



Escola de Tecnologias e Arquitetura  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Mestrado Integrado em Arquitetura

Diana Filipa Lopes Margarido

Trabalho de projeto submetido como requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Arquitetura

A Cidade e a Música: Escola de Música do Conservatório Nacional

Tutor: José Neves, Professor Convidado, ISCTE

Gestão de Água em Reabilitação de Edifícios Públicos

Caso de estudo: Conservatório Nacional de Música de Lisboa

Orientador: Vasco Rato, Professor Auxiliar, ISCTE

[Novembro, 2015]

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, por me pôr os olhos no céu;

Ao meu pai, por me pôr os pés na terra;

À minha irmã por fazer a festa;

Aos avós, primos e tios por todo o apoio.

Aos meus amigos, que se tornaram família, por me acompanharem nesta caminhada – sem eles não teria conseguido: um grande obrigado ao Bruno Colaço, à Cristina Romão, à Ana Lopes, à Inês Cayolla, ao Ruben Soares, à Maria João Santinhos, ao Filipe Teixeira, ao Vasco Reis, e a todos os outros que estiveram presentes.

Ao Lorenz, por me fazer olhar à volta e por tudo o que partilhamos.

Um grande obrigado à Denise Meinhardt e à Irem Kurt pela preciosa ajuda no layout, design da capa e por toda a amizade;

Ao Nuno Pereira, por tudo o que me ensinou e por acreditar em mim.

Aos meus grandes mestres, por todo o apoio, disponibilidade, cooperação e paciência ao longo deste ano – ao Professor José Neves e Professor Vasco Moreira Rato;

A todos os outros tutores que me fizeram chegar aqui;

À Engenheira Marta Azevedo pela receptividade e ajuda;

Ao grande ISCTE e a todos os funcionários.

## ÍNDICE GERAL

Parte I - Componente prática

### **A CIDADE E A MÚSICA:**

ESCOLA DE MÚSICA DO CONSERVATÓRIO NACIONAL 7

Parte II - Componente teórica

### **GESTÃO DE ÁGUA EM REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS**

CASO DE ESTUDO:  
CONSERVATÓRIO NACIONAL DE MÚSICA DE LISBOA 99

# parte I

A CIDADE E A MÚSICA:

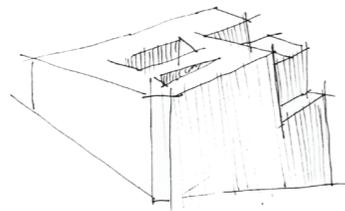
ESCOLA DE MÚSICA DO CONSERVATÓRIO  
NACIONAL

Trabalho teórico submetido como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura

Tutor: José Neves, professor convidado, ISCTE

## ÍNDICE

Introdução	13
Pré-existência	15
Localização e acessos	17
Contexto histórico	20
Situação atual	23
Organização espacial	24
Processo	26
A torre	28
Referências	30
Acessos	33
Programa	35
Edifício I	37
Edifício II	41
Escola de Música	44
Luz e sombra	46
Espaço público	48
Estrutura e Materialidade	52
Desenhos Técnicos	56



*Quando alguém tem uma ideia clara, seja qual for a dimensão de um projecto, o projecto pode ser desenhado num bilhete de metro.*

*Se não fores capaz de expressar a tua ideia num pequeno pedaço de papel, então a tua ideia não está ainda definida.*

- Tony Garnier

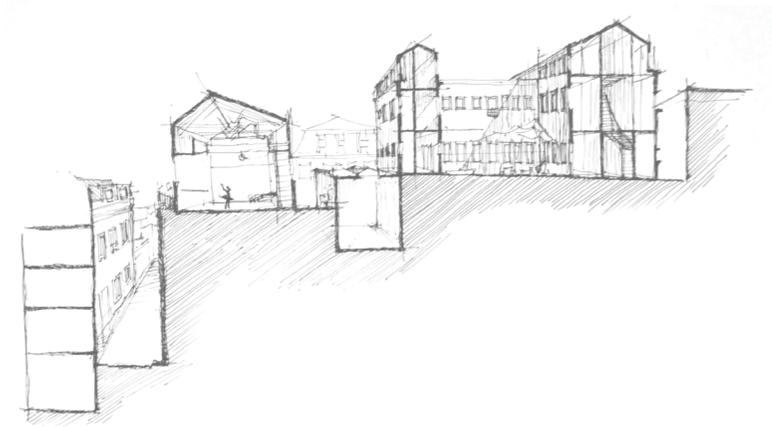
## INTRODUÇÃO

O presente caderno pretende mostrar, através das mais diversas formas de representação, todo o processo desde o início do ano letivo até à apresentação do Projeto Final de Arquitetura.

O objectivo do trabalho é, em suma, *“através da simulação crítica de um projecto, ou seja, através da realização, (...) de um projecto de arquitectura no âmbito académico, desde as fases de análise e pesquisa até à fase que pressuporia a sua materialização em obra.”*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> retirado do Documento I apresentado na sessão de apresentação do “Projecto Final de Arquitectura, no dia 9 de Junho de 2014 - José Neves

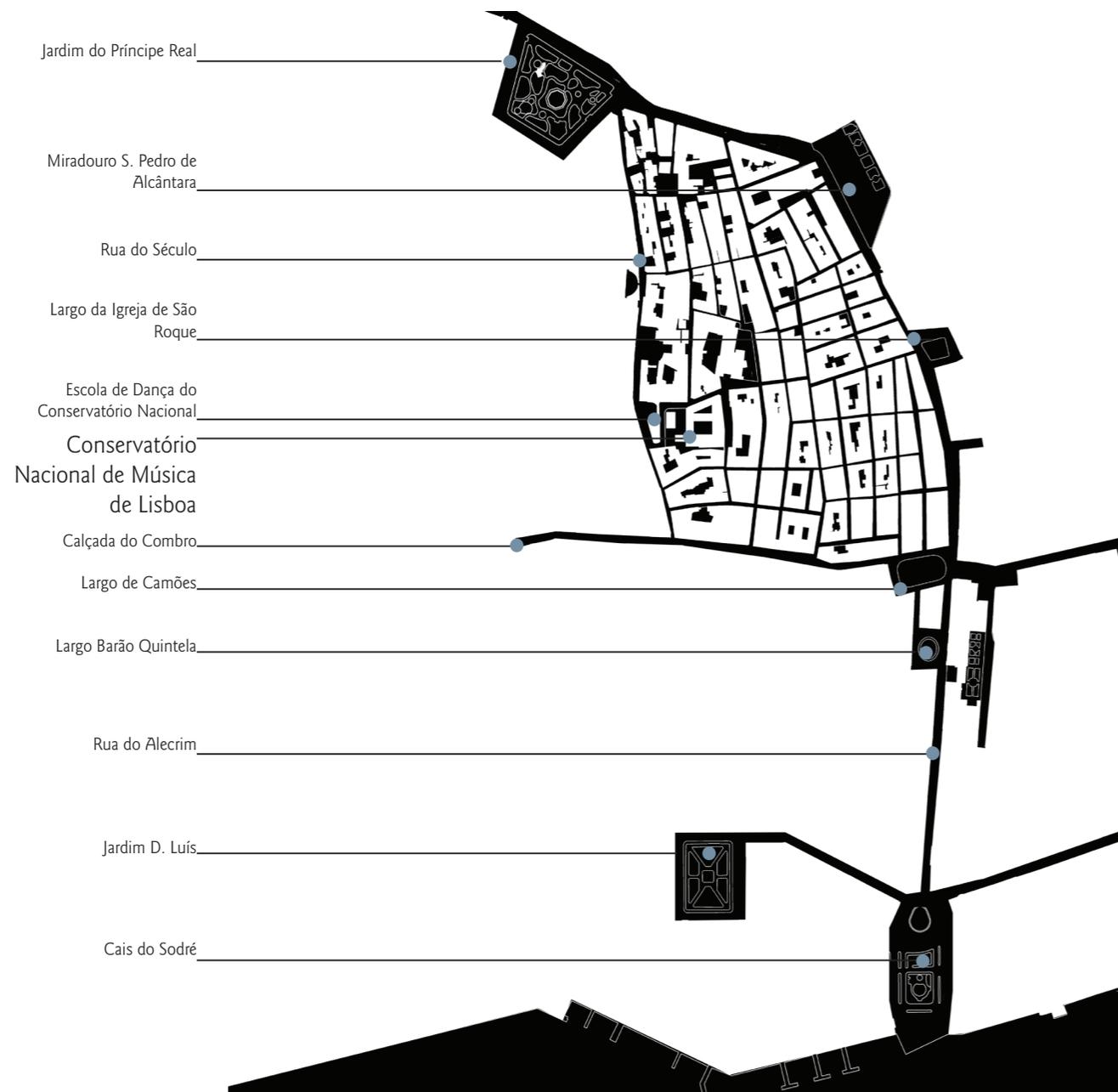
Os métodos utilizados para dar resposta ao exercício foram absolutamente determinantes: até à última fase de projecto, o trabalho em computador foi excluído. Assim, o desenho foi a ferramenta de trabalho que permitiu a aproximação à realidade sensível. Mais que representação de uma ideia, o desenho foi usado como auxílio na linha de pensamento, no processo e desenvolvimento de projeto.



## PRÉ-EXISTÊNCIA

*Antes de projectar qualquer coisa deveríamos tentar compreender as complexidades de uma dada situação, farejá-la como um cão, observá-la como uma águia, senti-la como um morcego. Metade da intervenção está escondida na investigação imaginativa e nos registos extensivos sobre os vestígios dos diferentes tempos da história do sítio. É essencial trabalhar com o que lá está.*

- Architectural Research Unit, 2000



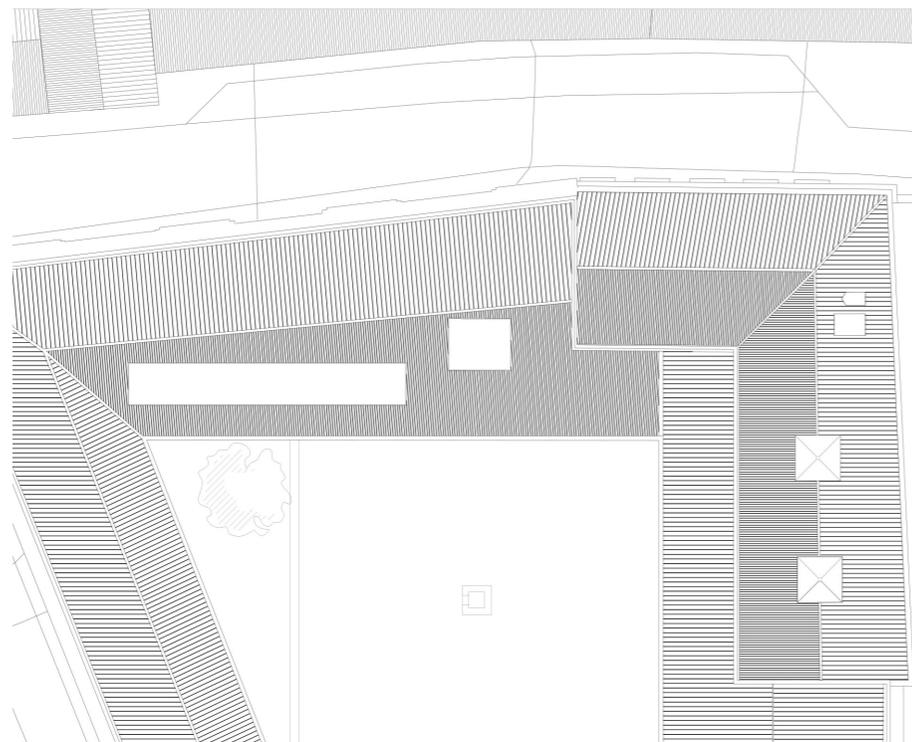
## LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O complexo do Conservatório está inserido no limiar do Bairro Alto, caracterizado pela malha ortogonal de ruas estreitas e arquitetura secular que data do início do séc. XVI. Este é delimitado pela Rua do Século a Oeste, a Este pela Rua da Misericórdia, a Norte pela Rua D. Pedro V e a Sul pela Calçada do Combro.

O terreno que ocupa é wde acentuada inclinação e a sua forma reflecte a forma como as cotas são vencidas. Apresenta a particularidade de ser, em si, um só quarteirão, rodeado de construções da mesma carcea. Faz frente à Rua Pereira da Rosa, a Norte, que dá continuidade à Travessa dos Inglesinhos: este é um eixo de fundamental de circulação que liga a Rua do Século à parte superior do Bairro. A entrada principal fica na Rua dos Caetanos, onde a sua fachada mais monumental faz frente às instalações do Teatro do Bairro; a Oeste, a escola de Dança que, contornada, dá à Rua do Século.



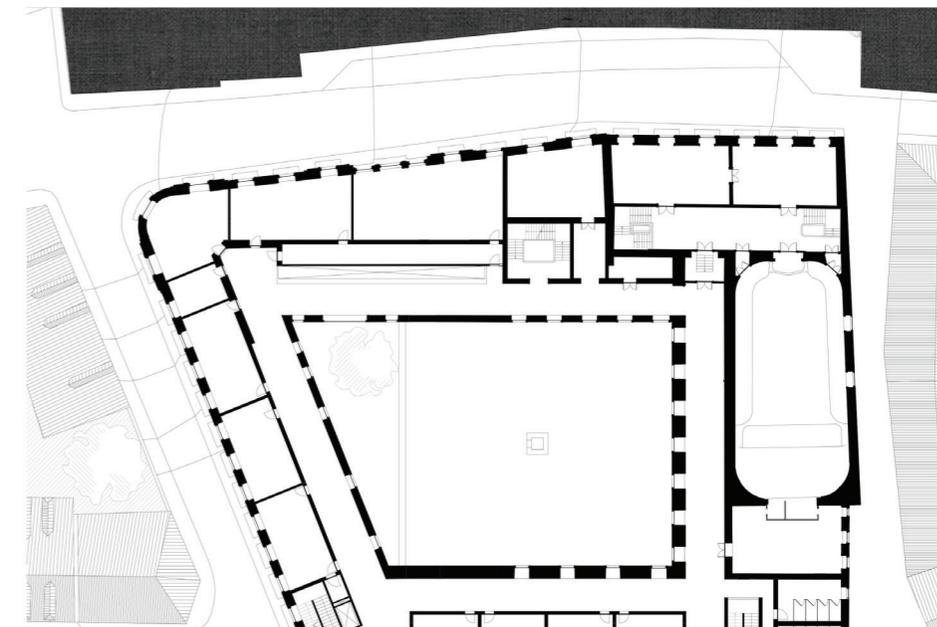
Fachada Frontal na Rua dos Caetanos. Ao fundo, Cruzamento com a Travessa dos Inglesinhos.



O edifício apresenta-se robusto na sua definição formal e monumental na sua escala. A pedra lióz é usada na fachada e no embasamento e os vãos, com uns grossos caixilhos em madeira, apresentam-se como rasgos ritmados de uma massa horizontal.

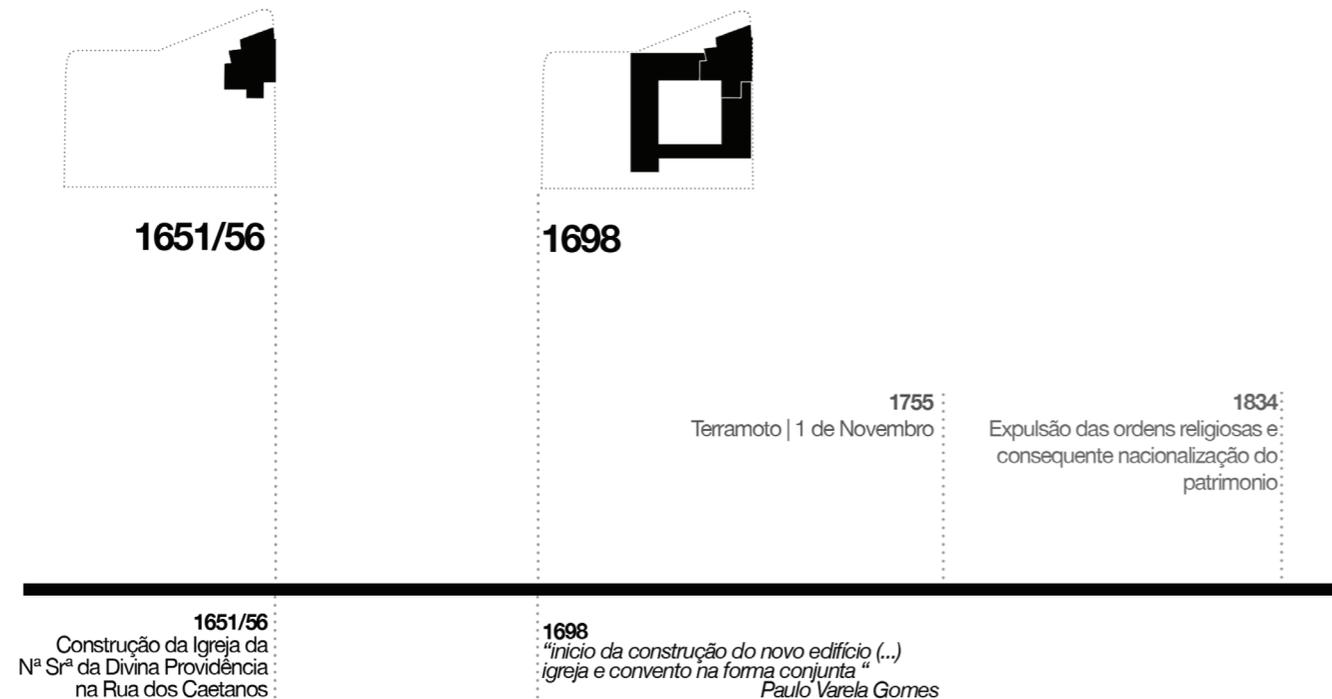
Embora os limites do quarteirão sejam bem definidos, o acesso ao espaço exterior da escola não é interdito: o seu controlo seria difícil uma vez que o próprio sistema de ensino obriga ao movimento constante de entrada e saída dos alunos. Por outro lado, o espaço não está qualificado nem para o movimento, nem para a permanência, e sendo a cidade “o resultado entre a permanência e o movimento” (Lewis Mumford), a solução urbana deve atingir tanto os utentes da escola como a comunidade envolvente.

Fachada Norte na Travessa dos Inglesinhos. Ao fundo, o actual pavilhão usado pela escola de Dança dentro do complexo da Escola de Música.

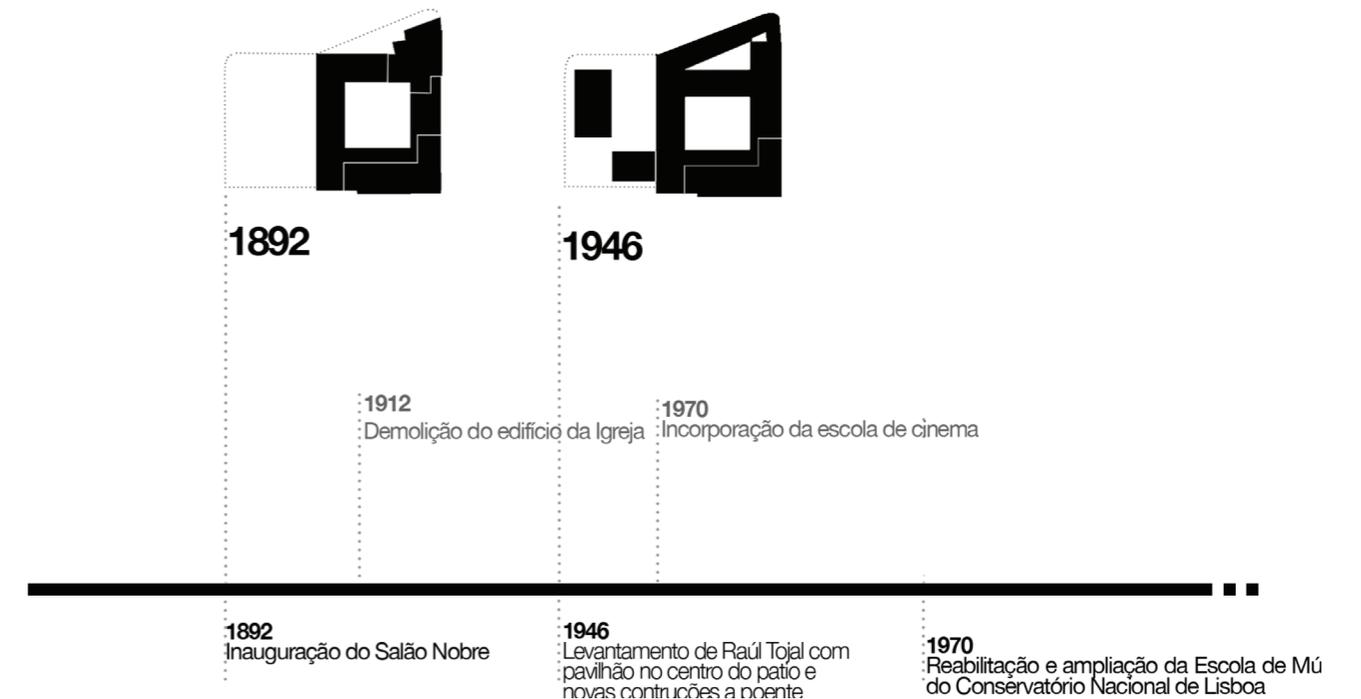


## CONTEXTO HISTÓRICO

O valor arquitetónico do edifício é indissociável do seu valor histórico: em 1651 deu-se início à construção da Igreja da Divina Providência ou S. Caetano, obra terminada 5 anos depois no local do atual edifício. Em 1698 o edificado que compreende a igreja e o novo convento que D. João V permitiu ao padre napolitano D. António Ardizzone fundar toma a forma de “quadrado prolongado”. Sofreu algumas alterações após o grande terramoto em 1755. A frontaria da entrada, a extensa fachada a Norte e o edifício anexo a Oeste correspondem à área ocupada pelo antigo convento e datam da reconstrução de 1911.



Foi em 1836 que a D. Rainha II fundou o Conservatório Geral de Arte Dramática nas instalações do antigo convento, após a extinção das ordens religiosas e nacionalização de bens e património religioso. Neste novo programa estavam as instalações para Escola Dramática ou de Declamação, Escola de Música e Escola de Dança, Mímica e Ginástica Especial e onde foi incorporado o Conservatório de Música. Após a implantação da república em 1910, passou a designar-se, até aos dias de hoje, como Conservatório Nacional.



Fotografia tirada no pátio interior do edifício onde os alunos brincam e tocam instrumentos.



## SITUAÇÃO ATUAL

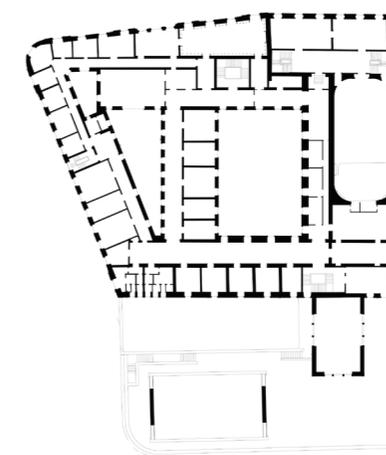
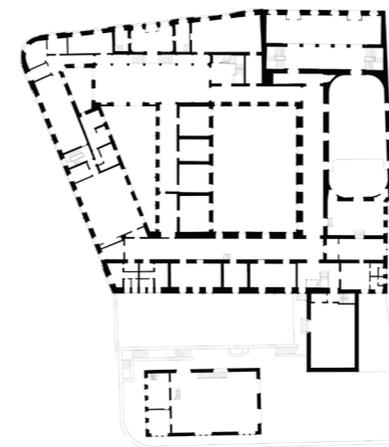
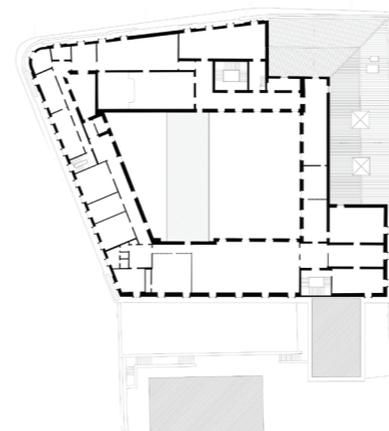
A escola do Conservatório funciona segundo um sistema em que alunos do ensino integrado, desde o 5º ano ao 12º ano, coabitam o mesmo espaço escolar dos alunos do ensino supletivo, isto é, dos que estudam música como actividade complementar. Atualmente, os alunos da Escola de Dança também usam espaços dentro do edifício do Conservatório, mas para este exercício considerou-se que estes não fazem parte dos utentes do estabelecimento escolar. Assim, existem 273 alunos que passam o dia inteiro na escola e 649 alunos que passam apenas algumas horas por semana, para além dos 25 funcionários e 167 professores.

Foi-nos apresentado então um programa muito complexo para a remodelação e ampliação da escola de música, incluindo as partes actualmente ocupadas pela escola de dança. A interpretação crítica desse programa deve ter em conta não apenas os utentes da escola –alunos do ensino integrado e supletivo, professores e funcionários – como ainda a relação com a cidade e com a comunidade envolvente.

## ORGANIZAÇÃO ESPACIAL

O valor histórico e cultural do Conservatório acentuam o seu valor arquitetónico, sendo a estrutura do programa actual resultado da evolução do edifício, dos seus diversos usos e utilizadores.

Aqui, é claro que a relação entre a estrutura espacial e a organização funcional falhou – a compartimentação originou uma colagem de espaços pequenos, corredores estreitos e escuros, divisões improvisadas e cantos mal aproveitados. A acessibilidade é descontínua e labiríntica, o espaço público é escasso e não existem espaços apropriados para as crianças brincarem ou fazerem música fora das salas de aula.



1 -Planta do segundo piso

2- Planta do primeiro piso

3- Planta do piso térreo

4- Planta do piso -1

1- edifício existente interior

2- edifício existente implantação

3- edificação a demolir

4- espaço resultante interior

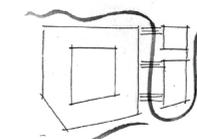
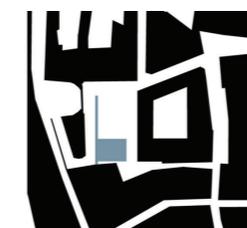
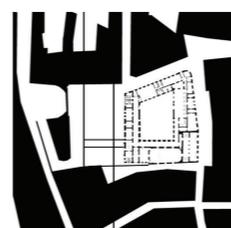
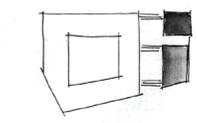
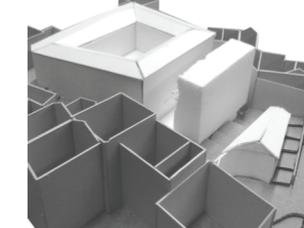
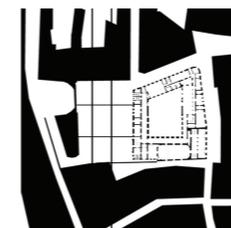
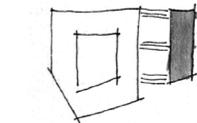
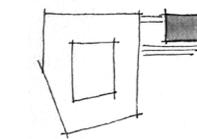
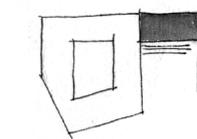
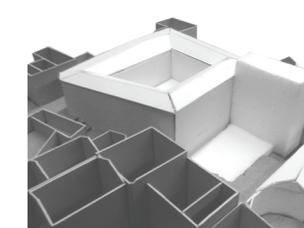
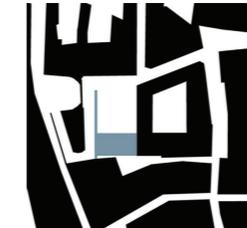
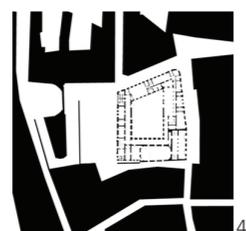
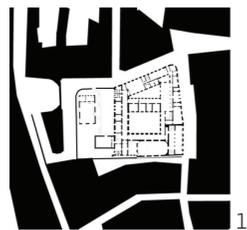
5- espaço resultante implantação

## PROCESSO

O processo que levou à implantação concluída do edifício foi resultado do método tentativa-erro, através de desenhos, maquetes e colagens.

As resultantes foram fruto da percepção das circunstâncias do local e das suas dimensões: a relação interior-exterior da pré-existência, a sua (não) organização espacial, os acessos, a relação com a envolvente próxima, o declive do terreno, a relação com a cidade – são características indissociáveis que levaram a que cada uma das hipóteses fosse desenvolvida ao ponto da organização espacial interior.

A questão de continuidade ou rotura com o edifício é clara nos esquemas apresentados.



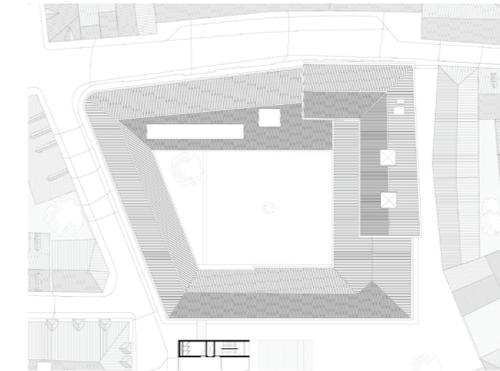
Três formas que fizeram parte do processo. A relação com a definição formal do existente interior e exterior e com a cidade é visível.

## A TORRE



*“Instead of trying to solve new problems with old forms, we should develop new forms from the very nature of new problems.”*

– Mies Van der Rohe,  
1922



Desenho conceptual onde a ideia de um corpo vertical se contrapõe de forma harmoniosa à horizontalidade.

A materialização deste conceito de escola em conjunto com a criação de um espaço exterior amplo encontra a solução numa forma vertical. Este corpo muito alto tem indubitavelmente uma presença singular no bairro e na cidade - sem tentar ser protagonista da história, o objecto desafia o conceito formal de escola e torna-se numa referência na paisagem transgénica que é a verdadeira cidade.

Assim, a valorização do património cultural é feita através do valor criativo do espaço construído, coexistindo com o corpo antigo e facultando-lhe espaço que o permite observar de uma nova perspectiva.

Dada a opção de usar o edifício da Escola de Dança como parte do projeto, optou-se por não fazer qualquer alteração interior ou exterior, pressupondo-se apenas que os alunos da Escola de Dança deixam de usar o espaço do Conservatório para atividades letivas.

À esquerda, uma forma vertical conceptual junto ao edifício do Conservatório e a dimensão na cidade e na envolvente próxima.

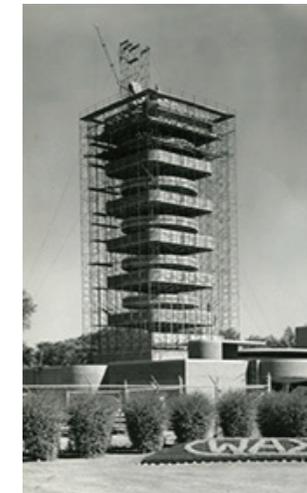
## REFERÊNCIAS

*A nossa memória é a  
nossa coerência, a nossa  
razão, a nossa acção, o  
nosso sentimento. Sem  
ela, nada somos.*

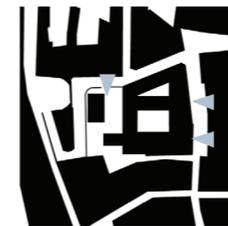
- Luis Buñuel, 1982



Interior de Bauhaus, Alemanha

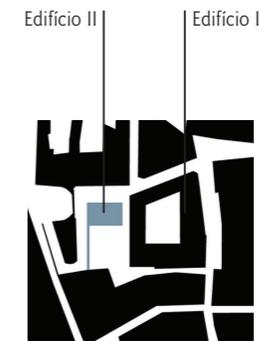


- 1- SESC pompeia, Lina Bo Bardi, Vila Pompeia, Brasil
- 2- Seagram Building, Mies Van der Rohe, Nova Iorque
- 3- Johnson's Tower, Frank Lloyd Wright, Racine, US

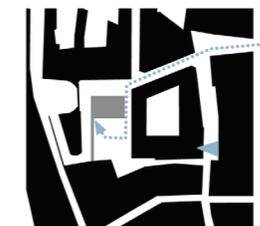
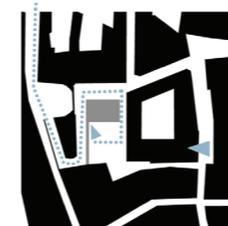


## ACESSOS

Entradas no recinto escolar  
à esquerda a situação anterior; à direita a situação atual

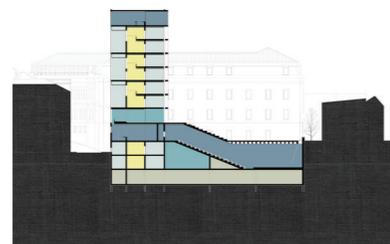


Entradas para os alunos dos ensino integrado no Edifício I e do ensino supletivo no Edifício II



Acessos possíveis para o público ao auditório no Edifício II e ao Salão Nobre no Edifício I

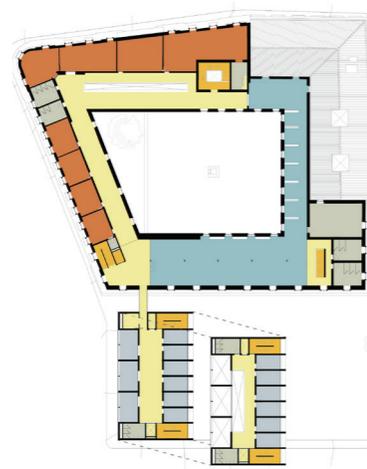
- 1 - Corte longitudinal pelo Ed. II
- 2 - Corte transversal pelo Ed. I
- 3 - Planta do segundo piso
- 4 - Planta do primeiro piso
- 5 - Planta do piso térreo
- 6 - Planta do piso -1



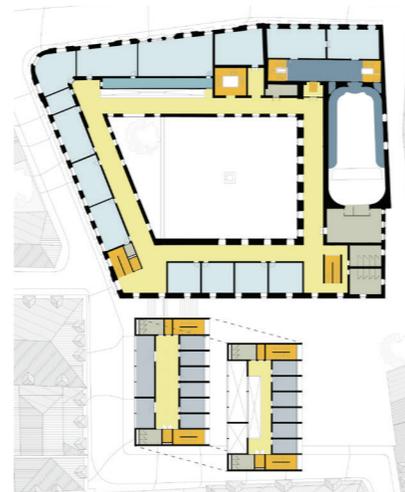
1



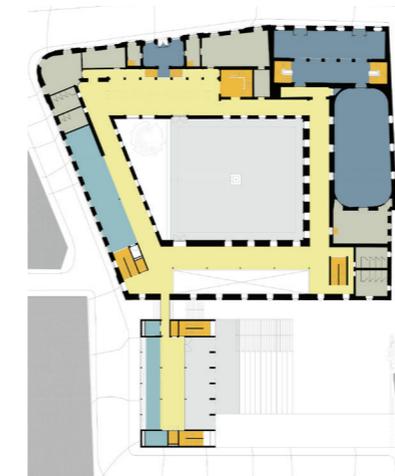
2



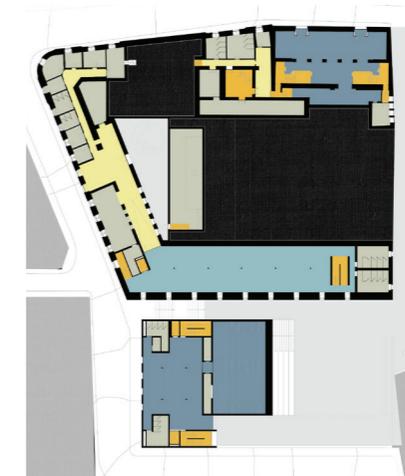
3



4



5



6

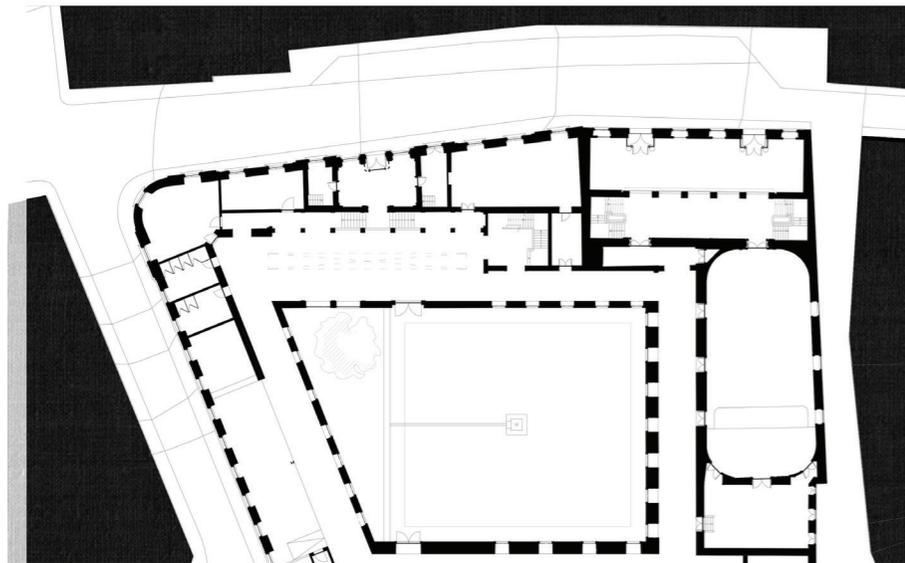
## PROGRAMA

A organização espacial foi feita de forma a ser clara e evidente. O grande objetivo não foi dar resposta direta a um programa com áreas definidas e mobiliário específico, mas sim tirar o máximo partido das características espaciais da pré-existência de forma a qualificar o espaço de estar e simplificar a acessibilidade para os utentes e a comunidade. O edificado da pré-existência passa, aqui, a designar-se por Edifício I e o novo corpo da torre por Edifício II.

- salas de aula do ensino supletivo (ed.II)
- salas de aula do ensino integrado (ed.I)
- zona de administração
- espaços públicos
- circulação interior
- circulação vertical
- espaço comum
- serviços

*“Making space is applying structure where emptiness or chaos once prevailed. Learning, then, is a way of creating space in one’s head (...). So learning is perhaps the finest imaginable approach to the concept of space”*

– Herman Hertzberger

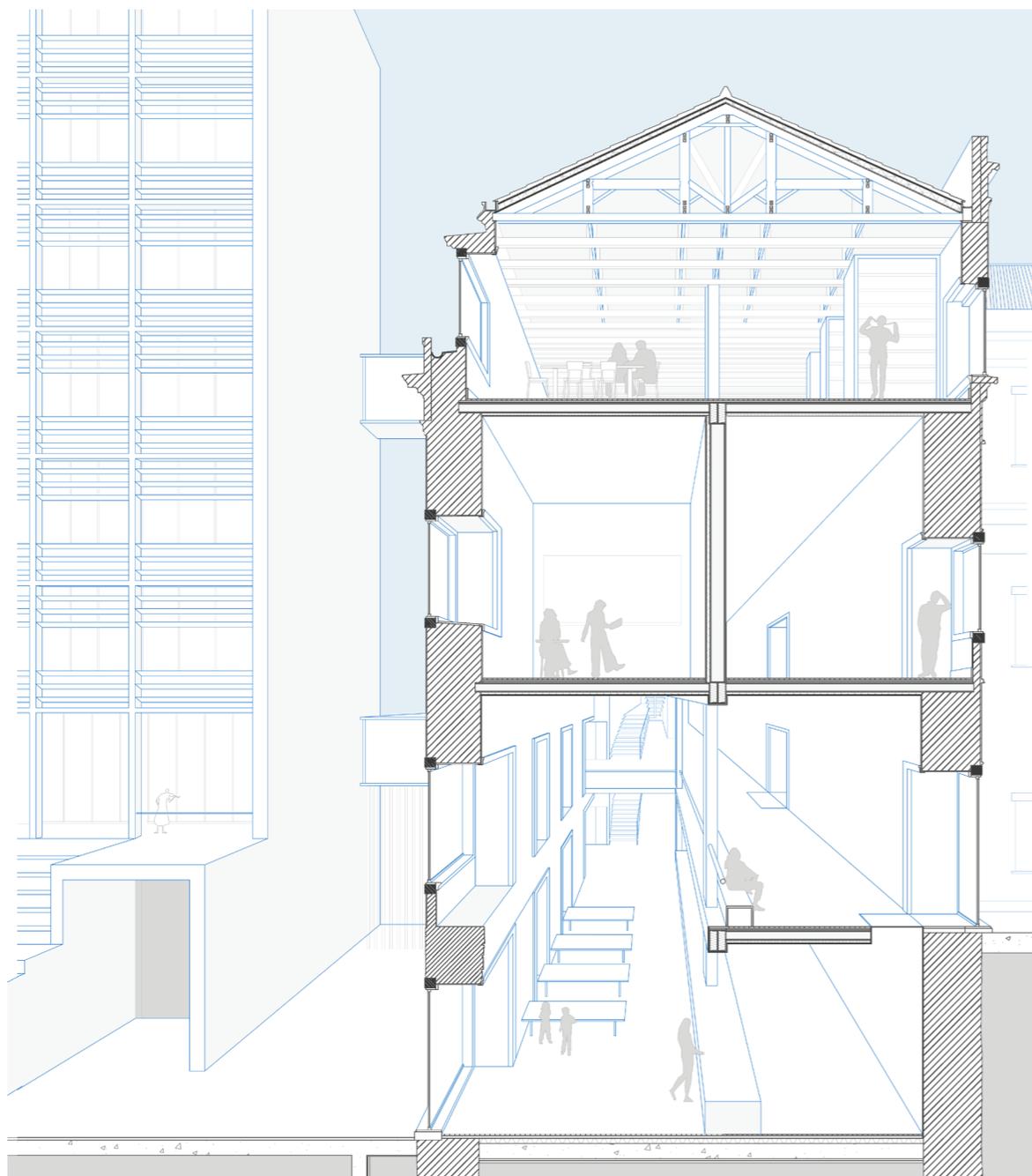


## EDIFÍCIO I

Na pré-existência foram feitas intervenções cirúrgicas para abarcar o ensino integrado, a administração e os grandes espaços comuns da escola como a biblioteca, a cantina e espaço de convívio. O corpo central foi demolido para aumentar o pátio interior e permitir que a luz penetre no edifício, especialmente no corpo a Norte. O Salão Nobre e o actual foyer mantêm-se, assim como o acesso da entrada principal do edifício.

Ao entrar, as escadas de transição para o espaço comum ganham escala através do fosso vertical que as sobrepõe; a luz ritmada proveniente do pátio interior convida-nos a percorrer as galerias onde o corredor é espaço de convívio e espaço pedagógico. À esquerda, o acesso às escadas preexistentes, à galeria/foyer e ao Salão Nobre; à direita, o anterior saguão dá lugar a um cotovelo onde a ligação visual com o jardim interior do piso-I nos capta a atenção até chegarmos ao bar; em frente, a ligação umbilical ao espaço comum do edifício II através de uma ponte; o corpo a Oeste é marcado pelo duplo pé direito de onde vemos, em baixo, o espaço de cantina e em frente, o pátio público e, como em todo o piso, a ligação com o pátio interior.

Ao descer por uma das baterias de escada até ao piso -I encontramos uma cantina entre fundações onde as vigorosas paredes são pontualmente rasgadas para abrir para o espaço exterior público. O corpo a Norte é re-organizado de forma a ampliar a cozinha e qualificar o espaço para os funcionários que têm o benefício de aceder ao jardim.



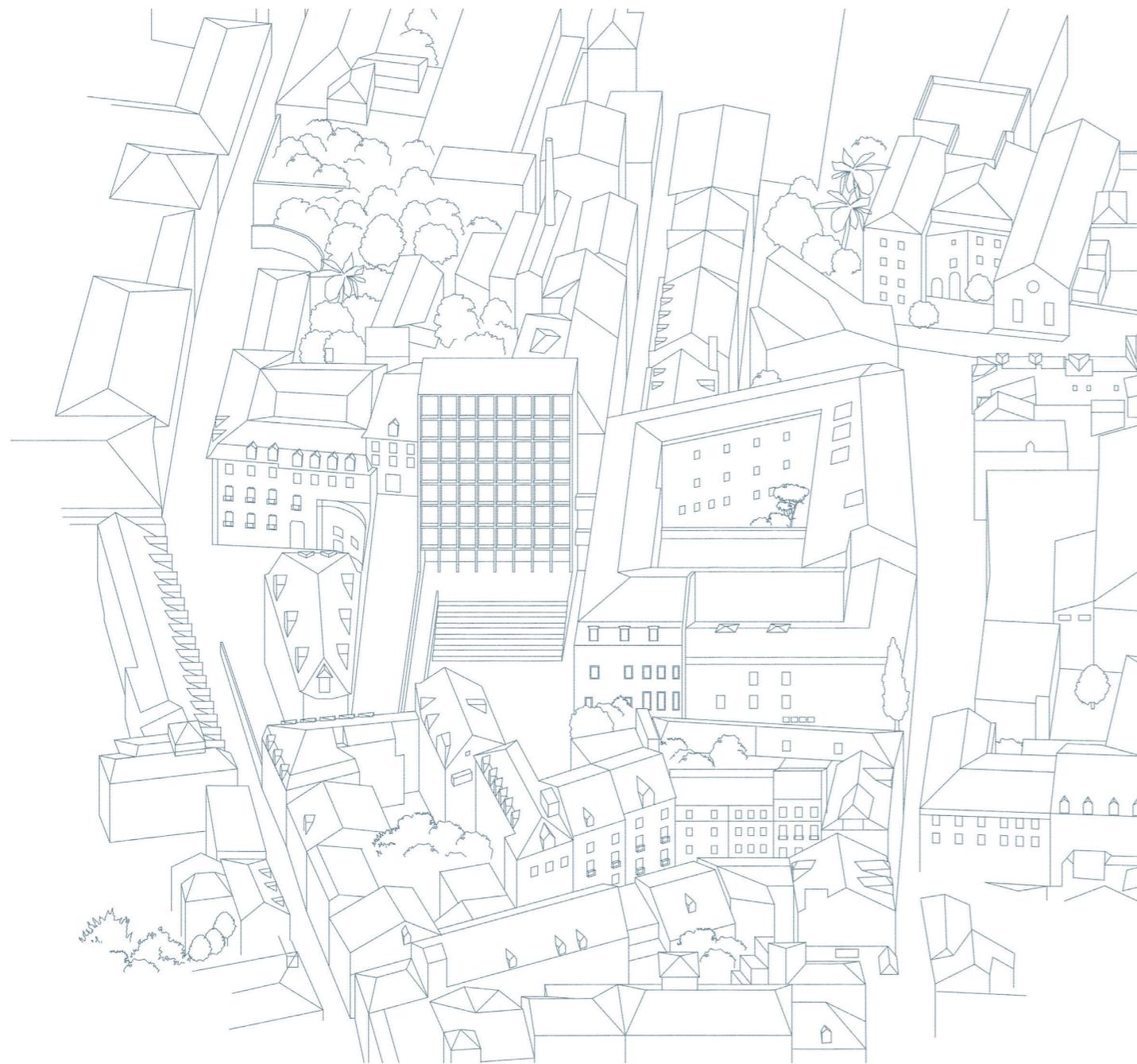
O piso 1 abrange todo o programa de ensino integrado: a distribuição para as salas é feita através do corredor interior. As salas de físico-química e de EVT no corpo a Este são dotadas de espaços de apoio para material de laboratório, lavatórios e arrumos; o fosso vertical entre os que corta os três pisos permite, por um lado, ter mais luz natural dentro do espaço de apoio e por outro, haver ligação visual entre a administração no piso superior, o espaço de circulação para as salas e, em baixo, as escadas da recepção.

O piso 2 abarca todo o programa de administração: sala dos professores, gabinete de direcção, gabinetes dos departamentos, sala de reuniões no canto a Noroeste e salas das associações. A grande biblioteca no corpo a Oeste pode ser acedida pelas caixas de escadas em cada uma das pontas desse braço ou através de uma outra ponte de ligação entre os dois edifícios.

Este espaço é caracterizado pela presença da estrutura da cobertura original descascada, deixada à vista, tornando o espaço amplo, luminoso e confortável de onde é possível olhar o edifício novo, o pátio público e o pátio interior do edifício I. O espaço-corredor no corpo a Sul é aproveitado para criar nichos privados divididos pelas estantes de livros, terminando numa sala de maiores dimensões para trabalhos de grupo e um outro acesso à área de administração.

À esquerda, um corte perspectivado que fez parte do processo do projeto.

Representa o braço a Oeste do Edifício I e relação com o exterior. Descobre-se as fundações e cria-se um novo piso com duplo pé-direito para o refeitório que liga com o pátio público. Em cima, a estrutura da cobertura no novo espaço de biblioteca.



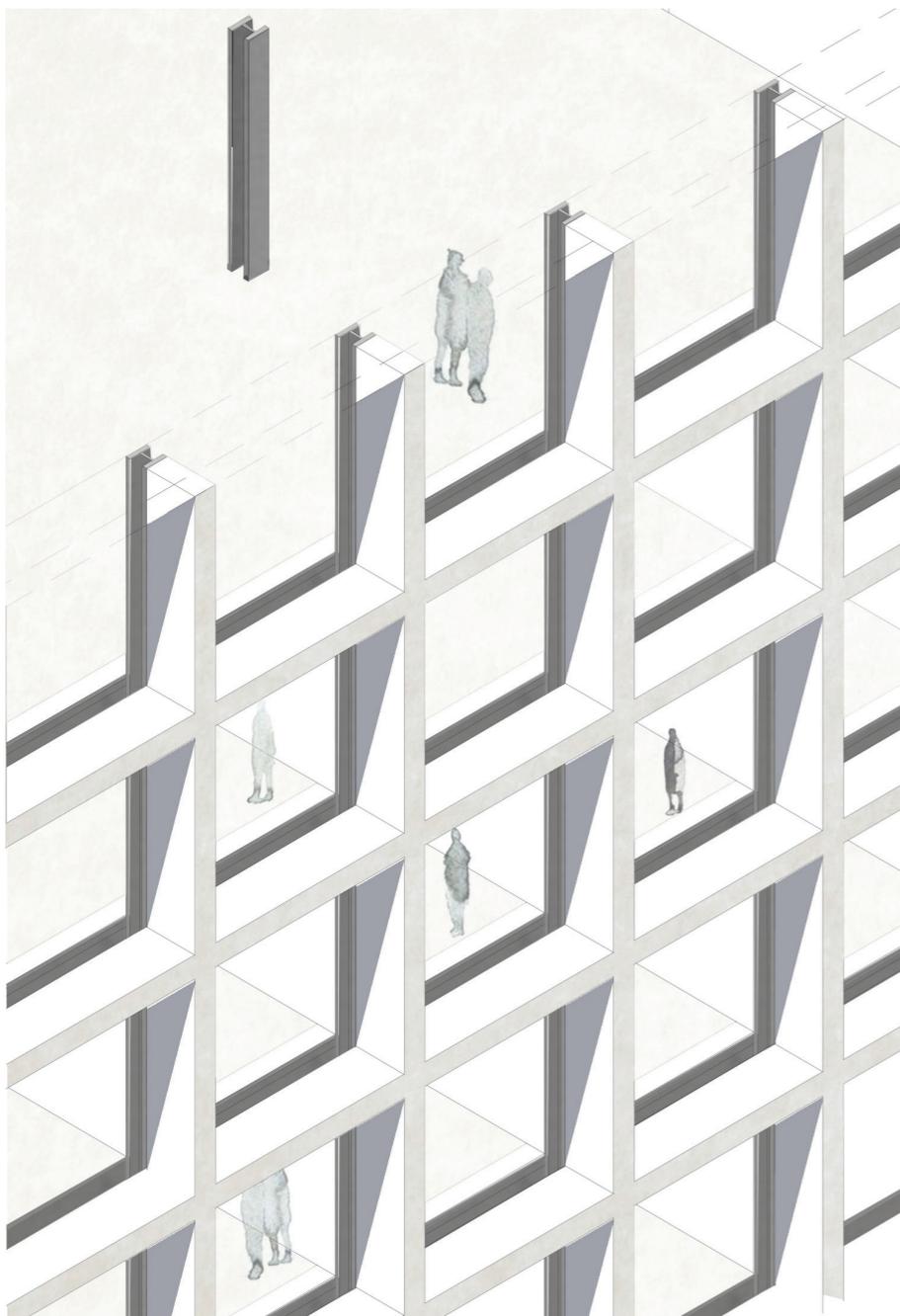
## EDIFÍCIO II

A quem desce a Rua do Século, surge um corpo muito alto, uma fachada cega de um material que nos é muito análogo e que incita a curiosidade dos transeuntes; subindo a Rua João Pereira da Rosa e contornando a Escola de Dança, o embasamento que segura todo o programa surge-nos com um grande rasgo na parte superior de onde espreitam as pessoas no pátio e cai um jardim suspenso; desse embasamento cresce, ao fundo da rua, a Escola de Música: as salas individuais surgem como favos de abelhas; contornando o edifício e a fachada cega que dá continuidade ao embasamento, um envidraçado na parte superior entalado entre os dois grandes braços de pedra lióz; do espaço entre os dois edifícios surgem então as escadas onde as pontes demarcam a entrada do recinto.

Quem desce a Travessa dos Inglesinhos vê ao fundo uma forma transparente poisada num embasamento que dá a continuidade visual do edifício do Conservatório; aproximando-se, a escadaria à esquerda sob as pontes surge de surpresa e assemelha-se a tantos outros recantos de Lisboa escondidos entre o edificado denso da malha urbana.

De quem vem da Rua dos Caetanos, contorna o edifício I e chega à praça; as escadas do anfiteatro direccionam-nos à porta de entrada do edifício num envidraçado recuado relativamente aos pilares estruturais da fachada Sul, criando um espaço exterior de transição. Entrando, o piso é unicamente espaço comum que pode em dias de festa ser adaptado e dar continuidade ao anfiteatro para o interior. Em frente, uma pequena plataforma em madeira desenha o espaço de estar; à direita, a ponte de ligação ao edifício I dá acesso ao bar e outros serviços; sobe-se para os pisos das salas de aula através do grande elevador ou das caixas de escadas.

À esquerda, perspetiva do Complexo do Conservatório inserido na malha urbana e relação com a envolvente.



*“A arquitectura tem o seu espaço de existência. Encontra-se numa ligação física especial com a vida. No meu ponto de vista inicialmente não é mensagem nem sinal, mas invólucro e cenário da vida, um recipiente sensível para o ritmo dos passos no chão, para a concentração do trabalho, para o silêncio do sono.”*

- Peter Zumthor

## A ESCOLA DE MÚSICA

1 - Cobertura

2 - Piso do bar com esplanada para Sul onde os pilares estão à vista no interior

3 - Laje em betão

4 - Salas de aula de música para instrumentos mais pequenos e/ou ensino individual a Sul

5 - Salas de aula para instrumentos maiores ou de ensino em grupos, a Norte

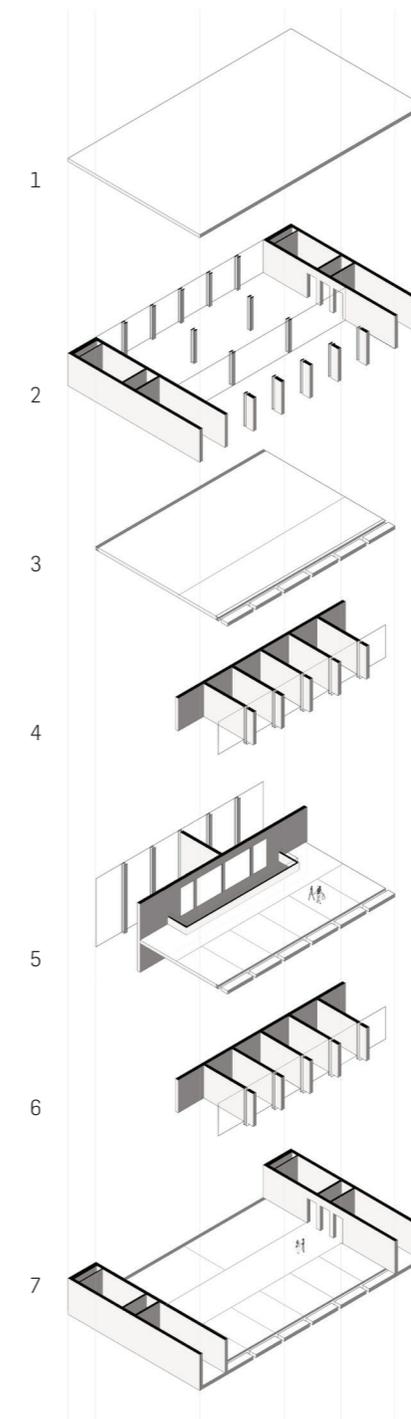
6- Salas de aula de música para instrumentos mais pequenos e/ou ensino individual a Sul

7 - Piso onde estão representados os dois braços a Este e a Oeste do edifício com os serviços: instalações sanitárias, caixa de escadas, elevador, monta-cargas e galerias verticais para tubagem a Norte. Estes braços acompanho o edifício em toda a sua organização vertical.

A solução para a escola, programa inserido exclusivamente no Edifício II, surge maioritariamente da *posição de rotura*. Esta *rotura* é física no sentido em que os dois edifícios se ligam apenas pontualmente, mas mais importante é uma separação ideal: nas origens do conservatório está o ideal do monge que se retira do claustro para a sua cela para meditar e se permite a si próprio um vislumbre sobre a paisagem através de um pequeno vão; o carácter de concentração de uma escola de música levou à concepção de células de concentração que, ao invés de um vislumbre, permitem ter uma vista imensa sobre a cidade. Zumthor descreve a tensão criada entre dois espaços devido à sua diferença de escala, temperatura e luz como “*an unbelievable feeling of concentration when we suddenly feel enclosed, of something enveloping us, keeping us together, holding us.*”

Na fachada a Sul estão as salas de menores dimensões para aulas individuais e instrumentos de menores dimensões; na fachada a Norte, o pé direito duplo permite que o volume e a área da sala sejam maiores: estes espaços são adaptados para instrumentos como piano e órgão ou para salas de aula em grupos, como o coro; os instrumentos de percussão, o teatro e a orquestra são utilizações que exigem melhores qualidades acústicas, pelo que se localizam nos pisos inferiores da torre, onde não é usado vidro.

O espaço por baixo do auditório tem uma forma irregular, pelo que pode ser usado como ginásio. Os balneários encontram-se no mesmo piso de acesso ao ginásio, -2.

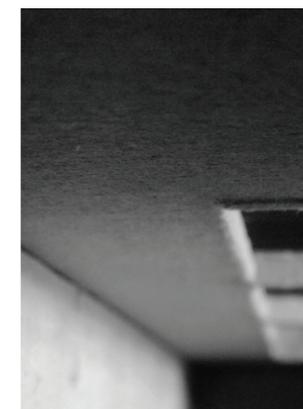


## LUZ E SOMBRA

Todo o projecto foi pensado para tirar o melhor partido da luz natural e as fachadas foram, simultaneamente, a definição A luz a Norte não é directa, o que possibilita que as salas de aula de pé direito duplo tenham então estes grandes vãos e a luz indirecta preencha o espaço de forma uniforme; do tecto falso caem umas grandes cortinas brancas em tecido translúcido e uns candeeiros verticais ao centro.

A fachada Sul foi naturalmente mais desafiante, senão a maior dificuldade no projecto. A sua forma surgiu de relação interior-exterior pretendida: aluno não projecta a atenção no que se passa na praça, foca-se na música e na actividade intelectual tendo a paisagem urbana como cenário. Desta forma, os brise-soleil em betão branco que cobrem a fachada impedem que a luz entre de forma directa e a sua superfície lisa reflecte a luz para o interior de forma dispersa e uniforme. As fachadas a Este e Oeste onde se encontram os serviços não necessitam de luz natural.

Os corredores de circulação recebem a luz de Sul através das portas de vidro das salas de aula; os vãos para as salas de aula a Norte reforçam a transparência pretendida tanto do interior para o exterior como dos espaços comuns para os espaços privados, transmitindo um ideal de continuidade espacial e conexão entre diferentes espaços.



*“The more children work individually and the more the space they work in is tailored to these conditions by being articulated into smaller units, the greater the need to retain a clear overview of the whole (...) and what architecture has to do is to secure a visual unit that manages to draw together spatially the many parts from which the whole is assembled”*

- Herman Hertzberger

## ESPAÇO PÚBLICO

À direita, uma visualização do que poderia ser a vivência do pátio público.

No edifício I, o passeio à entrada da escola avança para dar lugar aos pedestres e empurrar a presença do carro para fora. O foyer e todo o espaço de acesso e apoio ao Salão Nobre é mantido com pequenas alterações de qualificação espacial.

No edifício II, o espaço exterior de anfiteatro sobrepõe-se ao auditório: esta decisão é definidora de todo o projecto. Assim, o anfiteatro, mais do que um auditório exterior é espaço público de pausa e contemplação.

Subindo a escadaria a Norte vê-se então no pátio uma grande pala que dá continuidade ao embasamento e de onde onos surge a paisagem e a relação com a rua e a Escola de Dança. Esta recebe os convidados antes de entrar no foyer e têm a função de sombreamento mas, em processo de projeto, a cobertura tornou-se acessível ao subir o anfiteatro e deixa de ser pala para se tornar num autêntico miradouro;

de quem vem da Rua dos Caetanos, entra através do pórtico pré-existente, contorna o edifício I pela direita e chegando à praça vê a torre com os seus alvéolos, o anfiteatro em frente e à esquerda a pala que absorve os convidados; quem estaciona dentro das instalações, sobe através do elevador (ou pela caixa de escadas) e sai directamente no foyer.



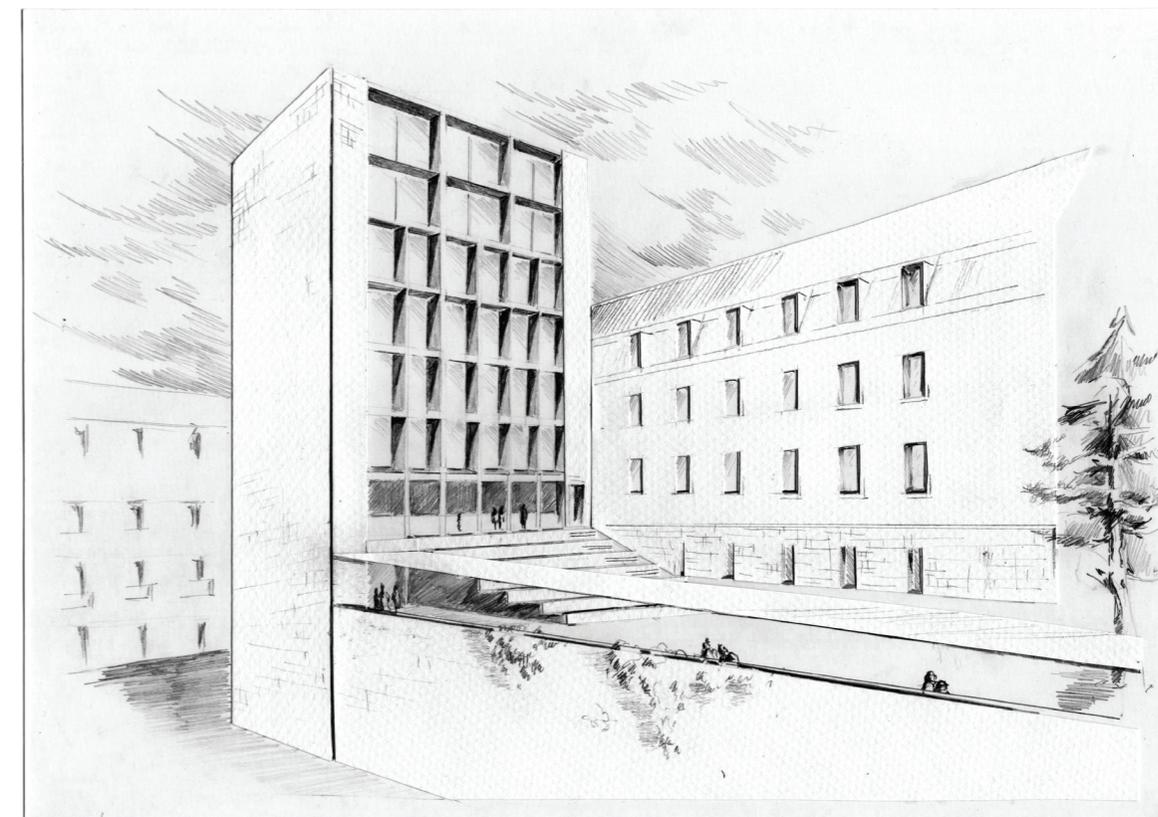
À direita, um desenho de estudo da fachada da torre e da sua relação com o anfiteatro e o pátio.

A ideia da pala para sombreamento de onde surge um jardim suspenso

O foyer caracteriza-se pela presença ainda do muro de embasamento com quatro vãos virados a Norte; os dois braços de serviços crescem excepcionalmente neste piso para oferecer instalações sanitárias adequadas; o bar com esplanada no topo do edifício pode ser acedido através do elevador; existe um balcão central em bronze como bilheteira entre os pilares estruturais também em bronze.

O auditório começa nessa mesma cota: após passar pelas duas portadas em madeira, o o anfiteatro exterior sobrepõe-se a este espaço para criar a profundidade necessária. As paredes são revestidas a madeira de pinho, excepto na zona do palco onde as paredes são pintadas a preto para voltar toda a atenção aos músicos/artistas. Ao fundo, uma luz zenital remata o palco com elegância. A reverberação do auditório foi calculada em 8.5, o que significa que tectos falsos e absorventes não iriam ajudar porque reduzem o volume da sala. Assim, a cobertura, uma laje de betão aligeirada, é deixada à vista - as luzes e outros equipamentos técnicos podem ser instalados nesses nichos.

Os artistas que entram ou pela praça ou pelo estacionamento têm os camarins na fachada Oeste com uns pequenos vãos apenas para ventilação natural e acedem ao palco pelo piso -2, onde uma antecâmara os recebe.



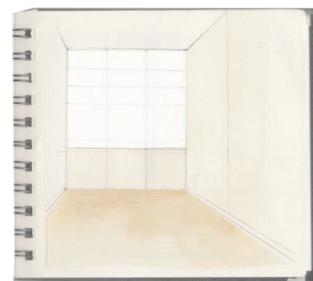
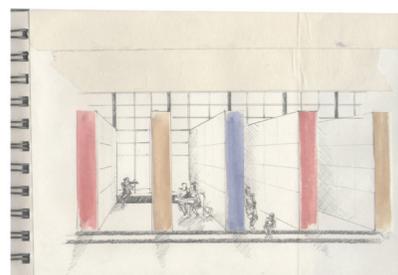
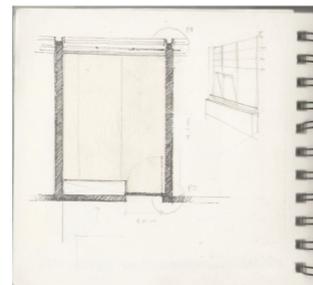
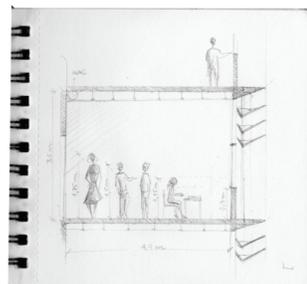
## ESTRUTURA E MATERIALIDADE

A estrutura da torre foi determinante no projecto e surgiu da organização espacial e programática. À semelhança do sistema do usado para remodelação do interior do Conservatório onde as paredes estruturais pré-existentes seguram uma estrutura leve de metal de onde surge todo o recheio, o edifício novo reinterpreta este conceito: os dois grandes braços de serviços em betão revestido pelo exterior a pedra lióz entalam uma estrutura metálica que segura o programa das salas de aula. No braço a Oeste, o monta-cargas ao centro (que pode funcionar como elevador) faz a distribuição vertical de instrumentos pesados com acesso a todos os pisos e ao auditório; no braço a Este, o elevador ao centro (com capacidade máxima para 22 pessoas) faz a distribuição vertical pelo edifício. Na fachada Norte as instalações sanitárias femininas e masculinas e ainda uma galeria vertical que atravessa todo o edifício para ventilação e electricidade a Oeste e para as condutas de água a Este, de forma a possibilitar passagem através das pontes para o edifício II (ver PI); na fachada Sul, as baterias de escadas, uma em cada ponta, com ligação visual ao pátio. O auditório e o estacionamento, uma vez que são programas enterrados, têm a estrutura em betão.

É de notar que estes elementos estruturais foram deliberadamente integrados no projecto, aproveitando a sua estética para a qualificação espacial: os perfis em I em aço estrutural de cor bronze são deixados à vista no das salas a Norte e nos espaços comuns. A Sul, o encaixe entre as vigas e os pilares forma uma moldura que segura, no exterior, os brise-soleil em betão e, no interior, os caixilhos em aço; o vidro é duplo e acústico para oferecer a qualidade exigida; os interiores da torre são paredes duplas de gesso cartonado com isolamento em lã de rocha; nos corredores, estas paredes terminam com um revestimento em placas de pinho, é semelhança do piso – é uma madeira clara e quente que proporciona ideia de conforto.

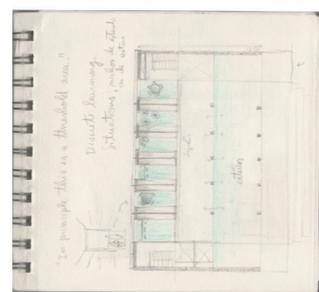
À direita uma visualização do que poderia ser a materialização da torre





“Proximity and distance.  
The classical architect  
would call it scale. It  
refers to various aspects,  
sizes, dimension, scale  
the buildings mass in  
contrast to my own.”

– Peter Zumthor

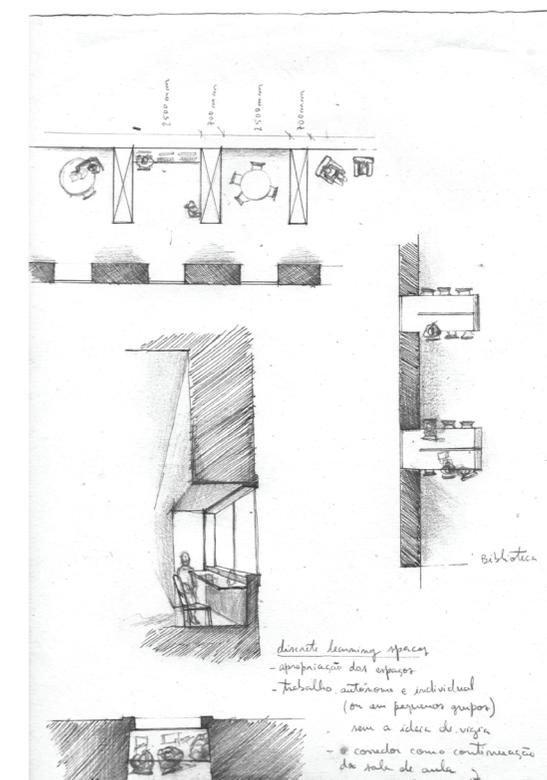


## QUALIFICAÇÃO ESPACIAL

A qualificação espacial é dada através dos materiais escolhidos, dos sentidos, do ambiente, da luz e sombra e da forma como todos estes elementos se relacionam com a escola e com os utentes.

Herman defende a criação de situações pedagógicas discretas (*discrete learning situations*). Este conceito traduz-se espacialmente em pequenos nichos de estudo e de concentração em contraposição com as áreas comuns. Estas não têm necessariamente de ser compartimentadas ou visualmente separadas - “In principle this is a threshold area”.

Nos corredores do edifício I cada janela é acompanhada de uma mesa de trabalho individual ou a pares, não deixando no entanto de ser espaço comum.

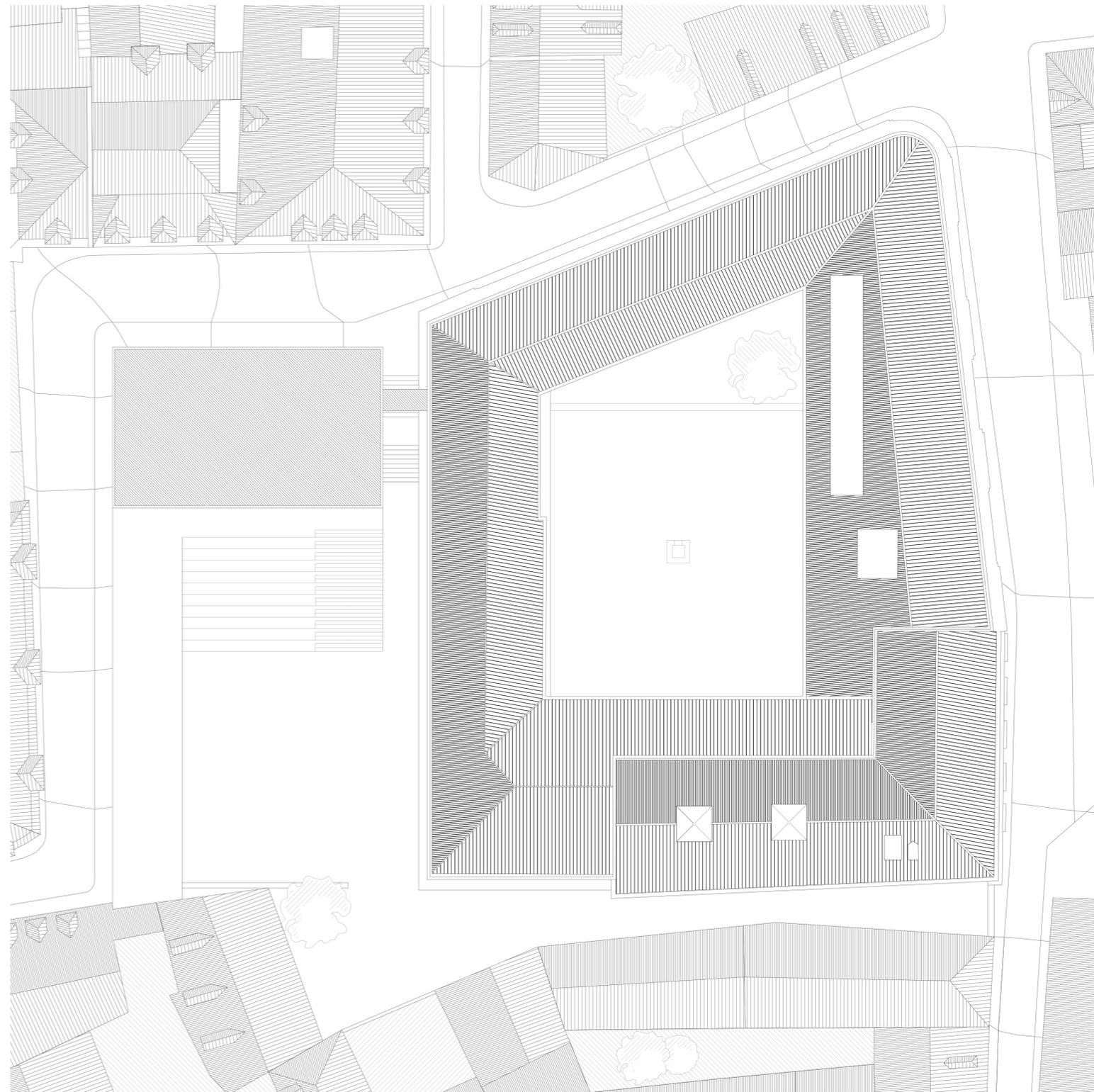


DESENHOS TÉCNICOS

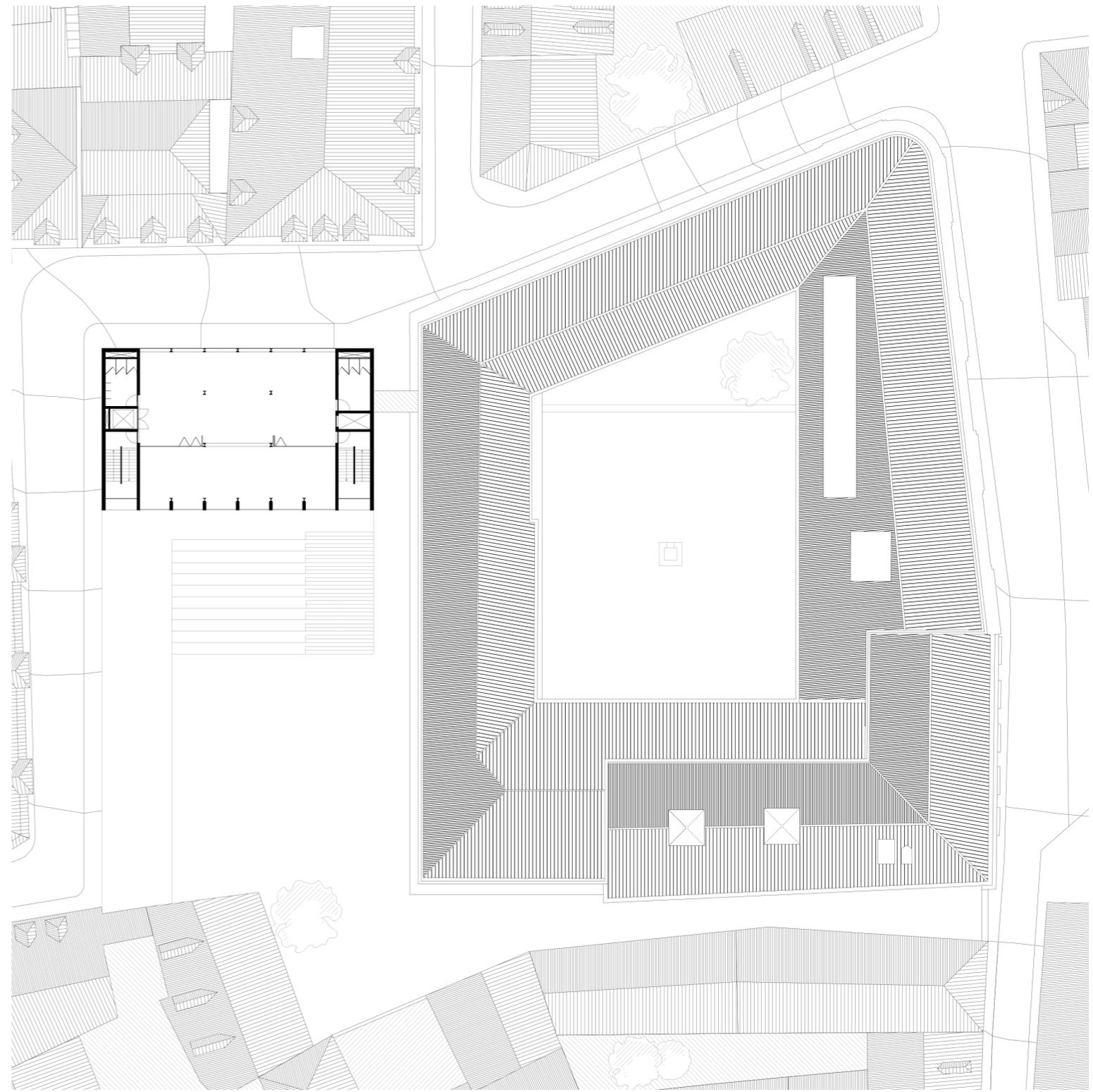


Planta de cobertura

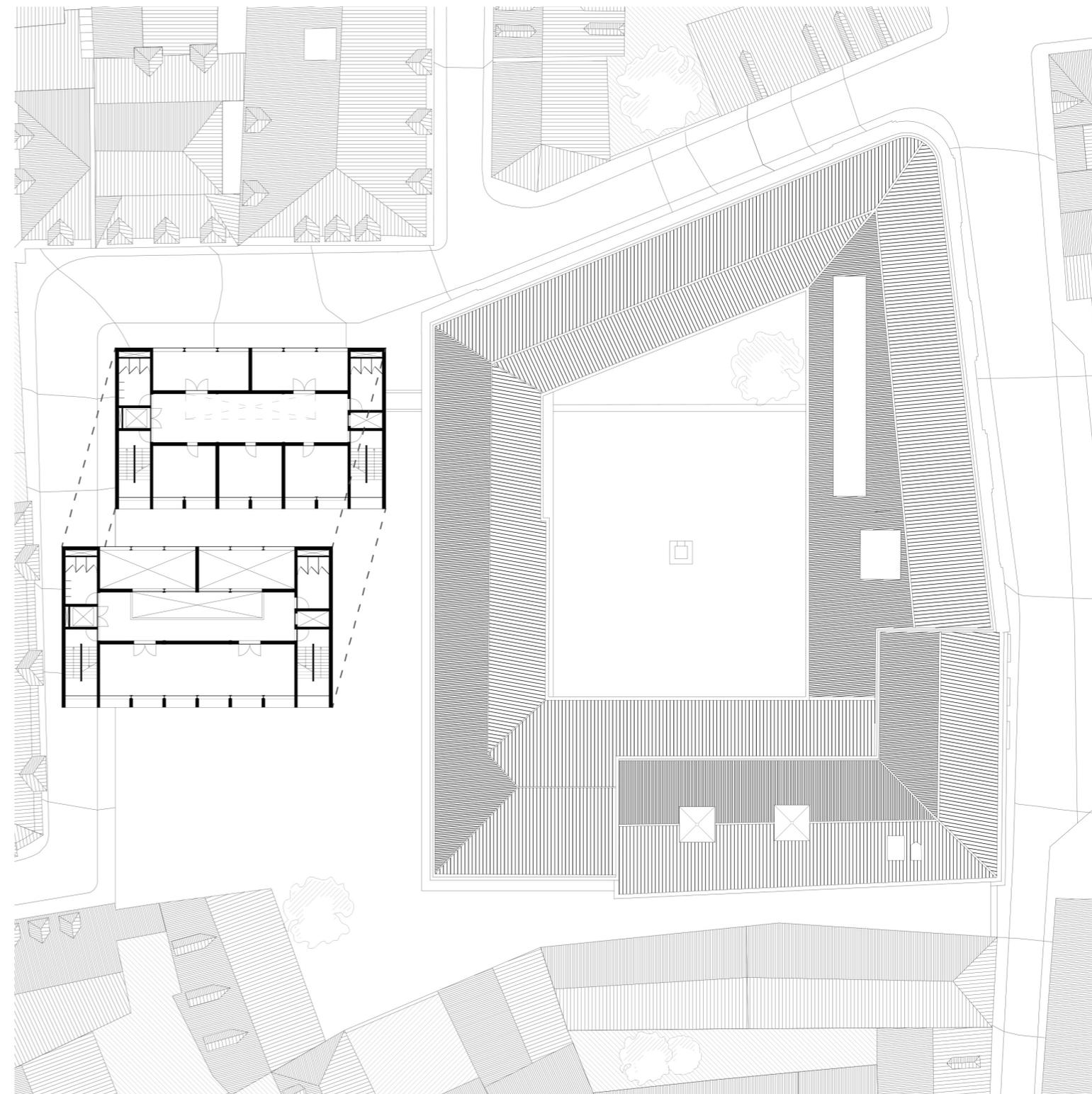
Escala 1/500



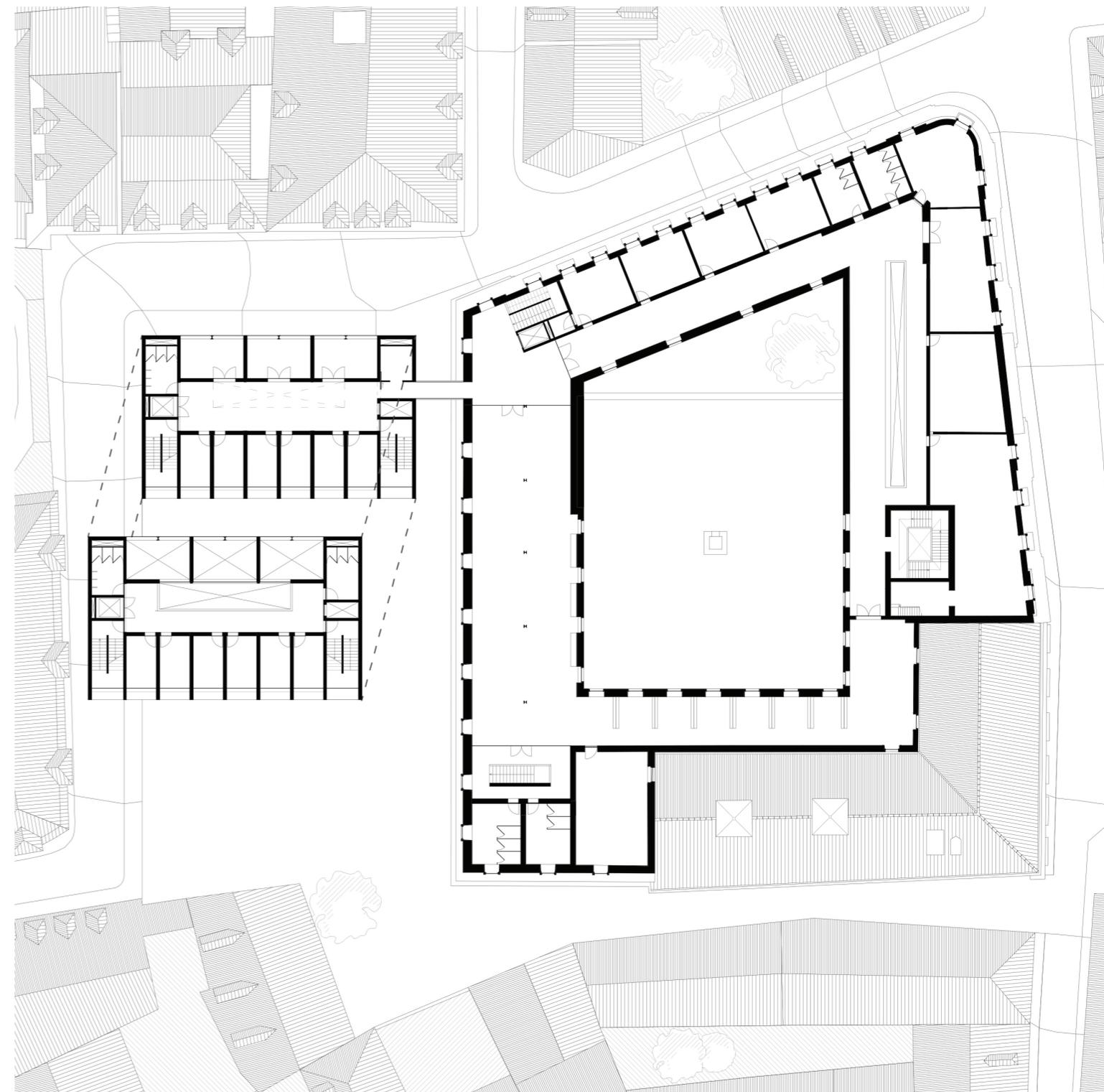
Planta do piso 5  
à cota 100.9m  
Escala 1/500



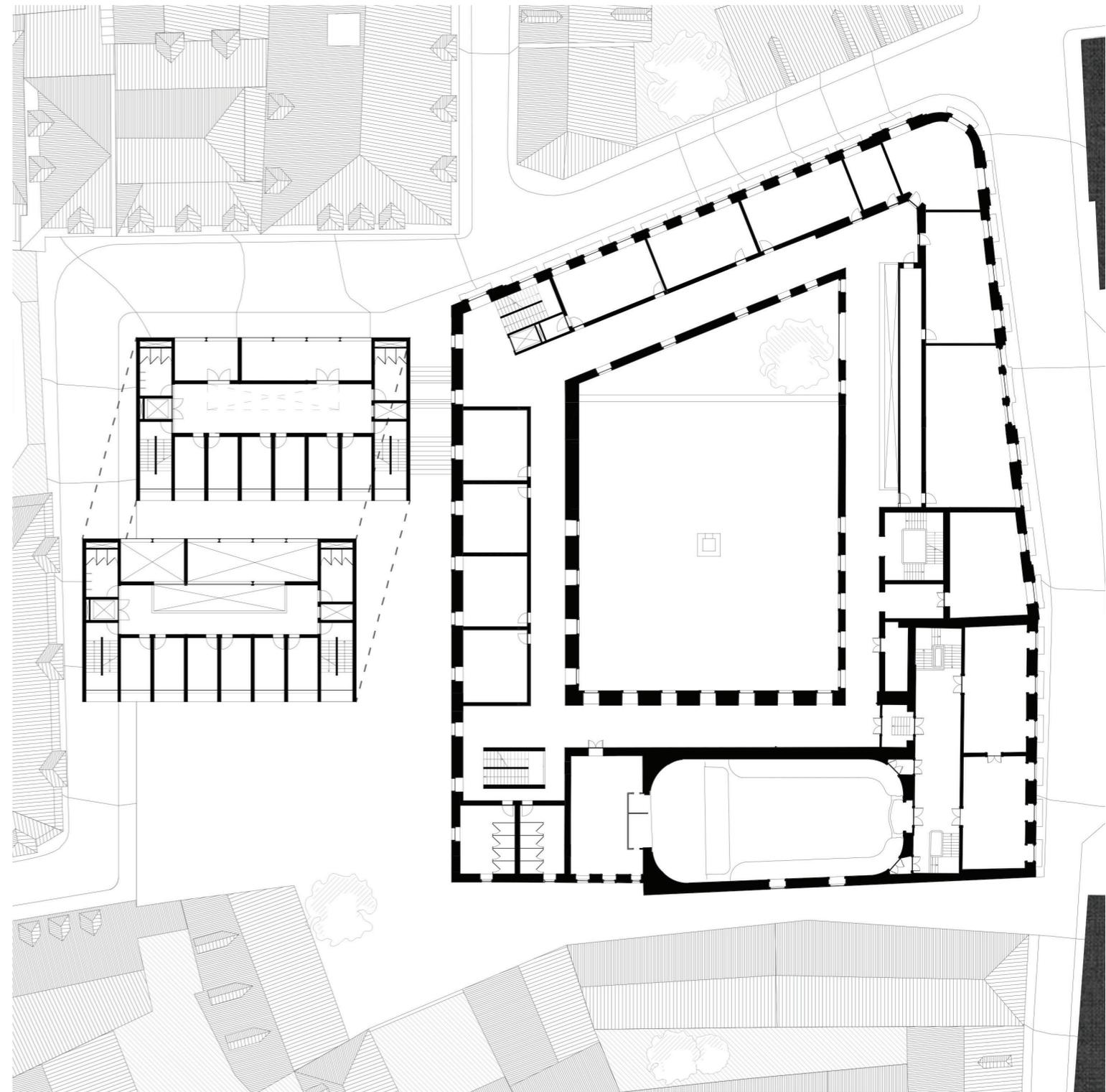
Planta dos pisos 4 e 4.5  
à cota 89.3m e 92.6m  
Escala 1/500



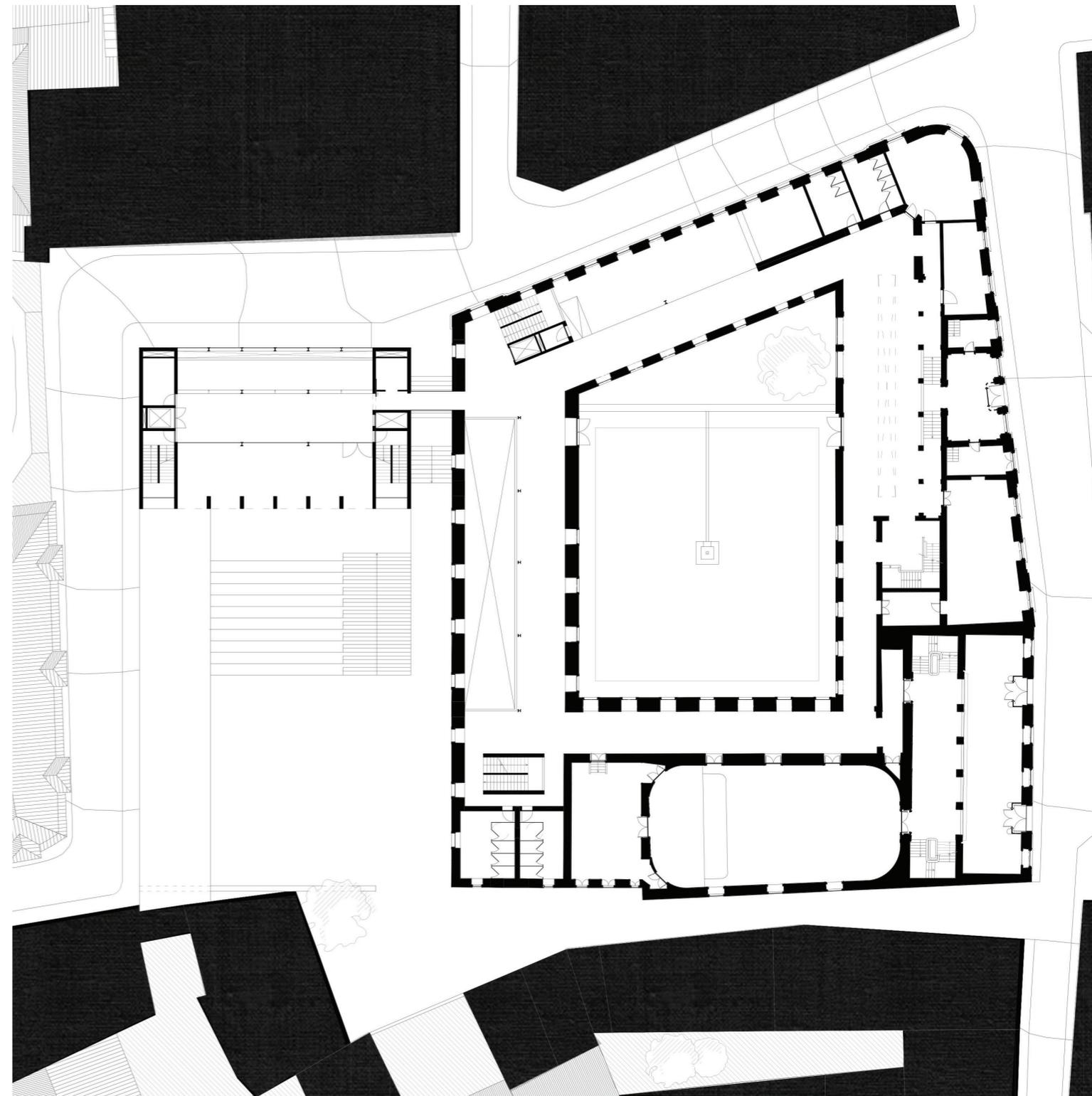
Planta do piso 3 e 3.5  
à cota 82.6m e 85.9m  
Escala 1/500



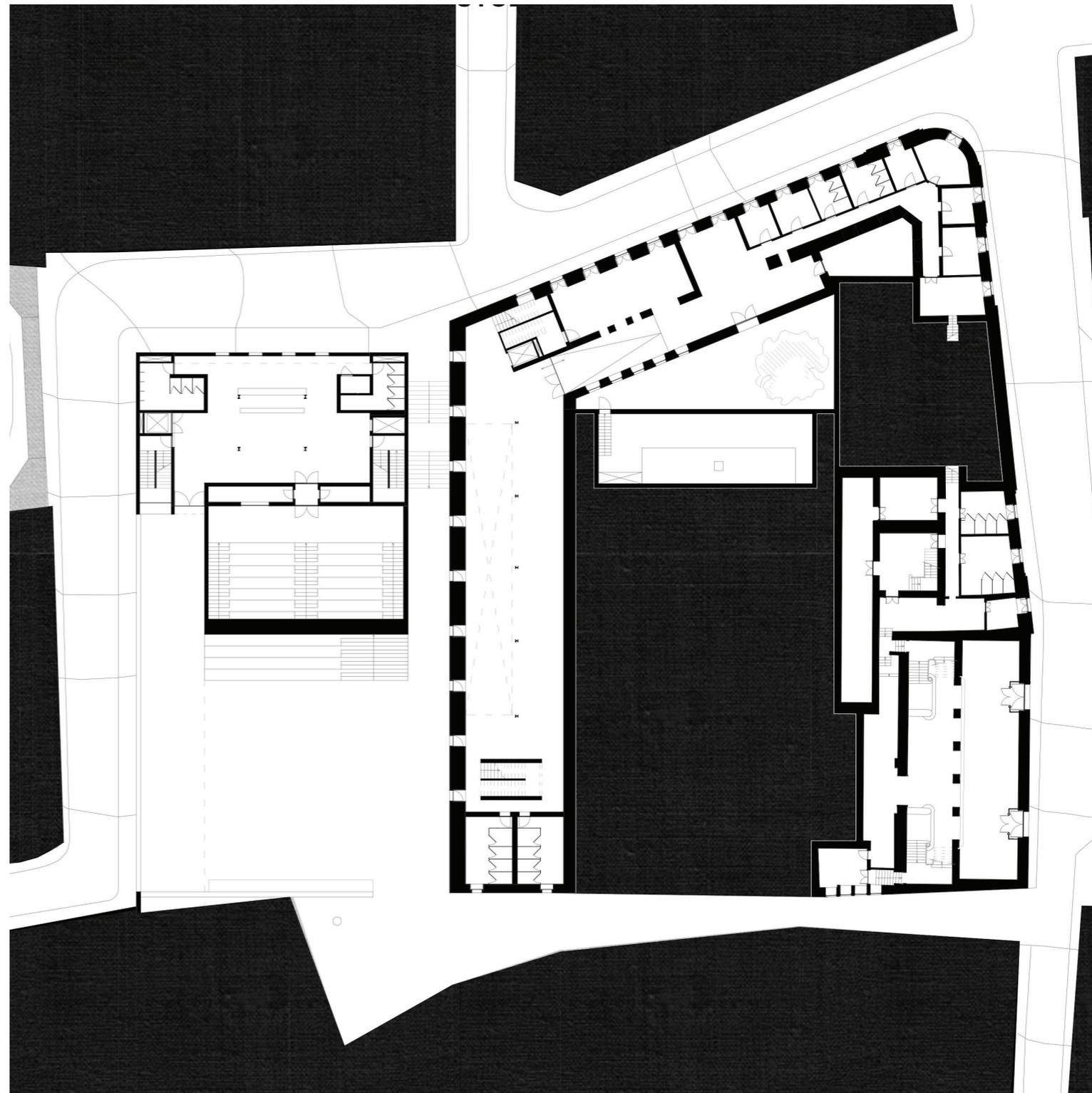
Planta do piso 2 e 2.5  
à cota 77.5m e 79.3m  
Escala 1/500



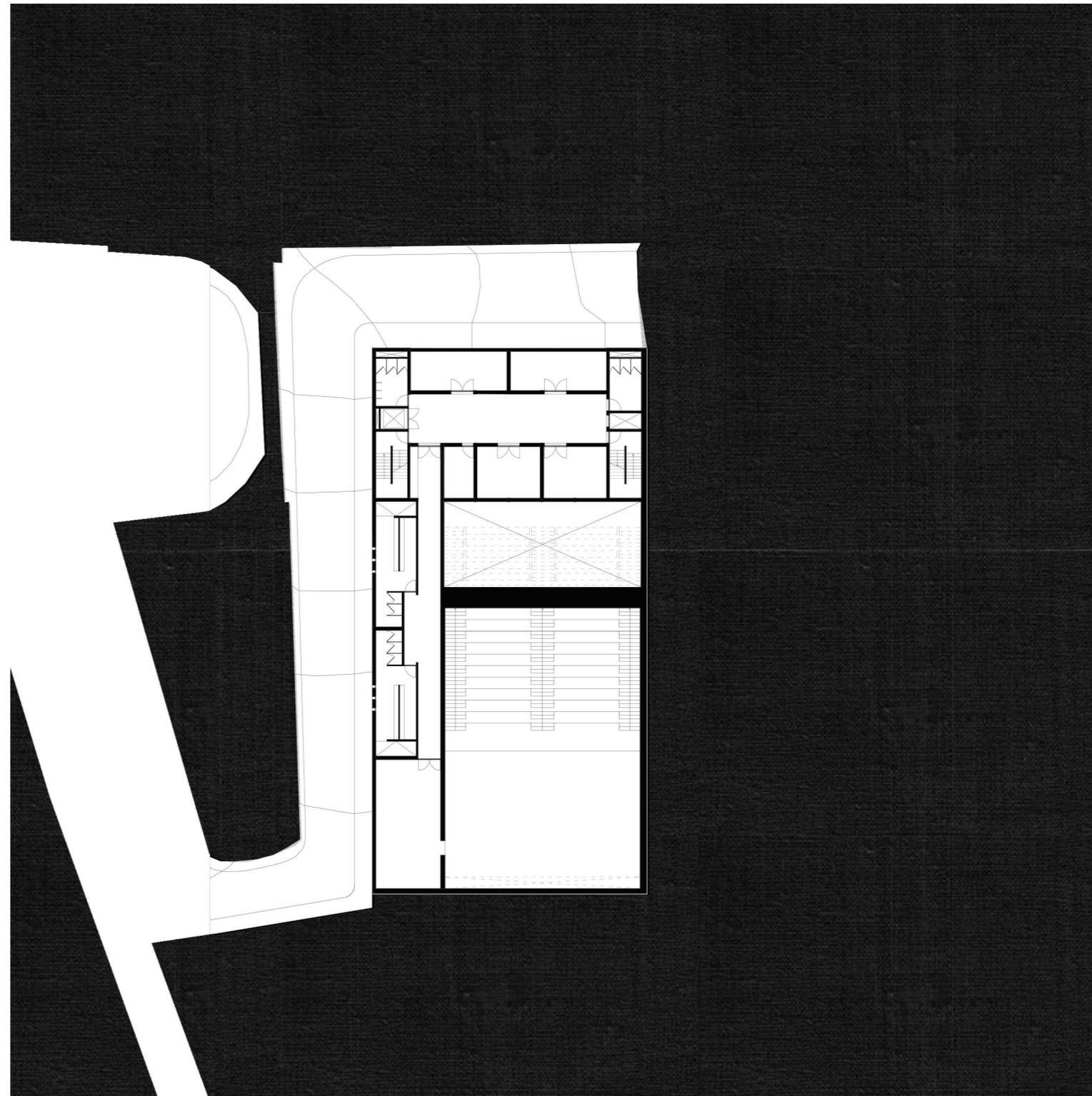
Planta do piso I  
à cota 72.7m  
Escala 1/500



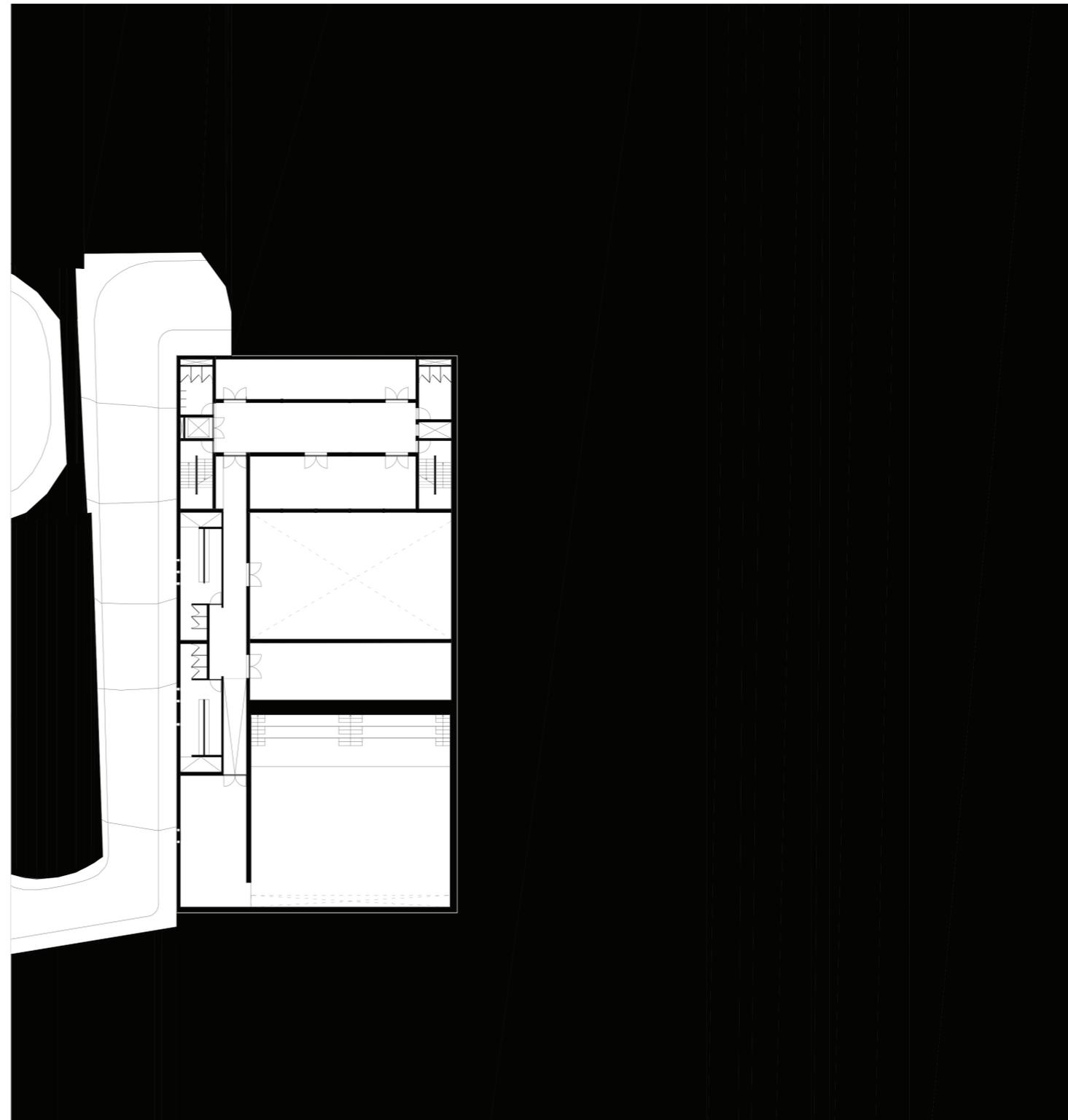
Planta do piso 0  
à cota 69.0m  
Escala 1/500



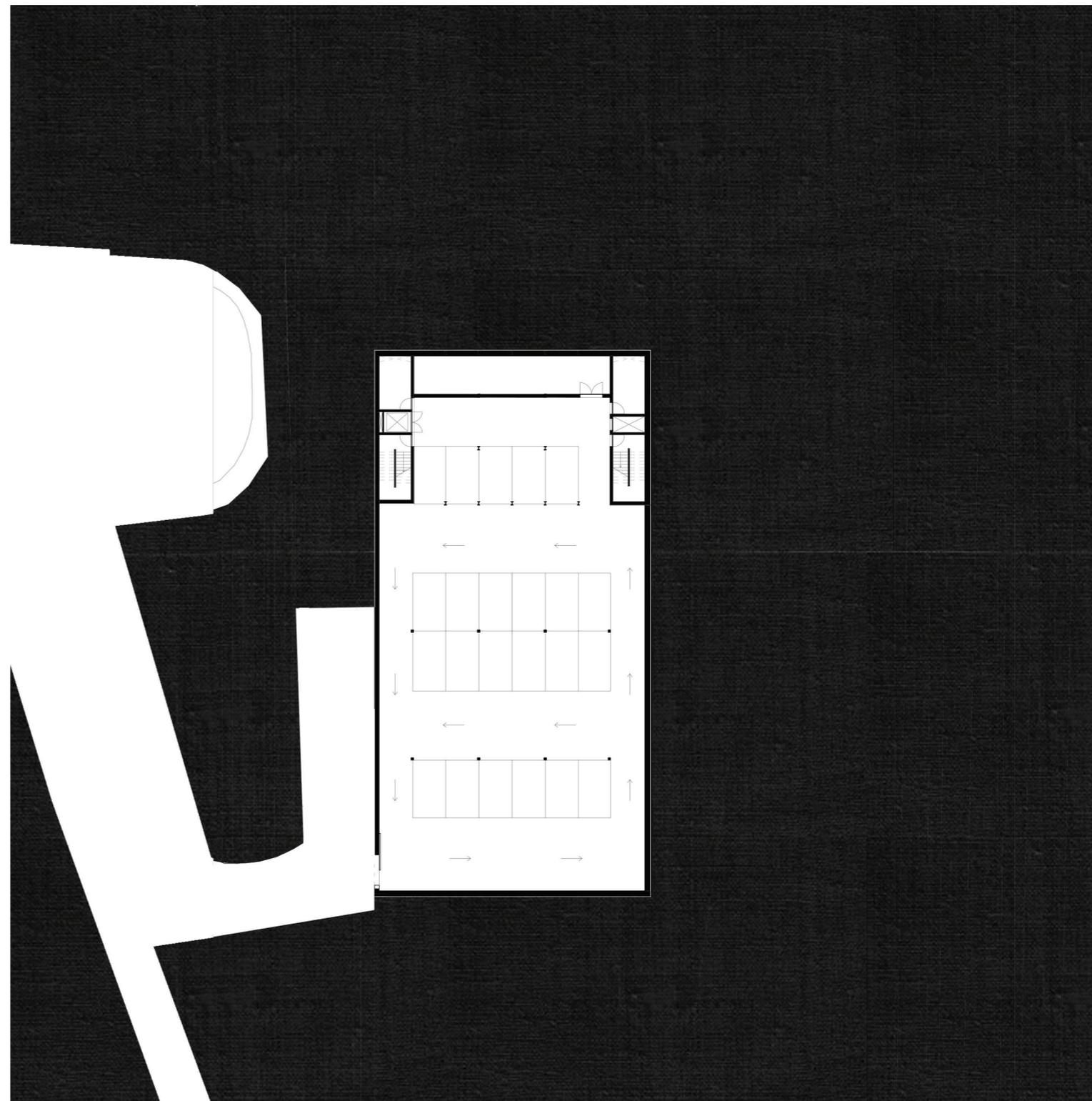
Planta do piso -1  
à cota 64.5m  
Escala 1/500

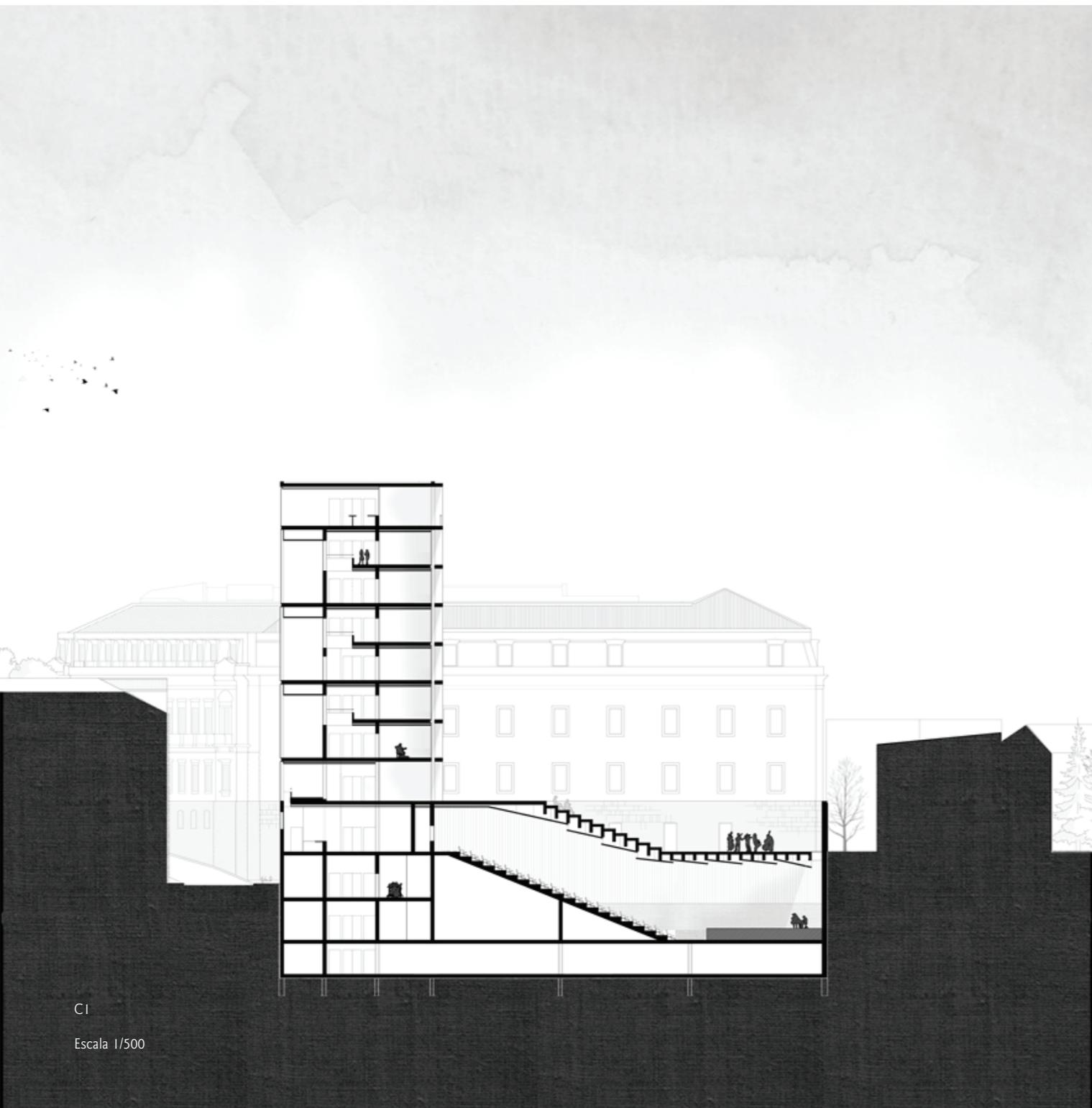


Planta do piso -2  
à cota 61.1m  
Escala 1/500



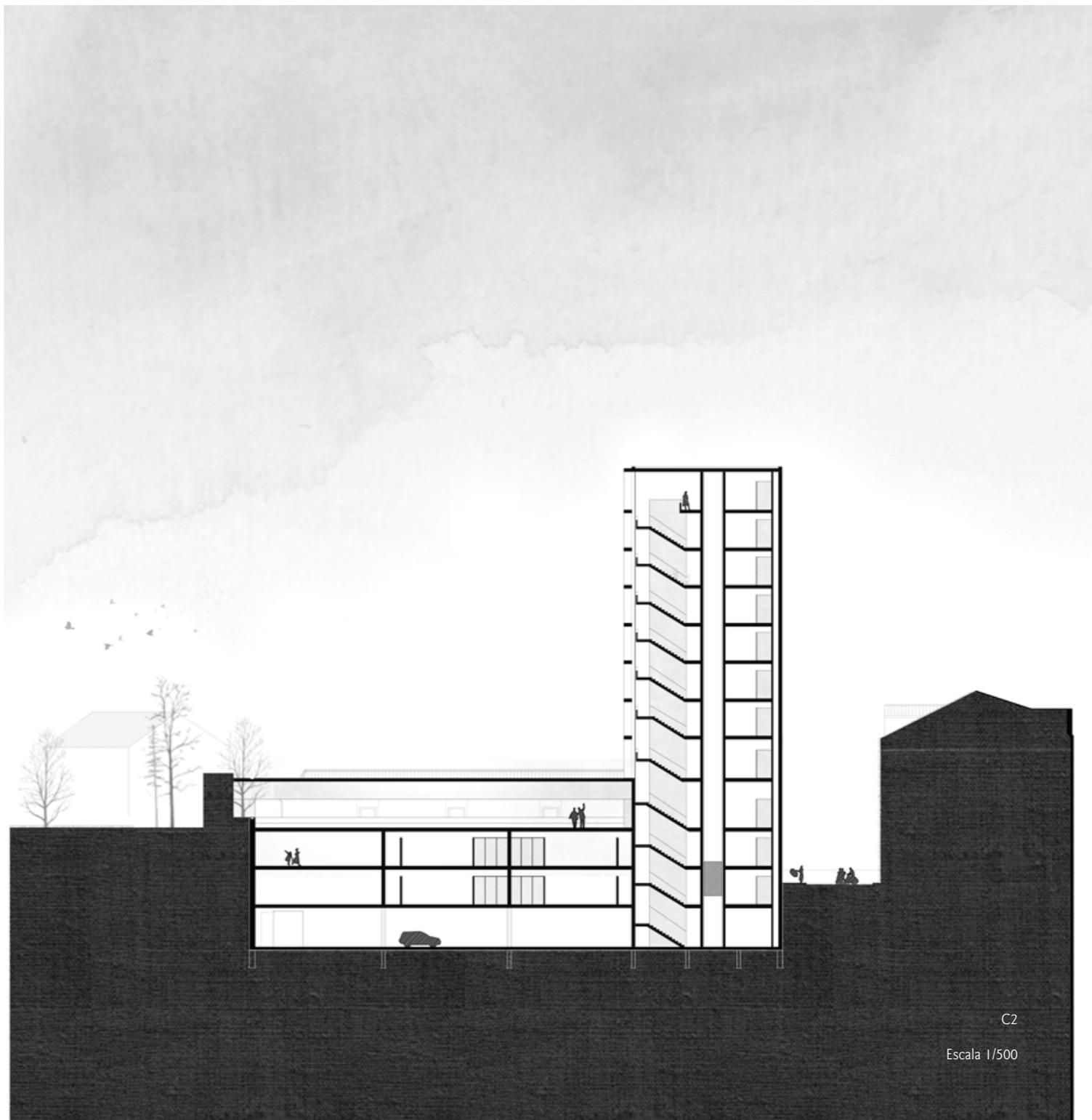
Planta do piso -3  
à cota 57.3m  
Escala 1/500





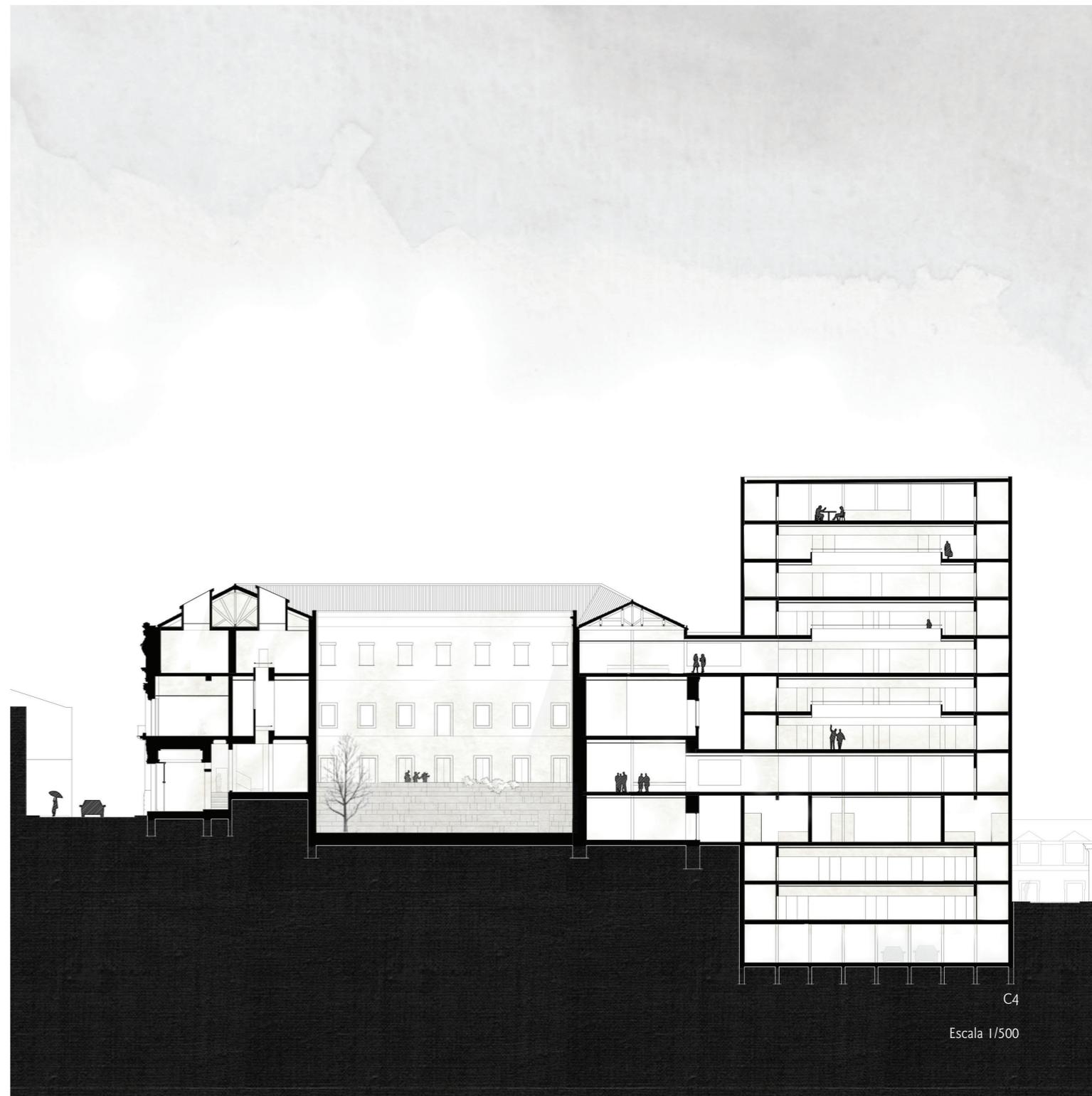
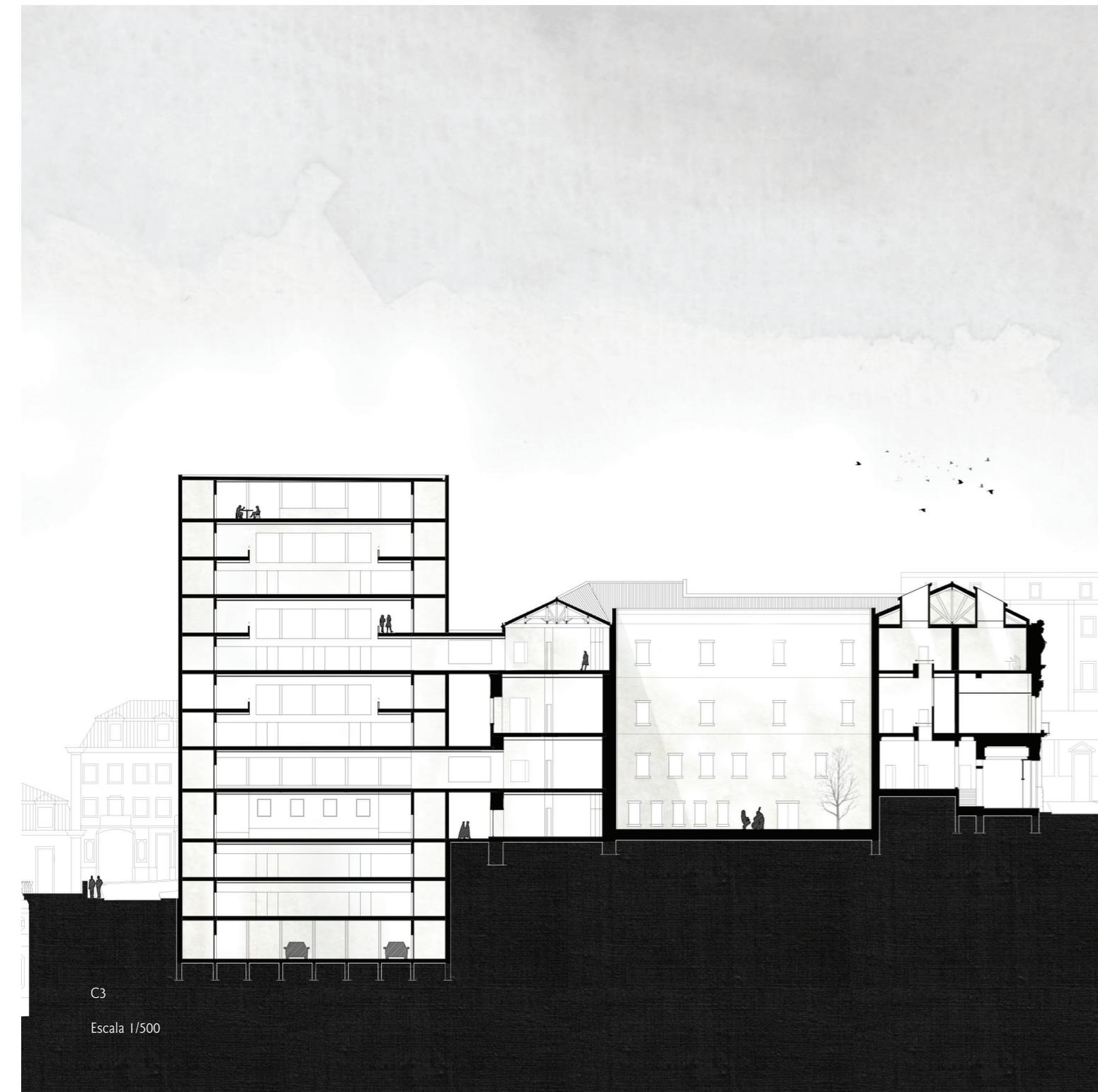
C1

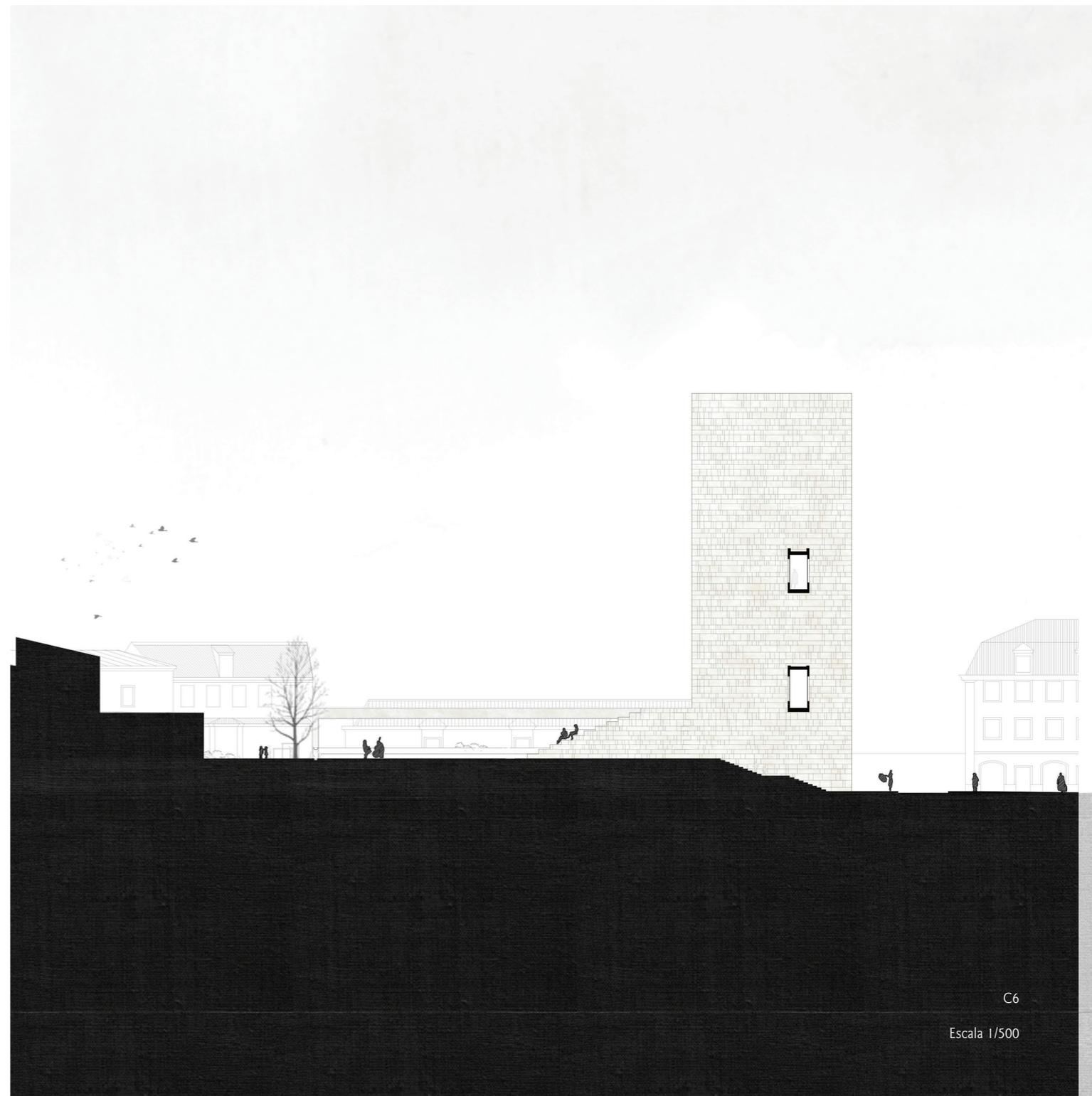
Escala 1/500



C2

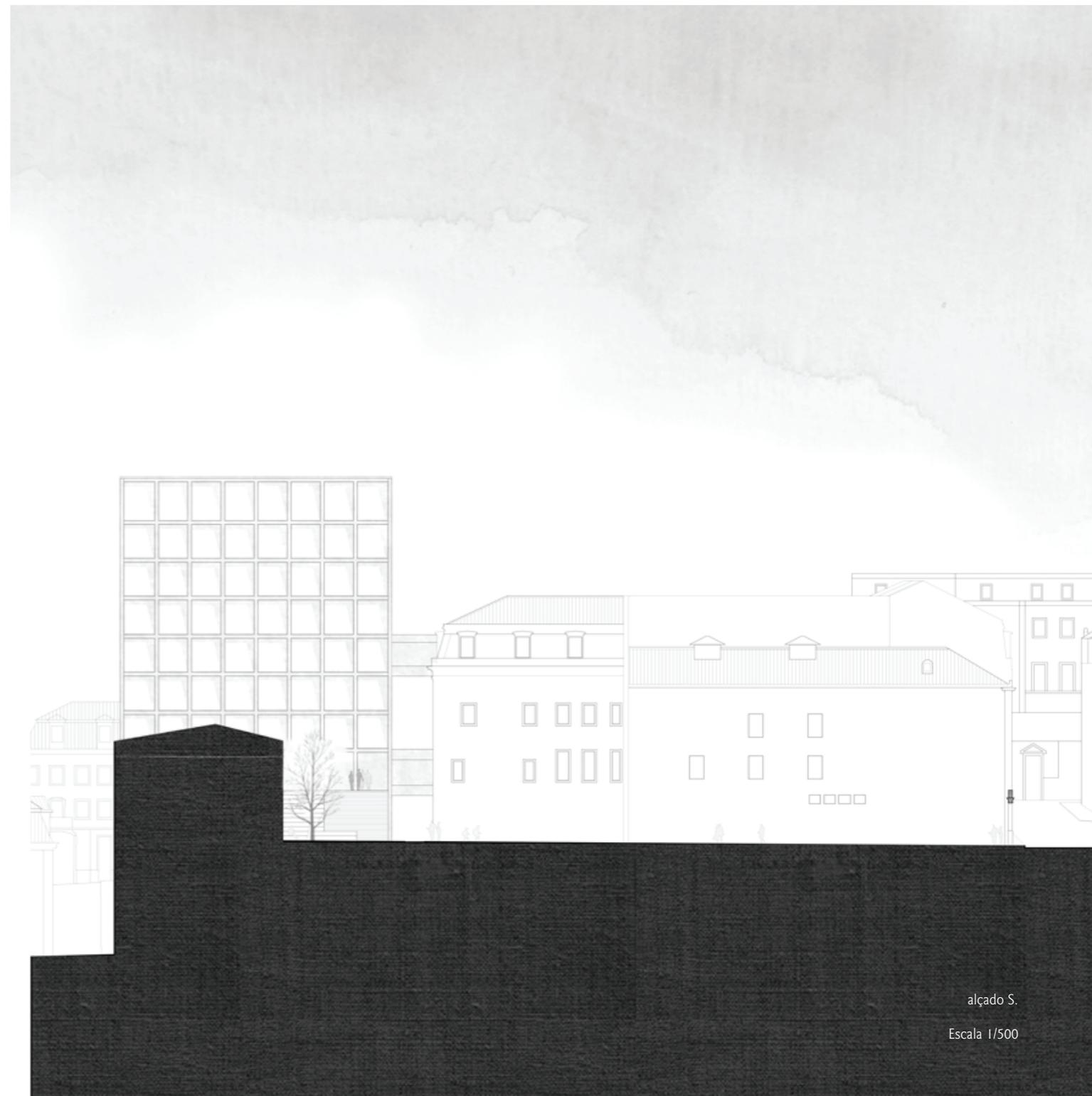
Escala 1/500







alçado O.  
Escala 1/500



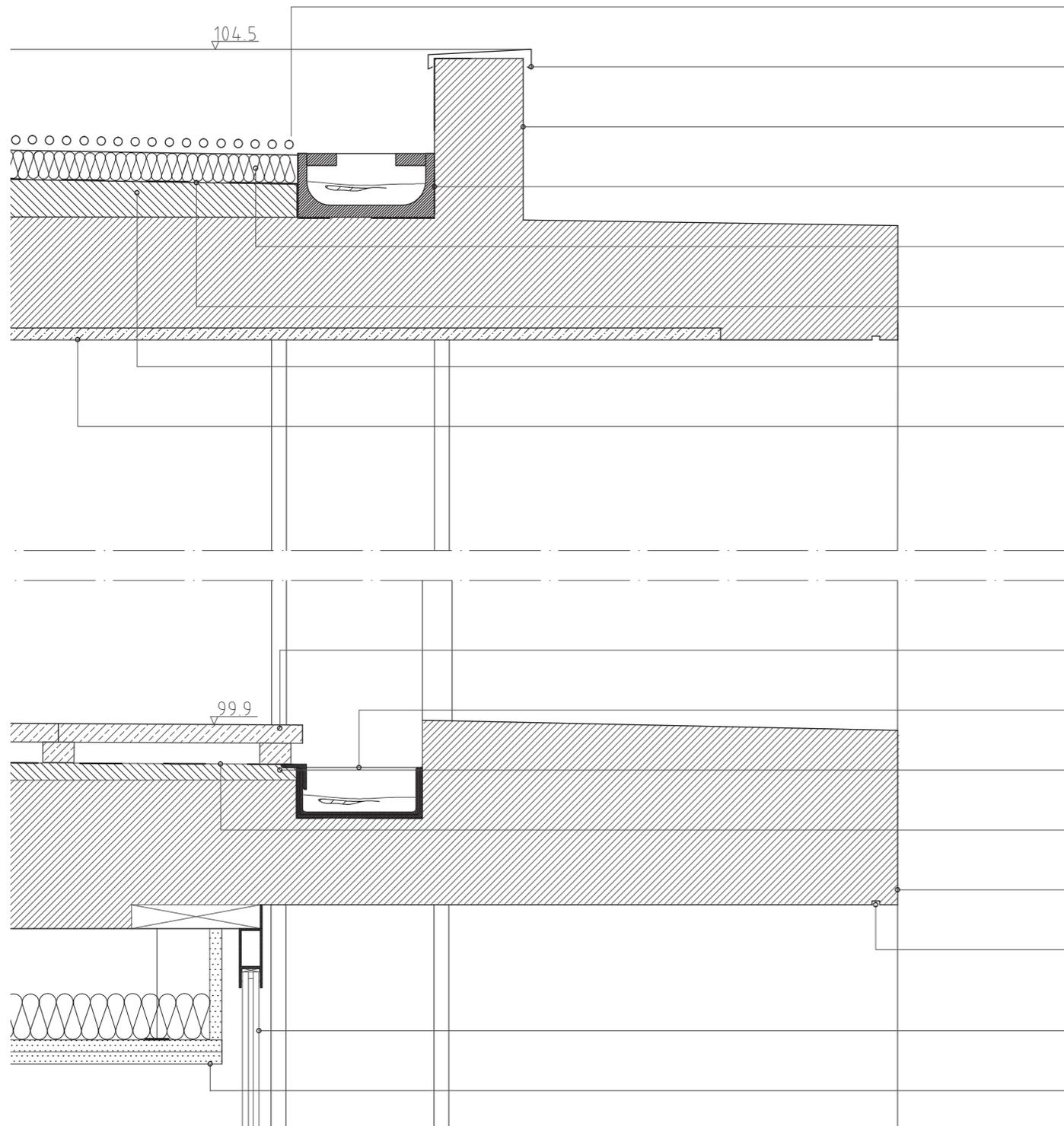
alçado S.  
Escala 1/500



alçado E.  
Escala 1/500



alçado N.  
Escala 1/500

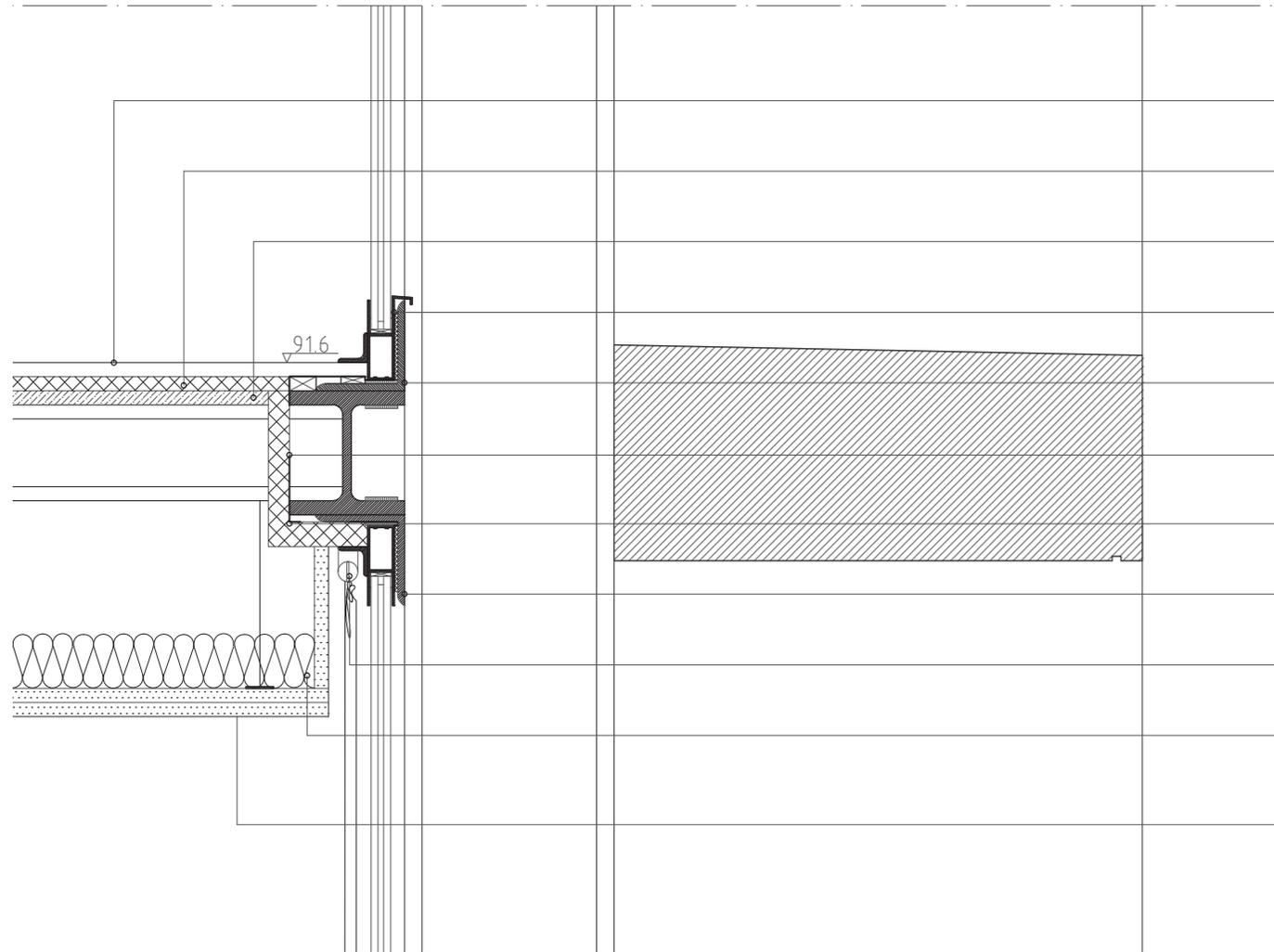


- GODO
- CHAPA DE CAPEAMENTO
- BETÃO LEVE DE FIBRAS COR BRANCA
- CALEIRA METÁLICA
- ISOLAMENTO TÉRMICO ROOFMATE 8CM
- TELA DE IMPERMEABILIZAÇÃO
- CAMADA DE FORMA
- PLACA DE REVESTIMENTO EM MADEIRA  
PINHO COR NATURAL TRATADA
- PAVIMENTO EM PEDRA LIÓZ ACABAMENTO  
ARRANHADO IRREGULAR
- CALEIRA EM AÇO COR BRONZE
- ISOLAMENTO TÉRMICO ROOFMATE 3CM
- TELA DE IMPERMEABILIZAÇÃO
- LAJE EM BETÃO LEVE DE FIBRAS BRANCO
- PINGADEIRA
- VIDRO DUPLO LAMINADO ACÚSTICO
- TECTO FALSO PLACA DUPLA DE GESSO CARTONADO

P1 - corte detalhado cobertura

Ed.II fachada S.

Escala 1/10

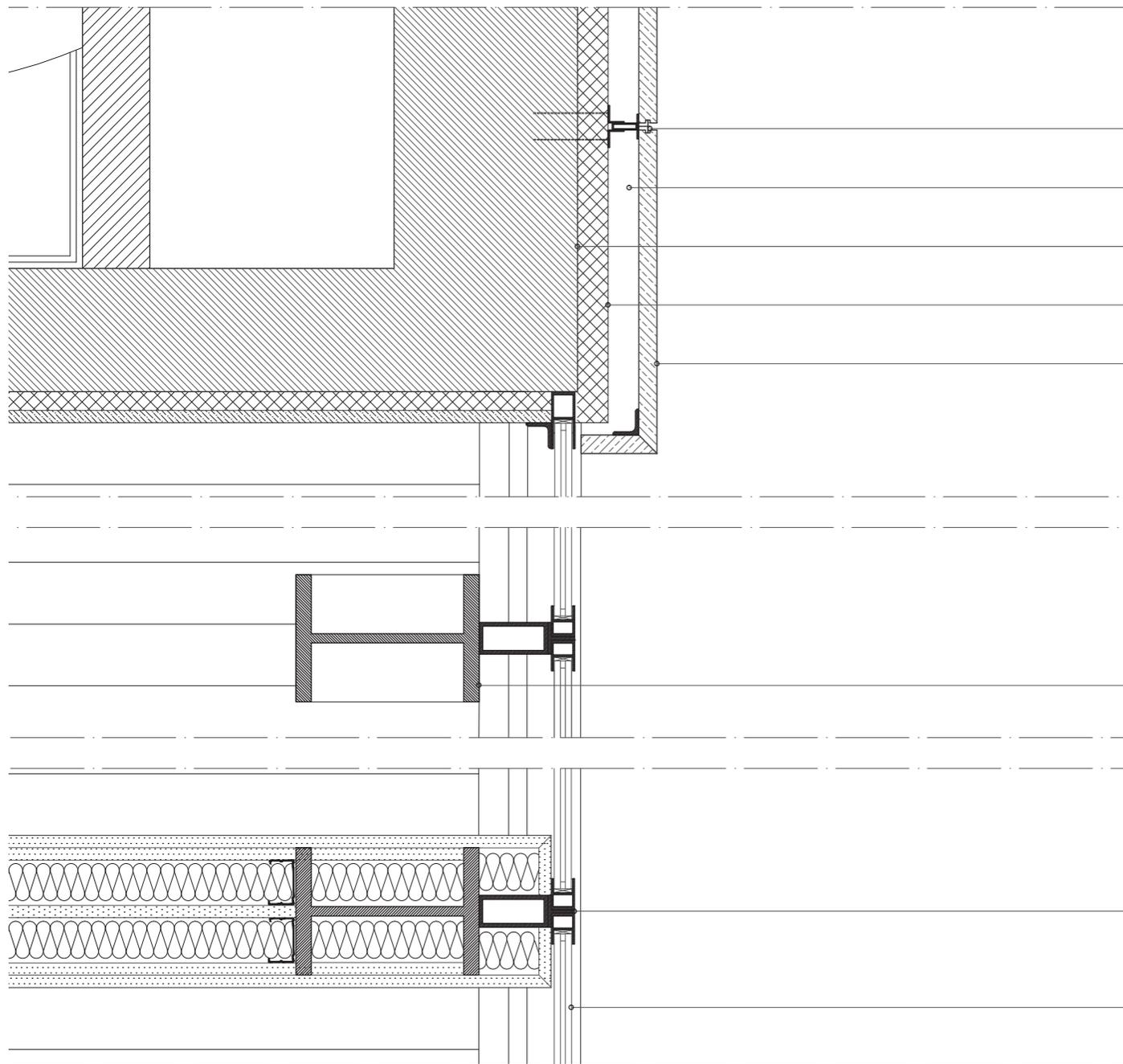


- PAVIMENTO EM TACOS DE MADEIRA PINHO
- AGLOMERADO NEGRO DE CORTIÇA EXPANDIDA 2CM
- PLACA DE OSB 2CM
- CAIXILHO EM AÇO COR BRONZE
- PERFIL EM I DE AÇO ESTRUTURAL COR BRONZE
- TELA DE IMPERMEABILIZAÇÃO
- ISOLAMENTO TÉRMICO WALLMATE 3CM
- PERFIL EM L DE LIGAÇÃO ENTRE PILAR E VIGA EM AÇO COR BRONZE
- PEÇA DE FIXAÇÃO PARA CORTINA
- ISOLAMENTO ACÚSTICO Lã MINERAL DE ROCHA NATURAL KNAUF COM ECOSE 7CM
- TETO FALSO EM GESSO CARTONADO COR BRANCA

P2 - corte detalhado de piso-tipo

Ed.II fachada S.

Escala 1/10



GATO DE FIXAÇÃO METÁLICO

CAIXA DE AR 5CM

BETÃO ESTRUTURAL 30CM

ISOLAMENTO TÉRMICO XPS 5CM

PEDRA LIÔZ COM ACABAMENTO  
ARRANHADO IRREGULAR 3CM

PERFIL EM I DE AÇO ESTRUTURAL COR BRONZE

CAIXILHO EM AÇO COR BRONZE FIXADO AO PILAR

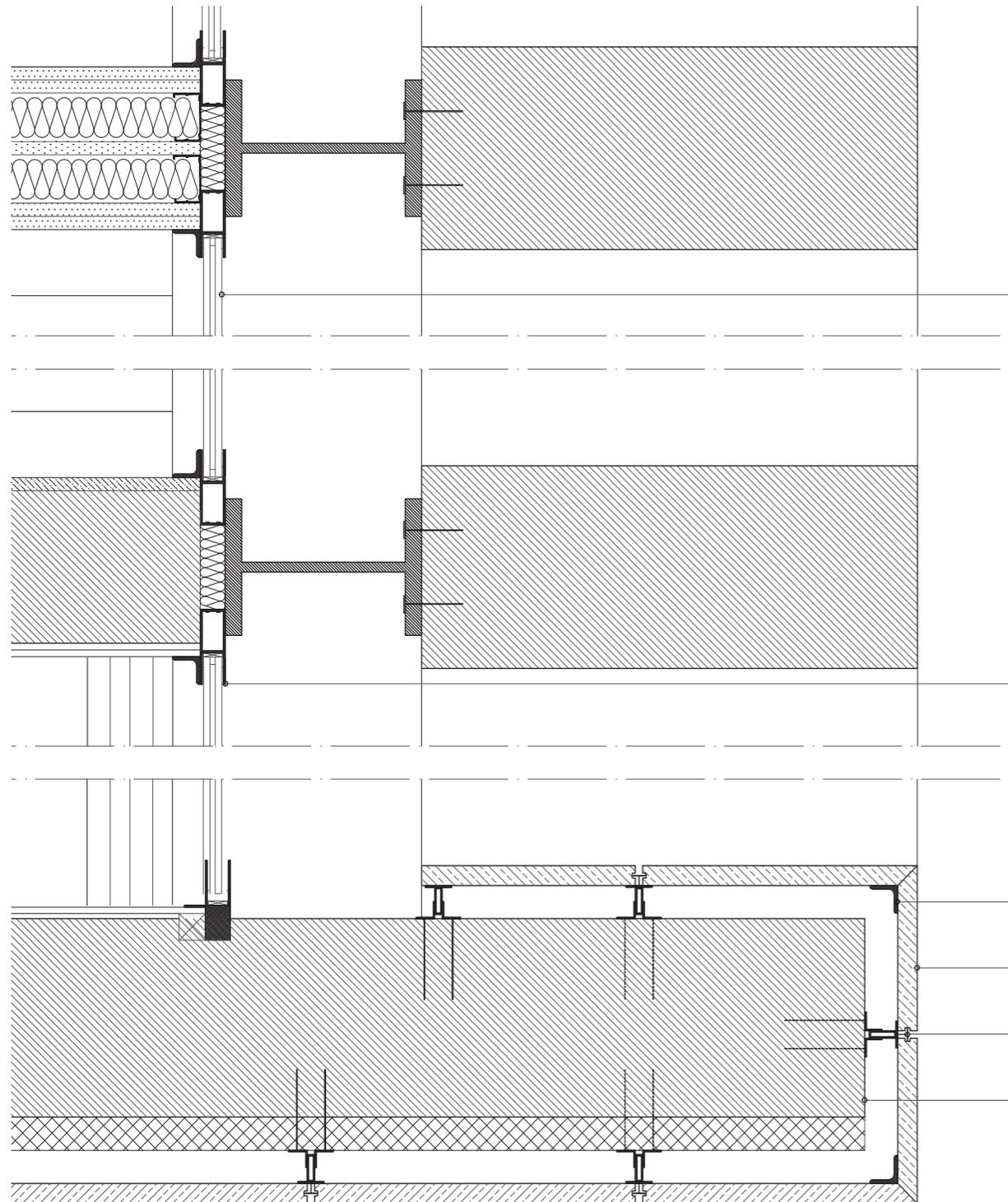
VIDRO DUPLO ACÚSTICO

P3 - detalhe em planta de piso-tipo

fachada N.

Escala 1/10





VIDRO DUPLO ACÚSTICO

CAIXILHO EM AÇO COR BRONZE

CANTONEIRA METÁLICA

PEDRA LIÕZ ACABAMENTO ARRANHADO 3CM

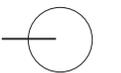
GATO DE FIXAÇÃO METÁLICO

BETÃO ESTRUTURAL 30CM

P3 - detalhe em planta de piso-tipo

fachada S.

Escala 1/10



## parte II

## GESTÃO DE ÁGUA EM REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS

CASO DE ESTUDO:  
CONSERVATÓRIO NACIONAL DE MÚSICA DE LISBOA

Trabalho teórico submetido como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura

Orientador da componente teórica:  
Vasco Rato, professor auxiliar, ISCTE

## RESUMO

O fenómeno de desertificação do planeta tem vindo a agravar-se no decurso dos últimos anos; o descontrolo pluvial (com períodos de cheias e ciclos de secas drásticas), o crescimento demográfico e o natural acompanhamento da demanda por melhores condições de vida das populações levaram ao aumento exponencial dos padrões de consumo dos recursos naturais. Destes, a água é o mais lesado; a industrialização e o fácil acesso a este recurso conduziram à sua progressiva desvalorização ética e sensorial sustentada numa falsa noção de infinitude e a realidade adstrita a negá-lo, como atestam os apenas cerca de 0,01 por cento de água potável e acessível no mundo. A adaptação do homem à escassez progressiva deste bem impõe que se reflita acerca do desenvolvimento de formas mais eficientes de resposta às necessidades atuais. O sector da construção é responsável, considerando apenas os gastos diretos, por 12 por cento do consumo total da água mundial. Se a preocupação ecológica progride na arquitectura contemporânea, já a reabilitação de edifícios se reveste, deste ponto de vista, de uma complexidade que deve ser encarada como um desafio à capacidade de inovação no que concerne à procura de soluções alternativas. Ainda assim, o ciclo de água de um edifício é, por norma, ainda uma incógnita, especialmente quando considerada a água incorporada nos materiais. Neste quadro conceptual e reflectindo sobre o potencial de gestão de água nos edifícios públicos, surge a oportunidade de cálculo da possível redução do consumo de água na Escola do Conservatório Nacional de Música de Lisboa. Com base nos resultados desses cálculos, pretende-se a adaptação arquitetónica da solução mais ajustada ao projeto de reabilitação do edifício, tendo em conta a sua funcionalidade e o seu valor patrimonial. As medidas apresentadas visam a sensibilização social, a (re)integração de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e a instalação de dispositivos de economia e rentabilização da água.

Palavras-chave: arquitectura, águas pluviais, reabilitação, escola.

## ABSTRACT

Desertification phenomenon has been increasing in the last years all around the world; inordinate rainwater occurrences (flood episodes and drastic droughts), demographic growth and the natural demand for better conditions of populations resulted in high consumption patterns of natural resources. From all of them, water is the most misrepresented; Industrialization and easy access led to its continuous ethic and sensorial depreciation. There is a false belief in its illimitable use, but in fact only 0,01 % of all Earth's water is potable and accessible. In order to adapt to the progressive water scarcity, a reflection on the development of more efficient solutions is needed. Construction is directly responsible for 12 per cent of global water consumption. There is clear improvement concerning ecological issues in contemporary buildings. However, rehabilitation of old buildings is more complex and must be seen as a challenge for innovation in finding alternative solutions. Still, the water life cycle of a building is generally unknown when considering embodied water in materials. Reflecting on potential water management in public buildings, there was the chance of calculating the reduction on water consumption in Escola do Conservatório Nacional de Música de Lisboa. Based on the obtained results and taking into account the building's function and patrimonial value, the intention of this study is to adapt the most appropriate solution in the rehabilitation project. The methods include social awareness, (re)integration of a rainwater harvesting system and low tech components for water efficiency.

Key words: architecture, rainwater, rehabilitation, school.

## ÍNDICE

Léxico e lista de Acrónimos	110
Primeira Parte	114
1.1 Conceito de Sustentabilidade	115
1.2 Aplicação do conceito	116
1.3 Sustentabilidade em Arquitetura	117
1.4 Reabilitação em Portugal	119
1.3 Reabilitação e Sustentabilidade	120
Segunda Parte	112
1. Água enquanto recurso	122
2 Dados quantitativos de água no Mundo	125
2.1 Procura de água nos Países em Vias de Desenvolvimento	127
2.2 Índices de consumo de água na Europa	128
3 Mudanças Climatéricas	130
4 Limitações e dificuldades	132
5 Influência social no consumo de água	134
6 Eficiência na gestão de água	135
6.1 Consumo de água por sector em Portugal	136
6.1.1 Perdas de água	138
6.1.2 Consumo doméstico	139
6.1.3 Consumos não-domésticos	140
7 Water Footprint	141
7.1 Requisitos de água para funcionamento do edifício	143
7.2 Quantificar o ciclo de água de um edifício	143
7.3 Metodologias	145
7.4 Sistemas de certificação de construção sustentável	145

7.4.1	BREEAM	146
7.4.2	LEED	147
7.4.3	LiderA	147
7.5	Certificação de eficiência hídrica	148
7.6	Água incorporada e de utilização num edifício	148
7.7	Materiais e água incorporada	152
7.8	Uso de água na operação do edifício	154
7.9	Perdas de água no edifício	155
Terceira Parte		156
1	Abordagem para a gestão eficiente da água	157
1.1	Gestão urbana	157
1.2	Usos não potáveis em área urbana	162
2	Integração na Arquitectura	163
2.1	Introdução histórica	163
2.2	Em Portugal	165
2.3	Na actualidade	166
3	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP)	168
3.1	Vantagens e desvantagens	168
3.2	Qualidade, usos e legislação	168
3.3	Componentes	171
3.4	Dados para cálculos	174
4	Reutilização de Águas Residuais Saponárias	176
5	Tecnologias Economizadoras	177
5.1	Autoclismos	178
5.2	Urinóis	179
5.3	Duches	179
5.4	Torneiras	179
5.5	AVAC	180

Quarta Parte		181
1	Caso de Estudo: Conservatório Nacional de Música de Lisboa	182
1.1	Memória	184
1.2	Proposta	185
1.3	Cálculos	185
1.4	Reflexões	188
2	Projecto	189
Quinta Parte		113
Conclusão		193
Considerações Finais		196
Desenvolvimentos Futuros		197
Bibliografia		198
Anexos		206
Cálculos		206

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Reabilitações do edificado e construções novas, Portugal, 1995-2012	119
Figura 2 - Ciclo natural da água, ciclo da água com presença humana e ciclo mecânico da água	
Figura 3 - Quantidade de água no mundo	126
Figura 4 - Consumo doméstico de água Europeu	129
Figura 5 - Síntese das áreas suscetíveis à desertificação em Portugal	131
Figura 6 - Relação entre consumo de água captada (1) e custo dos gastos de utilização por sector (2) em Portugal	136
Figura 7 - Consumo de água potável no Conselho de Lisboa	137
Figura 8 - Consumo doméstico de água potável no Conselho de Lisboa	140
Figura 9 - Uso de água dentro de estabelecimentos escolares	140
Figura 10 - Ciclo de vida de um edifício	144
Figura 11 - A quantidade de água incorporada num edifício com um ciclo de vida de 50 anos é suficiente para preencher o volume da casa 49 vezes	149
Figura 12 - A quantidade de água incorporada num edifício com um ciclo de vida de 50 anos é suficiente para 400 pessoas ingerirem 3l de água durante 80 anos	149
Figura 13 - O consumo de água directo de uma pessoa por dia e o consumo indirecto por pessoa por dia	151
Figura 14 - Inundação em Lisboa na Praça de Espanha	158
Figura 15 - Augustina Platz, Freiburg e Centro histórico de Albstadt - Sistema de drenagem integrada no desenho urbano	159
Figura 16 - Requalificação do Pátio das Escolas da Universidade de Coimbra	160
Figura 17 - Detalhe de caleira de drenagem do Pátio das Escolas da Universidade de Lisboa	161
Figura 18 - Ab Anbar em Yazd, Irão.	163
Figura 19 - Impluvium	164
Figura 20 - Cortes transversais das minas de água no Convento Novo	165
Figura 21 - Cooper House II, Studio Mumbai, Índia	165
Figura 22 - Sistema de drenagem de águas do Estádio de Braga do Arq. Souto de Moura	167
Figura 24 - Funcionamento de um SAAP	172
Figura 25 - Evolução da precipitação anual no Concelho de Lisboa, de 2004 a 2014.	175
Figura 26 - Gráfico de sobreposição da precipitação média mensal (mm) com o consumo médio diário a cada mês de água no CNML	183
Figura 27 - Possível projecto de alteração do Conservatório Nacional de Música, 1870	185
Figura 28 - Área de captação considerada para cálculos.	186
Figura 29 - Potencial de poupança de água segundo a instalação e combinação dos vários sistemas	187
Figura 30 - Esquema em Corte de encaminhamento das águas pluviais até ao reservatório	190
Figura 31 - Esquema em planta de encaminhamento das águas pluviais	191
Figura 32 - Esquema em planta de drenagem das águas dos pátios	191

## LÉXICO E LISTA DE ACRÓNIMOS

Água potável – água própria para consumo.

Água não potável - água que não cumpre os valores paramétricos de qualidade, exigidos para consumo humano na legislação aplicável.

Água pluvial - água precipitada (da chuva) que não foi objecto de qualquer utilização susceptível de a contaminar.

Água negra – água que contém resíduos humanos proveniente de todos os edifícios com saneamento. Inclui água proveniente da sanita e por vezes da cozinha.

Água cinzenta – água residual proveniente de actividades como lavagem de roupa, loiça e tomar banho. Distingue-se da água negra pela sua quantidade comparavelmente reduzida de resíduos químicos e humanos.

ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

APA – Agência portuguesa do Ambiente

CNML – Conservatório Nacional de Música de Lisboa

EWA – European Water Association

EIPW - European Innovation Partnership on Water

INE – Instituto Nacional de Estatística

LT- Low Technology (tecnologia eficiente de baixo consumo)

Perdas aparentes - dizem respeito a água que embora não medida (e/ou faturada) é realmente utilizada (Lisboa E-nova , 2014).

Perdas reais – Traduzem a água realmente perdida na sequência de fugas e/ou roturas na rede de distribuição (Lisboa E-nova , 2014).

Precipitação - fenómeno meteorológico que se traduz na queda de água, no estado sólido ou líquido, na superfície terrestre.

Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza

RARS - Reutilização de Águas Residuais Saponárias

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

*“Por vezes sentimos  
que aquilo que fazemos  
não é senão uma gota  
de água no mar. Mas o  
mar seria menor se lhe  
faltasse uma gota.”*

– Madre Teresa de  
Calcutá

## PRIMEIRA PARTE

## 1. CONSTRUÇÃO E SUSTENTABILIDADE

### 1.1 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

Atualmente, o termo *sustentabilidade* está em todo o lado, mas ninguém parece saber o que é exatamente, na prática. Foi apenas no final dos anos 70 do séc. XX que o conceito começou a ganhar relevância, ainda que com destaque na questão socioeconómica. O termo sofreu várias alterações até aos dias de hoje devido à inclusão de temáticas como a questão ambiental e a mudança de perspectiva futura e do progresso da humanidade.

Parece relacionar-se, maioritariamente, com aspetos ecológicos e ambientais, quando na verdade há uma panóplia de temas envolvidos que nem sempre são considerados. O uso (e abuso) desta palavra apela à consciência humana para consumo enganoso que nos faz sentir bem por relacionarmos a palavra com o ato de, de alguma forma, “ajudar o ambiente”. Este tipo de *marketing* exige uma análise mais atenciosa e uma perspetiva crítica em relação à atribuição deste adjectivo aos produtos consumidos.

Assim, a definição formal do termo *sustentabilidade*, que até hoje se mantém, foi dada como ponto de viragem em 1987 no relatório de Brundtland. Neste, define-se um desenvolvimento sustentável como aquele “*que dê resposta às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras darem resposta às*

*delas*” (Brundtland, 1987: 9) Por outras palavras, o actual consumo de recursos que nos parecem ser indispensáveis e infinitos pode conduzir a condições de indisponibilidade futura; e é uma responsabilidade universal a reposição conscienciosa desses bens essenciais. O desenvolvimento sustentável está verdadeiramente interligado com questões sociais, ambientais e económicas e pressupõe uma ligação, mais do que interdependência, de simbiose entre as três dimensões. Segundo Luís Barroso, o termo entra como *“propulsor e estímulo para a economia e a integração de medidas de defesa do ambiente na política económica”* (Barroso, 2010: 3). No entanto, é muito mais que isto: se pode ser apenas resumido como um método destinado a dar resposta às necessidades básicas sociais e ambientais, inclui também a educação, o lazer, a qualidade de vida (Pinheiro, 2006).

## 1.2 APLICAÇÃO DO CONCEITO

Assistimos, atualmente, a um crescimento populacional extraordinariamente rápido: no último século, a população mundial triplicou e desde os anos 60 do séc. XX registou-se uma duplicação da população existente até então. As causas estão relacionadas com a progressiva diminuição da taxa de mortalidade e a crescente melhoria da qualidade de vida. É importante referir que esta melhoria da qualidade de vida (que grande parte do mundo ocidental observa, hoje) resulta num aumento gradual da população envelhecida. Desta forma, os padrões do estilo de vida da população também evoluíram consideravelmente, o que resulta numa cada vez maior procura de recursos, uma oferta gradativamente menor e uma reposição cada vez mais escassa.

Rijsberman (Ven, 2000), Diretor Geral do Instituto Internacional de Gestão de Água (IWMI), defende que uma das principais causas na falha de implementação de um sistema sustentável está na variedade de soluções propostas pelas mais diversas entidades sobre as diferentes temáticas, ainda que todas estas defendam a mesma causa maior (Ven, 2000). O facto de cada investigador, ambientalista ou projetista evidenciar os seus próprios interesses e especificidades racionais na resolução de um problema faz com que, na verdade, pareça muito mais difícil implementar uma

resolução que poderia até ser, na prática, simples e eficaz (Barroso, 2010).

O desenvolvimento sustentável não é, então, *“um estado fixo de harmonia, mas antes um processo de mudança no qual a exploração de recursos, a direcção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais são compatibilizadas com as necessidades futuras e com as presentes”* (Brundtland, 1987: 9).

## 1.3 SUSTENTABILIDADE EM ARQUITETURA

O setor da construção civil tem um impacto ambiental muito significativo: *“A responsabilidade por grande parte dos danos ambientais de hoje – destruição de florestas e rios, poluição do ar e da água, destabilização do clima – pertence à construção de edifícios modernos”*<sup>1</sup>(N. Lenssen, 1995: 95).

Os autores de *“A Evolução do Desenvolvimento Sustentável”* (Sexton, Barrett and Lu, 2008) afirmam que o sector da construção é responsável pelo consumo de cerca de um terço do total da energia, a nível mundial, sendo que entre 13 % e 30 % da totalidade dos resíduos produzidos são consequência direta da construção e demolição de edifícios. Mais que isso, estima-se que a indústria de construção, incluindo a produção de materiais, use entre 17 % a 50 % da totalidade dos recursos naturais extraídos pelo Homem, tais como água, madeira, pedra e combustíveis fósseis. Isto significa que o sector construtivo é, provavelmente, o mais expressivo consumidor de recursos naturais e que a reposição destes recursos se faça, maioritariamente, sob a forma de resíduos provenientes da demolição.

A construção sustentável, tal como o nome sugere, refere-se à aplicação da definição de sustentabilidade às funções relacionadas com o setor construtivo. Trata-se de integrar o Homem na natureza e não o contrário (Barroso, 2010). Charles J. Kibert definiu, na Primeira Conferência Mundial sobre a Construção Sustentável (1994), *“a criação e gestão responsável do ambiente construído, baseado nos princípios ecológicos e no uso eficiente de recursos.”* (Barroso, 2010: 8).

Nessa primeira e inovadora conferência, foram determinados os seguintes princípios

<sup>1</sup> Tradução livre do original:

“Responsibility for much of the environmental damage occurring today – destruction of forests and rivers, air and water pollution, climate destabilization – belongs squarely at the doorsteps of modern buildings” (N. Lenssen, 1995: 95).

para a prática de construção sustentável: minimização do consumo de recursos; maximização da reutilização dos recursos; utilização de recursos renováveis e recicláveis, proteção do ambiente natural; criação de um ambiente saudável e não tóxico; fomento da qualidade do ambiente construído (Conseil International du Bâtiment, 1999).

Segundo Barroso (Barroso, 2010), nas gerações que antecedem esta nova vertente arquitetónica, a dita construção “não sustentável” só era aliciante se apresentasse um nível de qualidade satisfatório a um preço justo e conseqüente de boas técnicas construtivas, para que a obra fosse terminada o mais rapidamente possível e o investimento inicial fosse recuperado o mais cedo possível. Este modelo de construção levou a uma emergente necessidade de combater o atual sistema, devido ao seu enorme impacto ambiental, económico e social: *“As medidas essenciais do sucesso da economia não são a produção e o consumo mas sim a natureza, âmbito, qualidade e complexidade do total do capital, incluindo neste sistema o estado físico e psicológico do ser humano que deste fazem parte”*<sup>2</sup> (Gardin, 1993: 58).

A construção sustentável acaba por não se focar apenas na qualidade, no tempo de construção e no custo: equaciona, também, o consumo energético e de recursos, a saúde pública e o impacto ambiental (biodiversidade), contribuindo para uma melhor *“qualidade de vida, desenvolvimento económico e igualdade social”* (Mateus, 2004). Assim, este novo paradigma da construção tem como objetivo integrar as problemáticas sociais, económicas e ambientais no mundo já construído e a construir, no futuro.

<sup>2</sup> Tradução livre do original:

“The essential measure of the success of the economy is not production and consumption at all, but the nature, extent, quality, and complexity of the total capital stock, including in this the state of the human bodies and minds included in the system” (Gardin, 1993: 58).

#### 1.4 REABILITAÇÃO EM PORTUGAL

O conceito de Reabilitação foi definido pelo Comité de Ministros do Conselho da Europa como o procedimento da integração dos monumentos e edifícios antigos no ambiente urbano atual, *“(…) através da renovação e adaptação da sua estrutura interna às necessidades da vida contemporânea, preservando ao mesmo tempo, cuidadosamente, os elementos de interesse cultural”* (Aguilar, 2007: 36).

Atualmente, cerca de 40 % do mercado de construção na Europa é produto de reabilitação (Pinho, 2007). Uma das razões óbvias é o património arquitetónico, histórico, cultural ou memorial protegido e o valor que lhe é atribuído pela sociedade – o que nos leva à segunda razão: o desejo social de salvaguarda é, inevitavelmente, participante no novo quadro económico europeu, sendo consensual a premissa de que do turismo cultural resulta um contributo muito significativo para a economia europeia e particularmente para a portuguesa. É ainda importante referir que a reabilitação do edificado fortalece o sentimento de orgulho e do sentido de legitimidade patrimonial das comunidades locais e, por oposição, a opção pela estagnação, degradação ou reconstrução desenfreada desprovida deste sentido patrimonial contribui apenas para a descaracterização e conseqüente desvalorização do valor cultural do país.

Por razões históricas diversas, em Portugal o valor percentual do edificado reabilitado, comparativamente à média europeia, está ainda longe de ser atingido (fig.1). A Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas estima que 160 mil habitações estavam à venda em Portugal no ano de 2010, valor que demonstra o estado de saturação do mercado imobiliário. Os 25 mil edifícios licenciados em 2011 indicam uma diminuição de 10,5 % face ao ano anterior e apenas 64 % desse valor corresponde à construção de novos edifícios.

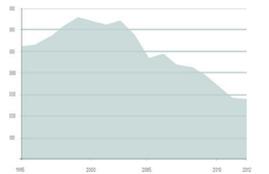


Figura 1

Reabilitações do edificado e construções novas, Portugal, 1995-2012. Fonte: Elaborado pela autora com base em Estatística das Obras Concluídas, INE

As obras de alteração, ampliação ou reconstrução representam 25 % dos quase 28 mil edifícios concluídos no ano de 2011, um aumento de 3,1 % relativamente ao ano anterior.

*“Deste modo, e fundamentalmente em resultado da quebra das construções novas, tem-se verificado uma crescente importância relativa das reabilitações face ao total de obras concluídas”* (Instituto Nacional de Estatística, 2010). Há, então, a expectativa de que este valor se veja progressivamente ampliado em anos vindouros, se a tendência até agora registada se mantiver.

Por fim, grande parte dessas obras de reabilitação corresponde a projetos de ampliação (70 %), o que demonstra não só o desejo de salvaguardar o património cultural e arquitetónico como, simultaneamente, o de dar resposta (mais que ao crescimento populacional, já que houve um decréscimo acentuado a partir de 2003) à crescente exigência da qualidade de vida imposta pela sociedade portuguesa (Instituto Nacional de Estatística, 2010).

### 1.3 REABILITAÇÃO E SUSTENTABILIDADE

O impacto da demolição de um edifício, que no seu ciclo de vida corresponde à sua morte, está dependente da forma como esta intervenção é feita e da perspectiva futura da reciclagem ou reutilização dos materiais daí resultantes. Independentemente desta escolha, o facto é que esta é a fase da vida de um edifício em que a quantidade de resíduos produzidos é maior. Outro facto, consequente do anterior, é o de que o impacto ambiental num projeto de reabilitação pode ser muito menor do que na sua construção de raiz, uma vez que há um maior aproveitamento dos recursos e dos materiais.

No entanto, para além do objetivo de revalorização financeira reaproveitando-se o antigo parque edificado, *“há que conseguir dotá-lo de capacidade de resposta perante as exigências de uma vida contemporânea, de integrar valores sociais, ambientais e de sustentabilidade, e de conseguir soluções economicamente viáveis”* (Pinho, 2007). Esta é, na essência, o verdadeiro sentido da sustentabilidade.

## SEGUNDA PARTE

## 1 ÁGUA ENQUANTO RECURSO

A água é o recurso natural mais precioso para o Homem e fonte de vida para todos os seres vivos no planeta. Trata-se do petróleo do futuro, por ser de importância máxima não só para a qualidade de vida do Homem, como para a sobrevivência da biosfera e da econosfera (Edwards, 2008).

Marina Fischer-Kowalski refere no seu artigo *Society's Metabolism* (Fischer-Kowalski, 1998) que a água e o ar são bens tradicionalmente gratuitos, recursos naturais de propriedade comum e de valor crescente. Um produto passa do estado não económico para económico a partir do momento em que é objeto de um processo de transformação sujeito a um determinado custo financeiro. Por esta razão, a água é habitualmente descrita pelos biólogos como *Cleopatra's Water*: tal como todas as outras substâncias no planeta, estabelece-se vogando num ciclo fechado interminável, de tal modo que, em termos limitados por uma certa dose de emanação literária, podemos pressupor que existe uma séria possibilidade de a água usada no nosso duche matinal ser a mesma que um dia usou Cleópatra, no seu banho de beleza (Ausubel, 1997).

Para introduzir a água enquanto recurso é essencial, antes de mais, ter a consciência de que o ciclo natural da água não é hoje equivalente ao de há milhões de anos

atrás. Antes da presença Humana na Terra, o ciclo hidrológico passava por um processo natural e contínuo de filtragem: as águas pluviais drenavam para os rios que terminam nos oceanos; daí, o processo de evaporação causado pelo calor solar leva de novo a água às nuvens sob o estado de vapor de água, recomeçando um novo ciclo.

A introdução da nossa espécie no Planeta levou à necessidade de controlo ou de gestão deste recurso, ainda que “*apenas nos últimos 10.000 anos a raça humana descobriu como manipular a água para agricultura e pecuária*” (Brown, 2011: 16). Os egípcios foram a primeira civilização de que temos conhecimento ter aproveitado as enchentes dos rios há cerca de 5.000 anos atrás, para a agricultura. Pouco depois, a civilização Grega deu uso ao seu conhecimento científico e criou aquedutos, cisternas, casas de banho públicas e fontes até então nunca considerados. Os Romanos deram continuidade ao desenvolvimento destes sistemas hidráulicos: a água era então considerada um bem precioso e a sua chegada através dos aquedutos às zonas urbanizadas eram celebradas com a construção de fontes que, ainda nos dias de hoje, representam pontos de ajuntamento social nas cidades. Assim, a contribuição destes povos permitiu uma grande melhoria das condições de sanidade que estiveram em falta posteriormente durante a idade média: estes mecanismos deixaram de estar em uso, o que contribuiu naturalmente para a proliferação de epidemias por toda a Europa. Apenas no séc. XIX ressurgiu a necessidade de implementar um sistema de abastecimento público e drenagem de águas negras (Brown, 2011).

A revolução industrial trouxe consigo uma série de inovações para a gestão de água que provocaram uma mudança radical no ciclo hidrológico, como a invenção do sistema de bombeamento que permite a captação de água de lagos e rios através de um sistema mecânico. A explosão demográfica que então sucedeu, juntamente com o crescente conhecimento tecnológico, levou a que o índice de consumo deste recurso aumentasse exponencialmente.

Devido a esta exigência, algumas regiões foram hidrologicamente exploradas em demasia: o desaparecimento progressivo do Mar de Aral é um dos maiores exemplos.

<sup>3</sup>Tradução livre do original:

“a superior substitute for the ‘natural’ reality that is being depleted by the sheer density of human consumers”. Retirado de (Brown, 2011) citando (Koolhaas, 1994).

Nos anos 60, o lago profundo e rico em biodiversidade foi cedido para fornecer água a indústrias de cultivo de algodão. Após 40 anos, o seu volume diminuiu em 75 % devido a fatores antropogénicos (Kibert, 2008).

Ora, este consumo tomou uma dimensão tão grande que se tornou urgente a invenção de um processo mais rápido que o ciclo natural da água, isto é, a reposição deste recurso tinha de ser muito mais rápida que a que o ciclo existente oferece (fig. 2). Rem Koolhaas afirma que a estas inovações tecnológicas não são agentes de melhoria objectiva e quantitativa, mas sim “um substituto superior para a realidade «natural» que está a ser esgotada pela densidade e consumismo humanos”<sup>3</sup>(Koolhaas, 1994).

Figura 2  
Ciclo natural da água, ciclo da água com presença humana e ciclo mecânico da água. Fonte: (Brown, 2011)



<sup>4</sup> Lei de Lavoisier:

“Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”

A natureza oferece-nos todos os recursos de que precisamos para sobreviver, mas a exploração e gestão destes recursos excede os limites da capacidade do planeta para os regenerar: temos tendência em considerar os processos de produção e consumo como excepções à Lei da Conservação da Massa<sup>4</sup>. No processo hidrológico contínuo (o tal ciclo fechado interminável), a água é reutilizada e regenerada à medida que viaja lentamente por várias fases e estados químicos sem nunca sair desse ciclo, sem se multiplicar ou dividir.

No entanto, não há garantia de que a água usada nesses processos de produção e consumo voltem de facto ao local de onde partiram, o que significa que “as actividades humanas e a necessidade de água têm de ser consideradas no contexto – um litro de água num reservatório tem mais valor que uma nuvem sobre o Oceano Pacífico”<sup>5</sup> (Graham J. Treloar, 2004).

<sup>5</sup> Tradução livre do original:

“human activities and their demand for water need to be considered in context – a litre of water in a reservoir is more valuable as a resource than a cloud over the Pacific Ocean” (Graham J. Treloar, 2004).

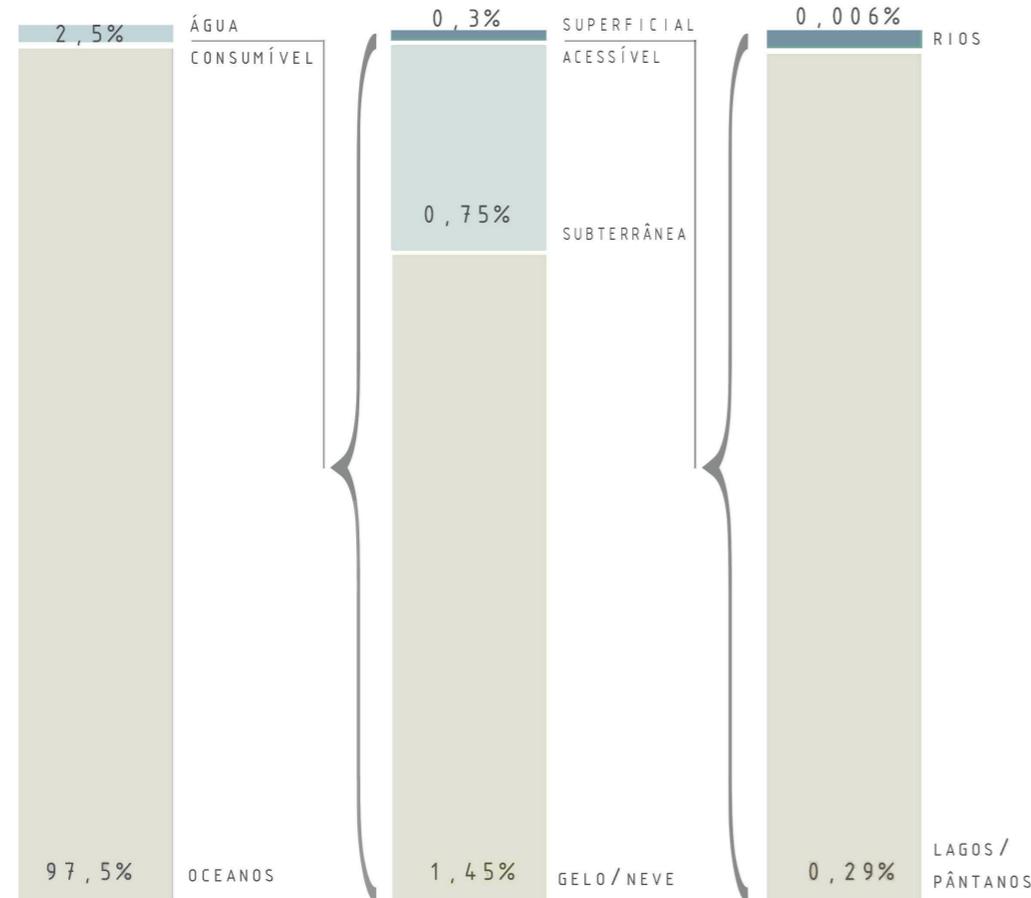
## 2 DADOS QUANTITATIVOS DE ÁGUA NO MUNDO

Apenas 2,5 % de toda a água no nosso planeta é consumível e, dessa quantidade, três quartos está sob a forma de glaciares, camadas permanentes de neve ou lençóis de água subterrâneos, não sendo possível a sua extracção. Assim, como demonstra a figura 3, menos de 1 % da água doce é superficial e acessível, isto é, proveniente de rios, lagos, águas no solo e aquíferos subterrâneos (Bryson, 2003), o que perfaz um total de 0,01 % de água potável consumível em todo o Planeta Terra (Barroso, 2010). Desta forma, “se toda a água do mundo coubesse num garrafão de cinco litros, a quantidade de água potável disponível seria menos que uma colher de chá” (Parra, 2015).

A distribuição mundial de água consumível é, naturalmente, injusta, uma vez que está inevitavelmente ligada a condicionantes geográficas e climatéricas: mais de metade da água existente infiltra-se na Ásia e América do Sul; uma contingência (e sempre o foi) desde os primórdios da Humanidade: as enormes distâncias a percorrer por esses recursos hídricos até aos locais de assentamento geográfico. Esta é a principal razão pela qual, por exemplo, o povo Egípcio se instalou definitivamente nas margens do rio Nilo. Este facto leva a que todas as instalações necessárias ao transporte de água aos locais onde esta não chega de forma natural sejam um investimento considerável em prol da qualidade de vida em sociedade. Esta exigência não está em causa, mas a forma como actualmente a rede de abastecimento de água aos vários sectores está delineada põe-se em questão, pois, muitas vezes, o transporte a longas distâncias é desnecessário.

Figura 3

Quantidade de água no mundo. Fonte: elaborado pela autora com base em (USGS, 2015).



## 2.1 PROCURA DE ÁGUA NOS PAÍSES EM VIAS DE DESENVOLVIMENTO

Nos países ditos de terceiro mundo as preocupações ambientais não são, de todo, prioritárias, mesmo que estas estejam intimamente ligadas com questões socioeconómicas que lhes dizem respeito. A abordagem da resolução de problemas relativos à sustentabilidade ambiental tem, assim, de começar pelos países desenvolvidos.

Apesar do facto de, segundo Barroso (Barroso, 2010), o acesso à água potável estar em constante crescimento por parte da população, (em 1990 cerca de 79 % da população tinha acesso a água potável e em 2000 aumenta para 82 %) em 2003, durante o Dia Mundial do Ambiente, o Secretário-geral das Nações, Unidas, Kofi Annan, referiu que uma pessoa em cada seis não tinha acesso a água potável e cerca de 2,4 biliões de pessoas não tinham condições de saneamento adequadas. Estudos recentes demonstram que, em 2050, mais 2,3 biliões de pessoas vão viver em carência de recursos hídricos (European Commission, 2012) e está previsto que, “em 2030, o mundo terá de produzir mais 50 por cento da alimentação e energia e 30 por cento mais água potável tendo em conta uma presumível adaptação às mudanças climáticas”<sup>6</sup> (Beddington, n.d.).

Este facto está intimamente ligado com a saúde pública, uma vez que a água contaminada é das principais causas de morte no mundo, predominantemente, em países em vias de desenvolvimento<sup>7</sup>. Actualmente, por causas directas ou indirectas relacionadas com a falta de saneamento básico ou acesso a água potável, 5 milhões de pessoas morrem por ano (Guedes, 2011). É essencial a implementação de medidas que privilegiem o consumo seguro deste bem essencial e que possibilitem o acesso a condições de saneamento adequadas – este é o primeiro passo no combate à pobreza e na promoção e progresso económico dos países em vias de desenvolvimento.

<sup>6</sup> Tradução livre do original:

“by 2030 the world will need to produce 50 per cent more food and energy, together with 30 per cent more available fresh water, whilst mitigating and adapting to climate change” (Beddington, n.d.)

<sup>7</sup> Doenças como a cólera, disenteria, febre tifóide, esquistossomose, ancilostomíase e tracoma têm origem nos resíduos humanos, animais e industriais depositados nas mesmas águas que são consumidas pela população.

Julia King, vencedora do prémio *Emerging Woman Architect of the Year* pelo *Architecture Journal*, em 2014, compreendeu que a última coisa que a comunidade de Savda Ghevra na Índia precisava era de uma intervenção arquitetónica, palavra aqui usada no seu sentido mais tradicional. Numa entrevista, a arquiteta afirma que, apesar de alguns membros da comunidade já serem especializados na construção de casas, os sistemas de esgoto nunca houveram sido implementados. Ao trabalhar através de um processo bottom-up e em contacto directo com as comunidades mais necessitadas, King questiona os limites da sua profissão como arquiteta: “*O foco na arquitetura como uma forma de arte é ainda endémico; no entanto isto está a mudar, ainda que lentamente*” (King, 2014).

## 2.2 ÍNDICES DE CONSUMO DE ÁGUA NA EUROPA

Não existe um consenso internacional acerca do consumo padrão de água para as necessidades humanas. Segundo a World Health Organization (WHO), o consumo de água diário necessário para sobreviver é de cerca de 10l. Segundo Pedroso (Pedroso, 2009), a quantia é 80 l/dia.pessoa. A Agency for International Development defende, no entanto, que a quantidade de água necessária para manter um nível de vida razoavelmente bom é cerca de 100 l/dia.pessoa. Na realidade, o consumo deste recurso nos Estados Unidos é quatro vezes maior, cerca de 400 l/dia.pessoa. Se a esse valor incluirmos o uso de água para a indústria e agricultura obtemos 7 000l de água por dia por pessoa – uma quantidade notável de um recurso natural limitado e precioso (Kibert, 2008).

Mundialmente, nos últimos 50 anos, a exigência de abastecimento de água subiu para seis vezes mais que nos anos 40 (Shiklomanov, 1993). “*A melhoria contínua do nível de vida das famílias está a mudar os padrões da procura de água*” (Lopes, 2010: 29), o que resulta numa percentagem muito alta de água consumida domesticamente. O sector agrícola é, sem dúvida, o que mundialmente utiliza mais água de captação, representando 70 % do consumo total de água de captação a nível mundial. Esta percentagem vai ter de competir com a necessidade crescente de água para o sector urbano, nomeadamente o doméstico (Shen Y, 2008).

Embora o abastecimento público de água não seja exclusivamente para o uso doméstico, a Agência Europeia do Ambiente (EEA) constata que entre 60 a 80 % do abastecimento público em toda a Europa é consumido pelo sector doméstico (European Environment Agency, 2009).

A Associação Europeia da Água (EWA) demonstra que o Reino Unido tem o consumo *per capita* mais elevado da Europa, seguindo-se Espanha, França e Portugal com o 4º maior consumo de água (fig. 4) (European Water Association, 2005).

Segundo a Agência Europeia do Ambiente, 44 % da água na Europa é usada para a produção de energia, 24 % na agricultura, 21 % no abastecimento público e 11 % na indústria. No entanto, os consumos médios de água variam significativamente de país para país segundo múltiplos factores que condicionam o consumo, nomeadamente, a densidade e distribuição populacional, o uso de cada sector económico, os hábitos e a cultura (Lopes, 2010). Assim, em alguns países, grande parte da água captada reverte para a agricultura, como é o caso de Portugal, enquanto noutros países o sector industrial exige uma quantidade maior.

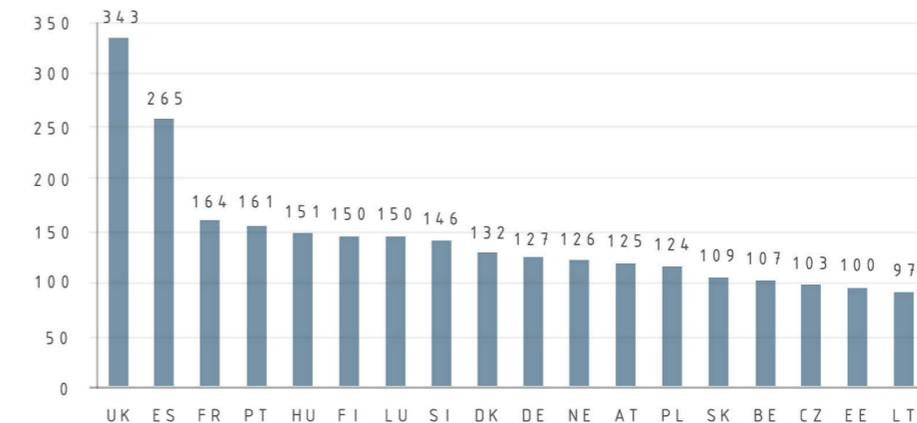


Figura 4

Consumo doméstico de água europeu (l/pessoa.dia).  
Fonte: elaborado pela autora com base em (Lopes, 2010)

### 3 MUDANÇAS CLIMATÉRICAS

Vivemos, atualmente, numa época de mudanças climáticas que só vem a agravar a já abismal diferença na distribuição da água potável do planeta. Na Europa, quase metade da água de nascente está em risco de não atingir um *estado ecológico aceitável*, o que significa que acarreta efeitos adversos para a saúde humana e para o meio ambiente (European Commission, 2012: 5).

A escassez de água e as secas afetam já um terço do território europeu. Entenda-se como desertificação o processo de erosão do solo, que se torna árido e provoca o desaparecimento progressivo das áreas verdes. Esta extinção local da flora fomenta, também, uma diminuição na pluviosidade, criando-se, assim, um ciclo de degradação do solo e da biodiversidade.

A figura 5 demonstra que em Portugal “o fenómeno de desertificação acentuou-se bastante nos últimos 50 anos” (INE, 2011: 78). De facto, até aos anos 90, cerca de um terço do nosso país apresentava indícios de desertificação, com especial acentuação na zona sul. Desde 2000, a percentagem de risco quase duplicou e em 2010 62 % do território português apresentava áreas susceptíveis à desertificação (INE, 2011). Em 2015, “mais de 90 % de Portugal continental encontra-se em situação de seca meteorológica fraca a moderada e 7 % do território regista uma seca severa” (Diário de Notícias, 2015) uma vez que desde o início do ano que os valores de precipitação se encontram abaixo do normal.

Por outro lado, as cheias são cada vez mais frequentes. Entenda-se por cheia o fenómeno repentino que, por norma, acontece posteriormente a uma precipitação mais intensa e em que há um transbordo do leito natural da água. Isto acontece porque os níveis de precipitação nacionais são cada vez mais díspares ao longo do ano, com picos cada vez mais intensos e intervalados por longos períodos de seca.

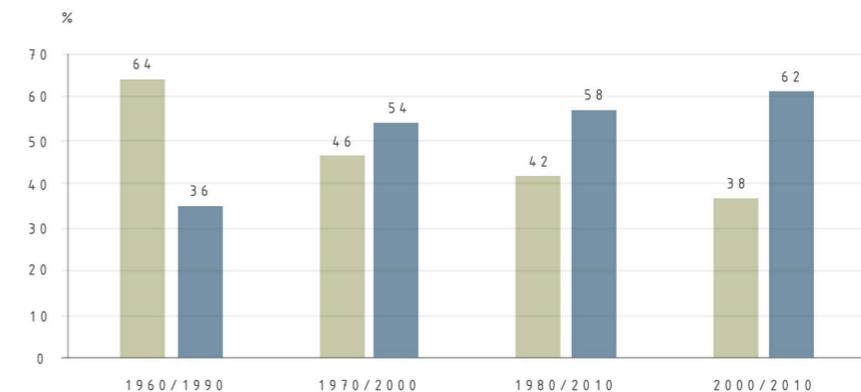


Figura 5

Síntese das áreas suscetíveis à desertificação em Portugal Continental (%). Fonte: elaborado pela autora com base em (INE, 2011)

■ Áreas não suscetíveis (húmidas e sub-húmidas)  
■ Áreas suscetíveis (sub-húmidas e secas)

## 4 LIMITAÇÕES E DIFICULDADES

A Europa é líder no sector da exploração global de água; explora os limites das potencialidades dos recursos hidráulicos, enquanto continua a delinear planos estratégicos para potenciar a sua gestão. No entanto, esses conhecimentos técnicos estão ainda dispersos e, muitas vezes, desligados de planos de ação globais ou de estratégias de garantia de manutenção dos recursos financeiros necessários.

Como já referido, a investigação tem mostrado bons resultados, mas falha no processo de transformação do conhecimento em valor acrescentado para a sociedade e para os mercados, facto intimamente dependente da legislação e dos interesses governamentais da Europa enquanto macro-entidade mercantil, e em cada um dos países que desta fazem parte, cuja cooperação flui no leito de perspetivas políticas intrínsecas (European Innovation Partnership on Water, 2014).

De acordo com Janez Potocnik, Comissário Europeu para o Ambiente, muitas vezes o necessário, mais do que ideias inovadoras, é o uso das ferramentas atuais de uma forma diferente ou mais eficiente. Para isso, é urgente a mudança de perspetiva dos *stakeholders* em relação à problemática e respectivas soluções – agir no sentido de enfrentar estes desafios não pode ser visto como custo, mas sim como investimento. A colaboração e a sinergia entre entidades envolvidas torna-se, assim, fundamental: utilizadores, investigadores, agentes do sistema tecnológico legisladores têm de cooperar fortemente entre si (European Commission, 2012).

É evidente que a construção e adaptação das atuais infraestruturas na Europa e nos outros continentes exige um investimento económico colossal, a maior barreira a ultrapassar. A solução passa por manter uma visão ampla das dificuldades a longo prazo e, simultaneamente, reagir com eficácia perante as situações de curto prazo. É um longo processo que exige esforço, iniciativa e dedicação por parte de todos, mas que é possível. Considerados todos os benefícios económicos, sociais e ambientais de uma boa gestão da água, o processo para a implementação de medidas práticas é, no entanto, extremamente lento.

A incerteza nos padrões de consumo, embora assentes numa estimativa e não num valor exacto (Barroso, 2010), também leva a um certo sentimento de ceticismo. Apesar da profusa quantidade de dados relativos ao consumo de água no sector doméstico, ligeiras variações induzidas por condicionantes várias, deixam no ar uma definição estatística dúbia, como será descrito adiante.

Para começar, é difícil selecionar consumidores típicos e dispostos a participar nos estudos, daí que grande parte das conclusões decorram da análise de dados das faturas de consumo mensal de água. Um habitante que faça consumos excessivos, por exemplo, não estará, em princípio, predisposto a participar em estudos deste carácter. Os factores socioeconómicos são, também, relevantes, nesta perspetiva: é mais provável que a amostra seja representada por indivíduos do mesmo grupo social e económico (Barroso, 2010). Por outro lado, devem ser tidos em conta os efeitos da consciencialização do estudo por parte da amostra, pois é sabido que estes efeitos acabam por provocar alterações nos padrões comportamentais e variações significativas nos dados analisados (efeito *Hawthorne*).

Os resultados podem ainda sofrer as vicissitudes da conformidade dos fatores sociogeográficos: a seleção das habitações e o estado de conservação do edifício pode conduzir a uma diversificação considerável das amostras e dificuldades acrescidas nos estudos; a distribuição da população influencia os índices de consumo de água de uma determinada localidade, aumentando quando a população é maior, existindo a mais que presumível possibilidade de este acréscimo de consumo per capita se imputar aos desperdícios por descuido pessoal (mais pessoas, menos zelo, por falta de controlo) ou às perdas nas respetivas redes de distribuição; o turismo acarreta variações significativas, uma vez que a troca constante de habitantes no mesmo edifício pode levar a oscilações no consumo; a população jovem (crianças e adolescentes) pode também alterar os consumos, uma vez que estas faixas etárias despendem, por natureza, mais recursos energéticos e evidenciam, em simultâneo, maior insensibilidade quando confrontados com questões de rentabilização racional desses recursos.

## 5 INFLUÊNCIA SOCIAL NO CONSUMO DE ÁGUA

Durante a Era Industrial, “*as barragens, torres de armazenamento de água, sistemas de canalização e semelhantes eram comemorados como ícones ilustres, sendo cuidadosamente ornamentados e vistosos na cidade de forma a demonstrar a modernidade e a promessa do progresso*”<sup>8</sup> (Brown, 2011).

Tradução livre do original:

“dams, water towers, sewage systems, and the like were celebrated as glorious icons, carefully designed, ornamented, and prominently located in the city, testifying to the modern promise of progress” (Brown, 2011).

A industrialização e o fácil acesso deste bem para toda a sociedade levaram a uma progressiva desvalorização ética e sensorial da água. As questões sociodemográficas e educativas têm um peso muito significativo nos índices de consumo de água. Num estudo feito ao consumo de água no sector doméstico em Florianópolis (Marinoski et al., 2014) concluiu-se que o padrão de consumo está intimamente ligado ao estilo de vida: curiosamente, o grupo social com o vencimento mensal menor correspondia ao grupo com maior índice de consumo – 152 l/dia.pessoa – enquanto o grupo social com um vencimento correspondente ao dobro indicava um consumo 35 % inferior – 112 l/dia.pessoa.

No entanto, quando questionados acerca dos seus hábitos de consumo, o grupo social com vencimento superior (e de gasto inferior) considerava que tinha padrões de consumo superiores, enquanto o grupo social com vencimento inferior (e consumo superior) considerava que os indicadores da sua utilização poderiam corresponder à média nacional.

Fatores educativos podem justificar esta asserção: a principal razão pela qual a implementação de medidas práticas de poupança não é ainda uma prioridade é o simples facto de a água ainda ser considerada, pela população geral, como um recurso infinito, de fácil acesso e barato nos países desenvolvidos: “*Enquanto o poço não seca, não sabemos dar valor à água*” (Fuller, 1732: 237). Assim, parece conforme a ideia de que a educação ambiental representa um papel fulcral na mudança de mentalidades - o aspeto sociocultural, os hábitos, a consciencialização por parte da comunidade para que se obtenham os resultados esperados.

Um estudo feito em Murrumbidgee Basin na Austrália (Sivapalan, 2014) demonstra

que a consciencialização da população relativamente aos impactes ambientais e económicos devido a um longo período de seca provocou uma mudança radical nos consumos de água, mesmo quando esta recuperou a capacidade de resposta à procura populacional. No entanto, esta mudança não teria sido possível se a consciência política e a inerente legislação a não tivesse acompanhado. A consciencialização de que um uso eficiente de água é indispensável em Portugal já foi reconhecida como prioridade nacional através do Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água (PNUEA).

## 6 EFICIÊNCIA NA GESTÃO DE ÁGUA

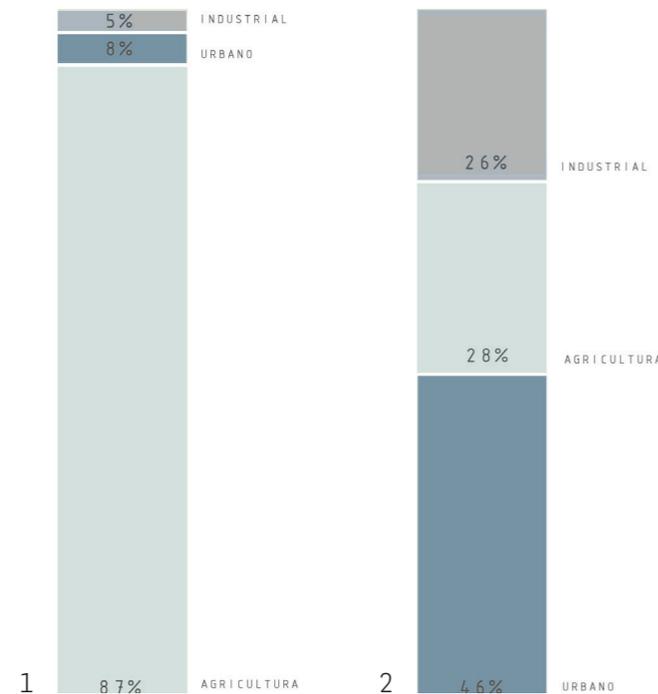
A Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2014) afirma que é imperativa a melhoria da eficiência do uso da água devido: ao seu valor intrínseco, pois trata-se, como já referido, de um recurso limitado cuja gestão, conservação e gestão são absolutamente necessárias para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas e da sociedade; à sua importância estratégica, uma vez que o aumento das reservas de água é fundamental no nosso país para dar resposta à crescente procura deste bem; ao seu valor económico, por se tratar do recurso mais valioso (ao reduzir os gastos necessários para mover, processar e proceder ao tratamento da água, também o próprio custo da água e das instalações necessárias será reduzido); ao imperativo ético inerente à sobrevivência das gerações que nos seguem; e, por fim, por ser uma obrigação do país em termos normativos.

De uma forma geral, a redução do consumo de água é da responsabilidade e do maior interesse de todos. Assim, a organização de campanhas para a consciencialização e a motivação da população é o primeiro passo a tomar, incentivando a utilização de sistemas de eficiência hídrica bem classificados e o uso ponderado da água potável; a propalação de toda a informação acerca das soluções a serem consideradas é outro aspeto a ter em conta.

### 6.1 CONSUMO DE ÁGUA POR SECTOR EM PORTUGAL

Em Portugal, o setor agrícola é, em termos de volume, o mais dispendioso: representa cerca de 87 % da quantidade total de água captada. Os gastos urbano e industrial resumem-se, respetivamente, a 8 % e 5 %. No entanto, o consumo da água de distribuição difere substancialmente dos valores acima referidos, sendo que o sector doméstico representa um consumo de cerca de 83 % do total (fig. 6). É importante compreender que a água de distribuição passa por processos de tratamento que o uso para a agricultura não exige, o que tem por consequência custos muito mais elevados.

Figura 6  
Relação entre consumo de água captada (1) e custo dos gastos de utilização por sector (2) em Portugal.  
Fonte: elaborado pela autora com base em (Barroso, 2010).  
1 - consumo de água total captada por setor em Portugal  
2 -Custo dos gastos totais de utilização por setor em Portugal

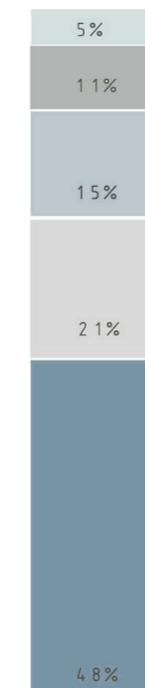


A redução parcelar do consumo de água no setor doméstico e a adoção de medidas de eficiência do uso de água podem, então, parecer medidas supérfluas quando os resultados obtidos se comparam com os do consumo médio da agricultura. Ainda assim, em termos de custo, a percentagem de consumo doméstico corresponde, na verdade, a quase metade dos gastos totais de utilização pelos diferentes setores: 875 milhões de euros por ano para o uso urbano, 524 milhões de euros por ano para uso agrícola e 484 milhões de euros por ano para o setor industrial (Cardoso, 2010).

A justificação prender-se-á com o facto de a água potável ser tratada como resposta a padrões de elevada exigência de qualidade; daí que os custos de captação, tratamento e transporte sejam também mais significativos e se tornem superiores aos custos de água não tratada. A figura 7 apresenta os valores para a utilização de água no distrito de Lisboa:

Figura 7  
Consumo de água potável no Conselho de Lisboa.  
Fonte: elaborado pela autora com base em: EPAL

- Comércio e indústria
- Consumo doméstico
- CML
- Estado e outras instituições
- Estado e outras instituições



### 6.1.1 PERDAS DE ÁGUA

Estima-se que o valor médio de perdas no transporte de água entre a captação e o consumidor seja de 40 %, tanto no setor agrícola como no setor urbano, obtendo-se custos associados às perdas mais elevados para o uso urbano por este exigir um nível de qualidade de água e infra estruturas associadas mais elevado. Pinheiro (Pinheiro, 2006) afirma que, no domínio do abastecimento de água potável, a nível nacional, as perdas de água na rede de abastecimento rondaram, em 2003, os 35 %, existindo cinco municípios onde as perdas atingem valores superiores a 50 %.

Segundo dados mais recentes, a nível nacional, cerca de 426 milhões de litros de água potável são diariamente desperdiçados, representando 19 % de toda a água que é injectada nas canalizações em todo o país. Isto significa que “*um em cada cinco litros de água captada, tratada e pronta a ser consumida perde-se pelo caminho e não chega às torneiras*” (Garcia, 2015). O artigo acrescenta ainda que as perdas reais variam de 2 % em Boticas a 70 % em Murça, ambos no distrito de Vila Real, demonstrando uma imensa discrepância em áreas muito próximas.

No conselho de Lisboa durante a última década foram feitos grandes esforços no sentido de reduzir as perdas de água dentro do conselho. As metodologias de monitorização e controlo da rede de distribuição implementadas pela EPAL levaram a que o volume de água realmente perdido sofresse uma redução de cerca de 75 %, passando de 19,5 em 2004 para 5,2 milhões de m<sup>3</sup> de água perdida em 2014.

As soluções encontradas para o distrito de Lisboa devem ser urgentemente aplicadas em outros distritos para que o valor das perdas se aproxime de zero.

### 6.1.2 CONSUMO DOMÉSTICO

Curiosamente, o setor doméstico (dentro da parcela do uso urbano) apresenta percentagens de consumo bastante superiores à média europeia – entre 83 e 86 %, quando a média europeia está entre 60 e 80 % (INAG, 2009).

Existe uma grande disparidade de valores de consumo *per capita* em Portugal. Fatores como o forte turismo (principalmente relacionado com praia) e a existência de moradias com vastas áreas ajardinadas numa região onde a pluviosidade durante o Verão é escassa faz com que a região algarvia apresente os valores mais elevados de consumo: “*Em Albufeira, a quantidade total de água gasta dividida pela população resulta em 635 litros per capita. Vila do Bispo (480), Lagoa (458), Castro Marim (445), Loulé (378) e Lagos (375) vêm a seguir*” (Garcia, 2015). No topo estão empreendimentos turísticos servidos por sistemas próprios de abastecimento Vilamoura, em Loulé, apresenta um consumo médio de 2.117 l/dia.pessoa. Em contrapartida, no conselho de Paredes a média de consumo está calculada em 85 l/dia.pessoa devido a captações privadas para uma parte da utilização da água.

Apesar da enorme inconstância de dados, segundo a Associação Europeia da Água (EWA) o valor da capitação média nacional ronda os 161 l/dia.pessoa. Em 2009, o valor foi em média de 175 l/dia.pessoa (Cardoso, 2010), o que demonstra o progressivo aumento do consumo ao longo das últimas décadas. A progressiva melhoria na qualidade de vida levou a um maior consumo de água abastecida, principalmente em atividades relacionadas com a higiene.

Especificamente no distrito de Lisboa, “*a capitação doméstica sofreu uma redução de 152 litros/hab.dia em 2004 para 142 litros/hab.dia em 2014*” (Lisboa E-nova, 2014: 42) em resultado de uma maior sensibilização de operadores e consumidores para o uso eficiente da água e um declínio do número de habitantes na capital.

Numa habitação em Lisboa, os duches representam quase metade do consumo total de água, seguindo-se o autoclismo com 22 % do consumo total (fig. 8).

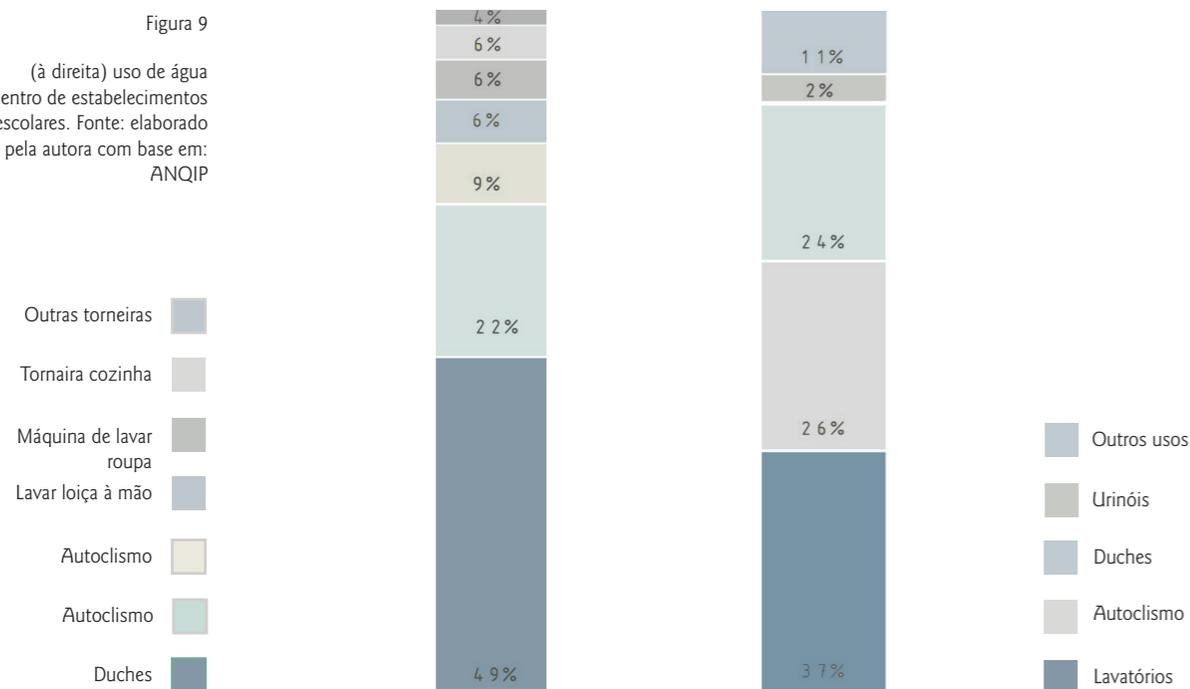
### 6.1.3 CONSUMOS NÃO-DOMÉSTICOS

No conselho de Lisboa, o consumo não-doméstico representa 52 % do consumo total da água de distribuição. Dessa parcela, 32 % é usado pela CML para funções como rega de espaços verdes (52 %) e lavagem de ruas (21 %). Os restantes usos são essencialmente dependentes da função dos edifícios públicos (Lisboa E-nova, 2014).

Em edifícios públicos, 75% ou mais do total de água distribuída é usada para descargas de autoclismos, um valor muito superior aos índices residenciais. Segundo Cook, Sharma e Gurung (Cook, 2014), os usos escusadamente potáveis em edifícios públicos, como descargas de autoclismo e ar condicionado, representam entre 50% a 90% do consumo total de um edifício.

Figura 8  
(à esquerda) consumo doméstico de água potável no Conselho de Lisboa. Fonte: elaborado pela autora com base em: EPAL

Figura 9  
(à direita) uso de água dentro de estabelecimentos escolares. Fonte: elaborado pela autora com base em: ANQIP



O consumo de água em edifícios não-domésticos depende essencialmente da sua função. Segundo a ANQIP, nas piscinas e pavilhões desportivos o índice de consumo dos chuveiros relativamente aos outros usos é superior à média (41 % e 51 % respectivamente). Para os edifícios de serviços administrativos, os consumos nos lavatórios e autoclismo são os mais significativos relativamente aos outros usos de água potável: 35 % e 40 % respectivamente.

Em estabelecimentos escolares, os lavatórios das casas de banho e o autoclismo representam os gastos mais significativos na totalidade do consumo (fig. 9).

A ANQIP calculou também os gastos médios por pessoa por dia em edifícios não-domésticos, incluindo nestes dados funcionários e utentes, valores apresentados na tabela I.

Num estudo feito a 25 escolas em várias regiões do país, foi concluído que a média de consumo é de 21 l/dia.pessoa dentro das instalações escolares (Quercus, 2012) um valor muito semelhante ao obtido nos estudos da ANQIP.

Tabela I

Média de gastos de água potável em edifícios não residenciais

Tipo de edifício	Consumo (l/ pessoa.dia)
Administrativo	30
Piscinas públicas	70
Pavilhões desportivos	20
Centros escolares	20

## 7 WATER FOOTPRINT<sup>9</sup>

Ao contrário do carbono em que o impacto é reflectido num único indicador (*Global Warming Potential* ou GWP), o cálculo do impacto do uso de água depende não apenas de dados quantitativos de consumo mas de uma série de diferentes factores: geográficos, meteorológicos, a altura do ano em que a água em consumida, o impacto social e qualificativo, entre outros. Esta complexidade de critérios e respectivas consequências nos consumos, faz com que se torne praticamente impossível resumir o impacto a um único factor (Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2012).

O conceito de Water Footprint de um produto ou serviço representa a quantia

<sup>9</sup> A tradução seria pegada de água mas optou-se por usar o conceito original, water footprint.

Tradução livre do original:

“about 97 % of your water footprint is ‘invisible’, it is related to the products you buy in the supermarket” (Hoekstra, n.d.).

total de água usada para a produção ou fornecimento desse produto ou serviço. Este termo é normalmente entendido como a quantidade de água gasta por cada pessoa, por dia, nas suas atividades essenciais, como cozinhar, tomar banho e usar o autoclismo. No entanto, a maior fonte de consumo de água não é geralmente considerada: a produção e transporte de produtos, nomeadamente alimentares: “cerca de 97 % da nossa pegada de água é ‘invisível’, está relacionada com produtos que compramos no supermercado”<sup>10</sup> (Hoekstra, n.d.).

De facto “não há nada que façamos no nosso dia-a-dia que não inclua (ou tenha incluído) gastos de água” (Observador, 2015); para produzir um par de calças de ganga são necessários 7 600l e para uma T-shirt o valor aproximado é 2 460l. No entanto, a produção alimentar é o sector que exige um maior consumo de água. Para o demonstrar, a Water Footprint Network afirma que a produção de um quilo de carne de vaca usa, na sua totalidade, 15 000l de água (Hoekstra and K.Chapagain, 2008); uma chávena de café exige, para a sua produção, 140l de água; uma maçã, 124l; um litro de azeite, 15 100l de água (Observador, 2015).

É importante referir que estes dados estão dependentes dos mais diversos factores, incluindo transporte, distância percorrida e o tipo de processos pelos quais os produtos têm de passar. Isto significa que a *water footprint* de uma maçã em Portugal não é a mesma de uma maçã na Austrália.

O criador do conceito de Water Footprint, Professor Arjen Y. Hoekstra, defende, então, que os problemas de gestão de água estão frequentemente ligados à estrutura económica global e muitos países são obrigados a externalizar a sua pegada de água, isto é, importar produtos que necessitaram de quantias de água consideráveis para a sua produção. Portugal utiliza fora da sua fronteira cerca de 60 % do seu consumo total de recursos hídricos; já a China, utiliza apenas 10 % de recursos hídricos no estrangeiro (Hoekstra and K.Chapagain, 2008).

## 7.1 REQUISITOS DE ÁGUA PARA FUNCIONAMENTO DO EDIFÍCIO

É geralmente possível identificar objetivos comuns aos vários sistemas de classificação de edifícios e consumo de água, tais como: “*optimização do potencial do local, preservação da identidade regional e cultural, minimização do consumo de energia, proteção e conservação dos recursos de água, utilização de materiais e produtos de baixo impacte ambiental, adequada qualidade do ambiente interior e optimização das fases de operação e manutenção*” (Barroso, 2010: 29).

## 7.2 QUANTIFICAR O CICLO DE ÁGUA DE UM EDIFÍCIO

Grande parte dos estudos elaborados acerca da sustentabilidade de um edifício “*geralmente negligenciam a consideração de outros recursos e impactos associados com edifícios, incluindo a água*”<sup>11</sup> (Robert, 2014).

O conceito de *Water Footprint* começa, desde a última década, a ganhar relevância. Sabe-se que o sector construtivo é responsável por 12 % do consumo total de água mundialmente, uma percentagem já por si considerável. No entanto, este valor refere-se apenas aos gastos de água directos no processo de construção, sendo que os gastos indirectos não estão incluídos (Crawford, n.d.).

O cálculo integral do consumo de água total num ciclo de vida de um edifício é um exercício de extrema complexidade que exige uma quantidade de tempo excessiva para efectuar todos os cálculos necessários e posterior análise. Trata-se de uma pesquisa minuciosa de toda a água usada na manufactura de materiais, construção, uso e gestão e morte de um edifício (fig. 10).

A *água incorporada* no processo de construção de um edifício inclui, resumidamente, todas as atividades relacionadas com a extração, transporte para local de manufactura, a fabricação e todos os processos envolvidos, a preparação e a distribuição dos produtos, incluindo o seu transporte e, finalmente, a quantidade de água gasta no próprio processo de construção.

O uso e gestão do edifício após o término da sua construção inclui o *uso de água na*

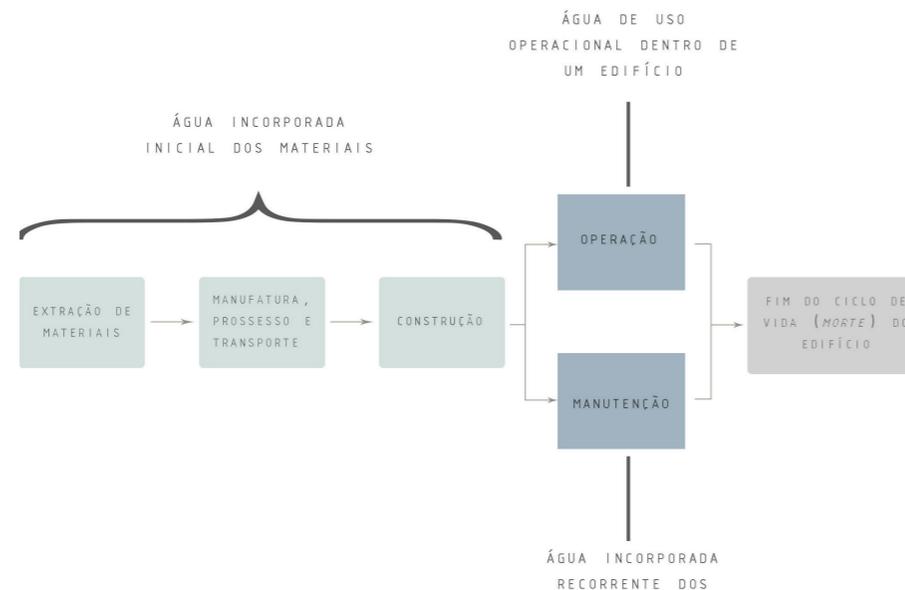
<sup>11</sup> Tradução livre do original:

“often neglect to consider the range of other resource demands and environmental impacts associated with buildings, including water” (Robert, 2014: 1).

*operação do edifício*: aqui são considerados o consumo e gestão de água potável pelos habitantes, o sistema de saneamento, as reparações e as substituições de materiais e o transporte relacionado com a manutenção.

A *morte* de um edifício, isto é, a sua demolição e os resíduos derivados, não é normalmente considerada devido à incerteza associada a esta fase: por norma, 40 anos são o ciclo de vida de um edifício. No entanto, grande parte das construções acaba por se manter por bastante mais tempo que o inicialmente previsto. Relativamente à reciclagem ou reutilização de materiais após a demolição do edifício, não há ainda estudos efetuados que quantifiquem o inerente consumo de água (Stephan and Crawford, 2014).

Figura 10  
Ciclo de vida de um edifício.  
Fonte: elaborado pela autora  
com base em: (Stephan and  
Crawford, 2014).



### 7.3 METODOLOGIAS

Existem hoje três metodologias essenciais para o cálculo integral da água incorporada: a primeira, análise *por processo*, baseia-se em dados específicos fornecidos pelas empresas de manufatura dos produtos; no entanto, esta metodologia sofre de uma grande omissão de dados que se encontram fora de um certo limite de conhecimento das próprias empresas. Esta omissão pode atingir um valor de 87 % de erro no cálculo da água incorporada.

O segundo método, conhecido por análise de *Input-Output*, baseia-se em dados financeiros dos produtos por sector, isto é: ao saber o preço do produto e as tarifas da água aplicadas a cada um dos sectores, é possível calcular a quantidade de água utilizada para a fabricação desse mesmo produto. A vantagem desta metodologia é a sistemática e completa análise que é possível fazer a qualquer produto no mercado.

O terceiro método combina as duas metodologias descritas anteriormente, completando-se uma à outra para uma maior fiabilidade de dados. Este processo é regularmente utilizado para o cálculo da energia incorporada, mas raramente usado para a água incorporada.

### 7.4 SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

É fundamental, então, *provar* em que medida o *adjetivo* sustentável é aplicado de forma leal a uma construção, ainda que esta definição dependa da subjetividade conceptual dos vários intervenientes (interesses do proprietário, ocupantes, arquiteto, engenheiro, etc.). A utilização de um único sistema de avaliação que englobe todos os parâmetros de classificação é uma premência.

De forma a simplificar este processo e incentivar o uso desta ferramenta como forma de gestão, Stephan (Stephan and Crawford, 2014) o criador do *software* LCE (Life Cycle Energy demand), implementou no programa um estudo mais detalhado do ciclo de água de um edifício. Atualmente existem alguns sistemas mais ou menos completos que incluem também a quantificação da água nas várias fases de vida de um edifício, três dos quais seleccionados.

#### 7.4.1 BREEAM

O *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* surgiu em 1988 e foi o primeiro dos sistemas de avaliação de desempenho de um edifício no mercado. A avaliação funciona através da análise e classificação de determinados requisitos separados por categorias. Estas categorias têm pesos diferentes na avaliação dependendo da tipologia, função e relevância, com o objetivo de ir mais além que o que é imposto pela legislação, isto é, a utilização de soluções eficientes em todas as fases de vida de um edifício.

Uma das categorias obrigatórias neste método é o consumo de água, subdividindo-se em interno e externo. Uma vez que “*dos 104 pontos possíveis no BREEAM, 6 pontos estão diretamente associados com a eficiência da água (Barroso, 2010: 30)*”, e a atribuição desses pontos têm pesos diferenciados para o resultado final, a percentagem relacionada com esta categoria é bastante elevado: 9 % relativamente à totalidade da avaliação.

O objetivo é maximizar a eficiência na utilização deste recurso através de sistemas de tecnologia de poupança de água potável, reciclagem e reutilização de águas pluviais. A utilização de água para o exterior tem apenas um ponto possível e não é obrigatório, tratando-se apenas de um incentivo para a utilização de água de origem pluvial ou reciclada para a irrigação.

#### 7.4.2 LEED

A *Leadership in Energy and Environmental Design* é um programa de certificação que avalia as melhores estratégias e práticas para a construção de *green buildings*. Esta entidade não-governamental tem como objetivo promover edifícios cujo desempenho, ao longo das diversas fases, demonstra responsabilidade ambiental, social e económica (LEED, 2012).

Em qualquer uma das diversas versões deste programa a pontuação está organizada em 5 categorias, sendo uma delas a Gestão da Água. Esta tem um peso de 10 % da totalidade dos 100 pontos possíveis, estando repartida por três sectores de eficiência: paisagismo eficiente, tecnologias inovadoras para águas residuais e redução do consumo de água.

#### 7.4.3 LIDERA

Em Portugal, o Sistema LiderA “*destina-se a apoiar o desenvolvimento de planos e projetos que procurem a sustentabilidade*” (Pinheiro, 2005: 193), a avaliar o seu desempenho nas fases de construção e operação e a classificá-los de acordo com parâmetros ao nível de desempenho ambiental e de sustentabilidade. Este sistema de avaliação da sustentabilidade é uma marca registada nacional que pressupõe uma estratégia de redução dos consumos e a eficácia na sua utilização. Nestes parâmetros, a água representa um peso de 8 % na totalidade da avaliação.

### 7.5 CERTIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA

Atualmente, a ANQUIP (ANQIP, 2011) faz a avaliação da eficiência hídrica de produtos, incluindo autoclismos, torneiras e duchas, de forma a garantir a qualidade e a redução do consumo de água nas instalações prediais. Esta avaliação baseia-se na atribuição de nota aos produtos segundo o consumo de água, sendo a classificação «A» melhor eficiência e a «E», a menor eficiência de um produto. Esta classificação ajuda o consumidor a fazer a escolha mais acertada relativamente ao consumo de água e à qualidade do produto.

### 7.6 ÁGUA INCORPORADA E DE UTILIZAÇÃO NUM EDIFÍCIO

Na sua análise acerca do ciclo de água em edifícios habitacionais, André Stephan e Robert H. Crawford (Stephan and Crawford, 2014) calculam a água incorporada num edifício de habitação num ciclo de vida de 50 anos. Trata-se do estudo integral do ciclo de água de um edifício habitacional que inclui a quantidade de água necessária para a produção de materiais de construção, para o seu transporte e dos habitantes, o consumo de água pelos ocupantes do edifício e ainda gastos relacionados com alimentação e viagens. Para além das fases de vida de um edifício, esta análise abarca, ainda, as infraestruturas funcionais da fase de operação, como estradas, sistemas de drenagem, de gás e de eletricidade.

A água incorporada é separada em duas fases distintas: a inicial, que representa o gasto total de água desde a extração dos materiais até ao dia em que a habitação estará pronta a ser utilizada; e a fase recorrente, que representa o gasto total de água na manutenção do edifício desde o primeiro dia até à sua demolição – arranjos, substituições de materiais ou sistemas, etc. Para além da água incorporada, há ainda que considerar a quantidade de água associada à utilização do edifício - a água de uso operacional. Os resultados mostram que a quantidade de água incorporada somada à utilizada na operação de um edifício habitacional, num ciclo de vida de 50 anos, é suficiente para preencher o volume da casa 49 vezes (fig.11). Este valor representa uma quantia suficiente para mais de 400 pessoas ingerirem durante 80 anos, considerando que cada pessoa ingere 3l de água, diariamente (fig. 12).

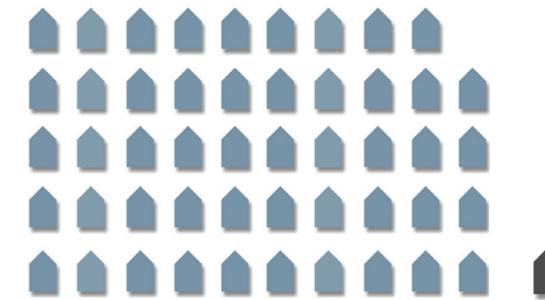


Figura 11

A quantidade de água incorporada num edifício com um ciclo de vida de 50 anos é suficiente para preencher o volume da casa 49 vezes. Fonte: elaborado pela autora com base em: (Stephan and Crawford, 2014).

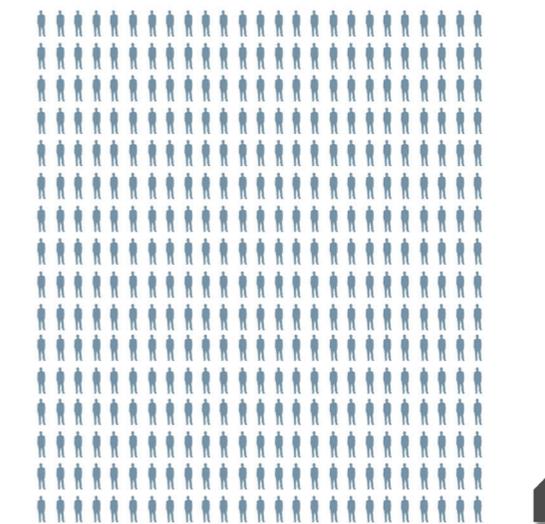


Figura 12

A quantidade de água incorporada num edifício com um ciclo de vida de 50 anos é suficiente para 400 pessoas ingerirem 3l de água durante 80 anos. Fonte: elaborado pela autora com base em: (Stephan and Crawford, 2014).

Ao comparar a água incorporada (inicial e recorrente) com a água na operação, que inclui também gastos indiretos com transportes, concluem que a água incorporada representa 38,2 %, a de operação 33,1 % e os transportes (uso do carro pela família) 28,7 %. Assim, os “gastos indiretos, nomeadamente da água incorporada e transportes, representam sempre mais de 50 % dos gastos de água envolvidos no ciclo de água de um edifício” (Robert, 2014: 693) Pode, então, concluir-se que o atual enfoque na poupança de água apenas considera uma pequena fração dos gastos totais de uma construção, focando-se na água na operação do edifício (Robert, 2014: 693).

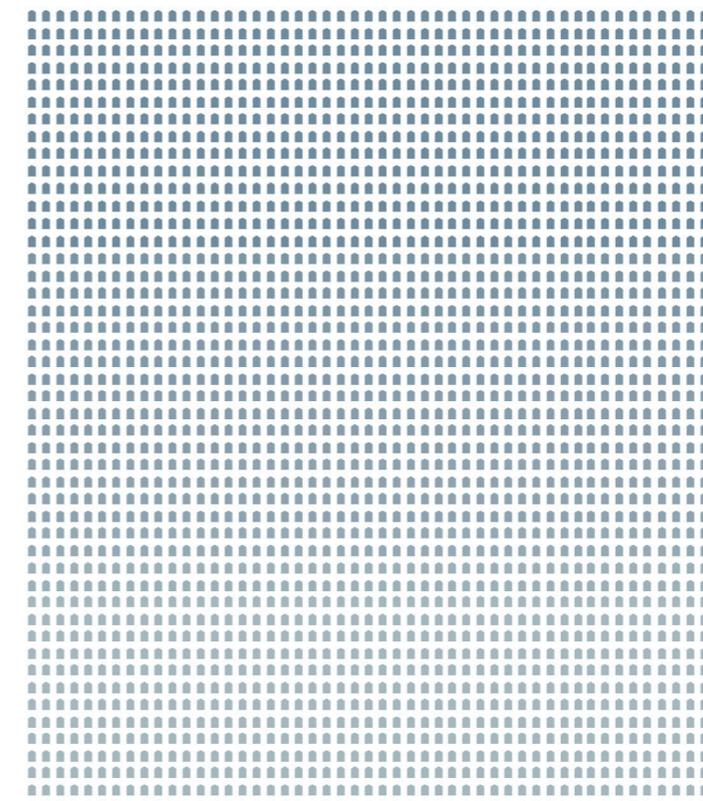
Um outro estudo feito por Junilla (Junnila and Horvath, 2003) a um edifício de escritórios demonstra que, num ciclo de vida de 50 anos, os impactes energéticos mais significativos estão associados ao uso de electricidade e à manufactura de materiais, nomeadamente o betão, o metal e a tinta. Neste estudo, ao contrário do anteriormente descrito, as fases de construção e demolição têm um impacto menor relativamente à fase de utilização do edifício. Apesar de incluir a energia associada e não apenas a água no ciclo de vida de um edifício, a conclusão retirada é semelhante: a água incorporada revela a parcela mais significativa no gasto total do ciclo de vida de um edifício.

Num outro estudo a um edifício residencial na Austrália, Crawford (Crawford, n.d.) sublinha a importância de considerar o consumo indirecto de água relacionado não só ao ciclo de vida de um edifício mas também às actividades dos residentes: A amostra trata-se de uma habitação ocupada por uma família de dois adultos e três crianças, cuja área total é de 291m<sup>2</sup>. Ao calcular a água incorporada inicial, Crawford encontrou um valor de 9 129 000 l, água suficiente para encher o volume da casa doze vezes. Ao calcular a água incorporada recorrente, considerando um ciclo de vida de 50 anos, concluiu que este valor representa mais de metade do valor da água incorporada inicial – ou seja, água suficiente para encher mais seis vezes o volume total da casa (Crawford, n.d.).

A minuciosidade de um estudo como estes levou Crawford a considerar a água incorporada de todos os bens consumíveis e não consumíveis usados pela família

ao longo de 50 anos, incluindo desde alimentação, roupa, viagens, combustível, produtos de limpeza, educação, saúde, internet, etc. – uma lista infindável de componentes. A alimentação representa 46 % do consumo total da habitação, sendo que “o consumo directo representa apenas 6 % do consumo total de água”<sup>12</sup> (Crawford, n.d.).

Isto significa que, se em Portugal o consumo directo de água médio diário é de 175l/dia.pessoa, o consumo indirecto poderia representar, dentro das mesmas variáveis, 2 917l/dia.pessoa (fig. 13).



<sup>12</sup> Tradução livre do original: “direct water demand was found to account for only 6 % of total water demand” (Crawford, n.d.).

Figura 13

O consumo de água directo de uma pessoa por dia (em baixo) e o consumo indirecto por pessoa por dia (à esquerda). Fonte: elaborado pela autora com base em: (Crawford, n.d.).



## 7.7 MATERIAIS E ÁGUA INCORPORADA

Segundo Stephan e Crawford (Stephan and Crawford, 2014) os cinco materiais que mais contribuem para a água incorporada inicial (que tem um significado de 64,3 % da água incorporada total) são, por ordem decrescente, o betão, o gesso cartonado, o vidro, a tinta e o metal.

Num estudo feito pela Universidade de Bath (C. Hammond, 2008), para além da energia incorporada e emissões de CO2 de diversos materiais, foi também calculada a quantidade de água utilizada na sua produção. Na tabela seguinte são apresentados os valores obtidos para o cálculo da água incorporada dos materiais mais utilizados na construção em Portugal (Lopes, 2010).

Tabela 2

Valores para a água incorporada dos materiais mais utilizados na construção em Portugal

Material	Água incorporada [l/Kg]
Argamassa (1:3 – cimento : areia)	≈ 170
Azulejos	≈ 400
Telhas (argila)	≈ 640
Tijolos (argila)	≈ 520
Blocos pré-fabricados de betão (Blocos de 8 mpa e 10 mpa)	≈ 190
Celulose	≈ 10
Cortiça	≈ 24
Lã de vidro	≈ 1360
Lã de rocha	≈ 1360
Espuma de Poliuretano	≈ 18900
Placas de gesso	≈ 240
Tubagem de aço	≈ 3400
Pedra calcária	≈ 50

Crawford, por sua vez, calcula a água incorporada nos materiais de construção de uma habitação na Austrália. Para tal, incluí todos os processos directos, indirectos e auxiliares na produção dos materiais e apresenta-nos a seguinte tabela (Crawford, n.d.):

Material	Água incorporada [l/Kg]
Aço inoxidável	650
Aço estrutural	98
Betão*	4.7
Madeiras resinosas*	37
Madeiras folhosas*	25

Tabela 3

Valores para a água incorporada dos materiais usados na construção de uma habitação na Austrália

Os valores estavam indicados em  $kl/m^3$ . Para a conversão consideraram-se as seguintes densidades:

$$d_{\text{betão}} = 2\,350 \text{ kg/m}^3$$

$$d_{\text{madeiras resinosas}} = 550 \text{ kg/m}^3$$

$$d_{\text{madeiras folhosas}} = 650 \text{ kg/m}^3$$

No Reino Unido, Erhan Ilgar fez um estudo acerca da water footprint na indústria de produção de materiais de construção onde obteve os seguintes valores para a água incorporada (Ilgar, 2011):

Material	Água incorporada [l/Kg]
Aço	7
Betão	0.284
Cimento	0343
Madeira	1
Alumínio	9

Tabela 4

Valores para a água incorporada dos materiais usados na construção de uma habitação no Reino Unido.

Ao comparar, por exemplo, os valores da água incorporada do betão segundo Crawford (4.7 l/kg) e Ilgar (0,284 l/kg), os valores obtidos são muito díspares – Crawford obtém um valor 17 vezes superior a Ilgar. Isto pode dever-se ao facto de, primeiro, os valores serem calculados regionalmente e; segundo, as metodologias utilizadas por cada autor considerarem fronteiras diferentes (Crawford vai muito mais longe). Ainda assim, é evidente que o consumo de água *invisível* no ciclo de vida de um edifício é, de facto, enorme e merecedor de estudos mais detalhados de forma a ser criada uma base de dados fidedigna dos valores da água incorporada dos materiais.

Como é que o arquitecto pode então contribuir? A forma mais fácil é pedir ao fabricante ou vendedor informações sobre a origem do material, os impactes associados, as matérias-primas utilizadas, o transporte necessário e o próprio processo de fabrico.

### 7.8 USO DE ÁGUA NA OPERAÇÃO DO EDIFÍCIO

O ciclo hídrico comum de um edifício, relativo à água operacional, é caracterizado por abastecimento de água potável e evacuação de águas negras. Neste sistema, as águas cinzentas, que representam cerca de 80 % do composto final, são misturadas com as águas negras, o que provoca a perda de uma quantidade substancial de água potencialmente reutilizável. Essa mistura é posteriormente conduzida, juntamente com resíduos industriais, para o sistema de tratamento de águas residuais da localidade.

Os sistemas de abastecimento de água são estritamente destinados ao consumo humano e as situações de reutilização são limitadas e praticamente inexistentes (Cardoso, 2010). Uma vez que a situação atual compromete a sustentabilidade ambiental, económica e social, é com urgência que a gestão de recursos hídricos precisa de ser repensada, para que o aproveitamento da valiosa água potável seja maximizado, mais económico e cujo impacte ambiental seja reduzido.

A estratégia básica para uma boa gestão de água operacional num edifício passa

por reduzir ao máximo o consumo de água potável. Logo, o primeiro passo numa construção deve ser a análise do potencial de uso de águas não potáveis no edifício, ainda que não seja possível depender unicamente destas. A água não potável inclui a de origem pluvial e as águas cinzentas. Optar por uma outra fonte de água irá depender de inúmeros fatores, nomeadamente, o clima, a forma arquitetónica, a envolvente do edifício, etc.

### 7.9 PERDAS DE ÁGUA NO EDIFÍCIO

Segundo Barroso (Barroso, 2010), uma parte das perdas de água desde a rede de abastecimento até ao consumidor é devida a fugas ocasionadas nos dispositivos de utilização, como torneiras e autoclismos. As falhas na estanquidade do sistema de obturação destes dispositivos têm um grande peso no consumo diário total: por exemplo, uma fuga de 2mm num agregado familiar de 3 pessoas aumenta o consumo de 160 l/dia.pessoa (caso não existisse uma fuga) para 333 l/dia.pessoa. Isto significa que o acréscimo devido a perdas relacionadas com este tipo de dispositivos representa, neste caso, 69 % no consumo total num pequeno agregado familiar (Barroso, 2010).

Ora, se num pequeno agregado familiar uma só fuga representa tamanha mudança no consumo, é fácil de perceber o impacto num edifício público onde o número de situações semelhantes se torna incalculável (Pedroso, 2009). A utilização de dispositivos de qualidade é, então, de extrema importância para evitar perdas de água indesejáveis.

## TERCEIRA PARTE

## 1 ABORDAGEM PARA A GESTÃO EFICIENTE DA ÁGUA

A decisão da diminuição do consumo de água por uma comunidade está dividida em três níveis de atuação: o do edifício, o do bairro e o da cidade. Sucintamente, vão ser expostas as soluções a nível da cidade e do bairro para, posteriormente, se realçarem as soluções arquitetónicas e tecnológicas dos vários sistemas de aproveitamento e reutilização de águas<sup>14</sup>.

### 1.1 GESTÃO URBANA

Em Portugal, os fenómenos como cheias e secas acontecem cada vez com maior regularidade, por se tratar de um país influenciado pelo clima mediterrânico e pela circunstância de os grandes centros urbanos, como é o caso de Lisboa, serem condicionados por fatores intransponíveis de geomorfologia específica (cidades fundadas em bacias hidrológicas) e não assegurarem condições de estratégia organizativa, como por exemplo um plano de drenagem adaptado. Por outro lado, grande parte da área urbana é erigida com recurso a materiais impermeáveis. O aumento das zonas impermeabilizadas faz “*ampliar a escorrência superficial que por sua vez origina maior drenagem superficial e o aumento da probabilidade de cheias*” (fig. 14) (Barroso, 2010: 26).

<sup>14</sup> Tendo em conta que o estudo de caso onde se irão aplicar estas soluções assenta numa escola, as estimativas apresentadas focam-se na utilização de água para os mais diversos usos nos edifícios públicos.

Também segundo Bertolo, o crescimento exponencial das zonas urbanas provocou o “aumento do escoamento superficial, a criação de obstáculos ao escoamento natural, a artificialização e canalização de cursos de água, bem como a poluição dos meios receptores” (Bertolo, 2006: 4). Simultaneamente, as zonas urbanas que estão, seladas por materiais impermeáveis provocam, também, a diminuição progressiva de nutrientes e da flora presentes no solo, sendo substituídos por sólidos indesejáveis, impedindo que a terra volte a tornar-se fértil (David W. Owens, 2000).

Gonçalo Ribeiro Telles entende que “os poderes local e central têm «repetido e acumulado» os mesmos erros cometidos no passado” (Catulo, 2007), referindo-se aos planos feitos para Lisboa há 40 anos atrás. Apesar de terem sido criados planos municipais de drenagem, como os da construção de bacias de retenção de águas ao longo do vale de Alcântara, grande parte destes planos nunca chegaram a ser aplicados.

Atualmente, em Lisboa é ainda possível “construir nos leitos das cheias, reduzir a reserva agrícola - que graças aos seus solos orgânicos retêm mais água em caso de inundações - ou edificar junto ao litoral onde o terreno seria mais permeável às chuvas” (Catulo, 2007). Esta aparente indiferença perante a realidade comprovada das cheias cíclicas mantém intacta a licitude da construção em zonas que interrompem a circulação natural das águas provoca o comportamento deficiente das redes de drenagem, descargas de caudais excedentes, inundações em pequenas escala e enxurradas numa escala maior, assim como “descarga de escorrências pluviais especialmente poluídas” (Bertolo, 2006: 4).



Figura 14

Inundação em Lisboa na Praça de Espanha, em Setembro de 2014. Fonte: (JN, 2014)

A topografia de Lisboa favorece a ligação da cidade com os recursos hídricos, facto que arquitetos como Gonçalo Ribeiro Telles e Pedro Ressano Garcia sempre tentaram “recuperar esse diálogo há muito interrompido entre as cidades e a água” (Garcia, n.d.). Ao invés de tirar partido da água, a cidade está construída de forma a ignorar a sua existência.

As fontes e chafarizes são, ainda hoje, um ponto de reunião social. Este fenómeno teve início quando estes eram o único ponto de água potável das vilas e aldeias, e era comum o povo juntare-se à conversa quando iam buscar água. Estes pontos, muitas vezes localizados nas praças ou jardins das cidades (ou seriam as praças construídas ao redor do ponto de água?) foram um dos maiores passos para a civilização, melhorando as condições higiénicas nas cidades e reduzindo o número de mortes por doenças associadas ao consumo de águas não potáveis. Nos dias de hoje, as fontes e chafarizes são ainda pontos de referência nas cidades e são celebrados com estátuas e decorações, ainda que em muitos deles já não seja possível beber água. Do ponto de vista do impacto social, a dádiva de um bem tão precioso contribui fortemente para a melhoria da qualidade de vida, seja dos habitantes, dos turistas ou mesmo dos animais.

A presença de água na cidade está em todo o lado: em quase todas as ruas existe uma sarjeta/ valeta ou caleira de drenagem das águas pluviais. No entanto, até os próprios nomes destes elementos inspiram de imediato um sentimento de repulsa, uma vez que são associados a águas poluídas. Na Alemanha, estes elementos são parte integrante da paisagem urbana em muitas cidades. Em Freiburg, por exemplo, dita a tradição que quem cair numa destas caleiras a céu aberto terá de casar com um residente local (fig. 5).



Figura 15

Augustina Platz, Freiburg. Sistema de drenagem integrada no desenho urbano. Fonte: fotografia tirada pela autora no local

Em Portugal temos excelentes exemplos da integração destes elementos na arquitetura e na paisagem, como a Requalificação do Pátio do antigo Paço Real da Alta de Coimbra pelos bbarquitectos em co-autoria com Gonçalo Byrne. A repavimentação de uma área com uma memória histórica única salvaguardou o património arqueológico existente no subsolo sem deixar de introduzir traços de contemporaneidade. A relação com a envolvente e os materiais escolhidos (fig. 16) e os detalhes em pequena escala (fig. 17) têm aqui um papel determinante no aspeto formal de uma área com 6 000 m<sup>2</sup> considerada Património Mundial pela UNESCO.

Em países como a Bélgica e a Holanda, o sistema de circulação de água é maioritariamente feito à superfície através de canais onde as margens são extensas e cobertas de vegetação. Este sistema, para além de permitir que a água siga o seu percurso natural e que seja infiltrada, faz com que a ligação entre o ser humano e a natureza seja fortalecida através do contacto direto com os recursos naturais.

No caso de Lisboa, em alternativa à aplicação de um plano megalómano de drenagem que exige um grande investimento, é possível melhorar a situação através de pequenas cirurgias na cidade: Telles propõe a criação de “*ribeiras a céu aberto*” (RTP, 2008) para o escoamento natural das águas pluviais com margens cobertas de vegetação. As superfícies cobertas com materiais que não permitem a filtração da água, como betão ou asfalto, podem, facilmente ser substituídas por outros materiais permeáveis, como relvados, calçada ou betão poroso. No entanto, a legislação representa aqui um papel decisivo – é imperativo o controlo da construção sobre linhas ou bacias de água.

Em algumas cidades do norte da Europa o sistema de drenagem é duplo: isto significa que há um sistema para as águas negras e um outro apenas para as águas pluviais e cinzentas. As águas poluídas são direcionadas para os sistemas de tratamento



Figura 16

Requalificação do Pátio das Escolas da Universidade de Coimbra. Fonte: (arquitectos, bb, n.d.)

de águas residuais, enquanto as águas pluviais e cinzentas seguem, através de um campo de plantas macrófitas com propriedades purificadoras (*wetland*), até aos canais ou às reservas de água – completando um ciclo encurtado e mais eficiente. O sistema de purificação biológico é aceite para uso doméstico em alguns países, mas exige uma grande área de tratamento para ter resultados positivos.

Este tipo de plano pode ser associado a bairros e não apenas a uma habitação. Em Houton, na Holanda, os bairros para além de partilharem um jardim comunitário, estão providos de um sistema de drenagem duplo ligado a um sistema de tratamento de águas. Assim, as águas captadas nas coberturas são direcionadas para um reservatório comum para posteriormente serem tratadas. A utilização de SAAPs e RARSs em comunidade pode potenciar a sua eficiência e utilização, uma vez que a quantidade de água recolhida é maior e o investimento nos dispositivos necessários partilhado.

Singapura é um exemplo de um país que recentemente deu início à substituição do tradicional sistema de drenagem para um sistema de *biofiltração* em comunidade. Uma das razões para o fazer deve-se à pequena área de captação e armazenamento de águas pluviais. Desta forma, as águas cinzentas das habitações são direcionadas através de uma paisagem adaptada através de *wedlands* até sistemas de filtração tecnologicamente avançados, resultando num novo produto denominado NEWater (Brown, 2011).

Em Portugal, as águas pluviais são misturadas com as águas de esgoto e direcionadas para os centros de tratamento. Isto significa que a água usada para a rega de jardins e agricultura é submetida a filtrações e outros tratamentos para elevada qualidade para posteriormente viajar grandes distâncias até chegar ao seu destino final – seja para usos potáveis ou não-potáveis. A mudança progressiva dos sistemas hídricos de centros urbanos é um processo lento, mas que tem de ser reconhecido como um investimento necessário que trará benefícios económicos, sociais e ambientais.



Figura 17

Detalhe de caleira de drenagem do Pátio das Escolas da Universidade de Lisboa. Fonte: (arquitectos, bb, n.d.)

## 1.2 USOS NÃO POTÁVEIS EM ÁREA URBANA

Existe um volume enorme de água potável a ser utilizada para fins não-potáveis em Lisboa, nomeadamente para lavagem de ruas e rega de espaços verdes. Estes usos representam cerca de 24 % do consumo total de água de distribuição no distrito.

A CML afirma usar atualmente água reciclada para a limpeza de ruas: “*As águas residuais do Concelho de Lisboa são encaminhadas para ETARs (...) dimensionadas com as tecnologias necessárias para o tratamento de águas para serem reutilizadas para fins não potáveis, tais como, lavagem de ruas, rega de espaços verdes, sistemas de refrigeração*” (E-nova, n.d.). No entanto, até há cerca de 10 anos, “*A lavagem de ruas na cidade de Lisboa [era] realizada com água potável e no ano de 2004, a CML utilizou 2 000 000 m<sup>3</sup> para esse fim*” (E-nova, n.d.) Para uma noção mais clara, este uso representa um acréscimo de 1 l de consumo diário de água potável a cada habitante, por dia. Isto significa que, se for considerado diário essencial de água potável de 3l/pessoa.dia (apenas para bebida e alimentação), a lavagem de ruas em Lisboa representa 4 vezes esse valor.

A SIMTEJO afirma que, no distrito de Lisboa, “*em 2014, foram tratados 93.373.000 m<sup>3</sup> de águas residuais, dos quais 1.548.979 m<sup>3</sup> (que representam 1,6 %) foram reutilizados em vez de serem descarregados para o Tejo, sendo 1.525.341 m<sup>3</sup> em serviços internos e 23.638 m<sup>3</sup> fornecidas à CML para outros fins*” (Lisboa E-nova, 2014: 33).

Se 1 700 000 m<sup>3</sup> são usados anualmente para a limpeza de ruas pela CML, esses 23 638 são apenas 1,4 % da água total utilizada para este fim. Isto significa que apenas 0,025 % da totalidade das águas tratadas são usadas pela CML, uma quantia quase irrelevante.

A utilização de água não potável para a rega de espaços verdes exige, por lei, um tratamento mais dispendioso, uma vez que a presença de bactérias e outros resíduos é perigoso para pessoas e animais utilizadores destes espaços. No entanto, para a utilização em agricultura, a água utilizada não tem um controlo tão rigoroso. A solução mais óbvia e eficaz é a utilização de vegetação autóctone em áreas verdes, adaptada ao clima local, o que em muitas áreas ajardinadas em Portugal

não acontece. Espécies não autóctones como o eucalipto, as mimosas e as bétulas representam um consumo de água acrescido, para além de porem em perigo outras espécies mediterrânicas.

A retenção de uma quantidade generosa de água e a reutilização de águas residuais reduz o gasto de água potável e evita a ocorrência de cheias, uma vez que uma parcela das águas pluviais pode ser mantida em reservatórios e, assim, não exceder nos leitos. Estas reservas poderão ser usadas para os mais diversos usos não potáveis, sejam estas conduzidas através de canais na superfície, subterrâneos ou através de canalização adequada.

## 2 INTEGRAÇÃO NA ARQUITECTURA

### 2.1 INTRODUÇÃO HISTÓRICA

O aproveitamento de águas pluviais nas edificações não é um sistema recente. Pelo contrário, é um método ancestral e terá sido a principal fonte de provisão de água quando a rede de abastecimento ainda não era uma realidade. Como é natural, estes sistemas foram e são mais utilizados em zonas onde os períodos de seca são mais duradouros ou países de baixo poder económico, como no Médio-Oriente, Ásia e América do Sul.

Civilizações como os Maias, Astecas e Incas já recolhiam e utilizavam água de origem pluvial para a prática de agricultura (Silva, 2013).

Os Ab Anbar (fig. 18) são cisternas subterrâneas construídas com tijolo e argamassas cal cujas paredes têm 2 metros de espessura e são utilizados há mais de 3 mil anos no Irão. A sua forma e função proporcionam-lhe um aspecto arquitectónico facilmente identificável, uma vez que é dotado de torres de ventilação natural que arrefecem a água e a habitação ligada à cisterna



Figura 18

Ab Anbar em Yazd, Irão.  
Fonte: (Edujee, 2005)

No entanto, os povos etrusco, grego e romano souberam integrar este sistema na arquitectura de uma forma fenomenal, utilizando o *impluvium* (na sua designação romana) (fig. 19): trata-se de uma espécie de tanque, muitas vezes decorado com estátuas ou florais, localizado no *domus* das casas de famílias de carácter nobre. Para além do seu efeito decorativo, a presença da água contribuía eficazmente para o arrefecimento da divisão - uma enorme vantagem considerando que os verões na bacia mediterrânica são habitualmente quentes e secos. A água da chuva é recolhida através do *compluvium*, uma abertura na cobertura que, para além de direccionar a água para o interior do tanque, permite ainda que a luz natural penetre neste espaço e ilumine as divisões envolventes. Regularmente este tanque estava ainda ligado a uma cisterna que recolhia e armazenava a água excedente.

Em Granada, o complexo palaciano de Alhambra, de origem islâmica, localiza-se num planalto em Granada e foi construído no séc. XI. Aqui, a presença da água é celebrada no esplendor da arquitectura. Foi com a chegada do monarca Mohamed ben Al-Hamar no séc XIII que Alhambra desenvolveu um sistema de condutas de água que até hoje subsistem, nomeadamente a integração de calhas nas guardas das escadas do jardim permitem que a água do rio Darro chegue ao aldeamento. No pátio central (pátio da Alberca), o tanque de grandes dimensões funciona como espelho de água que reflecte o palácio e a vegetação que o rodeia. No entanto, é a fonte dos 12 leões o principal atractivo.

Os monges das Montanhas de Hoggar, na Argélia, são exemplo máximo na utilidade das águas pluviais: durante os últimos cinquenta anos estes sobreviveram excepcionalmente de um sistema de recolha de água da chuva, ainda que chova apenas uma a duas vezes por ano. São inúmeros os exemplares de reservas de água através da história, mas é a racionalização do uso da água e o valor a esta atribuído que faz com que estes monges sejam de facto excepcionais (Brown, 2011).



Figura 19

Impluvium. Fonte: (De Ferranti, n.d.)

## 2.2 EM PORTUGAL

Em Portugal, assim como no resto do mundo, muitos castelos e conventos estavam dependentes da água acumulada em cisternas para diversos fins. Temos o exemplo do Convento e do Castelo dos Templários em Tomar, construído em 1160. “Até à construção do *Aqueduto dos Pegões*, o abastecimento de água ao Convento de Cristo, e respectivos espaços exteriores, assentava totalmente no aproveitamento das águas das chuvas” (Tomar, n.d.). Aqui existem inúmeras cisternas e ao longo das épocas a as novas construções assentam sempre na construção prévia de uma cisterna.

As condições climáticas e a localização do Convento da Arrábida em Setúbal, edificado no séc. XVI, determinaram “o seu aproveitamento racional e integrado” (Quintela et al., 1993: 349). A construção é dotada de um inteligente sistema de captação através de galerias de minas, uma vez que a captação superficial não era possível: a água era absorvida pelos calcários fissurados da Serra da Arrábida. A água é então conduzida através de caleiras a céu aberto ou embutidas nas paredes para os locais de utilização no Convento Novo (fig. 20). “Esta água destinava-se à utilização doméstica e ao abastecimento de fontanários” (Quintela et al., 1993: 349), sendo a água sobranete utilizada para a rega de espaços exteriores.

Em Reguengos de Monsaraz, no Alentejo, onde o clima sempre foi seco e a escassez de água uma realidade, foi construído no séc XIV “o grande abastecedor da população” (CM Reguengos de Monsaraz, 2015). Esta era alimentada por um sistema de caleiras e tubos de queda que recolhia as águas das coberturas das habitações da vila. A cisterna demarca a sua presença com um arco gótico de pedra que dava passagem ao coletor geral das águas.

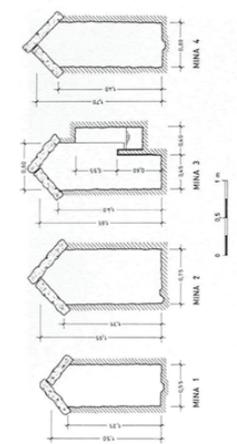


Figura 20

Cortes transversais das minas de água no Convento Novo, Arrábida. Fonte: (Quintela et al., 1993)

### 2.3 NA ACTUALIDADE

Com um pé na arquitectura moderna e minimalista e outro no que de mais puro tem o seu país, os Studio Mumbai utilizam materiais locais e os melhores artesãos para descobrir as fronteiras entre a natureza, o homem e a arquitectura de uma forma sublime. WO arquitecto Bijoy Jain tem uma grande sensibilidade para integrar elementos naturais nos seus projectos, incluindo a água. Cooper House (fig. 21), Plmyra House e Tara House são alguns dos edifícios onde a presença da água, a chuva, o som, a forma como fluí, a forma como reflecte, fazem parte da quietude poética dos espaços.

Em Lisboa, as Torres da sede da MSF fazem a recolha das águas pluviais na cobertura com um sistema de cobertura verde que faz a filtragem da água antes de ser armazenada (INTEMPER Algive). Esta água é usada para rega dos espaços verdes exteriores.

O Arquitecto Souto de Moura, mercedor do prémio Pritzker em 2011, enfatiza os elementos relacionados com a drenagem da água no seu Estádio de Braga: o escoamento das coberturas é feito a nascente, onde *“duas grandes «gárgulas» em aço inox duplex, suspensas das lajes de betão encaminham a água para os «aquedutos», também eles em aço inox, encarregados de a levar até à rede de águas pluviais e à linha de água existente no recinto do Estádio”* (fig. 22) (AfaConsult, 2013).

É inegável que as novas tecnologias são também uma oportunidade de integração destes sistemas na arquitectura. Quando o arquitecto japonês Nikken Sekkei decidiu fazer *“a cooling, self-cleaning ceramic facade”* (Cousins, n.d.) para o edifício da Sony, consultou um técnico de construção de sanitas. O resultado é um sistema de fachada denominado Bioskin (fig. 23): a água é captada na cobertura do edifício, circula através desta tubagem cerâmica e, com o aquecimento solar, evapora através das micro-perfurações nos tubos e arrefece a fachada, podendo a redução da temperatura atingir os até 12°C. Assim, a gestão de água alia-se à eficiência energética.



Figura 21 (à esquerda): Cooper House II, Studio Mumbai, Índia. Fonte: (Rethinking the Future, 2015)

Figura 22: (ao centro) Sistema de drenagem de águas do Estádio de Braga do Arq. Souto de Moura. Fonte: (Navarra, n.d.)

Figura 23: (à direita) NBF Osaki building em Tokyo. Fonte: (Cousins, n.d.)

### 3 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP)

#### 3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS

A maior vantagem de um sistema SAAP está na redução do consumo de água potável e nos custos envolvidos, seja a nível urbano ou ao nível do edifício. A aplicação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais eficaz em habitações multifamiliares mostra uma poupança anual relativa ao consumo doméstico total na ordem dos 70 %, para a zona de Lisboa (Barroso, 2010).

Numa primeira instância, um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) terá como vantagem da redução da necessidade de grandes obras a nível urbano para a drenagem de águas, uma vez que a percentagem de água infiltrada ou absorvida no ponto de precipitação é maior e, conseqüentemente, também o tempo entre caudais de ponta será maior; Numa segunda instância, a redução do consumo de água potável na utilização deste sistema leva também a uma redução do custo de fornecimento.

A instalação de um SAAP tem como desvantagem o custo inicial do investimento e a manutenção regular do sistema.

#### 3.2 QUALIDADE, USOS E LEGISLAÇÃO

A legislação representa um papel fundamental na integração de valores ambientais no mundo contemporâneo. No Brasil, existe um projecto de lei desde 2005 que obriga ao aproveitamento das águas pluviais. Todas as novas construções em meio urbano “com área construída igual ou superior a 1000 m<sup>2</sup> e/ou consumo de água destinada a fins não potáveis superior a 150 m<sup>3</sup>/mês deverão obrigatoriamente aproveitar a água pluvial em quantidade compatível com os consumos” (Bertolo, 2006: 12). Na Austrália, mais de 1,1 milhões de habitações utilizam água da chuva para fins potáveis (Bertolo, 2006).

No contexto Europeu, a Alemanha é um dos países que mais empenho demonstra

no aproveitamento de águas pluviais: através do financiamento de construções de SAAP's, junta a utilidade das águas pluviais à prevenção de picos de cheias. Até ao ano 2000 havia cerca de 1500 SAAP's privados só na cidade de Hamburgo.

A qualidade da água da chuva, quando captada em locais com qualidade do ar, é semelhante à da água destilada no momento anterior ao contacto com a superfície: “a sua qualidade excede a qualidade da água subterrânea e superficial, pois não está em contacto nem com o solo” (Bertolo, 2006: 6). A instalação de um SAAP pode reduzir a carga poluente, uma vez que a principal fonte de contaminação é a superfície de escorrência – quanto mais superfície for percorrida até ao local de tratamento, mais poluída será a água;

Segundo a ANQIP (ANQIP, 2012), os usos possíveis para águas pluviais passam por:

- Descargas em bacias de retrete;
- Lavagem em máquinas de lavar roupa;
- Lavagem de pavimentos, automóveis, etc.;
- Rega de zonas verdes;
- Outros usos (torres de arrefecimento, redes de incêndio, AVAC, etc.)

O leque de opções de aproveitamento aumenta quando a água recolhida passa por processos de tratamento e filtragem até à obtenção de uma qualidade adequada ao seu uso, mas para os usos descritos não é necessário qualquer tipo de tratamento. No entanto “é recomendável que a água respeite, no mínimo, as normas de qualidade aplicáveis a águas balneares” (ANQIP, 2012: 15). Isto significa que a água utilizada para descargas de autoclismo deve ser clorada, o que pode ser facilmente resolvido, por exemplo com a instalação de uma pequena bomba de cloração.

A legislação portuguesa, segundo o artigo nº 6 do Decreto-Lei n. 236/98 do Ministério do Ambiente, obriga a uma avaliação da qualidade da água após a montagem do sistema e antes da sua utilização. Segundo os resultados da avaliação dos parâmetros químicos, microbiológicos e indicadores de poluição da água tratada, a sua utilização pode ou não ser aprovada:

*“A autorização para a captação de água superficial destinada à produção de água para consumo humano, prevista no Decreto-Lei n. 46/94, de 22 de Fevereiro, pressupõe a verificação das seguintes condições:*

*a) Prévia classificação das águas superficiais onde se situe o local de captação e a*

*fixação dos valores normativos a que se refere o artigo 7. com base nos resultados de, no mínimo, uma campanha anual de determinação da sua qualidade segundo os métodos e os critérios estabelecidos no artigo 8.;*

*b) Adequação do esquema de tratamento proposto à classificação das águas superficiais onde se situe o local de captação.”*

Ministério do Ambiente,  
1998

### 3.3 COMPONENTES

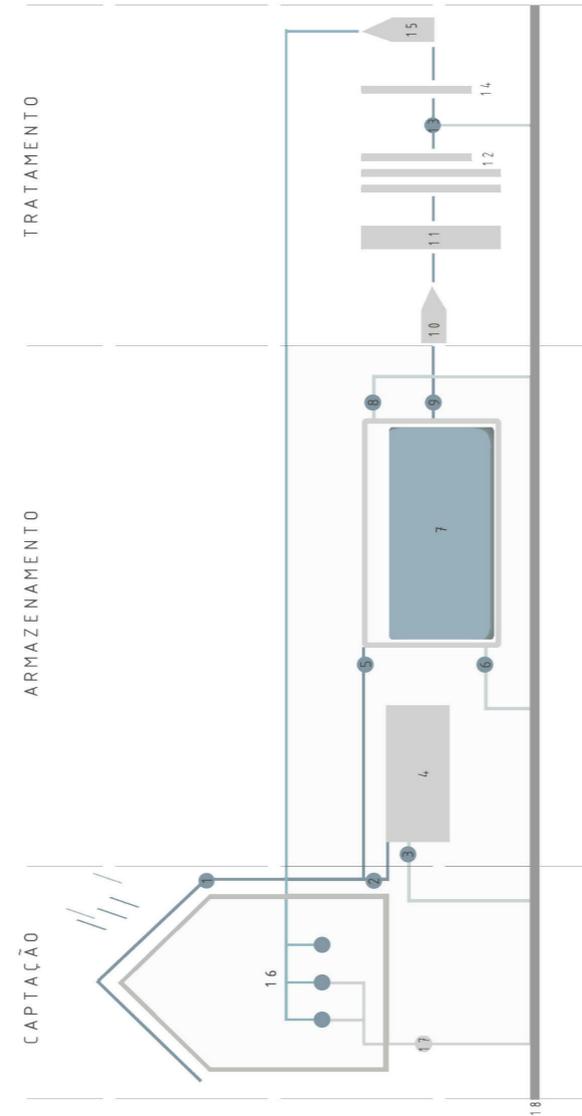
O sistema de tratamento para águas pluviais pode ser mais ou menos complexo dependendo do uso atribuído e da qualidade exigida: aqui, pretende-se o reaproveitamento de águas pluviais para usos potáveis, mas não para ingestão.

O sistema (fig. 24) começa na área de captação, normalmente telhados e coberturas não acessíveis dos edifícios. Estes devem ser limpos, impermeáveis e construídos em material não tóxico. O material mais comum é a telha cerâmica, mas o leque de opções é extenso. O tipo de revestimento destes materiais tem consequências directas na qualidade da água, *“pelo que é aconselhável a utilização de revestimentos com um coeficiente de escoamento mais elevado”* (Sacadura, 2011: 17). A área de captação é o componente mais decisivo para a qualidade da água, daí que pavimentos e outras superfícies estejam excluídos à partida – a quantidade de poluentes é muito alta.

As águas são então conduzidas através de calhas (aconselha-se que estas tenham uma grelha para impedir à partida a passagem de folhas e outros poluentes de maiores dimensões), e tubos de queda até ao reservatório de limpeza de pequenas dimensões. A primeira chuvada do ano (*first flush*), por ser a que encaminha mais sedimentos indesejáveis para as próximas etapas do sistema, deve ser rejeitada através de um orifício de descarga para auto-limpeza. As seguintes captações podem ser encaminhadas directamente para o reservatório de água.

A cisterna é a componente mais cara do sistema, pelo que o cálculo do seu volume, materialidade e localização devem ser adequados. A dimensão do reservatório mais adequado depende, então, da capacidade de volume de água captada e do volume de consumo a considerar. Uma vez que em Portugal, durante a época do Verão, a precipitação é escassa, a autonomia da utilização desta fonte para usos não potáveis está limitada. Quando o reservatório se encontra vazio o *by-pass* para a rede pública é feito de forma automática.

- Figura 24
- Funcionamento de um sistema SAAP utilizando pasteurização/esterilização para a desinfecção das águas com opção de reutilização de águas cinzentas. Fonte: elaborado pela autora.
- 1- captação das águas pluviais através de calhas perfuradas
  - 2- válvula de seccionamento
  - 3- orifício de descarga para auto-limpeza e first flush
  - 4- primeiro reservatório de limpeza
  - 5- válvula de seccionamento
  - 6- orifício de limpeza inferior
  - 7- reservatório de água
  - 8- orifício de limpeza superior
  - 9 - válvula de seccionamento
  - 10 - sistema de pré-filtração
  - 11- tanque de pressão
  - 12- filtros de partículas
  - 13- válvula de opção de regresso ao reservatório
  - 14- sistema de esterilização
  - 15- bomba de pressão
  - 16- sistema de distribuição para vários usos
  - 17- drenagem de águas negras para a rede municipal
  - 18- rede municipal



O sistema de filtragem tem início na própria cisterna. A sedimentação é feita dentro do reservatório de água onde as tubagens de entrada e saída estão equipadas com malhas de filtragem. O reservatório actua como um “clarificador de água da chuva, permitindo que os contaminantes se depositem no fundo” (Bertolo, 2006: 67). Uma vez que é na micro-camada de superfície que se acumulam mais detritos e microorganismos, a passagem para a próxima fase de tratamento é sempre feita através de um ponto inferior da cisterna, mas pelo menos 5cm acima do fundo desta. Por vezes são aplicados tratamentos para a água a armazenar, possivelmente quando esta fica mais tempo parada – a água estagnada é mais susceptível de desenvolver bactérias.

A segunda fase de tratamento é feita num outro tanque e funciona muitas vezes como pré-filtração para a fase de desinfecção. A filtração da água retira partículas de dimensões progressivamente mais pequenas e pode ser feita de diversas formas. Os cartuchos de sedimentação são habitualmente usados em piscinas e são de fácil instalação. Os sistemas de osmose inversa são normalmente instalados nos pontos de consumo.

“A desinfecção regular da água da chuva contida em reservatórios domésticos não se considera necessária na maior parte das situações e geralmente só é recomendada como acção correctiva” (Bertolo, 2006: 69). No entanto, uma vez que o objectivo é utilizar a água para torneiras e duchas, é necessária a desinfecção.

O método mais comum para a desinfecção é a utilização de cloro por ser o mais barato e fácil de encontrar no mercado. Este tipo de desinfecção química requer, no entanto, a utilização de um sistema de filtragem de carvão activado no ponto de consumo da água e deixa um odor forte na água. O dióxido de cloro tem algumas vantagens acrescidas ao uso de cloro, uma vez que o seu poder de desinfecção é mais forte e não depende do PH da água.

A desinfecção com ozono é usada em diversos países europeus. Funciona através de energia eléctrica, eliminando os microorganismos e oxidando a matéria orgânica, produzindo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O).

A desinfecção por radiação ultravioleta é aconselhada para situações em que a água tratada está em contacto com a pele, uma vez que elimina a maior parte dos organismos microbiológicos. No entanto, trata-se de um processo bastante mais dispendioso.

A desinfecção por pasteurização/ esterilização é um processo simples que reduz consideravelmente a presença de microorganismos na água. Para além de ser o menos dispendioso, não utiliza qualquer tipo de químicos e funciona a gás natural. A maioria dos organismos patogénicos não sobrevive a temperaturas superiores a 45°C, e a 65°C todos os organismos patogénicos perdem a capacidade de subsistirem. Assim, ferver a água durante um período máximo de 30 minutos corresponde ao método mais simples de desinfecção, mas o gasto de energia eléctrica é superior a outros métodos.

Depois de desinfectada, a rede de distribuição direcciona então, com uma bomba de pressão, as águas limpas para os usos adequados no edifício: autoclismos, lavatórios, duchas e outros pontos de água para utilização exterior e limpezas. As águas cinzentas provenientes deste podem ainda ser reutilizadas, como é descrito no capítulo 16.

### 3.4 DADOS PARA CÁLCULOS

Partindo do princípio que um edifício público tem habitualmente, dependendo da sua geometria, uma área de cobertura generosa, e tendo em conta que a necessidade de água potável é consideravelmente menor que numa habitação, o potencial de utilização de águas pluviais gera um índice de poupança superior à habitacional.

O volume de água da chuva que pode ser aproveitado para usos não potáveis num edifício depende de diversos fatores, nomeadamente, do índice de pluviosidade da zona onde o edifício está inserido. Segundo o IPMA, “a precipitação média anual em Lisboa é de cerca de 750 mm, com máximos mensais a registarem-se nos meses de novembro (128 mm) e dezembro (127 mm) e mínimos nos meses de julho e agosto (valores de 4 a 6 mm)” (Lisboa E-nova, 2014). O gráfico (fig. 23) demonstra ainda um aumento deste valor anual na área de Lisboa, o que indica uma maior possibilidade de reutilização dessa água.

Barroso (Barroso, 2010) sugere a seguinte equação para o cálculo do volume de águas pluviais:

$$Va = C \times P \times A \times Ef$$

Va – Volume anual de água da chuva aproveitável (litros)

C – Coeficiente de run off da cobertura

P – Precipitação média acumulada anual (mm)

A – área de captação

Ef – Eficiência hidráulica da filtragem (constante = 0,9)

O coeficiente de escoamento (*run off*) da cobertura depende, por sua vez, do tipo de cobertura:

Tipo de Cobertura	Coeficiente de Escoamento
Coberturas impermeáveis	0,8
Coberturas com gralilha	0,6
Coberturas verdes extensivas	0,5
Coberturas verdes intensivas	0,3

Tabela 5

Coefficientes de *run off* dos vários tipos de cobertura

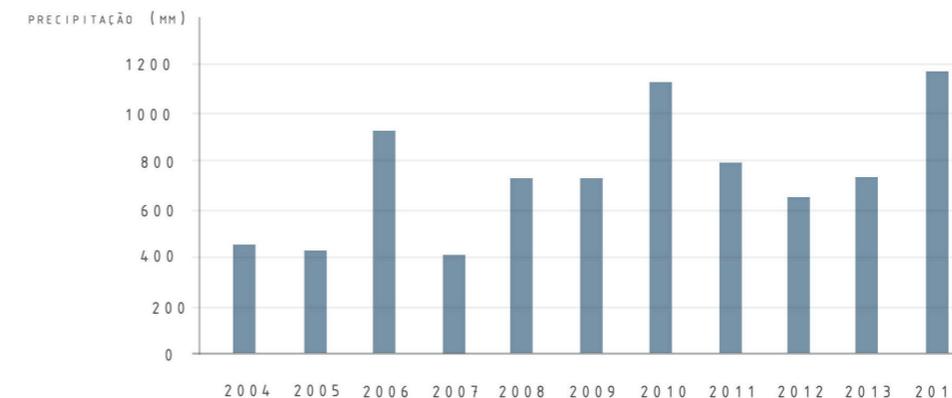


Figura 25

Evolução da precipitação anual no Concelho de Lisboa, de 2004 a 2014. Fonte: IPMA

## 4 REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS SAPONÁRIAS

Um sistema de reutilização de águas cinzentas permite o aproveitamento de águas provenientes de usos como duches, lavatórios, máquinas de lavar e, em alguns casos, pias de cozinha. Este sistema exclui as águas negras.

As águas cinzentas são evidentemente de qualidade inferior às águas de captação pluvial, uma vez que contém contaminantes provenientes de detergentes e outros produtos cuja remoção exige um processo mais complexo. Por norma, este sistema é utilizado então para aplicações como descargas de autoclismo ou rega de espaços exteriores. Segundo Grosskopf (Grosskopf, 1994), a reutilização de águas cinzentas só para irrigação no exterior pode reduzir o consumo de água potável por ano em aproximadamente 40 %. Em alguns países a sua utilização para outros usos é ainda limitada devido a riscos para a saúde pública (Barroso, 2010), mas não foram até hoje encontradas situações em que a utilização de água reciclada para usos não-potáveis estivesse relacionada com problemas de saúde (Vida Sustentável, 2013).

Em edifícios públicos em que 75 % da água total consumida se refere a autoclismos, o uso de água potável para fins não-potáveis é a causa de 80 % de gastos desnecessários. O setor público é desequilibradamente caracterizado por um uso de 75-90 % de água que não precisa de ser potável (autoclismos) e 10-25 % de saída de águas cinzentas (utilizadas em torneiras) (Grosskopf, 1994), o que significa que a água proveniente de usos internos não é suficiente para ser reutilizada. Ao ser complementado com um SAAP, os índices de poupança de água apresentam excelentes resultados.

A evolução tecnológica a que assistimos quotidianamente permite que hoje existam os mais variados métodos de filtração de água, incluindo destilação e osmose inversa, usadas maioritariamente para a dessalinificação de água proveniente dos oceanos; os filtros de prata coloidal e a luz ultravioleta são métodos usados na eliminação de bactérias; e biofiltração. Este último método caracteriza-se por *“uma prática que utiliza as propriedades químicas, biológicas e físicas de plantas, microorganismos e do próprio solo para controlar a qualidade e quantidade de água no local”*<sup>15</sup> (Brown, 2011: 24).

<sup>15</sup>Tradução livre do original:

“a land-based practice that uses chemical, biological and physical properties of plants, microbes and soils to control both quality and quantity of water within a landscape”. Fonte: (Brown, 2011).

A reciclagem ou reutilização de água exige a separação efetiva de águas cinzentas das águas negras, cumprindo certas normas legislativas relativas a distâncias, materialidade da canalização, diâmetro das tubagens, etc. As águas cinzentas são, então, direcionadas, através de uma tubagem separada das águas negras, para um tanque onde a filtração e tratamento são efetuados.

Este tratamento pode ser categorizado como pré-tratamento, tratamento primário, tratamento secundário ou biológico e tratamento terciário ou avançado, dependendo da qualidade final pretendida. Com efeito, quando a qualidade pretendida é mais elevada, a água tem de ser submetida a tratamentos mais avançados que exigem o dispêndio de mais energia e a passagem por mais processos químicos. Este tipo de tratamento envolve, necessariamente, a instalação de mecanismos de maiores dimensões e um investimento maior. Como referido anteriormente, a solução pode estar na partilha em comunidade, funcionando ao nível do quarteirão e não apenas para um só edifício.

## 5 TECNOLOGIAS ECONOMIZADORAS

Tendo em conta a evolução tecnológica das últimas décadas, existe, na atualidade, toda uma panóplia de soluções a considerar para que o uso de água num edifício seja o mais eficiente possível. Dentro dessas soluções, podemos encontrar das mais simples às mais complexas, sempre com o objetivo de minimizar o uso de água potável quando tal recurso for desnecessário.

### 5.1 AUTOCLISMOS

As descargas de autoclismos representam entre 28 % a 33 % do consumo total de água potável numa habitação (Eurostat, 2007)+ (Lopes, 2010). Em edifícios públicos, o autoclismo é a maior fonte de consumo de água potável com uma estimativa entre 50 % a 90 % do consumo total, dependendo da sua função e eficiência (Cook, 2014). Estima-se que 36 % da totalidade de água consumida numa escola secundária e 61 % em escolas primárias se destina a descargas em urinóis

(Adams, 2009). Em Portugal, a Quercus estima que 44 % das escolas utiliza o fluxómetro como forma de descarga (Quercus, 2012).

O uso de água potável para as descargas de autoclismo é absolutamente desnecessário, sendo a solução mais óbvia para maximizar a eficiência hídrica num edifício a reutilização de águas pluviais ou cinzentas para este uso. No entanto, independentemente da qualidade de água usada, o tipo de autoclismo representa também um papel importante: a existência de opções como dupla descarga ou com interruptor de descarga são características que contribuem para a poupança de água.

A classificação da ANQIP para os autoclismos é representativa do tipo de sistemas existentes no mercado atual, sendo os mais comuns correspondentes ao modelo mais antigo e, conseqüentemente, os que geram mais desperdício de água: “*estima-se que, em média, os portugueses terão um sistema de autoclismo de descarga única com um volume de 9 litros, em que a média diária de utilização do autoclismo é de 5 vezes por dia*” (Barroso, 2010: 80). No entanto, os modelos mais antigos podem gastar até 12l por descarga.

A substituição de um autoclismo com descarga convencional de 9l para um de eficiência hídrica classificada com «A» corresponde a uma poupança anual de 57 % no uso doméstico para uma pessoa, isto é, menos 84 000 l de água por ano por pessoa. Se se optar por um autoclismo de eficiência «A++» a poupança anual atinge os 67 % relativamente à utilização de um autoclismo convencional durante um ano, ou seja, 10 m<sup>3</sup> de água por ano por pessoa (Barroso, 2010).

Considerando que num edifício público a utilização de água para descargas de autoclismo é a maior fonte de consumo de água potável, a possibilidade de poupança de água é bastante elevada.

## 5.2 URINÓIS

Uma descarga regular de urinol representa um gasto de 5 a 6 l de água, mas o desenvolvimento tecnológico levou à redução substancial das descargas ao ponto de se criarem dispositivos que não utilizam água de todo. Estes funcionam por gravidade e utilizam uma espécie de óleo com baixa densidade que se mantém sempre a um nível superior e impede os maus odores de se propagarem. Apesar de serem ainda sistemas relativamente mais caros, permitem uma poupança enorme em água potável.

## 5.3 DUCHES

A quantificação do gasto de água nos duches é dificultada pela condicionante social e cultural: “*a frequência e a duração do duche estão associadas a aspetos comportamentais do utilizador*” (Barroso, 2010: 81). Segundo os dados da Quercus (Quercus, 2012), 45 % das escolas portuguesas em 2012 ainda não utilizavam duches economizadores, como temporizadores ou redutores de caudal.

Para efetuar uma comparação entre a utilização de um dispositivo convencional e um dispositivo eficiente, supõe-se uma duração de 5 minutos por duche cujo caudal convencional é de 15l/min, ou seja, cada duche tomado representa 75l por pessoa, por duche (Barroso, 2010). Estima-se que a substituição de um sistema de duche convencional por um duche de eficiência hídrica classificada com A (caudal de 6l/min) gere uma poupança de 60 % de água, por duche. Se o sistema utilizado for classificado com A+ (caudal de 5l/min), o consumo de água é reduzido em cerca de 67 % relativamente ao consumo de água num duche convencional - 25l por pessoa por duche. (Barroso, 2010).

A utilização de duches em escolas é reduzida comparativamente ao uso doméstico, sendo utilizado apenas após as aulas de educação física.

#### 5.4 TORNEIRAS

No estudo feito pela Quercus a 25 escolas, foram encontradas as mais diversas tipologias de torneiras nas instalações sanitárias sendo que *“as torneiras analisadas têm, em média, valores de caudal superiores aos das torneiras com classificação A”* (Quercus , 2012: 15). O tempo de abertura também se verifica superior ao considerado ideal (5 segundos).

A única tipologia comum a todas as escolas é a torneira convencional cujo caudal se estima em 8 l/min. A substituição de uma torneira convencional por uma de classificação A (caudal de 3l/min) na eficiência hídrica corresponde a uma poupança de 62 %, considerando uma utilização de 2,5 min por dia.

#### 5.5 AVAC

A utilização de águas pluviais não tratadas para sistemas de ar condicionado, em Portugal, não é autorizado devido à possibilidade de presença de contaminantes que podem por em risco a saúde pública. Uma vez que a água utilizada nos AVACs se encontra em circuito fechado, o potencial de poupança não é significativo. Ainda assim, não deverá haver qualquer entrave na utilização de águas provenientes de um SAAP se estas forem devidamente tratadas, como acontece no centro comercial Avenida 8 em S. João da Madeira.

## QUARTA PARTE

## 1 CASO DE ESTUDO:

### CONSERVATÓRIO NACIONAL DE MÚSICA DE LISBOA

Numa época em que a reabilitação na arquitectura é crescente, é de notar que os estudos feitos acerca da integração (ou reintegração) destes sistemas são ainda escassos em relação à construção de novos edifícios. O caso de estudo do Conservatório Nacional de Música surge assim como oportunidade para a exploração de variados aspectos:

- O valor patrimonial da presença da água pode ser revitalizado seja ao nível do edifício como a nível urbano através da exploração de elementos arquitectónicos e da integração de tecnologias em reabilitação de edifícios;

- Existem vestígios da presença de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no edifício;
- A própria atmosfera pedagógica é propícia à educação ambiental dos alunos e transeuntes – a presença da água deve ser integrada nesse ambiente;
- Trata-se de um edifício público onde existe, por todas as razões económicas, sociais e ambientais apontadas, interesse em reduzir custos no consumo de água;
- É um edifício cujo funcionamento lectivo anual e conseqüente consumo de água é congruente com os níveis de pluviosidade ao longo do ano em Lisboa (fig. 26).

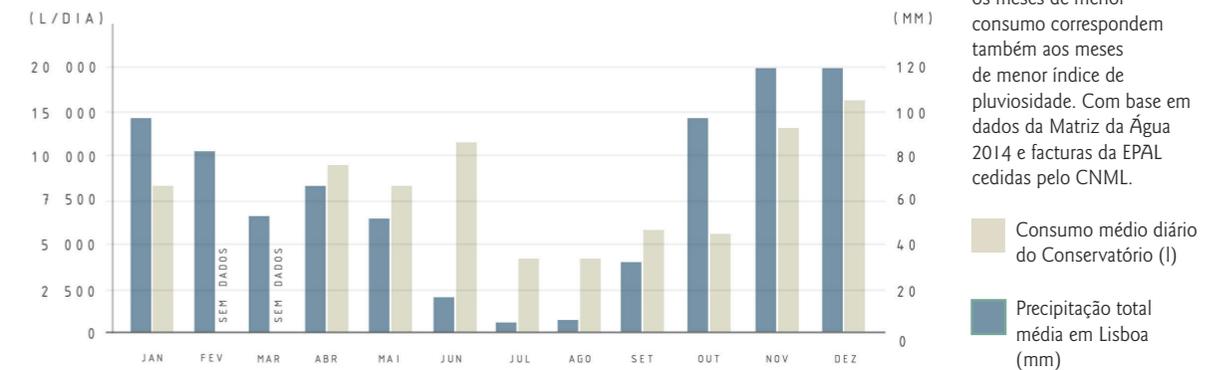


Figura 26

Gráfico de sobreposição da precipitação média mensal (mm) com o consumo médio diário a cada mês de água no CNML (l)

os meses de menor consumo correspondem também aos meses de menor índice de pluviosidade. Com base em dados da Matriz da Água 2014 e facturas da EPAL cedidas pelo CNML.

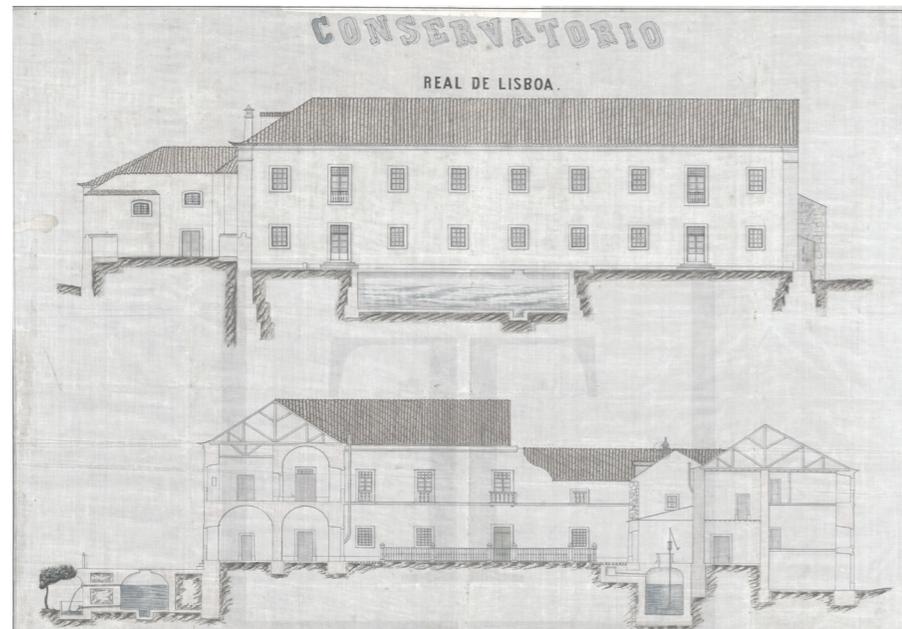
Consumo médio diário do Conservatório (l)  
Precipitação total média em Lisboa (mm)

### 1.1 MEMÓRIA

O desenho da figura 27 data do ano de 1870 e a sua representação é ambígua, uma vez que é muito diferente das características do edifício na actualidade. Mostra possivelmente uma hipótese de alteração do Conservatório, que passa a assumir esta função em 1837. Uma vez que o Conservatório Nacional de Música foi inicialmente um convento, não é então inesperado encontrar vestígios de cisternas de água. De facto, uma grande área subterrânea junto à fachada Oeste, actualmente utilizada como pavilhão para a Escola de Dança, fora em tempos uma enorme cisterna que termina numa pequena fonte/bebedouro ainda hoje presente e utilizada regularmente pelos alunos. É de notar que, nesta figura (fig. 27), a cisterna a Oeste não é o único reservatório do edifício: dentro da área do pátio está representado um poço que armazena as águas pluviais captadas e que serviria a cozinha. A água é captada na cobertura, escorre para o pátio interior, é filtrada pela gravilha e direccionada através de um braço para o poço.

Figura 27

Possível projecto de alteração do Conservatório Nacional de Música, 1870. Fonte: Arquivo de Lisboa



### 1.2 PROPOSTA

A proposta de gestão de água do CNML passa por:

- Calcular os gastos de água actuais do edifício e pressupostos usos;
- Calcular o potencial de poupança utilizando combinações de métodos disponíveis actualmente no mercado (SAAP, RARS e Tecnologias Economizadoras);
- Integrar no projecto de reabilitação, no novo edifício proposto e na área urbana circundante os sistemas mais adequados, tendo em conta factores económicos, sociais e de projecto.

### 1.3 CÁLCULOS

Tipo de Usuário	Número de pessoas	Horário diário	Média Utilizações/dia autoclismo mulheres	Média Utilizações/dia autoclismo homens	Média Utilizações/dia urinóis	Média Utilizações/dia lavatórios mulheres	Média Utilizações/dia lavatórios homens
Alunos							
Ensino Integrado	273		3	0,5	2	3	2,5
	163	9h					
	110	11h					
Ensino Supletivo	649		0,6	0,1	0,4	0,6	0,5
	197	2h					
	452	1h e 20min					
Dança	170	-	0,5	0,1	0,2	0,5	0,3
Professores	167	6h	1,8	0,3	1,2	1,8	1,5
Funcionários	25	8h	2,4	0,4	1,6	2,4	2
TOTAL	1 284						

Tabela 6

Utilização dos dispositivos por tipo de usuário.

Figura 28

Área de captação considerada para cálculos.

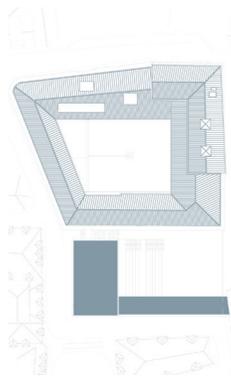


Tabela 8

Os dados de consumo de água actuais referentes aos meses de Inverno e Verão foram retirados das facturas da EPAL fornecidas pelo Conservatório. Estes servirão de base para o cálculo de potencial de redução de consumo de água e estão representados na tabela

Mês	Nº de utilizadores considerado	Consumo total mensal	Consumo médio diário total	Gasto médio diário nos últimos 365 dias
Janeiro	1284	162 000 l	8 100 l	15,86 e/dia
Abril	642	217 000 l	9 864 l	
Maió	1284	187 000 l	8 905 l	
Junho	1284	290 000 l	13 182 l	15,11 e/dia
Julho	642	95 000 l	4 130 l	15,35 e/dia
Agosto	642	95 000 l	4 130 l	
Setembro	642	87 000 l	6 692 l	
Outubro	1284	149 000 l	6 478 l	

Gastos mensal e diário de água do CNML. Fonte: EPAL

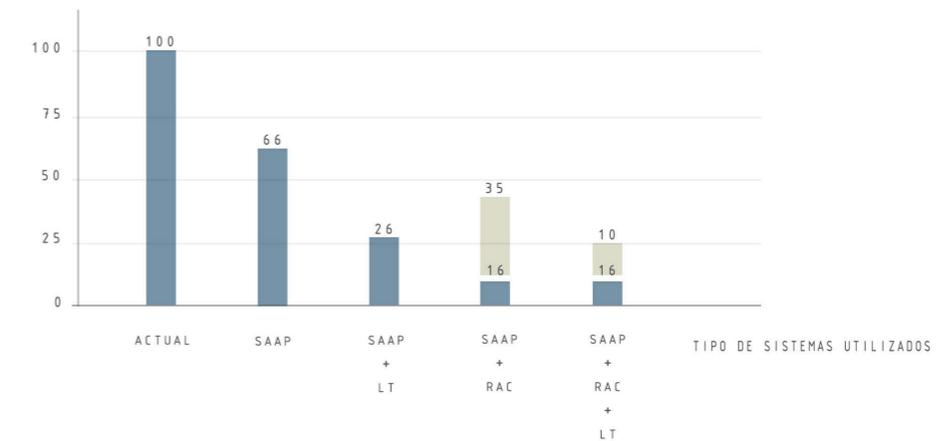
Notas:

\*Considerou-se que o consumo de água potável na cozinha é reduzido em 50 % com a instalação de dispositivos Low Tech nas torneiras e máquinas de lavar a louça.

Figura 29  
Potencial de poupança de água segundo a instalação e combinação dos vários sistemas.

Água em ciclo fechado  
Consumo direto total mensal

CONSUMO DE ÁGUA TOTAL MENSAL (%)



Uma vez que esta escola tem usuários e horários muito diferentes de uma escola regular, os dados dos consumos foram calculados a partir de uma estimativa de uso diário das instalações sanitárias. Existindo vários tipos de autoclismos, torneiras e urinóis dentro do edifício, parte-se do princípio que cada descarga de autoclismo corresponde a um gasto de 6l; cada descarga nos urinóis corresponde a 5l; e cada utilização do lavatório para lavar as mãos corresponde a 2l (por razões óbvias, este dado é essencialmente dependente de cada utilizador).

Os cálculos correspondentes ao actual gasto diário num mês irregular correspondem aproximadamente a metade do consumo de um mês regular. Assim, nos meses de verão, que correspondem simultaneamente aos meses menos chuvosos, o consumo de água é reduzido a metade por não haver actividade no edifício (férias de Verão).

#### 1.4 REFLEXÕES

Com base no gráfico (fig. 29), conclui-se que a instalação de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e a instalação de dispositivos economizadores resultam na redução de cerca de 70 % dos gastos de água relativamente ao consumo actual.

Alguns autores validam a junção das águas pluviais com as águas cinzentas num só reservatório argumentando que o movimento constante das águas evita o desenvolvimento de bactérias. No entanto, grande parte dos especialistas desaconselha pelo facto das águas pluviais serem muito mais limpas que as cinzentas – misturar as duas fontes apenas torna o processo de limpeza mais complexo e desnecessário no caso das águas de origem pluvial. Para além disso, a saída de águas cinzentas é reduzida a partir do momento em que são instalados dispositivos como torneiras economizadoras.

Os gastos económicos, as dificuldades de projecto associadas à instalação de dois reservatórios e a (ainda) desconfiança por parte do público na utilização de águas recicladas não justificam a sua instalação no projecto em causa, não negando contudo os seus benefícios a longo prazo.

## 2 PROJECTO

Desta forma pretende-se:

- A instalação de um SAAP único para os dois edifícios: o pré-existente e o novo volume proposto;
- Maximizar a área de captação, utilizando as coberturas do edifício pré-existente e do novo edifício;
- Usar um reservatório com a capacidade de 100 m<sup>3</sup>;
- Tratar as águas pluviais de forma a atingir o nível de *águas balneares*<sup>16</sup> para utilização em torneiras, duches e descargas de autoclismo dentro do recinto escolar através da filtragem e desinfeção com dióxido de cloro;
- Encaminhar a água da drenagem dos pavimentos para os espaços verdes.

De forma a não quebrar a continuidade das fachadas, os tubos de queda que conduzem a água desde a cobertura do edifício pré-existente até ao reservatório, localizado por baixo do pátio interior, encontram-se apenas nos cantos. As águas que escorrem para o lado de fora da cobertura são encaminhadas para o reservatório através de tubagem adequada que atravessa a estrutura da cobertura pelo interior do edifício. A água captada na cobertura do novo edifício é encaminhada através da ponte de ligação dos dois edifícios até a um dos tubos de queda no interior do pátio (fig. 30).

A drenagem do pátio faz-se através de colectores no pavimento que demarcam a sua presença através da diferenciação de tonalidade e forma da pedra, dirigindo a água para a área verde e, se exceder, para a rede municipal.

Da mesma forma, a água que cai no pátio interior do edifício pré-existente é direccionada para o centro, demarcado pela presença de um bebedouro para os alunos e, posteriormente, direccionada para a área ajardinada no interior do pátio, a Norte.

<sup>16</sup> Consultar capítulo 15.3 sobre qualidade, usos e legislação.

Neste caso, o espaço pedagógico inerente à escola incita à sensibilização ambiental através de experiências sensoriais, pelo que se optou por demarcar a sua presença destes elementos de forma subtil em pontos particulares, como no pátio interior do edifício pré-existente e no piso do bar no novo edifício.

Optou-se pela instalação de um reservatório de 100 m<sup>3</sup> uma vez que há espaço para tal. O dimensionamento e as suas condicionantes espaciais foram tidas em conta no projecto.

Aqui, os processos de filtração e desinfecção decorrem como descritos no capítulo referente ao funcionamento de um SAAP, utilizando o dióxido de cloro para desinfecção. A água devidamente tratada é finalmente direccionada através de tubagem para os diversos pontos do edifício (autoclismos, torneiras, duches) exceptuando a cozinha e o bebedouro, onde a água é necessariamente potável.

Figura 30  
Esquema em corte de encaminhamento das águas pluviais das coberturas até ao reservatório

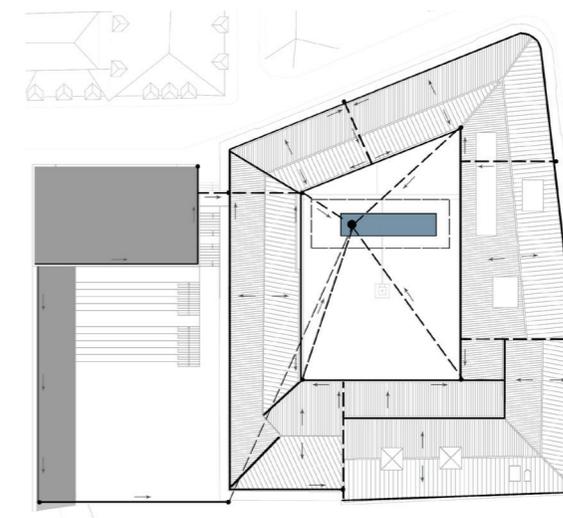
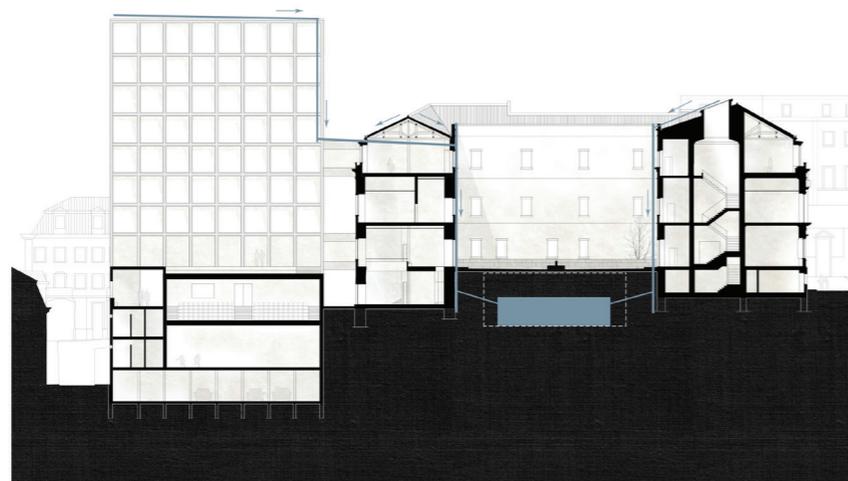


Figura 31  
Esquema em planta de encaminhamento das águas pluviais das coberturas até ao reservatório

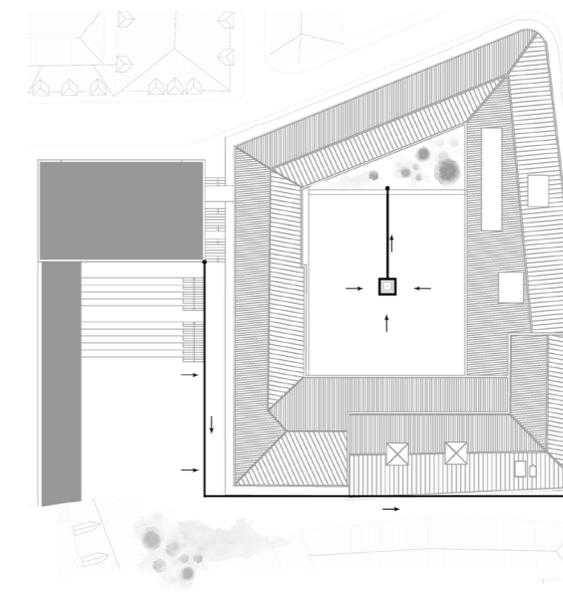


Figura 32  
Esquema em planta de drenagem das águas dos pátios para as zonas verdes e rede municipal

## QUINTA PARTE

## CONCLUSÃO

Pelas razões apresentadas ao longo deste trabalho, nomeadamente, a escassez de água, as frequentes cheias, as alterações climáticas, o aumento demográfico e o progressivo aumento dos padrões de consumo, o uso eficiente da água parece-nos um imperativo lúcido. As consequências do consumo desmedido dos recursos naturais podem ser minimizadas e o urbanismo e a arquitetura interpretam aqui papéis fulcrais.

A presença sensorial da água na paisagem contribui para a sensibilização da população acerca das questões ambientais atrás citadas. Perceber que a escassez de água é uma realidade, que não acontece apenas em países de terceiro mundo, algures, “longe”, que se manifesta à porta de casa; saber de onde vem, como chega às nossas torneiras, para onde vai, como é tratada e, especialmente, ter a noção da quantidade que se utiliza no dia-a-dia é fundamental para a restaurar os valores de respeito para com o ambiente sumidos no consumismo desmesurado da sociedade atual.

Dado o primeiro passo (sensibilização), muitas vezes o necessário, mais que esforço de inovação, é o uso das ferramentas atuais de uma forma mais eficiente. A história é pródiga em pistas de como o urbanismo e a arquitetura podem contribuir com soluções simples, práticas e eficazes, em conjunto com as ciências e a tecnologia para um mundo mais sustentável: *“é impossível saltar para a frente se não se der alguns passos atrás”* – Umberto Eco.

Não havendo controlo sobre o clima, pelo menos há a capacidade de minorar os seus prejuízos: um planeamento urbano adequado pode minimizar os estragos das frequentes cheias. A delineação de um plano de drenagem é, aqui, fulcral, mas a criação de reservatórios de água em pontos estratégicos na cidade afigura-se-nos como medida primaz, quer na recolha, quer na reutilização das águas pluviais no local, encurtando-se o ciclo da água e diminuindo-se a necessidade de instalação de infraestruturas de maiores dimensões para uma drenagem mais eficiente. Sabe-se que as perdas de água apresentam valores exageradamente altos, com perdas

superiores a 50%, em muitos municípios de Portugal. Aqui, a responsabilidade das empresas de distribuição será a de localizar e neutralizar falhas no sistema porque, para além dos volumosos prejuízos financeiros próprios, significa a perda completa de um bem comum e valioso.

Reconhece-se como crescente o interesse pela reabilitação urbana em Portugal, o que, só por si, pode representar uma solução mais vantajosa em termos ambientais e económicos que construir de raiz, para além de ser adicionado o valor patrimonial à equação de uma boa arquitectura. Todavia, as exigências burocráticas e a cristalização legislativa ainda obstaculizam a integração destas soluções em arquitectura.

Em muitos casos, principalmente em habitações individuais, a instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais ainda não é economicamente viável. No entanto, todos os edifícios públicos e de habitação colectiva deveriam ser objetos de estudo obrigatório – a água potável necessária é apenas uma pequena percentagem do consumo total e, por norma, as áreas de captação apresentam dimensões maiores, o que indica um potencial de poupança maior.

Atestada esta asserção com esteio da análise dos resultados obtidos através do estudo do edifício do Conservatório Nacional de Música de Lisboa, a conclusão não poderia ser mais esclarecedora: com a instalação de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e de dispositivos economizadores, a redução dos gastos totais de água seria de cerca de 70%, relativamente ao consumo atual.

Somos cientes de que a integração de um SAAP em edifícios passíveis de reabilitação pode apresentar algumas dificuldades, porque aduz decisões de projeto que podem não ser compatíveis com o valor patrimonial em causa, especificamente, o sempre dúbio sentido estético: as tubagens, as caleiras, os tubos de queda, o reservatório, os sistemas de filtração e tratamento, etc. têm certamente uma presença notória no aspecto formal do projecto.

A resposta a estas questões não é universal e está dependente das condicionantes locais do clima, do estado do edifício a recuperar, do espaço disponível, das soluções

construtivas, dos materiais locais e, não menos importante, da atitude do arquiteto relativamente à forma como integra estes elementos, seja num corpo pré-existente ou num novo edifício. Aqui, o desenho construtivo e de detalhe faz certamente toda a diferença – *God is on the details* – Mies Van der Rohe

O arquiteto, sozinho, não consegue dar resposta a todas estas questões. A verdadeira sustentabilidade aliada a uma boa arquitetura só pode ser conseguida, primeiro, no quadro da cooperação entre todas as entidades envolvidas, refletindo sobre os preceitos do passado e veiculando o dinamismo do futuro; segundo, praticando uma arquitetura contextualizada, considerando as circunstâncias sociais, ambientais e económicas desde a implantação ao detalhe.

O papel individual da arquitetura é todavia crucial. À semelhança do que tem ocorrido com outros aspetos relativos à sustentabilidade das nossas atividades, como por exemplo a energia, a água estará decerto na agenda das políticas públicas num futuro muito próximo. Fazer parte deste processo parece ser uma obrigação não apenas social e ambiental, mas também cultural. De facto, a participação empenhada de arquitetos permitirá incorporar nas soluções que vierem a ser mais difundidas uma abordagem culturalista que tenha como objetivo a preservação dos valores patrimoniais e arquitetónicos.

*Temos a faca e o queijo na mão.*

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ciclo de água de um edifício é, por norma, ainda uma incógnita, especialmente quando considerada a água incorporada nos materiais de construção. Tendo em conta que os gastos indirectos representam mais de metade dos gastos totais de um edifício, é crucial uma pesquisa mais aprofundada acerca deste facto e da forma como pode o arquiteto contribuir para que a redução do consumo de água no ciclo de vida de um edifício se torne uma realidade, hoje, quando as razões económicas prevalecem sobre as ambientais e sociais.

As soluções recolhem-se na criatividade; por exemplo, a utilização de SAAP e RARS em comunidade pode potenciar a eficiência na gestão de água, uma vez que se alia a quantidade recolhida a um investimento menor, porque partilhado. Assim, o planeamento urbano aliado à arquitectura pode trazer benefícios neste sentido, nomeadamente na reabilitação urbana.

## DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Uma das dificuldades deste trabalho esteve no acesso a dados fidedignos relativamente aos verdadeiros consumos de água invisível, ou seja, nos gastos indirectos, especialmente na elaboração dos capítulos relativos à água embutida nos materiais de construção. A criação de uma base de dados fidedigna destes valores em Portugal pode ajudar o arquitecto a tomar decisões mais acertadas relativamente à escolha dos materiais. Assim, considera-se que uma pesquisa mais detalhada neste sentido deve ser desenvolvida.

Considerando a água de utilização, ficou claro que o potencial de poupança de água em edifícios de utilização pública de grande porte e/ou agrupamentos de edifícios é alto. É fundamental que as entidades responsáveis por edifícios como escolas e faculdades tenham conhecimento da quantidade de água potável que todos os dias é desperdiçada, e agir no sentido de mudar esses índices. Para isso, são necessários mais estudos e mais aprofundados sobre a gestão deste recurso em edifícios de uso público.

Muitas perguntas relativamente à gestão urbana ficaram por responder. É intuitivo que a ideia de implementar um plano de drenagem megalómano em cidades como Lisboa não seja a mais acertada, mas o problema é complexo. Assim, é importante perceber de que forma incisões delicadas e pontuais na cidade podem minimizar os fenómenos das cheias e secas e fazer parte do processo de transformação de cidades ribeirinhas.

## BIBLIOGRAFIA

Adams, K.C.a.I. (2009) Your Building, 30 Maio, [Online], Available: <http://www.yourbuilding.org/Article/NewsDetail.aspx?p=83&id=1584> [26 Dezembro 2014].

AfaConsult (2013) A Engenharia do Estádio Municipal de Braga, [Online], Available: [http://www.afaconsult.com/uploads/FicheirosImprensa/2925\\_I\\_PT.pdf](http://www.afaconsult.com/uploads/FicheirosImprensa/2925_I_PT.pdf) [17 Julho 2015].

Aguiar, J. (2007) UNIVER UNIVER(SC) (SC) IDADE IDADE desafios e propostas de uma desafios e propostas de uma candidatura a património da humanidade, Coimbra: Universidade de Coimbra.

ANQIP (2011) Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais , [Online], Available: <http://www.anqip.pt/> [25 Dezembro 2014].

ANQIP (2012) Sistemas de Aproveitamento de águas Pluviais em Edifícios (SAAP), ANQIP.

APA (2014) Planos Específicos de Gestão de Águas, [Online], Available: <http://www.apambiente.pt/?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=835> [21 Dezembro 2014].

Ausubel, K. (1997) The Bioneers: A Declaration of Independence., White River Junction, VT: Chelsea Green.

Barroso, L.P.M. (2010) Construção Sustentável, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Beddington, J. (n.d) Food, Energy, Water and the Climate: A Perfect Storm of Global Events?, London: Government Office for Science.

Bertolo, E.d.J.P. (2006) Aproveitamento da água da chuva em edificações, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Brown, D.C. (2011) H2otel: A New Model for Integrating Water Systems and Coastal Architecture , University of Florida: Massachusetts Institute of Technology.

Brundtland, G.H. (1987) Our Common Future: The world commission on environment and development, Oxford: Oxford University Press.

Bryson, B. (2003) Breve História de Quase Tudo, Lisboa: Quetzal Editores/ Bertrand Editora.

C. Hammond, G.e.J. (2008) Inventory of carbon & energy (ICE) version 1.6a, Bath: Universidade de Bath.

Cardoso, T.O. (2010) O Uso Eficiente da Água nos Edifícios de Habitação, Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.

Catulo, K. (2007) Região de Lisboa continua à mercê das inundações, 25 Novembro, [Online], Available: [http://www.dn.pt/especiais/interior.aspx?content\\_id=1042069&especial=Inunda%E7%F5es%20em%20Portugal&seccao=CIDADES](http://www.dn.pt/especiais/interior.aspx?content_id=1042069&especial=Inunda%E7%F5es%20em%20Portugal&seccao=CIDADES) [19 Novembro 2014].

CM Reguengos de Monsaraz (2015) Cisterna, [Online], Available: <http://www.cm-reguengos-monsaraz.pt/pt/site-visitac/concelho/monumentos/Paginas/Cisterna.aspx> [26 Julho 2015].

Conseil International du Bâtiment (1999) Agenda 21 on sustainable construction - CIB, Rotterdam: CIB.

Cook, S..S.A.K..G.T.R. (2014) Evaluation of alternative water sources for commercial buildings: a case study in Brisbane, Australia, Australia: CSIRO Land and Water Australia.

Cousins, S. RIBA J, [Online], Available: <http://www.ribaj.com/buildings/water-course> [6 Julho 2015].

Crawford, G.J.T.a.R.H. (2004) Assessing Direct and Indirect Water Requirements of Construction, Australia: Built Environment Research Group, School of Architecture

and Building, Deakin University.

Crawford, R.H. (n.d) LIFE CYCLE WATER ANALYSIS OF AN AUSTRALIAN RESIDENTIAL BUILDING AND ITS OCCUPANTS, Australia: Faculty of Architecture, Building and Planning, The University of Melbourne.

David W. Owens, P.J.D.W.H.J.B.a.A.R. (2000) Soil Erosion from Two Small Construction Sites, Dane County, Wisconsin, Agosto, [Online], Available: <http://wi.water.usgs.gov/pubs/fs-109-00/> [3 Novembro 2014].

De Ferranti De Ferranti , [Online], Available: <http://deferranti.com/index.php/glossary/view/g|4738> [7 Junho 2015].

Department for Environment, Food and Rural Affairs (2012) Tools Available to Business to Quantify and Reduce the Impacts of their Water Use, [Online], Available: <http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&ProjectID=17962> [15 Fevereiro 2015].

Diário de Notícias (2015) Quase todo o País em situação de seca meteorológica fraca a moderada, 10 Abril, [Online], Available: [http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content\\_id=4503165&page=-1](http://www.dn.pt/inicio/portugal/interior.aspx?content_id=4503165&page=-1) [20 Abril 2015].

Eduljee, K.E. (2005) Modern Iran's Zoroastrian Home, [Online], Available: <http://www.heritageinstitute.com/zoroastrianism/yazd/page2.htm> [7 Junho 2015].

Edwards, B. (2008) Guia Básico para a Sustentabilidade, Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

E-nova, L. Agência Municipal de Energia e Ambiente, [Online], Available: <http://lisboaenova.org/pt/projectos/agua/reutilizacao-de-aguas-residuais-tratadas-em-lisboa> [27 Dezembro 2014].

European Commission (2012) European Innovation Partnership Water, Brussels.

European Environment Agency (2009) Water resources across Europe, Denmark: European Environment Agency.

European Innovation Partnership on Water (2014), European Commission.

European Water Association (2005) EWA Yearbook, Alemanha.

Eurostat (2007) Consumers in Europe - Facts and figures on services of general interest, Luxemburgo: Eurostat.

Fischer-Kowalski, M. (1998) Society's Metabolism, Vienna, Austria: Institute for Interdisciplinary Research and Continuing Education, University of Vienna.

Fuller, T. (1732) Adagies and Proverbs; Wise Sentences and Witty Sayings, Ancient and Modern, Foreign and British, Britain : Printed for B. Barker.

Garcia, R. (2015) 426 milhões de litros de água deitados fora num dia, 22 Março, [Online], Available: <http://www.publico.pt/sociedade/noticia/426-milhoes-de-litros-de-agua-deitados-fora-num-dia-1689925> [23 Março 2015].

Garcia, P.R. resano garcia arquitectos, [Online], Available: <http://www.ressanogarcia.com/> [2 Junho 2015].

Gardin, G. (1993) Living Within Limits: Ecology, Economics, and Population Taboos, New York: Oxford University Press.

Graham J. Treloar, R.H.C. (2004) Assessing direct and indirect water requirements, Australia: Built Environment Research Group, School of Architecture & Building, Deakin University.

Grosskopf, K.R. (1994) Sustainable Water Resources and Urban Reuse Technology , Florida: School of Building Construction, University of Florida, Gainesville, USA.

Guedes, M.C. (2011) Arquitectura Sustentável na Guiné Bissau - Manual de Boas Práticas, Lisboa: CPLP, Comunidade dos Países de Língua Portuguesa.

Hoekstra, A. (n.d) The water footprint of humanity, Netherlands: University of Twente.

Hoekstra, P.A.Y. and K.Chapagain, D.A. (2008) Water Footprint Network, [Online], Available: <http://www.waterfootprint.org/> [10 Novembro 2014].

Ilgar, E. (2011) Water Footprinting for the Construction Industry, Reino Unido: University College London.

INAG (2009) INSAAR - Inventário nacional de sistemas de abastecimentos de águas e águas residuais - Rede de abastecimento de água., [Online], Available: <http://insaar.apambiente.pt/index.php?id=21> [2 Novembro 2014].

INE (2011) Estatísticas do Ambiente 2011, Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.

Instituto Nacional de Estatística (2010) Estatísticas da Construção e Habitação, Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P.

JN (2014) Chuva intensa causou várias inundações em Lisboa, 22 Setembro, [Online], Available: [http://www.jn.pt/multimedia/galeria.aspx?content\\_id=4138599](http://www.jn.pt/multimedia/galeria.aspx?content_id=4138599) [2 Junho 2015].

Junnila, S. and Horvath, A. (2003) Journal of Infrastructure Systems.

Kibert, C.J. (2008) Sustainable Construction - Green Building , New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., Hoboken.

King, J. (2014) Entrevista com Julia King - a arquiteta do futuro(?), ArchDaily Brasil.

Koolhaas, R. (1994) Delirious New York: A Retroactive Manifesto for Manhattan, New York : Monacelli Press.

LEED (2012) LEED, [Online], Available: <http://www.usgbc.org/leed> [23 Dezembro 2014].

Lisboa E-nova (2014) Matriz da Água de Lisboa 2014, Lisboa: Agência Municipal de Energia e Ambiente, CML, EPAL, SIMTEJO.

Lopes, T.F.d.C.T. (2010) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Marinoski, A.K., Vieira, A.S., Silva, A.S. and Ghisi, E. (2014) Water End-Uses in Low-Income Houses in Southern Brazil, Florianópolis, Brasil: Laboratory of Energy Efficiency in Buildings, Department of Civil Engineering, Federal University of Santa Catarina.

Mateus, R.F. (2004) Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção, Minho.

Ministério do Ambiente (1998) Decreto-Lei n. 236/98, Lisboa.

Mohammed, T., Moor, M.J. and Ghazali, A.H. (n.d) Study on Potential Uses of Rainwater Harvesting in Urban Areas, Selangor, Malasya : Department of Civil Engineering - Faculty of Engineering.

N. Lenssen, D.M.R. (1995) Making Better Buildings, London: L. R. Brown, State of the World.

Navarra, E.T.S.d.A.d.U.d. Elementos de Composición, [Online], Available: <https://elementosdecomposicion.wordpress.com/2012/02/14/arquitectura-en-el-paisaje/> [21 Julho 2015].

Observador (2015) A água que não vemos, mas consumimos na mesma, 15 Janeiro, [Online], Available: <http://observador.pt/2015/01/15/a-agua-que-nao-vemos-mas-consumimos-na-mesma/> [21 Janeiro 2015].

Parra, F. (2015) A água que não vemos, mas consumimos na mesma, 15 Janeiro, [Online], Available: <http://observador.pt/2015/01/15/a-agua-que-nao-vemos-mas-consumimos-na-mesma/> [21 Janeiro 2015].

Pedroso, V.M.R. (2009) Medidas para um uso mais eficiente de água nos edifícios, Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Pinheiro, M.D. (2005) LiderA, [Online], Available: <http://www.lidera.info/> [11

Novembro 2014].

Pinheiro, M.D. (2006) 'Ambiente e Construção Sustentável'.

Pinho, A. (2007) Reabilitação Urbana, [Online], Available: [http://mestrado-reabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jaguiar/APINHOREABILITACAO%20FA-UTL\\_Jan\\_2007.pdf](http://mestrado-reabilitacao.fa.utl.pt/disciplinas/jaguiar/APINHOREABILITACAO%20FA-UTL_Jan_2007.pdf) [17 Dezembro 2014].

Quercus (2012) Escolas Amigas da Água, Quercus- Associação Nacional de Conservação da Natureza.

Quintela, A., Cardoso, J., Mascaranhas, J.M. and Abecasis, M.H. (1993) 'Actas do Simpósio Internacional Hidráulica Monástica Medieval e Moderna', Hidráulica Monástica Medieval e Moderna, Lisboa, 349.

Rethinking the Future (2015) House on Pali Hill | Studio Mumbai, [Online], Available: <http://www.re-thinkingthefuture.org/house-on-pali-hill-studio-mumbai/> [12 Junho 2015].

Robert, A.S.a.R.H.C. (2014) A Comprehensive life cycle water analysis framework for residential buildings, Building Research and Information.

RTP (2008) Ribeiro Telles defende manutenção das ribeiras e pequenas barragens para prevenir cheias, 11 Março, [Online], Available: [http://www.rtp.pt/noticias/pais/ribeiro-telles-defende-manutencao-das-ribeiras-e-pequenas-barragens-para-prevenir-cheias\\_n58520](http://www.rtp.pt/noticias/pais/ribeiro-telles-defende-manutencao-das-ribeiras-e-pequenas-barragens-para-prevenir-cheias_n58520) [2 Junho 2015].

Sacadura, F.O.M.O. (2011) Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios, Lisboa: UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Santos, F.F.M.d. Base de Dados de Portugal Contemporâneo, [Online], Available: <http://www.pordata.pt/> [26 Novembro 2014].

Sexton, M., Barrett, P. and Lu, S.-L. (2008) Corporate Social Responsibility in the Construction Industry, Oxon: Taylor and Francis Group.

Shen Y, O.T.U.N.K.S.H.N. (2008) Projection of future world water resources under SRES scenarios: water withdrawal.

Shiklomanov, I. (1993) Water in Crisis: A Guide to The World's Fresh Water Resources, New York: Oxford University Press.

Silva, P.F.d. (2013) Aproveitamento de Águas Pluviais - Implementação de um Sistema na FAUP, Porto: Faculdade de Ciências Universidade do Porto.

Sivapalan, M..M.K.V.S.A.C.A.W.C.A.S.J.L.W.a.I.R.-I. (2014) Socio-hydrology: Use-inspired water sustainability science for the Anthropocene, MIT - Open Access Articles.

Stephan, A. and Crawford, R.H. (2014) A comprehensive life cycle water analysis framework for residential buildings, Brussels, Belgium : Building Research and Information.

Tomar, I.P.d. Convento de Cristo, [Online], Available: <http://www.conventocristo.pt/pt/index.php?s=white&pid=207> [24 Maio 2015].

USGS (2015) The USGS Water Science School, 27 Julho, [Online], Available: <http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html> [28 Julho 2015].

Ven, M.A.R.e.F.H.v.d. (2000) Environmental Assessment Review.

Vida Sustentável (2013), [Online], Available: <http://www.vidasustentavel.net/sustentabilidade/reciclagem-da-agua-sistema-de-captacao-para-o-aproveitamento-da-agua-de-chuva-e-ideias-para-evitar-o-desperdicio/> [29 Dezembro 2014].

## ANEXOS CÁLCULOS

Os seguintes cálculos correspondem ao actual gasto diário num mês regular.

Gasto Diário Ensino Integrado:

Volume de Águas Negras:  $[(3 \times 6) + (0,5 \times 6) + (2 \times 5)] \times 136,5 = 2457 + 409,5 + 1365 = 4231,5l$

Volume de Águas cinzentas:  $[(3 \times 2) + (2,5 \times 2)] \times 136,5 = 819 + 682,5 = 1501,5l$

Gasto Diário Ensino Supletivo:

Volume de Águas Negras:  $[(0,6 \times 6) + (0,1 \times 6) + (0,4 \times 5)] \times 324,5 = 1168,2 + 194,7 + 649 = 2011,9l$

Volume de Águas cinzentas:  $[(0,6 \times 2) + (0,5 \times 2)] \times 324,5 = 389,4 + 324,5 = 713,9l$

Gasto Diário Dança:

Volume de Águas Negras:  $[(0,5 \times 6) + (0,1 \times 6) + (0,2 \times 5)] \times 85 = 225 + 51 + 85 = 391l$

Volume de Águas cinzentas:  $[(0,5 \times 2) + (0,3 \times 2)] \times 85 = 85 + 51 = 105l$

Gasto Diário Professores:

Volume de Águas Negras:  $[(1,8 \times 6) + (0,3 \times 6) + (1,2 \times 5)] \times 83,5 = 901,8 + 150,3 + 501 = 1553,1l$

Volume de Águas cinzentas:  $[(1,8 \times 2) + (1,5 \times 2)] \times 83,5 = 551,1l$

Gasto Diário Funcionários:

Volume de Águas Negras:  $[(2,4 \times 6) + (0,4 \times 6) + (1,6 \times 5)] \times 12,5 = 180 + 30 + 100 = 310l$

Volume de Águas cinzentas:  $[(2,4 \times 2) + (1,8 \times 2)] \times 12,5 = 60 + 45 = 105l$

Duches: Afirma-se que apenas cerca de 10 alunos tomam duche após as aulas de Educação Física, que acontecem duas vezes semanalmente.

$10 \times 2 \times 4 \times 75 = 6000l$  mês = 272 l/dia (dividindo por 22 dias úteis)

Volume de Águas Negras Total:  $4231,5 + 2011,9 + 391 + 1553,1 + 310 = 8497,5l$

Volume de Águas Cinzentas Total:  $1501,5 + 713,9 + 136 + 551,1 + 105 + 272 = 3279,5l$

Segundo a ANQUIP, 11% dos gastos correspondem a usos na cozinha, limpezas e AVAC. Assim,

$8497,5l + 3279,5l = 11777l$  -> 89% do volume total, logo, 100% = 13232,6l gasto diário total, valor semelhante aos dados obtidos através das facturas da EPAL em meses regulares.

Ora, se ao volume de águas cinzentas for somado o volume de águas pluviais captadas e o volume de água utilizada na cozinha, limpezas e AVAC, obtém-se um valor superior ao volume total de águas negras:

$3279,5l$  (volume de águas cinzentas) +  $1455,6l$  (correspondente a 11% do total) +  $4500l$  (SAAP) =  $9235,1l > 8497,5l$

Isto significa que através da reutilização de águas cinzentas e do reaproveitamento de águas pluviais para utilização não-potável (autoclismos e urinóis), o volume de água potável desperdiçada = 0, sobrando ainda 737,6l de água reaproveitada para rega de espaços exteriores e limpezas de pavimentos.

Se 8% da água total for utilizada na preparação de refeições, significa que apenas 1058,6l (correspondente a 8% do volume total de água gasta por dia) + 3279,5l (correspondente ao volume total de águas cinzentas) = 4338,1l são necessariamente água potável, o que corresponde a 32% do volume total. Logo, 68% de volume de água pode ser poupado.

Utilização de dispositivos economizadores nas novas instalações sanitárias do projecto do Conservatório Nacional:

Gasto Diário Ensino Integrado:

Volume de Águas Negras:  $[(3 \times 4) + (0,5 \times 4) + (2 \times 0)] \times 136,5 = 1638 + 273 + 0 = 1911l$

Volume de Águas cinzentas:  $[(3 \times 1) + (2,5 \times 1)] \times 136,5 = 409,5 + 341,25l = 750,75l$

Gasto Diário Ensino Supletivo:

Volume de Águas Negras:  $[(0,6 \times 4) + (0,1 \times 4) + (0,4 \times 0)] \times 324,5 = 778,8 + 129,8 = 908,6l$

Volume de Águas cinzentas:  $[(0,6 \times 1) + (0,5 \times 1)] \times 324,5 = 194,7 + 162,25 = 357l$

Gasto Diário Dança: Não existe no novo edifício.

Gasto Diário Professores:

Volume de Águas Negras:  $[(1,8 \times 4) + (0,3 \times 4) + (1,2 \times 0)] \times 83,5 = 601,2 + 100,2 = 701,4l$

Volume de Águas cinzentas:  $[(1,8 \times 1) + (1,5 \times 1)] \times 83,5 = 150,3 + 125,25 = 275,5l$

Gasto Diário Funcionários:

Volume de Águas Negras:  $[(2,4 \times 4) + (0,4 \times 4) + (1,6 \times 0)] \times 12,5 = 120 + 20 = 140l$

Volume de Águas cinzentas:  $[(2,4 \times 1) + (1,8 \times 1)] \times 12,5 = 30 + 22,5 = 52,5l$

Duches: Afirma-se que apenas cerca de 10 alunos tomam duche após as aulas de Educação Física, que acontecem duas vezes semanalmente.

$10 \times 2 \times 4 \times 25 = 2000l/mês = 91l/dia$  (dividindo por 22 dias úteis)

Volume de Águas Negras Total:  $1911l + 908,6l + 701,4l + 140l = 3661l$

Volume de Águas Cinzentas Total:  $750,75l + 357l + 275,5l + 52,5l + 91l + 641,1l$  ( 11% do volume total) = 2167,8l

Volume total =  $3661 + 1526,75 = 5187l$  -> 89% do volume total de água

100% -> 5828,9l logo, 11% -> 641,1l