que parecem, de imediato e a curto-prazo, redundantes, mas aparentemente soluções eficazes e necessárias no panorama mais distante (Tero, et al., 2010, p. 439)? A resposta dos investigadores será estranha ao espírito mais desatento, mas o romantismo fica de facto para trás quando, respondendo à ideia de Morin (1990, p. 41), se percorre o caminho entre a procura de “analogias fenomenais” e a busca de “princípios de organização comuns”. O conjunto de autores envolvidos no trabalho [Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design](#), que aqui se aborda, procura estabelecer o paralelismo entre as redes criadas pelo Homem e as que desenvolve o organismo *Physarum polycephalum* – um tipo de *slime mold*⁸.

⁸ Slime molds não são, como se pensava até recentemente, organismos pertencentes ao reino dos Fungi – de facto, diferem destes por uma propriedade a que aqui muito importa dar atenção: a capacidade de ingerir comida. Do termo, informal, não existe tradução direta para o português, e a confusão que o rodeia levanta questões sobre a utilização de “fungo” em [Simply Complexity: A Clear Guide to Complexity Theory](#). A dúvida existe na medida em que um dos autores que escreve com Neil Johnson (autor da obra citada) o trabalho [Interplay between function and structure in complex networks](#), em 2006, participa mais tarde no trabalho [Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design](#), fazendo entre um e outro trabalho a transição de fungo para slime mold.

Ao contrário das estruturas antropogênicas, as que este organismo desenvolve (formalmente semelhantes a uma rede) na sua procura de recursos são produto de um contínuo processo de evolução seletiva e, defendem os investigadores, terão alcançado o correto balanço entre custo, resiliência e eficiência (Tero, et al., 2010, p. 439). O comportamento destes organismos biológicos, como descrito pelos autores do trabalho em questão, é explanado no seguinte excerto:

“Physarum is a large, single-celled amoeboid organism that forages for patchily distributed food sources. The individual plasmodium initially explores with a relatively contiguous foraging margin to maximize the area searched. However, behind the margin, this is resolved into a tubular network linking the discovered food sources through direct connections, additional intermediate junctions (Steiner points) that reduce the overall length of the connecting network (...). Thus, (...) Physarum can find the shortest path through a maze”

(Tero, et al., 2010, p. 439)

Uma primeira questão importante a notar será a impressionante capacidade destes organismos para desenvolver estruturas, como as até aqui descritas, na ausência de qualquer tipo de controlo central (Tero, et al., 2010, p. 442) – auto-organizando-se. Construindo sobre este ponto os investigadores lançaram-se a perceber a correlação entre o traçado do sistema de transportes em Tóquio – e envolvente – e o desenho das redes criadas por *slime molds* quando confrontados com fontes de alimentação (*food sources*) mimicking o padrão de dispersão das cidades em redor da capital japonesa (*Fig. 23*). Os resultados obtidos variam consoante as circunstâncias envolvidas na modelação do problema⁹ mas, para todos os cenários, as semelhanças entre uma rede que inúmeros engenheiros procuraram tornar uma das mais eficientes do mundo, e a criada por um organismo sem cérebro, revelaram-se mais que evidentes (Tero, et al., 2010, p. 440) (*Fig. 24*).

⁹ Inclusão da topografia do território, por exemplo, modelada com o uso de luz, à qual os organismos são particularmente sensíveis.

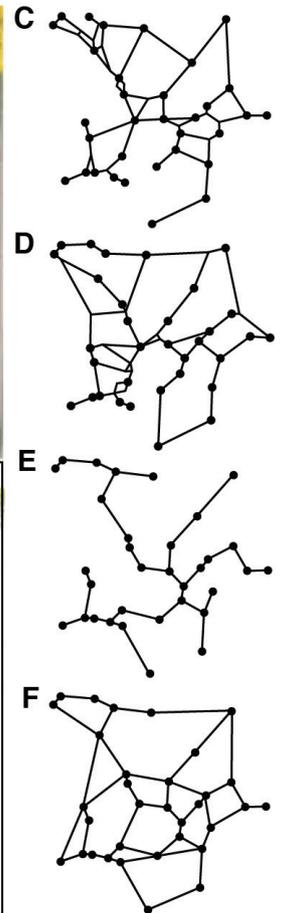
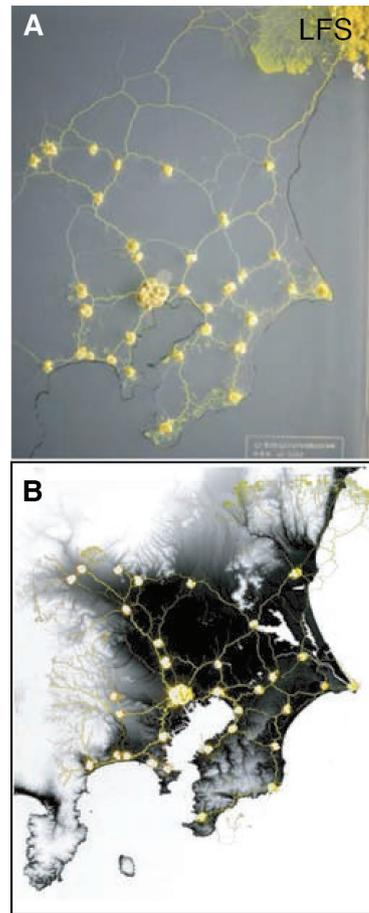
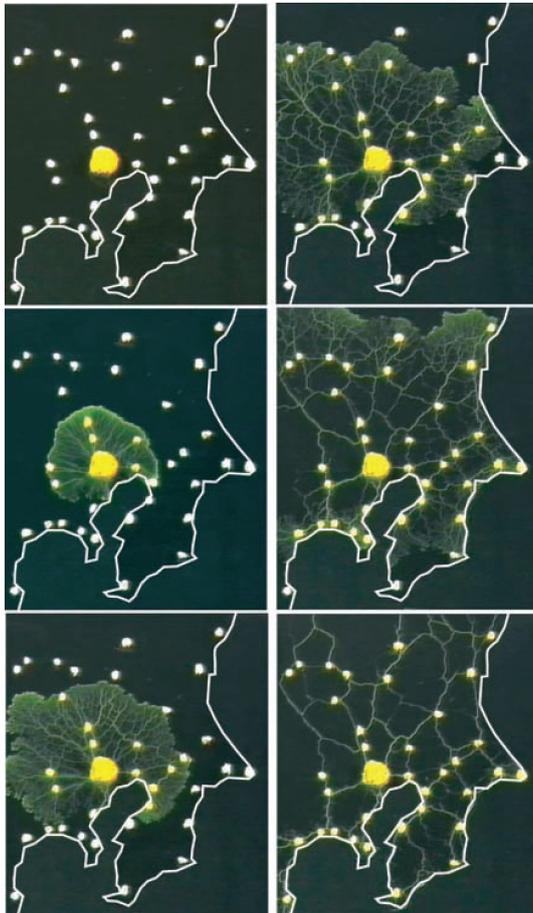


Fig. 23 – Imagem e descrição em *Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design*. Em $t=0$ os slime molds foram colocados na localização de Tóquio, numa arena que representa também – painel de 17 cm de largura – a linha costeira do Pacífico e as maiores cidades na região. Entre B e F o organismo desenvolveu-se, colonizando progressivamente as outras fontes de alimentação. Para lá da margem de crescimento o organismo refinou a estrutura formada numa rede de tubos, ligando as várias fontes de alimentação (Tero, et al., 2010, p. 440)

Fig. 24 – Imagem e descrição em *Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design*. Comparação entre a rede formada pelo organismo e o traçado da linha ferroviária em Tóquio. Em A, e na ausência de iluminação, o organismo distribuiu-se de forma equilibrada e igualitária. Em B, foram impostas algumas condicionantes geográficas ao desenvolvimento da rede – conotando zonas de baixa altitude com uma menor incidência de iluminação. Também ao oceano e aos lagos foi dada uma forte iluminação, como forma de evitar o crescimento do organismo. A rede produzida pelo organismo em C foi comparada com o traçado da linha ferroviária para a zona de Tóquio em D. Em E, a representação da menor rede possível conectora das cidades modeladas no problema, e em F a mesma rede com algumas ligações adicionais (Tero, et al., 2010, p. 440).

Num segundo olhar tornam-se menos estranhas as palavras de Johnson (2007, p. 135): “Who knows: maybe road planers of the future will simply turn to their friendly neighborhood fungus for new design ideas?”

OUTRAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A CIDADE ORGÂNICA, N'A RUA DA ESTRADA.

“Na história longa das cidades só havia homens, cavalos e carros de cavalos. Agora podem existir mais de duzentos cavalos num motor de um só automóvel e há mais quem hoje tenha automóveis do que antes os que tinham cavalos. São mudanças a mais para que as cidades sejam como eram.”

(Domingues, 2009, p. 16)

Este trabalho tem perpetuado a ideia da cidade como fenómeno emergente, colocando numa posição privilegiada desse processo a influência do movimento dos indivíduos. Detivemos os olhos sobre as coisas para as reconhecer como sinais de outras coisas – sugeriu-o Calvino (1972) –; sob os signos da espacialidade urbana encontrámos o artefacto da nossa cognição; desenvolvemos modelos que se querem de uma epistemologia aberta e explicam a cidade policêntrica (Hillier, 2009a) – à luz do mesmo espírito fomos até encontrar na Biologia a nossa superação (Tero, et al., 2010); mas que todo este caminho não se quede na mensagem do geógrafo Álvaro Domingues (2009), que é como dizer: teremos desenvolvido modelos para uma cidade que já não é?

A Rua da Estrada descodifica a imagem de uma cidade estranhamente familiar ao urbanita contemporâneo. As rápidas transformações do século passado vêm questionar a própria definição de urbanidade, definindo novas formulações de cidade sobre aquela onde “as estradas eram apenas estradas” que “ligavam povoações, vilas e cidades” (Domingues, 2009, p. 17). Álvaro Domingues (2009, p. 124) denuncia a “dose de ingenuidade e também de nostalgia” com que imaginamos o espaço público, expondo a nu uma cidade que cresce diretamente a partir da

estrutura viária, que antes servia apenas de ligação e é agora infraestrutura *ad aedificandi* (Fig. 24). Referenciamos estas rápidas alterações na disponibilidade das linhas de montagem em série de Henry Ford e logo nos lembramos de Steven Johnson (2001): como, afinal, evoluem as cidades quando as interações entre indivíduos cambiam da rua para automóveis que se cruzam a grandes velocidades? A resposta, embora não apenas, terá de perceber de que forma é mutável a relação entre democracia e espaço público, “civilização e urbanidade” (Apud Domingues, 2009, p. 123). E se o debate público deixa a praça para os espaços virtuais (Apud Domingues, 2009, p. 123) questiona-se a ideia de cidade como estrutura capaz de armazenar e transmitir os bens da civilização (Apud Johnson, 2001, p. 107): afinal, até entrevistas de emprego têm o seu espaço *online*, e o que são fóruns digitais se não a reunião daqueles com interesses semelhantes numa representação nada distante dos princípios económicos de aglomeração? O último século acelerou de tal forma o ritmo da “história longa das cidades” (Domingues, 2009, p. 16) que só agora recuperamos o fôlego para especular sobre os fenómenos, pondo à prova os modelos organizacionais que desenvolvemos para um objeto de estudo em constante alteração. Mas o dinamismo não os desvirtua: a ideia de fenómeno emergente não se concebe à margem do perpétuo movimento das cidades, bebe nele.

O policentrismo não terá desaparecido, mas extravasado os limites que antes definiam urbanidade, dilatou-os em primeiro o automóvel, e depois a Internet. O motor a quatro tempos e o chip de silicone projetaram para lá de perímetros concisos funções antes detidas pela cidade (Domingues, 2009, p. 17); já a universalidade com que o fizeram é uma questão por tratar para a qual nos motiva o exemplo português: “a estrada é um percurso, uma sequência de formas, funções e signos” (Domingues, 2009, p. 123). As estradas que antes cruzavam o “centro das cidades e das vilas e aí tomavam nome de rua ou avenida” (Domingues, 2009, p. 18) tornam-se habitadas – no sentido mais estrito da palavra – fora delas. Em Hillier defende-se a manifestação formal das cidades nos valores culturais e idiossincráticos (Hillier, 2009a, p. 13) da sua componente residencial: evoluirá a estrada nesse sentido, agora que a habitação cambia entre uma posição recuada em relação ao movimento da estrutura principal e uma outra que se lhe liga diretamente, fora dos assentamentos urbanos (Domingues, 2009, p. 17)? A Rua da Estrada

é uma defesa dessa mutação: “a estrada na urbanização contemporânea, tal como a praça na cidade convencional, é um dispositivo que amplia a visibilidade pública da esfera privada” (Domingues, 2009, p. 31). Questiona-se, terão influência nas transgressões à urbanidade comum regulamentações mais ou menos permissivas? A dúvida existe em paralelo com a de universalidade.

3_COMPLEXIDADE E ARQUITETURA

A literatura desenvolvida durante o séc. XX percebeu as mais diretas ligações entre as estratégias do pensamento complexo e a temática da cidade (Jacobs, 1961; Johnson, 2007; Johnson, 2001). Motivaram-se abordagens sociológicas (Sawyer, 2005), ligaram-se distribuições funcionais a forças económicas (Krugman, 1996) e desenvolveram-se modelos capazes de referenciar a morfologia do espaço urbano (Hillier, 2009a). Este processo academicamente dinâmico veio enriquecer o campo do urbanismo, deixando profissionais e entidades competentes mais capazes de identificar e descrever os mecanismos das cidades. Mas o pensamento multidisciplinar, qual jogo de xadrez bem executado, projeta-nos constantemente um passo à frente, e sobre as leituras do tema impõe-se frequentemente uma pergunta: E se? E se, no âmbito multidisciplinar, as considerações e metodologias sobre os trabalhos relatados se estenderem a outras áreas ainda por tratar? Surge no espírito uma ideia: na temática do ambiente construído o campo particular da arquitetura não foi visto à luz do pensamento complexo com o mesmo ímpeto que beneficiou a área do urbanismo, e perguntamo-nos, pode sê-lo? As mesmas leituras parecem sugerir-lo: E se?

Morin (1990) referiu-o: “qualquer realidade conhecida, desde o átomo à galáxia, passando pela molécula, a célula, o organismo e a sociedade pode ser concebida como um sistema”. Num processo fractal, bairros, ruas e edifícios são entidades passíveis de serem imaginadas na mesma lógica em que as cidades o são. Mas lembramo-nos das precauções com que Sawyer (2005) avançou ao pensar desta forma as sociedades, e logo aqui nos detemos com questões a ponderar: as propriedades comuns a vários tipos de sistemas complexos – anteriormente identificadas – aplicar-se-ão com pertinência às estruturas que habitamos? E com que sentido além do puro romantismo na comparação nos propomos para este esforço à partida?

Numa primeira construção mental sobre o tema da complexidade em Arquitetura parecem multiplicar-se as áreas de trabalho e investigação – cada uma suficientemente lata para constituir um campo isolado. Porventura, se isto é verdade, será difícil conceber que alguns dos pontos que se inserem dentro dessas áreas não estivessem a ser previamente trabalhados noutras – de facto, a questão essencial é abordar problemas antigos com metodologias

novas. O princípio teórico que introduz a complexidade como ideia pertinente aos problemas clássicos da disciplina é também o denominador comum entre os vários campos que dissemos multiplicarem-se no cruzamento das áreas: interações simples entre elementos simples geram resultados ricos e complexos (Johnson, 2007; Johnson, 2001) – esta é a ideia que importa manter! O livro The New Mathematics of Architecture dedica um capítulo a estes temas. Na introdução do mesmo percebemos a confusão sintomática em redor dos termos: à premissa enganadora “Complexity is a term that has been widely used to mean anything that is not simple...” segue-se uma ideia mais acertada: “A key idea in complexity theory is that of small, simple parts, which are replicated, combined or changed, following simple rules. After a number of iterations, the result is a diverse system whose future state is not easily predictable” (Burry & Burry, 2010, p. 53).

Ignorem-se, por ora, considerações mais específicas sobre a complexidade no domínio da cidade, para voltar ao ponto de partida deste argumento no seu estado mais puro e ingénuo, e daí multiplicar possíveis perspetivas do tema que se pretende abordar. Assim, aplicar as ideias-chave da Teoria da Complexidade ao campo da arquitetura permite estudar:

- A interação entre a estrutura física de um edifício e aqueles que o habitam; bem como as relações destes entre si, influenciadas pela morfologia do espaço em que acontecem (Jacobs, 1961; Johnson, 2007; Johnson, 2001). Neste trabalho aborda-se o tema sob a designação “relação edifício/utilizador(es)”.
- A interação entre partes de um edifício, influenciada por regras simples. Subjacente a este tema está uma procura de otimização material, estrutural, formal, etc. ... – neste trabalho, o tema desenvolve-se sob o título *Building Relations*, termo definido nos textos de Kas Oosterhuis (2005).
- A conjugação dos dois pontos anteriores – aqui desenvolvida sob o título *Sensori-Motor Intelligence*, de acordo com a definição de Pablo Carranza e Paul Coates em Swarm modelling - The use of Swarm Intelligence to generate architectural form.

RELAÇÃO EDIFÍCIO/UTILIZADOR(ES)

O entendimento da relação entre as estruturas construídas e quem nelas habita é um importante dado de projeto, mas será apenas isso? Sê-lo apenas isso implicaria que os edifícios permanecessem inalteráveis à utilização que deles fazem. Assumindo esse cenário como impossível, o entendimento da relação entre as estruturas construídas e quem nelas habita é de facto um importante dado de projeto, mas é-o também para o período pós-projeto – de forma direta, pela atuação nesse período, ou menos direta, como seja através do planeamento desse momento. É a certeza de que os edifícios não são estruturas estáticas que permite metaforizar neles uma ideia de vida evolutiva, e imaginá-los responsivos na adequada escala temporal. A ideia de reação em “responsivos” terá de estar intrinsecamente ligada à noção de vida de um sistema – como desenvolvida teoricamente no campo académico da Complexidade (Johnson, 2007) –, mas é necessário ponderar esta ligação à medida que avançamos na escala das estruturas do ambiente construído.

Quando antes metaforizámos uma vida nas cidades, fizemo-lo numa determinada escala temporal – a do seu processo evolutivo (Johnson, 2001). A diferença dessa escala temporal para a das nossas vidas permitirá a ideia, e ainda referenciá-la na analogia com o mundo biológico: também as colónias de formigas, por exemplo, evoluem numa escala própria, superior à de cada uma das unidades que as vão compoendo (Johnson, 2001). Mas a descrição dos fenómenos não pode ser linearmente escalada; os edifícios, embora microssistemas do macrosistema cidade, não são simplesmente pequenas cidades. Neles uma ideia de uma vida evolutiva terá de ser certamente diferente.

A escala temporal das construções é mais próxima da escala da vida humana, e talvez por isso – de forma algo paradoxal – estas nos pareçam estruturas mais estáticas do que o é a cidade. Para isso também contribuirá, é claro, o diferente número de agentes envolvidos no processo de modificação dos aglomerados urbanos, e das formas que os compõem. Esta ideia será sempre subjetiva, e ancorada em diferentes experiências pessoais da vivência nas cidades, mas não é difícil de conceber: com o avançar das nossas vidas as cidades que percorremos terão mudado imenso, mas os edifícios que conhecemos continuarão, na sua maioria, a existir. Este é um princípio enganador, as cidades enquanto aglomerados de edificações serão certamente mais estáticas do que o são as



próprias edificações, mas dificilmente presenciaremos num breve período de tempo o fim das construções que reconhecemos, ainda que presenciemos renovações urbanas constantes. Mesmo para um habitante de Paris durante a reforma de Haussman, que terá presenciado num breve período de tempo o fim de várias construções que reconheceria, é a cidade – pela força do processo – que muda, mais do que os edifícios que desaparecem. Note-se ainda que “os edifícios que conhecemos” ou “o fim das construções que reconhecemos” são expressões com um propósito, a ler com a devida carga simbólica: os edifícios são signos na vivência quotidiana da cidade, nem todos nos significam o mesmo, nem em todos reparamos.

Sobre as cidades a noção de vida projeta-se de duas maneiras que teremos de reconhecer, ainda assim, conectadas: é o quotidiano ballet intrincado em que as diversas partes intervenientes se reforçam umas às outras, formando um todo ordenado (Jacobs, 1961), e a sua repercussão a longo-prazo, a evolução dos aglomerados urbanos apesar da constante renovação dessas mesmas partes intervenientes (Morin, 1990). Esta última ideia é mais difícil – como se procurou demonstrar – de fazer reverberar na escala das edificações, mas a primeira – o vibrante quotidiano das cidades – ultrapassa frequentemente o limite entre rua e edificado (*Fig. 25*). Se este é um foco de análise, a premissa impõe à partida um limite na escala e tipologia dos edifícios a considerar como problema. O frenesim das ruas que se transpõe para o interior dos edifícios é fruto da competição por um recurso, como seja espaço livre para nos movimentarmos. Assim, uma condição base terá de estar reunida para fazer mover o sistema, e nele percebermos uma ideia de vida: alguém para competir por espaço (Johnson, 2007), um número considerável de agentes para o edifício em questão (*Fig. 26*). No seguimento deste raciocínio podemos identificar alguns casos que, por desígnio tipológico, suportam diariamente um grande número de utilizadores. Escolas, estações intermodais, hospitais, ou mesmo construções mais efémeras, como recintos de festivais, podem passar por momentos críticos se todos os seus utilizadores procurarem simultaneamente os mesmos locais – ou fazer os mesmos percursos.

Não é apenas pela escala dos espaços que o problema se torna interessante, caso assim acontecesse

Fig. 25
– ISCTE,
edifício 2 –
projecto do
arquitecto
Raúl Hestnes
Ferreira – às
9h00 horas
de um dia de
semana.



poderíamos imaginar as interações entre indivíduos num local abstrato, e tratá-las no âmbito da Sociologia. De facto, sensíveis que somos às formas construídas, também morfologia e configuração espacial desempenham um papel importante no comportamento humano. Do trabalho de Nikos A. Salingaros (2006), podemos dizê-lo envolto num imenso esforço transdisciplinar que procura para o desenho arquitetónico geometrias e escalas fundamentadas no mundo natural. Não é este o princípio “biomimético” que nos interessa desenvolver, mas as palavras do autor são particularmente sensíveis à influência primitiva do mundo construído no nosso subconsciente.

“Human beings connect with their surroundings (...). There is a built-in human reaction to threats from the environment, and structures threaten our primeval sense of security when they appear unnatural.”

(Salingaros, 2006, p. 42)

“Human beings possess a basic instinct about forms that is linked to our ability to visually discern potential dangers as well as sources of benefit in our surroundings. Certain mathematical relationships implicit in a building's form, or their absence, will trigger either a positive or negative response.”

(Salingaros, 2006, p. 45)

A relação indivíduo/meio físico é também o corpo central de estudo na área da Psicologia Ambiental, o que remete por um lado para a ideia de que alguns dos temas aqui abordados são já trabalhados em diferentes campos académicos, e por outro para o parco conhecimento que existe desses campos na prática de Arquitetura. As linhas iniciais de um trabalho sobre o tema são bastante elucidativas dos assuntos em foque:

“o ambiente físico representa uma área fundamental para a investigação na psicologia ambiental, pois é um importante aspecto da realidade, que se impinge sobre os seres humanos, e que colabora na organização de suas cognições, sentimentos e acções.”

(Raymundo, et al., 2011, p. 1)

*Fig. 26 –
Frame do
filme Bande
à part, de
Jean-Luc
Godard. Na
ausência
de outros
agentes para
competir
por espaço,
correr pelo
Louvre é
possível
(Bande à
part, 1964).*

Num dos extremos da equação podemos inclusive imaginar que as interações entre indivíduos aconteçam apenas através de estímulos no ambiente físico. O processo foi cunhado pelo biólogo Edward O. Wilson e, embora inicialmente estudado para o caso dos insetos sociais, não lhe é exclusivo. Esta noção remete para a possibilidade de comportamentos individuais modificarem um determinado espaço, que de forma iterativa modificará posteriormente o comportamento de outros indivíduos (Wilson, 1975). A referência a esta possibilidade não pretende introduzir a analogia direta, mas sim balizar os contornos da relação edifício/utilizador(es).

A relação edifício/utilizador(es) é a vida que metaforizamos nos edifícios, e a resposta das estruturas aos estímulos da ocupação humana (podendo assumir diferentes graus de materialização) é a *bias* que pretendemos introduzir no sistema. Numa primeira abordagem, o conceito de obra aberta em Umberto Eco permite um enquadramento teórico desta questão.

FORMULAÇÃO PÓS-MODERNA

Os séculos XIX e XX trouxeram-nos, principalmente pela via da Física, importantes mudanças na estrutura do saber. Classificar torna-se mais do que “referir o visível a si próprio” (Feliciano, 2014); a noção de sistema aberto e a segunda lei da termodinâmica pautam a transição de um modelo exaustivo e redutor para uma época de “abertura e interação” (Morin, 1990; Feliciano, 2014); o princípio da incerteza, formulado por Heisenberg em 1927, vem “colocar em causa a perfeita calculabilidade do universo” (Feliciano, 2014). Estas rápidas e importantes mudanças têm, refere-o Umberto Eco, uma repercussão na produção artística, já que “o modo pelo qual as formas de arte se estruturam reflete (...) o modo pelo qual a ciência ou, de certo modo, a cultura da época vêem a realidade” (apud Feliciano, 2014). Legitima-se neste sentido a ideia de Obra Aberta – como exposta pelo autor em 1962 – onde a indeterminação é uma “noção válida”, e o recetor da obra adquire um papel “interveniente e activo” na mesma (Feliciano, 2014).

Projeta-se sobre esta ideia uma imagem do Homem considerado em toda a sua pluralidade – com liberdade

de ação para interagir e determinar a experiência ou execução de uma obra. Percebe-se que, para o período da década de sessenta, esta ideia se constrói por oposição à hierarquia de funções com que o movimento moderno e a sociedade industrializada haviam desenhado o “Homem universal e abstracto” (Feliciano, 2014).

No âmbito da arquitetura, a ideia de obra aberta apresenta-se como uma verdadeira mudança de paradigma. À obra estática que se referencia num sistema fechado sucedem estruturas evolutivas, adaptáveis aos que as vivem. Este é um processo que introduz o esforço transdisciplinar do pensamento complexo à Arquitetura – fá-la beber na Física a noção de sistema aberto e de indeterminação; na Biologia o conceito de organismo adaptável (homeostático e resiliente) e de metabolismo; ou na Matemática o tema dos processos iterativos e dos fractais (Burry & Burry, 2010; Salingaros, 2006). A década de sessenta do séc. XX foi, através de trabalhos como os do grupo inglês Archigram (Feliciano, 2014), ou do movimento que ficou conhecido como Metabolismo Japonês (*Fig. 27 e Fig. 28*) (Koolhaas & Obrist, 2011), predecessora no entendimento destas questões. Ao fulgor da época, contudo, impuseram-se limitações técnicas, não deixando em muitos casos que a ideia transdisciplinar fosse além da pura metaforização. Neste sentido, referir que a noção de obra aberta introduz o esforço transdisciplinar do pensamento complexo à Arquitetura não admite necessariamente a premissa inversa.

“Embora seja concebível em princípio fazer a teoria de uma máquina artificial auto-organizada e auto-reprodutora, o estado da teoria e da tecnologia tornava então e torna sempre inconcebível actualmente a possibilidade de criar uma tal máquina.”

(Morin, 1990, p. 45)

As estruturas habitacionais são um sismógrafo sensível aos entes e à multiplicidade que trazem dentro de si – é de resto por o serem que Hillier (2009a, p. 13) aí referencia a imagem da cidade, culturalmente idiossincrática. Álvaro Domingues percebe uma lógica evolutiva na habitação unifamiliar e descreve-a de forma um pouco mais provocadora: “Casas Kitadas” (Domingues, 2009, p. 53).

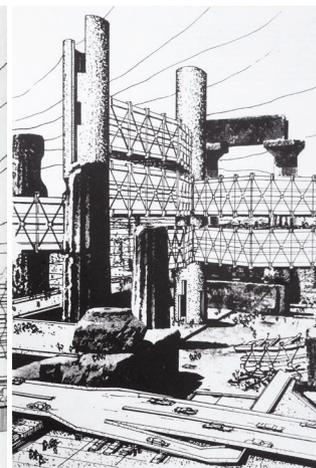
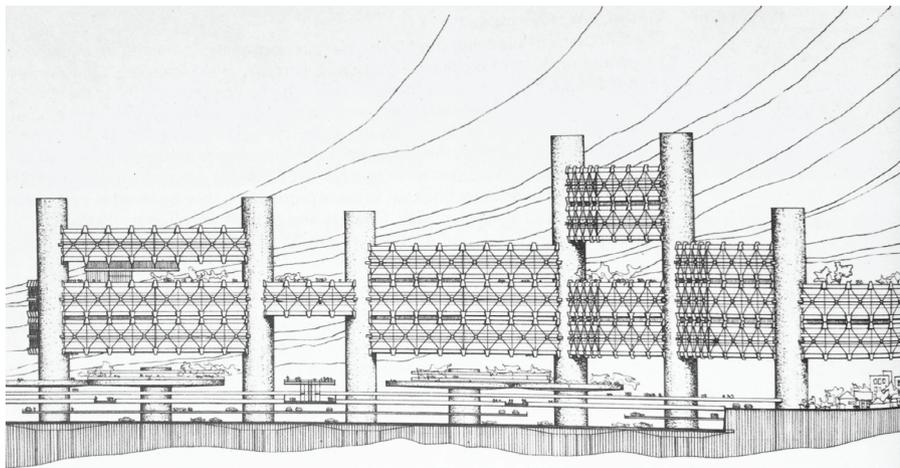


Fig. 27 – Projecto de Arata Isozaki, em 1960, para uma mega-estrutura de lógica evolutiva (joint-core system) – uma rede de edifícios elevados do solo, assente em núcleos estáticos de betão, que se desenvolve em várias direcções (Koolhaas & Obirst, 2011, p. 38).

Fig. 28 – Em 1962 Arata Isozaki imagina o seu projecto transformado em ruína. No acto entende-se a lógica metabolista – no final a desordem impera. Em *Project Japan*, Koolhaas e Obirst recuperam o poema com que Isozaki acompanha a imagem: *Incubated Cities are destined to self-destruct/ Ruins are the style of our future cities/ Future cities are themselves ruins/ Our contemporary cities, for this reason, are destined to live only a fleeting moment/ Give up their energy and return to inert material/ All of our proposals and efforts will be buried/ And once again the incubation mechanism is/ reconstituted/ That will be the future* (Koolhaas & Obirst, 2011).

“Uma casa nunca está acabada. Ao contrário, num bloco de habitações ou num conjunto de casas em banda, a posse e a gestão colectiva impõem uma grande rigidez ou inércia quando se trata de modificar alguma coisa e de compatibilizar interesses (...). A legislação também não ajuda muito.

Numa casa individual tudo é diferente. Uma casa é elástica – pode-se acrescentar, modificar, reformular – e se lhe acrescentarmos o terreno onde se localiza, as possibilidades são ainda maiores. Na arquitectura erudita, chama-se a isso a construção evolutiva, mas o conceito reserva-se para processos bastante controlados que obedecem a tipologias de referência.”

(Domingues, 2009, p. 53)

PÓS-OCUPAÇÃO

A ideia de obra aberta em Umberto Eco legitima, primeiramente, um cenário de pós-ocupação interveniente na vida dos edifícios; e num segundo plano, tecnologicamente mais avançado, a própria capacidade dos edifícios em se adaptarem aos estímulos da ocupação humana. Em ambos os casos a ideia chave é afinar a relação edifício/utilizador(es) influenciando partes do sistema – criando uma *bias*. A seguinte listagem mapeia de forma algo esquemática as possibilidades dessa influência.

Pode dar-se:

- Sobre uma estrutura menos flexível, não preparada para qualquer tipo de intervenção posterior à conclusão do projeto;
- Sobre um desenho e princípio construtivo flexivo, pré-programado pelo projetista no sentido de que as intervenções no edifício não desvirtuem o carácter do mesmo;

- De forma funcional/-administrativa, não alterando a estrutura física do espaço em questão.

Pode basear-se:

- Na intuição dos utilizadores do espaço em questão (neste caso, a flexibilidade anteriormente referida pode ser uma ferramenta importante, tornando facilmente reversíveis alterações baseadas numa intuição errada);

- Num estudo adequado dos fluxos e padrões de dispersão dos indivíduos na utilização dos edifícios, construído com ferramentas (Johnson, 2007, p. 145) desenvolvidas com base no princípio epistemológico que em primeiro lugar levanta estas questões para análise.

Por fluxos e padrões de dispersão entende-se o registo alargado das interações edifício/utilizador(es), ou seja, a vida que anteriormente pautámos nos edifícios traduzida em elementos que sejamos capazes de interpretar. Falamos novamente do frenesim quotidiano, diretamente ligado à ideia base da Complexidade que se referiu ser importante manter: interações simples entre elementos simples geram resultados ricos e complexos (Johnson, 2007; Johnson, 2001). Detenhamo-nos, por ora, nos processos e ferramentas que nos permitem identificar, analisar e trabalhar esta ideia de vida associada à ocupação dos edifícios, para mais tarde voltar à possibilidade de a influenciar.

FLUXO E AGENTES

Otimizar a utilização de edifícios que obedeçam a programas exigentes é um problema com inúmeras variáveis, que para mais se relacionam entre si (apud Fry, 2012). Pede-se, neste sentido, que possam ser descortinadas soluções pelo mesmo princípio epistemológico que descodifica a verdadeira grandeza das situações em análise. Os avanços técnicos das duas últimas décadas no campo da simulação computacional aqui nos ajudam (Sawyer, 2005).

Modelos mais simples (*cellular automata*) preveem que um conjunto de células ocupando uma matriz possam

reagir mudando o seu estado em função das que ocupam uma posição vizinha. Estes modelos são importantes, e simples de computar, mas os resultados apenas informativos do desenvolvimento de uma população num espaço específico, e implícitos a geometrias limitativas (Johnson, 2007, p. 145). Outros modelos, mais avançados, permitem hoje modelar uma população inteira conferindo atributos específicos a cada um dos indivíduos que a compõe (Sawyer, 2005), tornando entidades virtuais (*agents*) capazes de um processo de “decisão”. Estes modelos são especialmente úteis – mais do que descodificar a evolução de uma população num determinado espaço físico, incidem sobre o processo que leva os indivíduos dessa população a escolher aquele espaço em detrimento de outros na utilização dos edifícios em análise (Johnson, 2007, p. 145).

“Understanding the way in which pedestrians move around their environment is important for predicting congestion, for evacuation planning, pedestrian traffic and crowd control, as well as assessment of the social and economic function of buildings and urban layouts.”

(Penn & Turner, 2001, p. 1)

Vivemos justamente na época em que estes últimos modelos (*ABM – Agent Based Model*) dão um salto qualitativo. Ao propósito analítico, sem uma notável influência no processo de projeto, substitui-se um outro, que os imagina como ferramentas auxiliares ao desenho em arquitetura (Oosterhuis, 2005; Sharma & Tabak, 2008). O uso destas ferramentas tem vindo a tornar-se suficientemente rápido para que possa acompanhar os devidos tempos de um projeto, permitindo um processo iterativo: desenhando por um lado, testando soluções pelo outro – continuamente (Oosterhuis, 2005; Sharma & Tabak, 2008).

CASO-ESCOLA

O trabalho [Rapid Agent Based Simulation of People Flow for Design of Spaces - Analysis, Design and Optimization](#), de Shrikant B. Sharma e Vicent Tabak é, em linha com os tópicos anteriores, bastante informativo. Os

autores fazem referência à necessidade – já mencionada – de tornar as ferramentas analíticas de fluxos em edifícios mais simples e rápidas – quer no momento da sua execução como no seu pré-processamento. Sendo possível, é-o também a sua posterior integração no processo de projeto (Sharma & Tabak, 2008, p. 2). Deste modo, o trabalho dos autores combina o uso de *agent-based models* com uma posterior sugestão de modificações (interferências) de carácter administrativo/-funcional (Sharma & Tabak, 2008, p. 8), bem como outras de influência direta no processo de projeto (Sharma & Tabak, 2008, p. 7).

As análises dos autores mostram, para o caso de uma escola de planta formal e funcionalmente ramificada, a pertinência em eliminar uma única campanha central (Sharma & Tabak, 2008, p. 8) e multiplicá-la pelas diferentes alas do edifício – o objetivo é melhorar o fluxo de alunos nos corredores para o momento das trocas de sala. Esta é uma estratégia que tem o seu paralelo na cidade – desacerto dos horários de trabalho; criação de uma rede de semáforos inteligentes (Johnson, 2001, p. 231), etc. –, mas que será, pela escala, mais simples de ponderar e executar. Também pela escala são, por ora, mais eficazes as ferramentas de que dispomos. Para o exemplo da escola os modelos desenvolvidos são capazes de produzir valores ótimos, identificando inclusive a existência de um limite superior na diferença possível entre toques de campanha: a que permitirá aos estudantes de uma sala chegarem a outra, para a qual ainda não foi dado o toque de saída (Sharma & Tabak, 2008, p. 8). Resolver este problema é, entende-se, interferir no sistema através de uma *bias* do tipo funcional/-administrativo.

Ainda para a mesma tipologia, mas no período de projeto, a utilização de *agent-based models* permite identificar possíveis pontos de estrangulamento e definir para esses locais dimensões ótimas – considerando-os à partida de largura infinita e encontrando iterativamente, de simulação em simulação, o melhor valor possível. Falamos, por exemplo, da boca de umas escadas, rampa, ou da porta de uma cafetaria (Sharma & Tabak, 2008). A ponderação destas questões não será uma *bias* no sistema, como até aqui definida, na medida em que terá de acontecer previamente à construção da escola – assenta, ainda assim, nos mesmos princípios.

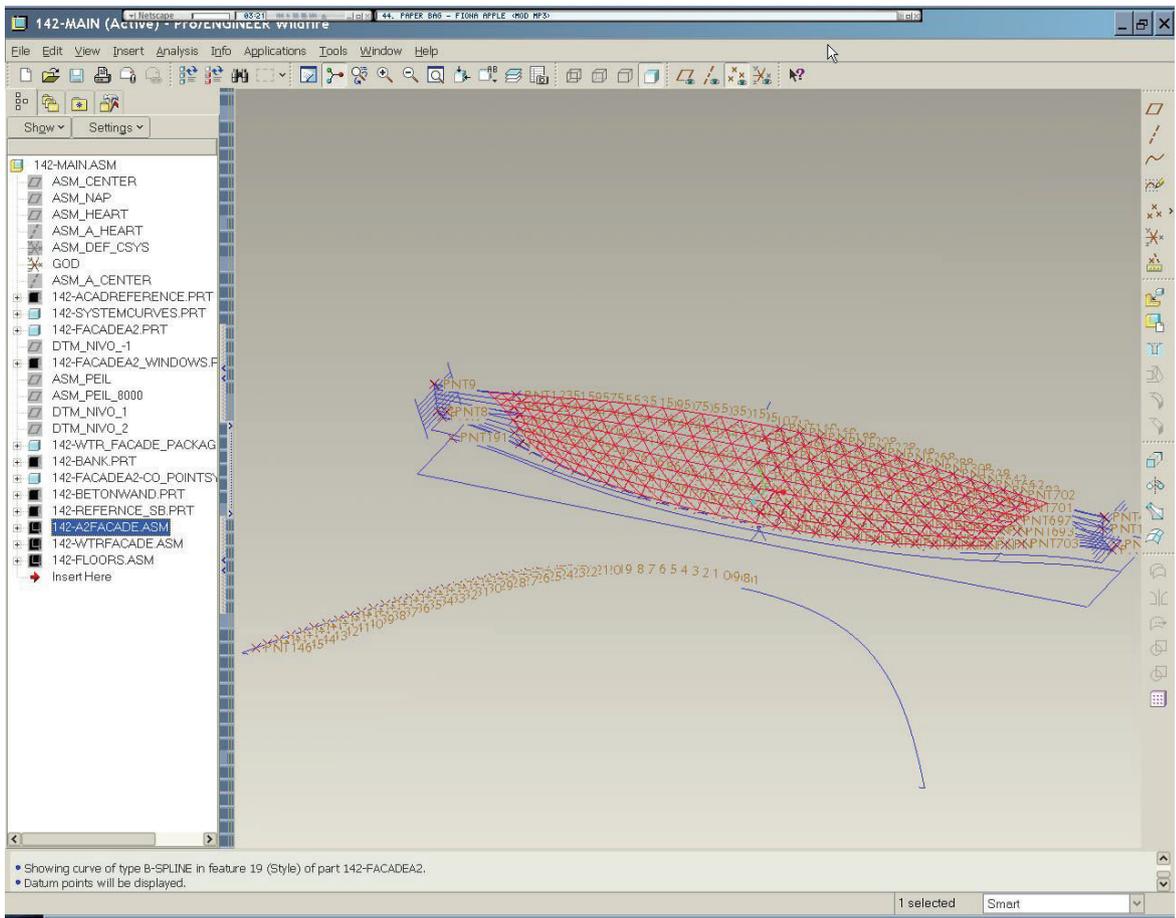
A noção “Relação edifício/ utilizador(es)” é avançada neste trabalho como forma de agrupar coerentemente um conjunto de possibilidades que surge ao pensar de forma complexa o projeto de arquitetura – que se entende aqui quer no sentido mais estrito como no mais lato do termo, que envolve materialização física. Sobre esta ideia projetam-se a interação entre indivíduos, os cenários de ocupação que essa interação desenha, e levanta-se a questão da adaptabilidade das estruturas. Há um princípio pós-moderno subjacente a todo o raciocínio, que só é possível para um Homem que se imagine plural, e no entender da sua criação como um produto inacabado – recursiva e sucessivamente exposto à pluralidade de outros indivíduos. A via da Complexidade permite pensar em formas de influenciar processos desenhados como perpetuamente adaptáveis e iterativos. Fá-lo ao imaginar a relação edifício/ utilizador(es) como um sistema, e decompondo-o de forma informada em partes constituintes para perceber relações consequentes entre essas partes. Não se crê que só por esta via seja possível a criação de modelos como os até aqui descritos, que podem partir, numa primeira instância, de condições da observação empírica. Reconhecemos, ainda assim, que munidos de um conhecimento como o desenvolvido dentro do paradigma transdisciplinar da Complexidade estamos mais aptos a dissecar os resultados obtidos.

BUILDING RELATIONS

A interação entre as mais simples unidades constituintes dos edifícios pode ser entendida, de forma mais imediata, por uma designação conhecida: desenho paramétrico (Oosterhuis, 2005). A utilização desta designação põe em evidência uma suspeita anteriormente levantada: a atenção sobre algumas das questões que se colocam no cruzamento da Teoria da Complexidade com a disciplina da Arquitetura não aparece agora pela primeira vez. Neste sentido torna-se necessário descortinar a pertinência de um processo que multiplicará, numa primeira instância, os termos e designações numa área de estudo de certa forma consolidada. A defesa desse processo passa por dois pontos essenciais: em primeiro a forte fundamentação teórica de que a Teoria da Complexidade mune a temática do desenho paramétrico; e em segundo, a possibilidade de fazer a ponte entre esta área de estudo e a relação edifício/ utilizador(es), como abordada previamente.

O conceito de desenho paramétrico está fortemente ligado à noção de *mass-customization* – construindo-se por oposição à ideia de desenho standardizado, ou de produção em massa (Oosterhuis, 2005, p. 93). A forte capacidade computacional desenvolvida nas últimas décadas, aliada à evolução dos métodos de produção, permite introduzir um novo fator na relação entre desenhistas e indústria: o custo elevado de soluções não convencionais deixa de ser uma condicionante no processo F2F (*file to factory*), e o desenhador assume uma nova função, criando as regras generativas do produto, e não o produto em si mesmo (Oosterhuis, 2005, p. 93). Dominar as regras de conceção de um produto permite estabelecer a relação específica entre os seus componentes que produz a solução standardizada, mas também todas as variações que outras relações entre partes criam – desenhar a solução standardizada, por outro lado, não permite o processo inverso, tendo em si o seu fim (Oosterhuis, 2005, p. 93).

A pertinência deste argumento no âmbito da complexidade está, mais uma vez, na premissa que se referiu ser importante manter: interações simples entre elementos simples geram resultados ricos e complexos (Johnson, 2007; Johnson, 2001). Nesta leitura os elementos simples são os componentes de um produto, ou os próprios



materiais que lhe dão corpo; as regras que o desenhador estabelece governam as interações entre os elementos; e os resultados ricos e complexos são os produtos que fogem à solução estandardizada, embora não a excluam.

O trabalho do arquiteto holandês Kas Oosterhuis, quer no atelier ONL, quer no grupo de investigação que lidera na TU Delft (Hyperbody), propõe-se fazer a ponte entre o argumento teórico – como exposto até aqui – e algumas hipóteses práticas. O processo de trabalho deste arquiteto começa numa primeira intuição sobre um local (Oosterhuis, 2013) e na rápida transição dessa intuição para uma geometria tridimensional. Numa segunda fase Oosterhuis retira-se do processo enquanto desenhador – no sentido tradicional – para estabelecer o conjunto de regras que define a relação entre os pontos (*Point Cloud*) representativos dessa geometria (*Fig. 29*) (Oosterhuis, 2005, p. 93). Oosterhuis refere, em *A New Kind of Building*, que nem só pela influência prévia do projetista é possível ordenar os componentes de um edifício num todo consistente – ideia que bebe na manifestação formal dos fenómenos *Swarm e Flock Behavior* (Oosterhuis, 2005, p. 93), semelhantemente conotados, e paralelamente focos de estudo nos domínios Biológico e Computacional.

Há na língua portuguesa uma correspondência literal para *Swarm* – enxame – mas, no âmbito da Complexidade, o termo tem vindo a ser pautado de um significado que transcende essa tradução. Sobre o termo cai a noção de auto-organização em biologia (Johnson, 2001), bem como as regras subjacentes a esse fenómeno e a sua tradução para o domínio computacional (Carranza & Coates, s.d.). A formação de grupos nos seres vivos é um fenómeno – emergente – de auto-organização, no qual que se reconhecem características de inteligência coletiva (Johnson, 2001). No domínio computacional, a ideia de auto-organização em *Swarm Behavior* encontra um paralelo no conceito de *Boid*, como definido pelo seu autor, Craig Reynolds (1999). Os *Boids* de Reynolds (entidades virtuais) seguem, como uma ave num bando, regras simples e locais que se traduzem – em ambos os casos, biológico e computacional – na produção de um todo ordenado com uma repercussão formal (Carranza & Coates, s.d.; Oosterhuis, 2005; Reynolds, 1999).

Fig. 29 – Conjunto de pontos definidores da Geometria do edifício "A2 Cockpit", projectado pelo atelier ONL em 2006 (ONL, -2016).



Fig. 30 – “A2 Cockpit”, projecto do atelier ONL concluído em 2006 – na imagem percebem-se facilmente alguns dos pontos (point cloud) que definem a estrutura (ONL, -2016).

Fig. 31 – Interior do “A2 Cockpit”, projecto do atelier ONL concluído em 2006 – no topo da imagem evidencia-se um pormenor do projecto, criado parametricamente no lugar de um dos pontos primitivos da estrutura da estrutura (ONL, -2016).

No trabalho de Oosterhuis entrevemos o suporte do argumento “biomimético” à sugestão de uma nova abordagem ao processo de projeto – que traduz *boids* em vértices definidores de um espaço, e delinea as regras que traduzem interações locais num todo consistente (Fig. 30).

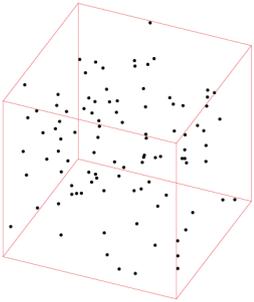
“Boids (...) are active members of a flock calculating in real time their position in relation to each other. Simple rules are underpinning their behavior. Each Boid computes a limited number of simple rules: Do not come too close to your neighbors, match your velocity with your neighbors, try to move towards the center of the mass of Boids. None of these rules says: form a flock, the rules are entirely local, referring to what a local Boid can see and perform in its immediate vicinity. And yet the flock forms, and is recognizable as a complex whole (...) Boids can be interpreted as the flocking nodes of a constructive mesh. The designer could work with simple rules starting from the related positions of the nodes to generate the relevant data for mass-customized production. Also, the behavior of the nodes might be used to form the shape of the building.”

(Oosterhuis, 2005, p. 96)

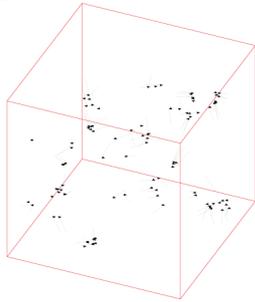
Numa fase posterior de projeto um novo conjunto de regras pode ser aplicado sobre os pontos produzidos na fase anterior, gerando detalhes construtivos paramétricos – substituindo cada um dos pontos primitivos pelos necessários para criar a estrutura do pormenor (Fig. 31) (Oosterhuis, 2005, p. 98). Repetidamente, Oosterhuis exclui-se do processo enquanto projetista tradicional (Oosterhuis, 2005, p. 102) e, concordando-se ou não com a posição, nela se reconhece o salto de um sistema para outro: a abertura ao desconhecido que Morin (1990) apontou como necessária para que se produza e progrida no conhecimento.

“The radicality of this mass customized specimen of nonstandard architecture equals that of the 50+ year old Mies van der Rohe’s Seagram building, which is the ultimate esthetic expression of mass produced architecture. Mind you, the Seagram building is beautiful, but I would never fancy to strive for such esthetic again, now it is time to find the proper architectural expression for the actuality of industrial mass customization.”

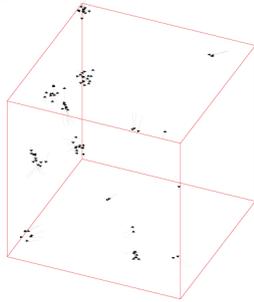
A



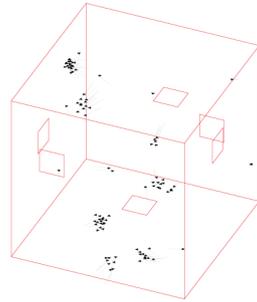
B



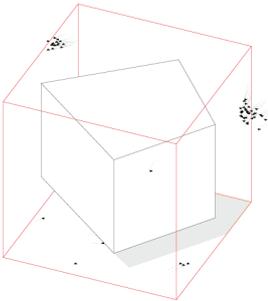
C



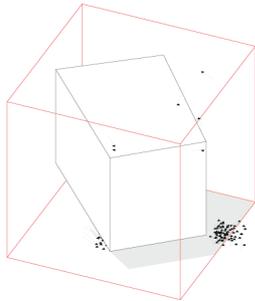
D



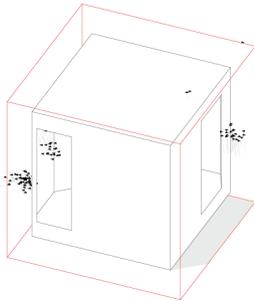
E



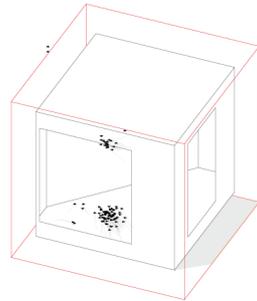
F



G



H



(Oosterhuis, 2012, p. 412)

Fig. 32 – Possível repercussão formal dos movimentos de um conjunto de boids (representados a negro). “Alignment”, “Cohesion” e “Separation” são algumas das regras utilizadas que permitem a formação de grupos, como se percebe pela sequência temporal documentada nas imagens. Tomando um cubo como limite para o movimento dos boids foi mapeada a posição dos elementos mais próximos das faces do invólucro (D), posições posteriormente utilizadas para gerar uma forma (E, F) em constante mutação, subtraída a um offset estático do invólucro inicial. O resultado é um espaço cujas aberturas ao exterior estão sob constante transformação em tamanho e posição (G, H), por consequência do perpétuo movimento dos boids. A modelação do comportamento dos boids foi realizada com recurso ao software Quelea, uma ferramenta de agent-based design – desenvolvida por Alex Fischer (- 2016) – para Grasshopper.

O conceito de *Boid* (Fig. 32) é central na prática de Kas Oosterhuis, como o é para alguns dos temas e desenvolvimentos neste trabalho. Transcrevem-se, neste sentido, algumas das regras simples que o excerto em cima refere governarem os seus comportamentos, como definidas por Reynolds (1999; -2016):

Alignment – “Alignment steering behavior gives a character the ability to align itself with (that is, head in the same direction and/or speed as) other nearby characters, (...)”

Obstacle avoidance - “Obstacle avoidance behavior gives a character the ability to maneuver in a cluttered environment by dodging around obstacles. (...) obstacle avoidance takes action only when a nearby obstacle lies directly in front of the character.”

Cohesion – “Cohesion steering behavior gives a character the ability to cohere with (approach and form a group with) other nearby characters.”

Path following – “Path following behavior enables a character to steer along a predetermined path, such as a roadway, corridor or tunnel. This is distinct from constraining a vehicle rigidly to a path like a train rolling along a track. Rather path following behavior is intended to produce motion such as people moving down a corridor: the individual paths remain near, and often parallel to, the centerline of the corridor, but are free to deviate from it.”

Wander – “Wander is a type of random steering. (...) This idea can be implemented several ways, but one that has produced good results is to constrain the steering force to the surface of a sphere located slightly ahead of the character. (...) The sphere’s radius (...) determines the maximum

wandering “strength” (...).”

Seek – “Seek (or pursuit of a static target) acts to steer the character towards a specified position in global space. This behavior adjusts the character so that its velocity is radially aligned towards the target.”

Unaligned collision avoidance – “(...) tries to keep characters which are moving in arbitrary directions from running into each other. Consider your own experience of walking across a plaza or lobby full of other walking people: avoiding collisions involves predicting potential collisions and altering your direction and speed to prevent them. If all nearby characters are aligned, a less complicated strategy can be used, (...) separation (...).”

Separation – “Steering behavior gives a character the ability to maintain a certain separation distance from others nearby. This can be used to prevent characters from crowding together.”

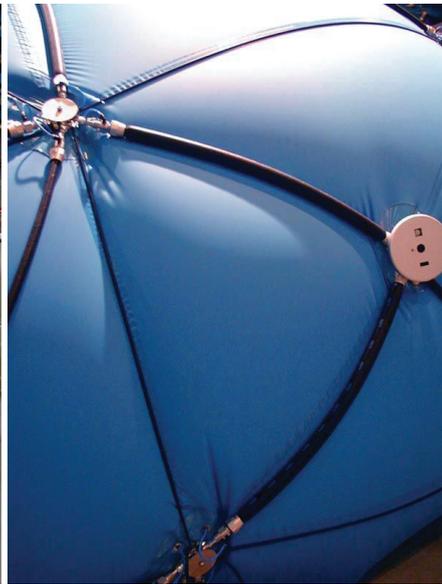
SENSORI-MOTOR INTELLIGENCE

O cruzamento dos dois tópicos anteriores (relação edifício/utilizador(es) e *building relations*) faz-se no segundo plano, tecnologicamente mais avançado, que dissemos legitimar-se no conceito de Obra Aberta em Umberto Eco. À obra estática que se referencia num sistema fechado sucedem estruturas evolutivas, adaptáveis em tempo real aos estímulos da ocupação humana. A ideia aproxima-nos da noção de Swarm Behavior – pautando a transição entre um resultado último e inerte de interações locais e o entendimento de um todo consistente dinâmico, que adquire diferentes configurações formais por resposta às condicionantes de um meio. A dinâmica para o tema em Oosterhuis (2005) desenha a hipótese da “(...) teoria de uma máquina artificial auto-organizada e auto-reprodutora”, impossível em Morin (1990).

“This new kind of building is not only designed through computation, it is a computation. The New Kind of Building never stops calculating the positions of its thousands of primary nodes and its millions of secondary nodes, based on input values from the users of the building and from environmental forces acting upon the structure.”

(Oosterhuis, 2005, p. 109)

Mas que princípio governa a resposta de uma estrutura não cognitiva a condicionantes variáveis? Num edifício que seja uma computação adaptativa em tempo real entrevê-se uma ideia de inteligência reativa – e de novo ocupamos o espaço entre Biologia e a sua tradução computacional, aqui encontrando o que alguns autores definem como sensori-motor intelligence (Carranza & Coates, s.d.). Esta noção tem vindo a ganhar importância no âmbito da inteligência artificial, percebendo-se tão eficaz como níveis mais elevados de cognição na descrição comportamental (Carranza & Coates, s.d., p. 5). Sob ela defende-se o conhecimento como uma ação necessariamente corporal (“cognition depends upon the kinds of experience that come from having a body with various sensori motor capacities (...)” (Carranza & Coates, s.d., p. 4)), e entende-se a dualidade de condições necessárias a um tipo de inteligência não consciente de si mesma. Um tipo de inteligência que sem representações rigorosas do meio que compõe, ou de outros agentes nesse meio, é ainda assim capaz de desenvolver tarefas simples (por reação, em



oposição ao delineamento de uma estratégia) (Carranza & Coates, s.d., p. 5) – reencontramos neste ponto, pela forma como age cada parte individual de um swarm, ou flock, a ideia-chave de Swarm Behavior, para aí referenciar os movimentos adaptativos de um edifício-computação.

Numa primeira instância, por estruturas capazes de corporizar uma resposta em tempo real (Real Time Behavior, RTB - como definido em Oosterhuis (2005)), podemos imaginar a fachada modular de um edifício, cujos vários componentes alteram entre eles posição e orientação com o objetivo de que o todo seja, face a diferentes condições ambientais por exemplo, continuamente consistente. Num segundo momento impera olhar para estruturas como MUSCLE, do atelier ONL: um conjunto de músculos pneumáticos conecta os pontos definidores da estrutura – elementos que recebem informação em tempo real (*sensori*) – e corporiza (*motor*) uma resposta em função dessa informação (Oosterhuis, 2005, p. 109) (Fig. 33 e g. 34).

Fig. 33 –
MUSCLE, do
atelier ONL,
durante a
Non-Standard
Architecture
Exhibition,
no Centre
Pompidou
(Oosterhuis,
2005, p. 108).

“When air pressure is pumped into the muscles they become thicker and shorter (...). When air pressure is let out again of the muscles they relax and regain their original maximum length. By varying the air pressure in real time [which in our physical world means: many times per second, and per se not absolutely continuous] for each individual muscle the Point Cloud of nodes starts moving like the birds in a swarm.”

(Oosterhuis, 2005, p. 107)

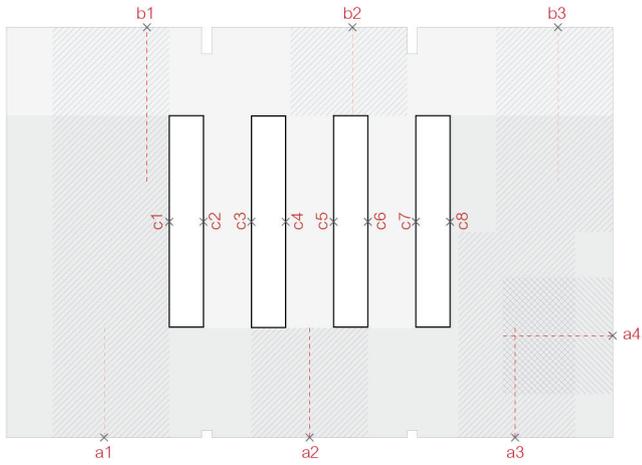
Fig. 34 –
MUSCLE,
do atelier
ONL - Pontos
(nodes)
definidores da
geometria e
os “músculos”
pneumáti-
cos que os
conectam
(ONL, -2016).

A ideia de uma arquitetura reativa/performativa (Oosterhuis, 2005, p. 102) coloca-nos de novo à beira do salto entre sistemas e da abertura ao desconhecido descrita em Morin (1990). Oosterhuis (2005, p. 102; 2012) descreve esta prática como potenciadora de uma nova posição para arquitetos e artistas, colocando-os no centro genético que produz tudo o que nos rodeia – encurtando a distância entre a criação de regras que informem o comportamento de um sistema, e a possibilidade de que esse sistema se torne imprevisível além da nossa imaginação e influência, em tempo real.

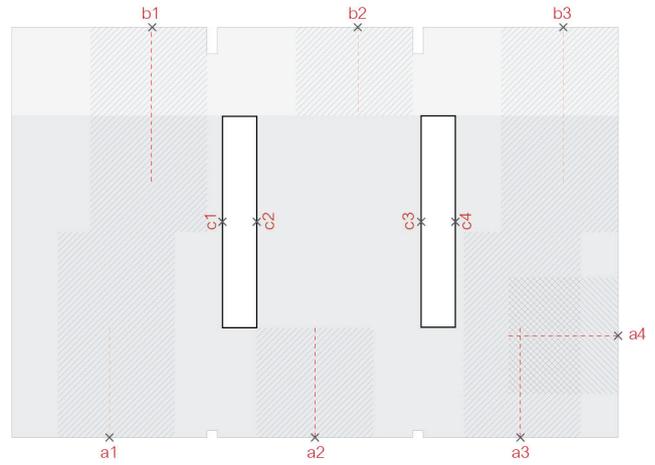
AGENT-BASED MODELS NO PROJETO DE UMA ESTAÇÃO INTERMODAL EM SINES

Foi produzido, para o projecto de uma estação de transportes intermodal junto à Zona Industrial Ligeira de Sines, um modelo que permite a utilização de agentes virtuais na análise de diferentes cenários. Estas análises foram computadas para um espaço específico do projecto, incidindo sobre bilheteiras, sala de espera e respectivas entradas e saídas para esse local. Sobre ele foi projectado o percurso das pessoas entre os momentos de comprar bilhete, esperar um autocarro, e sair para o apanhar; e estudada a influência da posição de alguns objectos (bancos) sobre esses fluxos. Este estudo será o objectivo primário da experiência, mas alguns outros lhe aparecem associados, em linha com os temas desenvolvidos neste trabalho: a criação de um modelo rápido e simples, que como exposto em [Rapid Agent Based Simulation of People Flow for Design of Spaces - Analysis, Design and Optimization](#) faça a defesa destas ferramentas enquanto auxiliares ao desenho em arquitetura; a demonstração da pertinência de que se revestem modelos mais simples na abordagem a este tipo de problemas; e uma exemplificação mais aprofundada do uso de *agent-based models*.

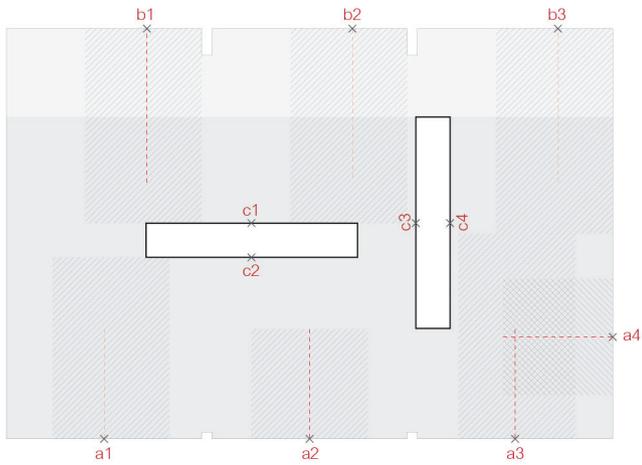
No total foram computados quatro cenários diferentes, e para todos adotada uma estratégia na abordagem ao problema que se baseia nas regras de Reynolds (1999; - 2016). Referi-lo é importante por esta ser uma posição que exclui outras aproximações – teórica e tecnologicamente diferentes – ao problema. Se em Reynolds (1999; - 2016) as forças “*align*” e “*cohes*” modelam a reacção de um agente em relação a outro – produzindo efeitos emergentes no estado geral do sistema – a força “*seek*” será responsável por atrair os mesmos para pontos específicos, como sejam as entradas e saídas do espaço em análise. Um tal conjunto de forças torna os agentes de uma modelação capazes de procurar a saída de um espaço e dota o modelo em questão de uma componente funcional, ou mesmo social. A estes modelos, porventura, podemos contrapor outros, como o que Alan Penn e Alasdair Turner (2001) propõem. Penn e Turner (2001) defendem que um conjunto de regras mais simples – associadas a um comportamento exploratório do espaço – se tem revelado bastante eficaz na reprodução do comportamento humano, por oposição a outros modelos cognitivos mais complexos. No cenário descrito por estes autores as forças que movimentam os agentes prendem-se essencialmente com valores pré-processados do espaço físico –



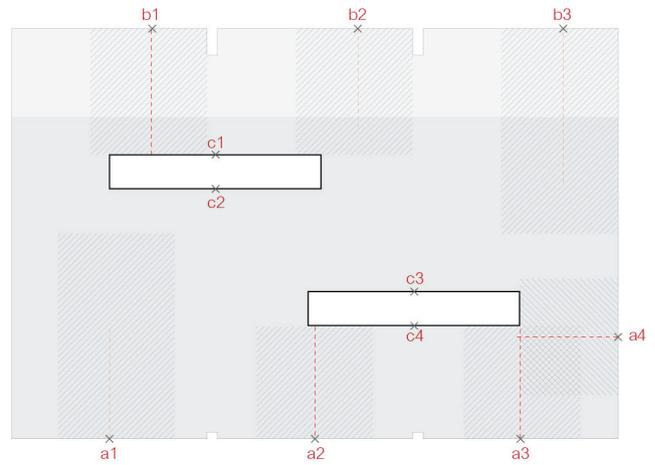
modelo 1



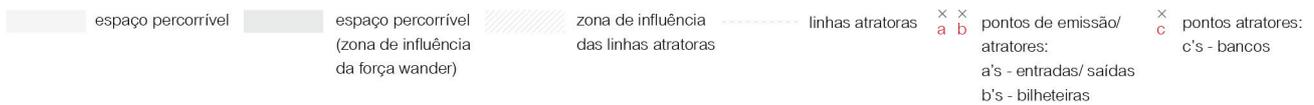
modelo 2



modelo 3



modelo 4



calculados através de análises da configuração do mesmo, segundo os métodos da Sintaxe Espacial definidos por Hillier e Hanson (Penn & Turner, 2001). A inteligência neste tipo de agentes não se prende com a capacidade de um indivíduo aproveitar ou resolver determinadas situações do ambiente que habita (ocupar uma mesa, desviar-se de um aviso de “piso escorregadio”, etc. ...) mas sim com uma consciência coletiva de propriedades do sistema (Turner, 2003).

Por certo existe uma componente exploratória nos percursos de um indivíduo que espera um transporte num espaço contido, mas não só dos movimentos desse indivíduo se compõem os fluxos nesse espaço. A eles sobrepõe-se a execução de algumas ações (entrar no espaço, comprar bilhete, sair da bilheteira, sentar nos bancos disponíveis, e eventualmente sair) por parte de outros agentes. Assim, a metodologia utilizada neste trabalho coloca-se no patamar intermédio entre os modelos desenvolvidos no âmbito da Sintaxe Espacial e aqueles que incluem no problema a componente funcional, e incorporam um conjunto de pontos par origem/destino – patamar onde se coloca, igualmente, o trabalho dos autores Shrikant B. Sharma e Vicent Tabak (2008). O modelo aplicado afasta-se das propriedades deambulatórias com que Penn e Turner (2001) desenham os seus agentes, mas encontra na força “wander” de Reynolds (1999; - 2016) uma correspondência – à consciência coletiva de algumas propriedades pré-processadas do sistema (isovistas¹⁰, por exemplo) substitui-se uma força que permite aos agentes um movimento algo aleatório (ver definição de “wander” no subcapítulo *Building Relations*) em zonas do espaço previamente definidas – pelo que não se exclui a variável morfológica do problema. Note-se que por “consciência coletiva” “ou previamente definidas” se significa uma mesma coisa: a influência de quem cria o modelo e computa as simulações através de regras ou valores colocados sobre o sistema à priori.

Fig. 35 –
Representação dos 4 modelos computados com indicação gráfica de: entradas no espaço e bilheteiras, elementos considerados como pontos atratores; vectores de aproximação a esses atratores; áreas de influência desses vectores; e área de influência da força “wander”.

¹⁰ O conceito de isovista é anterior à Teoria da sintaxe espacial, mas foi mais tarde incorporado na mesma. A isovista de um dado ponto no espaço corresponde ao polígono que limita a área visível desse local, e para a mesma podem ser calculadas um conjunto de medidas relacionadas com tamanho ou regularidade, por exemplo.

Na experiência realizada o comportamento dos agentes foi calculado com recurso ao software Quelea, uma ferramenta de *agent-based* design para Grasshopper¹¹ – desenvolvida por Alex Fischer (- 2016) – que incorpora as regras de Reynolds e constrói sobre elas algumas variáveis. A imagem (Fig. 35) é representativa da planta do espaço em questão e ilustra as diferenças entre os 4 cenários computados, identificando graficamente a ponderação de forças sobre os mesmos.

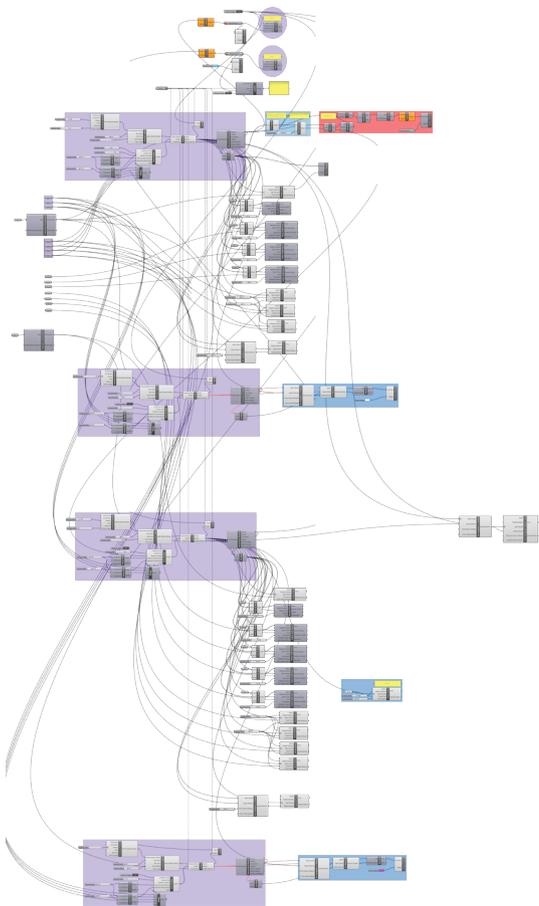
Os resultados obtidos para cada um dos cenários correspondem ao processamento do sistema durante 400 iterações de 50 ms. Para o mesmo libertaram-se – de forma distribuída pelo conjunto de entradas no espaço – 4 agentes a cada 5 iterações, limitando em 8 o número máximo de entidades que percorrem simultaneamente a distância entre entrada e bilheteira – criando dessa forma um ritmo compassado que sugere a chegada de um outro transporte a intervalos definidos. O mesmo número de agentes foi eventualmente devolvido ao espaço a partir das bilheteiras, embora a um rácio mais alargado por forma a criar nesses pontos alguma congestão. Também o limite ao número máximo de agentes no espaço é retirado após um agente retornar da bilheteira, prolongando-se assim a estadia destes no espaço (numa sala de espera, lembre-se).

Às bilheteiras e saídas do espaço foram associados vetores de aproximação (a tracejado vermelho na Fig. 35), levando os agentes a criarem uma fila nesses locais. A Fig. 35 evidencia igualmente, numa mancha cinza mais escura, a zona de afetação da força “*wander*”, correspondente à área total da sala de espera subtraída da zona de formação de filas para as bilheteiras – esta força foi implementada nos agentes antes e depois de comprarem bilhete, mas mais intensamente nesta segunda fase. Embora sujeitos a um comportamento deambulatório os agentes são, depois da ida à bilheteira, atraídos pelos bancos existentes no espaço (sobre os quais foram colocados vários pontos atratores representados na Fig. 35 pela letra “c”). Dividindo os agentes presentes no espaço em dois grupos, os que vão comprar bilhete e os que, tendo-o feito, esperam por um transporte para sair da sala de espera, foi implementada:

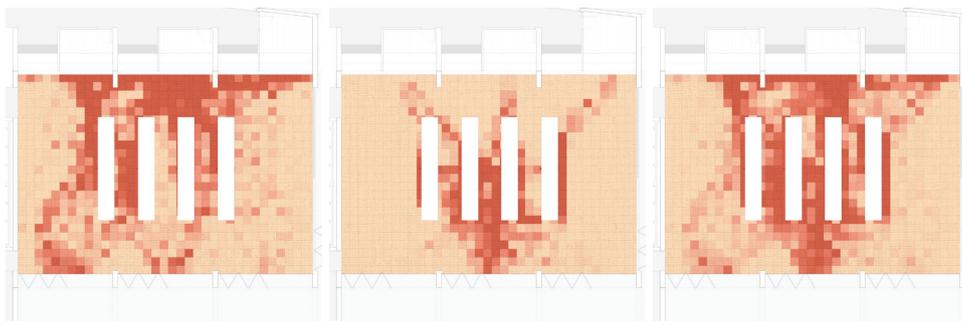
¹¹ Grasshopper é uma linguagem de programação gráfica desenvolvido por David Rutten para o software de modelação tridimensional Rhinoceros 3D.

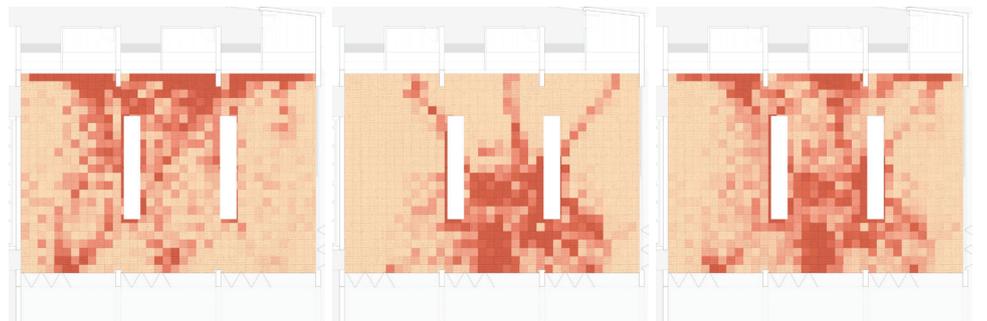
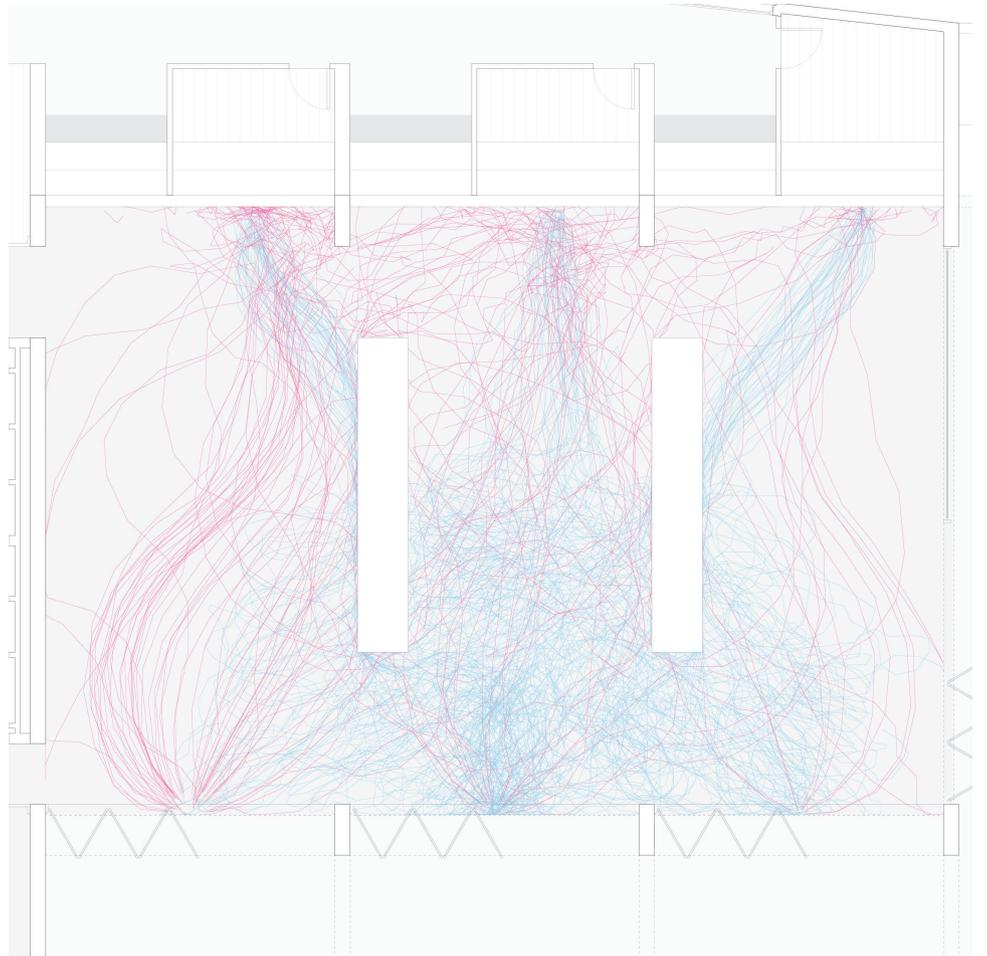
a força “*separate*” entre agentes do mesmo grupo, forçando-os a manter uma distância mínima para os que fazem um percurso à partida alinhado com o seu; e a força “*avoid unaligned collision*” entre agentes dos dois grupos, obrigando-os a desviar o seu percurso daqueles que, previsivelmente, se deslocarão em sentido contrário.

A conjugação dos fatores descritos com diferentes posições e orientações para os objetos no espaço gera cenários de ocupação com nuances que dificilmente seríamos capazes de aferir à partida. Para uma melhor compreensão de alguns dos dados produzidos pelas análises efetuadas produziram-se dois tipos de imagem: uma primeira que corresponde ao registo do percurso de cada um dos agentes, atribuindo uma cor magenta à parte do percurso entre a entrada no espaço e a ida à bilheteira, e uma cor azul ao percurso inverso; e uma segunda que projeta sobre uma malha de 50 por 50 cm a posição dos agentes a cada iteração, facilitando a leitura das zonas com maior densidade de percursos. Note-se que os agentes não necessitam de se mover entre cada iteração, pelo que este segundo tipo de imagens será também um indicador da permanência numa dada zona do espaço: à malha de 50 por 50 cm foi aplicada uma gradação de vermelhos que conota as zonas mais escuras com as de maior densidade de percursos e de maior permanência. Dentro deste tipo de análises foram produzidas três variáveis: uma primeira correspondente aos percursos entrada/bilheteira; uma segunda correspondente aos percursos inversos, associados a uma maior permanência no espaço; e uma terceira que sobrepõe as duas situações anteriores.

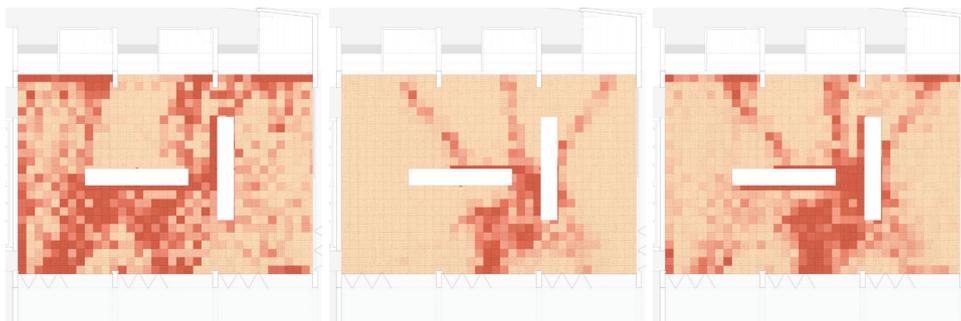
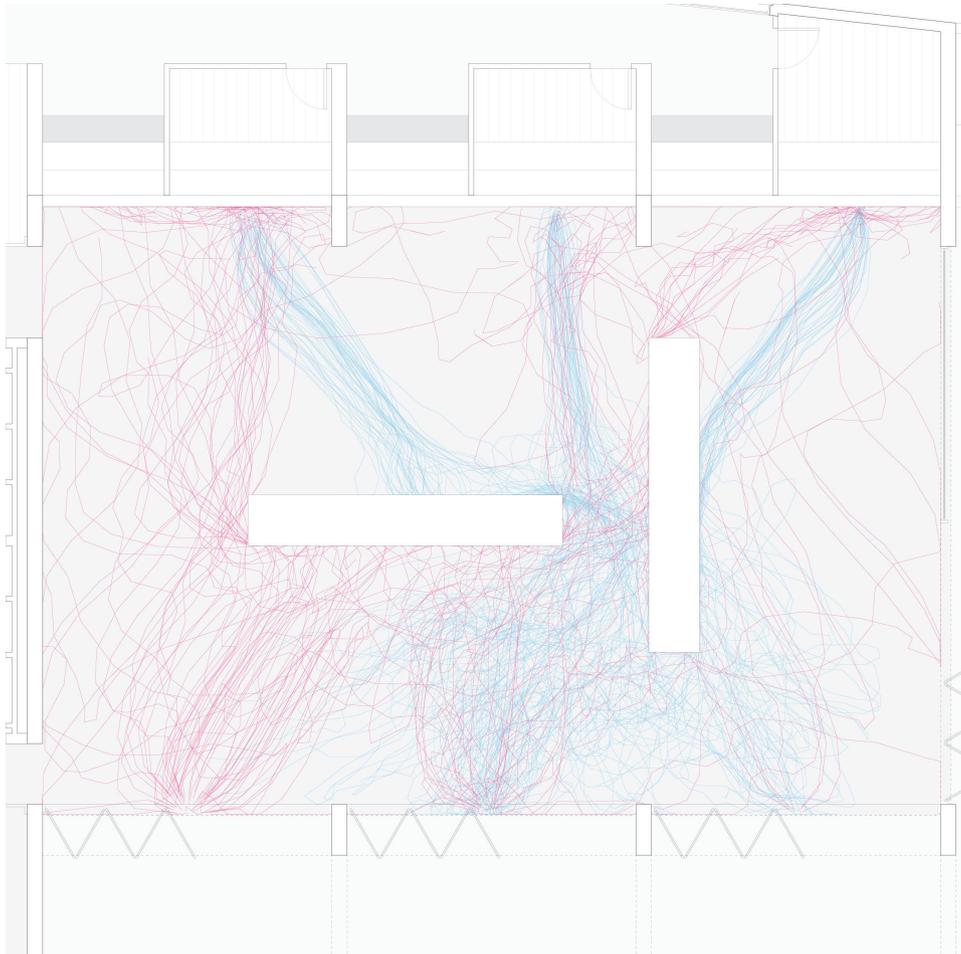


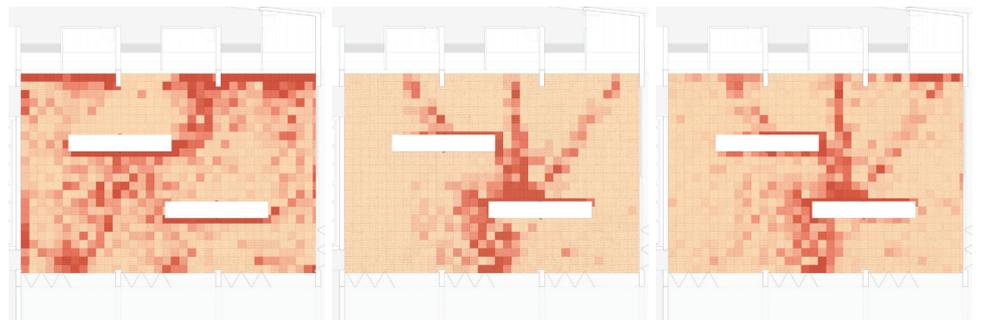
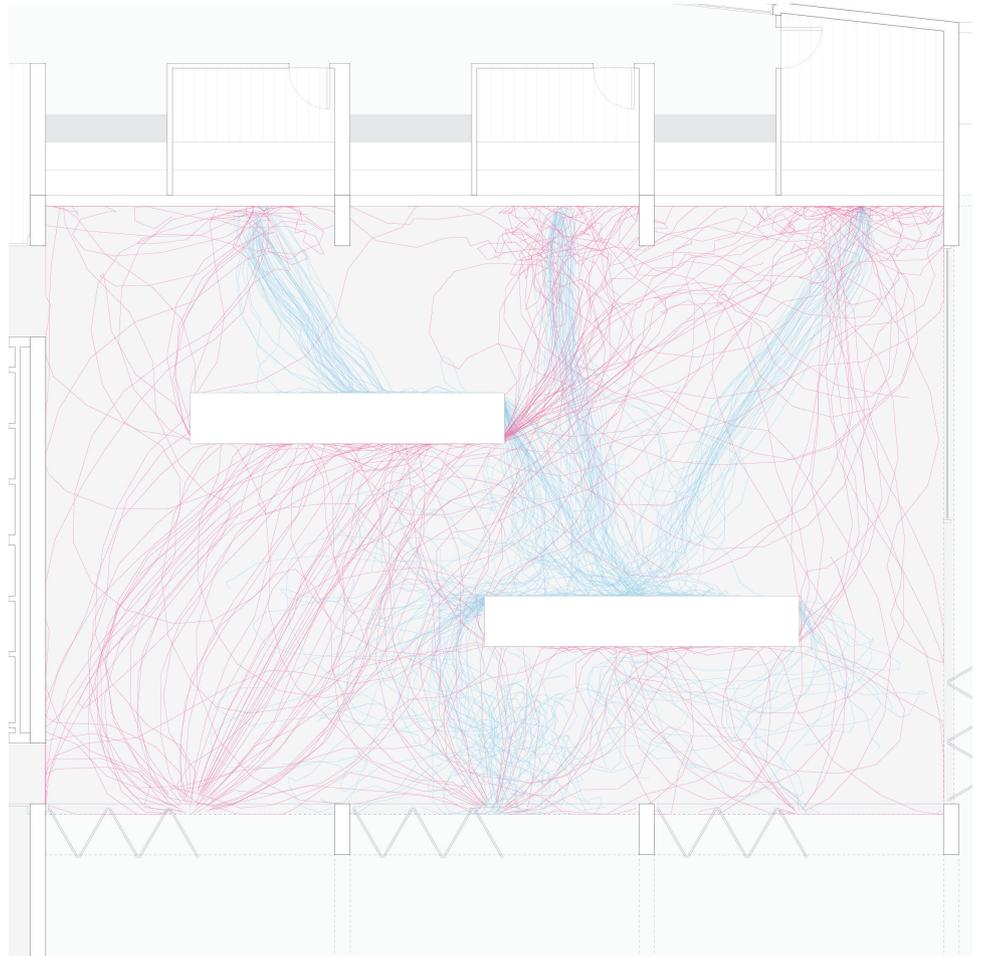
*Fig. 35 –
Interface de
Grasshopper
– linguagem
de programa-
ção gráfica
para Rhino-
ceros 3D –, e
utilização dos
componentes
do software
Quelea,
desenvolvido
por Alex
Fischer.*





MODELO 2





MODELO 4

CONCLUSÃO

Há uma ideia essencial ao pensamento complexo de que é na abertura de um sistema ao desconhecido, ao meio que compõe, que se progride e produz conhecimento. O processo deste trabalho lembra-nos uma ideia semelhante: a abertura de disciplinas locais a outros campos do saber.

O trabalho demonstrou a possibilidade de imaginar as diferentes escalas do ambiente construído enquanto sistemas complexos e, ao fazê-lo, também a grande capacidade descritiva dos termos bem como as possibilidades de intervenção informada.

O processo de evolução das cidades, na ausência de um controlador central, e numa escala temporal superior à dos indivíduos que as compõem, introduz a ideia de todo auto-organizado – ideia que abre uma primeira brecha justificativa da temática do espaço no esforço complexo transdisciplinar. A comparação destas estruturas com outros tipos de redes, como o são as do mundo biológico – adaptadas ao longo de anos numa evolução iterativa e seletiva – permite pensar em pontos ótimos de equilíbrio entre custo e resiliência. A ideia de todo auto-organizado, que remete para a noção de fenómeno emergente como definida no âmbito disciplinar da Complexidade, permite imaginar as cidades como um sistema produzido pelas interações dos indivíduos/-agentes que nelas habitam. Este sistema, demonstrou-se, será a materialização universal de fatores económicos adaptada localmente a questões sociais, e não é passível de ser tomada com um fim: o todo auto-organizado é também ele organizador.

De facto, a ideia de cidade enquanto sistema complexo foi o ponto de partida para a análise das várias escalas do ambiente construído, o que levantou a necessidade de não perpetuar entre diferentes problemas a transição direta de propriedades. Há, por exemplo, uma ideia de vida que se pauta na evolução não trivial das cidades que é difícil de reverberar no estudo das edificações como sistemas – muito pela escala temporal de análise do problema e adaptabilidade das estruturas em causa. Reconheceremos, ainda assim, que o fenómeno que movimenta a não trivialidade do sistema, a interação de agentes cujo comportamento se adapta em função de informação, ultrapassa por vezes os limites entre rua e edificado, e produz nos grandes espaços públicos padrões

de ocupação que interessa entender e ajustar.

Encontrou-se, na ideia base da complexidade que remete para interações simples entre elementos simples capazes de produzir resultados ricos e variados, o denominador comum às várias possibilidades de trabalhar o pensamento complexo em Arquitetura. Essa ideia está na interação entre indivíduos – comum às várias escalas de análise ainda que com manifestações formal e funcionalmente diferentes –; na interação entre partes de um edifício; ou numa adaptabilidade das estruturas através da interação entre partes que seja responsiva à interação entre indivíduos – a conjugação dos dois pontos anteriores.

O trabalho teceu um conjunto de relações consequentes entre a influência externa (possível no conhecimento) em sistemas abertos e a evolução dos mesmos. A tradução desta premissa para o projeto de Arquitetura corresponde, num primeiro plano, ao calibrar de soluções espaciais em função da relação entre indivíduos com objetivos e comportamentos específicos; e num segundo plano à influência da estrutura física na relação entre esses indivíduos,

O trabalho desenvolveu um conjunto de modelos que, sem pretenderem ser exaustivos, procuraram demonstrar como a assimilação do pensamento complexo em Arquitetura permite a avaliação no período de projeto de cenários para a pós-ocupação de edifícios. Para o caso percebeu-se a importância da configuração espacial através da distribuição e posição de bancos na sala de espera de uma estação intermodal de transportes, concluindo-se que um tal simples fator terá uma influência última na eficiência do espaço. Mais se conclui que não é necessário um completo entendimento dos conceitos da Teoria da Complexidade para correr um conjunto de modelos como o apresentado, mas percebe-se que um tal conhecimento nos deixará mais aptos na dissecação dos resultados obtidos.

Entendendo-se a pertinência dos modelos criados sugere-se que o desenvolvimento dos mesmos seja feito num esforço verdadeiramente complexo, que una de forma transdisciplinar as áreas do saber mais aptas à descrição da cognição humana; as mais capazes de traduzir essa cognição computacionalmente; e as que de sempre se recusaram a subtrair a influência da configuração espacial.

BIBLIOGRAFIA

- Al_Sayed, K. et al., 2014. *Space Syntax Methodology*. 4 ed. Londres: Bartlett School of Architecture, UCL.
- Aristóteles, 1252a-1260b. Livro I. Em: A. Bacelar, ed. *Política*. Lisboa: VEGA, pp. 47-99.
- Bande à part*. 1964. [Filme] Realizado por Jean-Luc Godard. França : s.n.
- Barnes & Noble, -2016. *Review: BARNESANDNOBLESREVIEW.COM*. [Online]
Available at: <http://www.barnesandnoble.com/review/broadcast-hysteria-orson-welles-war-of-the-worlds-and-the-art-of-fake-news>
[Acedido em 02 10 2016].
- Batty, M., 2013. *The New Science of Cities*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Borges, J. L., 1935. *História Universal da Infâmia*. 148 ed. Lisboa: Assírio & Alvim.
- Burry, J. & Burry, M., 2010. *THE NEW MATHEMATICS OF ARCHITECTURE*. London : Thames & Hudson .
- Calvino, I., 1972. *As Cidades Invisíveis*. 2 ed. Lisboa: Publicações Dom Quixote.
- Camus, A., 1942. *O mito de Sísifo - Ensaio sobre o absurdo*. Lisboa : Editora Livros do Brasil.
- Carranza, P. M. & Coates, P., s.d. *Swarm modelling - The use of Swarm Intelligence to generate architectural form* , Londres: CECA University of East London.
- Domingues, Á., 2009. *A Rua da Estrada*. 1 ed. Porto: Dafne Editora.
- Domingues, Á., 2015. *Revista Punkto*. [Online]
Available at: <http://www.revistapunkto.com/2015/11/edward-soja-in-memoriã-alvaro-domingues.html>
[Acedido em 27 12 2015].
- Epstein, J., 2011. *Tablet: Book Reviews - City Girl*. [Online]

Available at: <http://www.tabletmag.com/jewish-arts-and-culture/books/77650/city-girl>
[Acedido em 18 05 2016].

Feliciano, A. M., 2014. *A METÁFORA DO “ORGANISMO” NA ARQUITECTURA DOS ANOS SESSENTA; A Obra dos “Archigram” como Reinvenção de um “Novo Habitar”*. Casal de Cambra: Caleidoscópio .

Fischer, A., - 2016. *Quelea: Agent-based design for grasshopper*. [Online]
Available at: <http://quelea.alexjfischer.com/>
[Acedido em 19 01 2016].

Fry, H., 2012. *Is life really that complex? [ficheiro de vídeo]*. [Online]
Available at: https://www.ted.com/talks/hannah_fry_is_life_really_that_complex

Handy, S., 2015. *Increasing Highway Capacity Unlikely to Relieve Traffic Congestion*, California: National Center for Sustainable Transportation.

Hillier, B., 2005. The art of place and the science of space. *World Architecture*, 185(Special Issue on Space Syntax), pp. 96-102.

Hillier, B., 2009a. *The Genetic Code for Cities - is it simpler than we think?*. Delft, TU Delft.

Hillier, B., 2009b. *Spatial Sustainability in Cities - Organic Patterns and Sustainable Forms*. Stocholm, Daniel Koch, Lars Marcus, Jesper Steen.

Hillier, B., 2009c. *The City as a Socio-Technical System: a spatial reformulation in the light of the levels problem and the parallel problem*. Aber Wrac'h, Stewart Hornsby, K., Claramunt, C., Denis, M., Ligozat, G..

Jacobs, J., 1961. *The Death and Life of Great American Cities*. Harmondsworth: Penguin Books.

Johnson, N. F., 2007. *Simply Complexity: A Clear Guide to Complexity Theory*. London : Oneworld Publication .

- Johnson, S., 2001. *Emergence : The Connected Lives of Ants, Brains, Cities and Software*. London: Penguin Books .
- Klein, J. T., 2010. A taxonomy of interdisciplinarity . Em: R. Frodeman, J. T. Klein & C. Mitcham, edits. *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. Oxford: Oxford University Press, pp. 15-30.
- Koolhaas, R. & Obrist, H. U., 2011. *Project Japan - Metabolism Talks....* Colônia: TASCHEN.
- Koolhaas, R., 1978. *Delirious New York - A Retroactive Manifesto for Manhattan*. Oxford: Oxford university Press.
- Krugman, P., 1996. *How the Economy Organizes Itself in Space: A Survey of the New Economic Geography*, Santa Fe: SANTA FE INSTITUTE.
- Lost in Translation*. 2003. [Filme] Realizado por Sofia Coppola. Estados Unidos da América: American Zoetrope; Tohokushinsha Film.
- Mahmoud, A. H. & Omar, R. H., 2015. Planting design for urban parks: Space syntax as a landscape design assessment tool. *Frontiers of Architectural Research* , Volume 4, pp. 35-45.
- McLuhan, M., 1964. *Understanding Media: The Extensions of Man*. 8 ed. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Metropolis*. 1927. [Filme] Realizado por Fritz Lang. Alemanha: Paramount Pictures.
- Morin, E., 1990. *Introdução ao Pensamento Complexo*. 5 ed. Lisboa : Instituto Piaget.
- Morin, E. & Moigne, J.-L. L., 2007. *Inteligência da Complexidade - Epistemologia e Pragmática*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Nietzsche, F., 1883. *ASSIM FALAVA ZARATUSTRA*. 16 ed. s.l.:GUIMARÃES.
- Nietzsche, F., 1895. *O Anticristo*. Lisboa : EDIÇÕES 70.

Nostalgia de la Luz. 2011. [Filme] Realizado por Patricio Guzmán. França; Chile; Alemanha; Espanha; Estados Unidos da América: Icarus Films.

OMA, 2015-1016. *oma.eu - Qianhai Port City*. [Online]
Available at: <http://oma.eu/projects/qianhai-port-city>
[Acedido em 05 18 2016].

ONL, -2016. *ONL - THE INNOVATION STUDIO*. [Online]
Available at: <http://www.onl.eu/>
[Acedido em 22 09 2016].

Oosterhuis, K., 2005. A New Kind of Building. Em: *Disappearing Architecture - From Real to Virtual to Quantum*.
Basel: Birkhauser - Publishers for Architecture,, pp. 90-115.

Oosterhuis, K., 2012. Simply complex, toward a new kind of building. *Frontiers of Architectural Research*, 1(4), pp. 411-420.

Oosterhuis, K., 2013. *Lecture by Kas Oosterhuis [ficheiro de vídeo]*. [Online]
Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=cVDzaf0uXIA>
[Acedido em 3 09 2016].

Penn, A. & Turner, A., 2001. *Space syntax based agent simulation*. Duisburg, Germany, s.n.

Pinto, P. T., 2013. PAISAGENS DISTANTES: A CRIL uma avenida pós-moderna. *Passagens* , 01, pp. 2-18.

Pinto, P. T., 2013. *Passagens*. 01, 1(PAISAGENS DISTANTES), pp. 2-17.

Playtime. 1967. [Filme] Realizado por Jacques Tati. França : s.n.

Portuguesa, D. P. d. L., 2008-2016. *Priberam Dicionário*. [Online]
Available at: <https://www.priberam.pt/dlpo/biomimética>

[Acedido em 10 07 2016].

Power of Ten. 1977. [Filme] Realizado por Charles Eames, Ray Eames. Estados Unidos da América: IBM.

Priberam Informática, S.A., 2008-2016. *Dicionário Priberam da Língua Portuguesa*. [Online]

Available at: <https://www.priberam.pt/DLPO/biomim%C3%A9tica>

[Acedido em 12 08 2016].

Prinzmetal Architekten, - 2016. *Prinzmetal*. [Online]

Available at: <http://www.prinzmetal.de/noli-plan/>

[Acedido em 22 09 2016].

Quino, 1984. *GENTE EN SU SITIO*. México: Promociones editoriales mexicanas.

Raymundo, L. d. S., Kuhnen, A. & Soares, L. B., 2011. Mapeamento comportamental: observação de crianças no parque da pré-escola. *Paidéia*, 21(50), pp. 431-435.

Reynolds Engineering & Design, - 2016. *Reynolds Engineering & Design*. [Online]

Available at: <http://www.red3d.com/>

[Acedido em 22 09 2016].

Reynolds, C. W., 1999. *Steering Behaviors For Autonomous Characters*. São Francisco, Califórnia, Miller Freeman Game Group, pp. 763-782.

Saldanha, J. L., 2013. If this is paradise, I wish I had a lawnmower. *Passagens*, 01, pp. 56-73.

Salingaros, N. A., 2006. *A THEORY OF ARCHITECTURE*. Solingen, Germany : Nikos A. Salingaros & UMBAU-VERLAG.

Sawyer, R. K., 2005. *Social emergence: societies as complex systems*. 3 ed. New York: Cambridge University Press.

Schwartz, A. B., 2015. *Smithsonian.com* , s.l.: s.n.

Sharma, S. B. & Tabak, V., 2008. *Rapid Agent Based Simulation of People Flow for Design of Spaces - Analysis, Design and Optimisation*, Eindhoven : Eindhoven University of Technology.

Soja, E. W., 2000. *POSTMETROPOLIS - Critical Studies of Cities and Regions*. Oxford: Blackwell Publishers Ltd.

Tero, A. et al., 2010. Rules for Biologically Inspired Adaptive Network Design. *SCIENCE*, 22 Jan, 327(5964), pp. 439-442.

The Fifth Element. 1997. [Filme] Realizado por Luc besson. França: Gaumont.

Tree of Life. 2011. [Filme] Realizado por terrence Malick. Estados Unidos da América: River Road Entertainment; Plan B Entertainment.

True Stories. 1986. [Filme] Realizado por David Byrne. Texas, Estados Unidos da América: True Stories Venture Warner Bros.

Turner, A., 2003. Analysing the visual dynamics of spatial morphology. *Environment and Planning B: Planning and Design*, Volume 30, pp. 657-676.

UN: Department of Economic and Social Affairs, 2014. *World's population increasingly urban with more than half living in urban areas*. [Online]

Available at: <http://www.un.org/en/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>

[Acedido em 02 10 2016].

Wilson, E. O., 1975. *Sociobiology: the new synthesis*. 25th aniversario ed. ed. Cambridge, Massachussets; London, England: The Belknap Press of harvard University Press.

