SÉRGIO MIGUEL CATUMBA FERNANDES
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
INTEGRADO EM ARQUITECTURA

CAIXA DE MÚSICA
O DESENHO DE UM ESPAÇO PARA A PRÁTICA MUSICAL

FAUP — 2011



CAIXA DE MÚSICA
O DESENHO DE UM ESPAÇO PARA A PRÁTICA MUSICAL

—

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura realizada por Sérgio Miguel Catumba Fernandes com orientação da Professora Doutora Maria Madalena Ferreira Pinto da Silva.

Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto.
Porto, Agosto de 2011

Este trabalho foi composto em caracteres Sabon corpo 10/15pt. Os títulos foram compostos em Gotham corpo 15pt, os subtítulos em corpo 10pt, notas de rodapé em corpo 7pt.

Todas as citações presentes no corpo de texto foram escritas em português, com tradução do autor quando necessário. Nas notas de rodapé, os textos citados foram transcritos na sua língua original.

A

Aos meus pais porque me permitiram este caminho.
À Joana porque me inspira a percorrê-lo.

AGRADECIMENTOS

À Arqª Madalena, pela presença constante e insistente incentivo, os conselhos, a abertura, as críticas e a orientação.
Ao Arqº José Prata e ao Engº Octávio Inácio, pela orientação inicial no tema e pelas informações facultadas.
Ao Profº Vitor Gomes, que me ofereceu os conhecimentos musicais quando em criança, e aos *us*, pelos palcos e sala de ensaio conquistados.
A todos os compositores, cantores e instrumentistas que animaram o decurso deste trabalho.
Aos amigos e colegas com quem partilhei este último capítulo.
Aos companheiros de residência: Hugo, Vitor, Teixeira e Rafael, e os que por lá passaram, com quem aprendi tantas pequenas coisas tão diferentes.
Ao Gil Pereira e ao Paulo Azevedo, que me mostraram Itália em pausas inspiradoras.
Ao Nuno Ferreira, Rita Martins, Ricardo Pedrosa, Sílvia Lopes e Tânia de Jesus, sempre disponíveis e que se voluntariaram a ajudar quando necessário.
Ao Paulo, pela partilha e pelos conselhos, de irmão e de 'aprendiz de designer'.
À Joana Maia, namorada, companheira, amiga e colega, arquitecta e música, que me deu tudo em todos os momentos: inquietude, curiosidade, opiniões, ideias e conselhos.
Aos meus pais, pelo apoio, dedicação, paciência e amizade.
Ao meu avô, que espera impaciente a festa de fim de curso.
A todos os que, de algum modo, contribuiram para este trabalho, perguntando e opinando sobre "o coreto" ou a "concha acústica".

RESUMO
RESUMÉ. ABSTRACT.

Música e Arquitectura (ou Arquitectura e Música). Procurou-se um ponto de referência para estudar o contacto entre aquelas disciplinas artísticas através da realização de um projecto. Desenha-se um espaço para a prática de música, um pavilhão mutável, exterior e interior, de espectáculo, performance, ensino, estudo, eventualmente repetível.

O presente trabalho procura responder, essencialmente, à problemática subjacente ao desenho de espaços dedicados à música, pela clarificação das questões essenciais presentes, inerentes e especificamente relacionadas com essa prática, desde as de âmbito técnico às de percepção e desfrute prazenteiro, na sua dimensão funcional mas também simbólica e formal. Numa investigação teórica delineia-se um percurso, um método para apontar problemas que estarão necessariamente presentes, tanto no pequeno espaço de estudo de uma escola de música como numa grande sala de concertos.

Apresenta-se o projecto de um edifício ligado a um programa musical, caso prático de estudo dos problemas e de aplicação das estratégias(/métodos) entretanto investigados, num espaço, pensado e desenhado por um arquitecto. Um edifício pequeno e de carácter temporário, mas onde as mesmas questões puderam ser estudadas. No processo de projecto, permite-se ao mesmo tempo questionar — cruzando com a interpretação de diferentes autores — a sua construção e o espaço público, uma investigação em torno do conceito de *coreto* e da contemporânea concepção/ ideia de ocupação/ intervenção artística-musical no espaço da cidade.

(fr) Musique et Architecture (ou Architecture et Musique). On a cherché un point de référence pour l'étude du contact entre ces disciplines artistiques a travers de la réalisation d'un projet. Se construit un espace pour la pratique de la musique, un pavillon mutable, extérieur et intérieur, pour le spectacle, la performance, l'enseignement, l'étude, éventuellement reproductible.

Ce présent travail tente de répondre, en substance, aux problèmes sous-jacents à la conception d'espaces dédiés à la musique, par l'éclaircissement des actuelles questions clés, inhérentes et spécifiquement liées à cette pratique, puisque les d'ordre technique auxquelles de perception et de appréciation agréable, dans sa dimension fonctionnelle mais aussi d'autres symbolique et formelle. Dans une étude théorique est délimitée un parcours, une méthode permettant de signaler des problèmes qui sont nécessairement présents dans le petit espace d'étude d'une école de musique ou une grande salle de concert.

On présente la conception d'un bâtiment raccordé à un programme de musique, un étude de cas pratique des problèmes et application des stratégies(/méthodes) toutefois recherchés, dans un espace, pensé et conçu par un architecte. Un bâtiment petite et temporaire, mais où les mêmes questions pourraient être étudiées. Dans le processus de conception, se permet en même temps questionner — comparent avec l'interprétation par différents auteurs — sa construction et de l'espace public, une enquête autour du *coreto** et le concept contemporain de design/ idée d'occupation/ d'intervention artistique-musicale dans l'espace urbaine.

(en) Music and Architecture (or Architecture and Music). A reference point was sought, attempting to study the contact between such artistic disciplines, by designing a scheme. A space is outlined for the practice of music, a changeable pavilion, exterior and interior, for spectacle and performance, teaching and study, and, eventually, even replicable.

The present work aims to answer, essentially, to the underlying problems of designing spaces for music, by highlighting the existing key issues, inherent and specifically related to the exercise of music, from technical issues to ones of perception and enjoyment, in their functional but also symbolic and formal dimensions.

In a theoretical investigation, a path is outlined, a method to pinpoint problems that will necessarily be present, in both the small study space of a music school and the large concert hall.

The scheme of a building bound to a musical brief is proposed, a practical example of the study of problems and the implementation fo strategies(/methods) meanwhile investigated, in a space thought-out and designed by an architect. A small scale building, and of temporary nature/ makeup, but where the same issues were studied. In the design process it is simultaneously put into question — cross-checking the interpretation of different authors — its construction and public space, an investigation surrounding the concept of *coreto** and its contemporary conception/ idea of artistic-musical occupation/ intervention in the space of the city.

*(fr) kiosque à musique, (en) bandstand.

ÍNDICE

PÁGINA 6

RESUMO. *RESUMÉ. ABSTRACT.*

PÁGINA 8

ÍNDICE

PÁGINA 11

PRÓLOGO

PÁGINA 12

INTRODUÇÃO

PÁGINA 14

A POÉTICA DA LIGAÇÃO ENTRE MÚSICA E ARQUITECTURA

→ Arquitectos falam em Música → Músicos falam em Arquitectura: O edifício musical e o bosque de Cage → Le Corbusier e Xenakis e um gesto electrónico → Conquistas Sociais: De Bayreuth ao Teatro Total → O ambiente sensorial da Caixa Sonora Suíça → Experiências Recentes: O sítio enquanto lugar sonoro e uma janela para essa paisagem → Experiências Recentes: Espaços e formas arquitectónicas da música

PÁGINA 37

1.0

DA MÚSICA

PÁGINA 40

1.1

ESPAÇOS PARA A PRÁTICA DE MÚSICA

→ Quatro factores: Ponto de partida para a definição de um espaço para a música → Sala de estudo/ensaio → Sala de aula → Sala de concertos: A música clássica como modelo → Combinar a Música com a palavra: Ópera, teatro e espaços multifuncionais → Espaços insonorizados

PÁGINA 56

1.2

DIMENSIONAMENTO E CONDICIONAMENTO

→ Elementos reflectores e difusores → Elementos absorventes → Tempo de reverberação e dimensionamento → Reflexões prejudiciais: O eco → Eco flutuante, colorações e as proporções de uma sala → Limites 'horizontais': O tecto e o chão (ou como iluminar todos os ouvintes) → Um exemplo: Três espaços da Escola Superior de Música

PÁGINA 76

1.3

ISOLAMENTO

→ Critério de ruído e índice de redução sonora → Modos de Transmissão do Ruído → Massa: A parede simples → Massa-mola-massa: A parede dupla → Efeito membrana → Transmissões estruturais: Dessolidarização → Portas e janelas → Medidas passivas: Difusão e absorção → Medidas passivas: Forma e programa → Um exemplo: Medidas passivas na Escola Superior de Música

PÁGINA 94
1.4
GLOSSÁRIO: CONCEITOS ENTRE DISCIPLINAS

PÁGINA 101
2.0
DO PROJECTO DE ARQUITECTURA

PÁGINA 104
2.1
UM PROGRAMA ESPECÍFICO PARA UM CLIENTE GENÉRICO

→ Do Orpheon para a Casa da Música: As instituições portuenses como compreensão de uma realidade → O Coreto, legado oitocentista, e novas estruturas para prática musical em espaço público → O Cliente e o Programa

PÁGINA 116
2.2
FIRMITAS: PROJECTO EFÉMERO OU ETERNO PASSAGEIRO

→ Perenidade no tempo provisório e no lugar transitório → Fenómenos de ocupação temporária da cidade → A forma pela circunstância provisória

PÁGINA 124
2.3
A METAMORFOSE DA FORMA E DO ESPAÇO

→ Mutabilidade e Multifuncionalidade: 4 momentos para uma Caixa de Música → As dimensões da Caixa de Música → Materiais: Identidade e ambiente → Construção: A escolha de um método → O módulo nos caixotões e o prisma metálico → Corpos acopláveis: Excepções ao método

PÁGINA 146
2.4
O PROJECTO

→ Momento 1: O palco descoberto → Momento 2 & 3: Do coreto à concha acústica unidireccional → Momento 4: O pavilhão encerrado

PÁGINA 174
PAUSA. ENTRE CAIXAS DE MÚSICA. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

PÁGINA 178
BIBLIOGRAFIA

PÁGINA 184
ÍNDICE DE IMAGENS

PRÓLOGO

Ao longo da minha vida enquanto criança, dois exercícios me suscitaram sempre grande curiosidade: o 'tocar piano' e o 'desenhar casas'. Durante o meu percurso formativo até à maioridade, foi o primeiro que esteve presente, mais ou menos de forma rigorosa mas um tanto quanto irregular e com algumas experiências (nunca profissionais) em cima do palco e com diferentes instrumentos.

Para a conclusão do curso surgiu, então, a vontade de cruzar aquela arte que tentara aprender em tantos anos com esta que monopolizou o meu tempo ao longo dos últimos seis anos e que, neste momento, é parte fundamental na caracterização da minha personalidade.

É neste contexto que inicio uma procura sobre o sentido em que deve acontecer o desenvolvimento deste trabalho. O desenho de um projecto possibilita a oportunidade de um exercício concreto de investigação e aplicação de métodos adquiridos. O contacto com a música faz-se na definição do programa específico. O projecto que se desenvolve é objecto e objectivo, e a abordagem teórica o método de investigação para chegar à sua formalização.

INTRODUÇÃO

O objectivo primeiro desta dissertação é a clarificação das questões essenciais presentes num projecto de um espaço para a prática musical, inerentes e especificamente relacionadas com essa prática, desde as de âmbito técnico às de percepção e desfrute prazenteiro.

O método define-se como percurso de aproximação gradual ao conteúdo da proposta final. Desta forma, o trabalho é constituído por um capítulo introdutório e duas partes centrais, que se pretendem complementares, e organizados de modo contínuo.

Numa contextualização da temática dominante no trabalho, e na procura duma 'poética' comum, centra-se a atenção na apresentação de alguns momentos destacáveis pela presença das disciplinas da Arquitectura e da Música, uma na outra, ou pelo seu contributo numa experimentação paralela e interdisciplinar.

Sendo necessário o estabelecimento de um limite no campo de estudo, optou-se por manter de fora um estudo cronológico relacionado com a história dos espaços para a música. Tal iria centrar a análise em salas de concerto, espaços de excepção que não tentam ser aqui objecto insistente/maioritário de estudo. Além do mais, estudos de predominância histórica, ou também formal, de uma procura do paralelismo entre as duas disciplinas foram já feitos extensivamente, inclusive como prova final, dissertação de mestrado ou editados nesta faculdade.

A Parte Um desta tese constrói-se como método de investigação, necessário para chegar à formalização do objectivo de projecto. Dedicado à Música, centra-se nas questões formais especificamente relacionadas com a percepção sonora e musical presentes num espaço arquitectónico de suporte àquela prática artística. Pode entender-se também como construção de um guia para a aplicação da acústica no processo de projecto num campo mais alargado, no uso do som para desenhar o espaço arquitectónico, dado que é, aliás, objectivo comum à arquitectura e à música a construção de ambientes sensoriais.

A Parte Dois acompanha o processo de projecto, abordando de forma progressiva as questões consideradas pertinentes, e que confluem com as questões 'musicais' sempre que necessário.

A definição de um cliente, o estabelecimento do programa, a importância do lugar e o carácter temporário e múltiplo em usos da proposta que se apresenta, o entendimento de um ambiente e uma identidade a partir da forma e dos materiais, e a síntese num método construtivo, são as questões a abordar numa

primeira parte. Paralelamente, são referidos diferentes exemplos que em determinado momento confrontam ou esclarecem as opções tomadas.

Conclui-se esta parte com a apresentação da proposta, exposta de forma faseada e descritiva, correspondente às várias configurações diferentes.

No fecho do trabalho, procuram reunir-se pensamentos, finalmente dentro da Caixa de Música que se construiu. Aprecia-se o projecto pensado, a intensidade do toque que se procura da Música na Arquitectura, algumas considerações e reflexões para um ponto final.

A POÉTICA DA LIGAÇÃO ENTRE MÚSICA E ARQUITECTURA

Fazer música ou projectar é criar ambientes que nos envolvem sonora e visualmente, poemas. Iannis Xenakis[1]

Na abertura deste trabalho procura encontrar-se um ponto de referência para estudar o contacto/intersecção entre as disciplinas da Música e da Arquitectura e relatar um curto périplo numa abordagem teórica a alguns desses momentos.

A relação entre aquelas disciplinas artísticas pode ver-se constante. O som e o espaço estão permanentemente a interagir, seja porque em qualquer actividade se gere som, ruído ou música, som ambiente, natural ou artificial, seja porque o espaço está presente na audição desses sons produzidos, definindo os seus contornos e a percepção sensorial da sua audição.

Assim, este capítulo faz-se com recurso a conceitos dos dois campos, cruzando-se na prática construída ou num contexto mais subjectivo, sobre música e arquitectura (e um no outro). Dão-se exemplos concretos de uma experimentação que acontece de modo interdisciplinar: relacional, paralela e integrada.

Ao anunciar o encontro entre estas disciplinas, pode apontar-se que "a eventual proximidade entre as sensibilidades disciplinares da arquitectura e da música, é uma suspeita antiga."[2] No entanto, as comparações entre elas tendem a situar-se, "tradicional e manualisticamente, no âmbito da composição, ou da notação musical e representação arquitectónica, perscrutando semelhanças entre modelos compositivos e organizativos de carácter formal, por exemplo, entre uma 'fachada arquitectónica' e 'uma partitura sinfónica'"[3], além de surgirem condicionadas, ou num ou noutro campo cultural, limitadas pelo ângulo de abordagem disciplinar.

Racionalmente, podemos apontar aspectos como a estrutura rítmica, as pausas, os padrões, as variações, a profundidade, ou a espacialidade, ou outros não tão óbvios, como o poder de música e arquitectura definirem certas 'atmosferas'. "Se nos detivermos, com atenção, no actual panorama arquitectónico e musical, certamente intuiremos que existem outras dimensões no cruzamento entre estas duas disciplinas: uma sensibilidade especial na composição do espaço; a capacidade de gerar ambiências específicas, de lidar com a experiência sensorial e emocional, através de uma atitude estética distintiva; a ambição de

1 XENAKIS, Iannis; *Musique, Architecture*; Casterman; Tournai; 1976. Citado em GUTIÉRREZ, Maria Luisa; GUTIÉRREZ, Nieves; "Música y Arquitectura: El caso de Xenakis y Le Corbusier" in *Filomusica* (site) número 71, Dezembro 2005. Disponível em www.filomusica.com/filo71; consultado em 20 de Junho de 2010.

2 *Encontros Arquitectura e Música — Programa, Maio 2007*; Trienal de Arquitectura de Lisboa; Lisboa; 2007; página 3.

3 *ibidem*.



• 1 Arvo Pärt, *Lamentate*, 2002 (música) + Anish Kapoor, *Marsyas*, 2002 (escultura) + Herzog & De Meuron, *Tate Modern*, London 2000 (arquitectura).

relacionar as novas tecnologias com um processo de experimentação e descoberta de novas configurações, inerente à criação artística; uma expressão de contemporaneidade"[4].

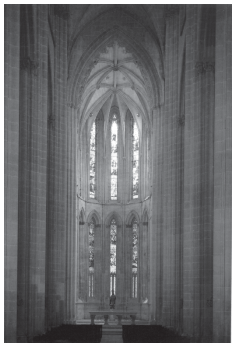
Contudo, depois de tantas semelhanças que podem encontrar-se, fica a chamada de atenção:

> *Não nos iludamos – as relações entre a arquitectura e as outras artes não são, apenas, relações de semelhança. São, sobretudo, relações de diferença dialogante.*[5]

ARQUITECTOS FALAM EM MÚSICA

O arquitecto Manuel Tainha escreve que a reverberação "dá significado ao espaço arquitectónico sob forma do 'senso de clausura' (…), de recinto fechado, que nós arquitectos designamos por espaço interno, em oposição ao de fora."[6] Ele conta uma descrição bem material duma experiência sonora vivenciada na igreja da Batalha:

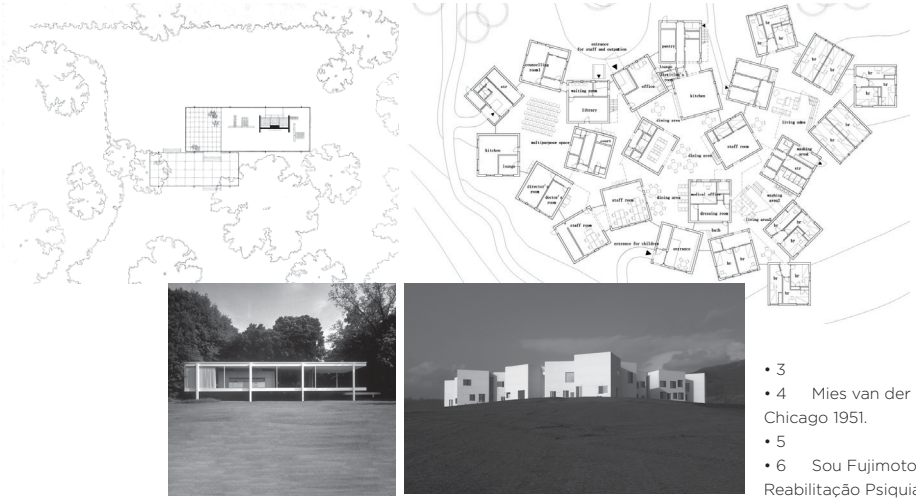
> *Entrados, logo fomos tocados pelo silêncio da grande nave: silêncio leve e pesado, feito de mil ruídos à procura de um som sem jamais o conseguir. Passado o impacto do silêncio, pedi a um aluno que fizesse o seguinte: que emitisse ali mesmo um acorde perfeito que, como sabem, é composto por três notas — a tónica, a mediante (3ª) e a dominante (5ª). E como é natural ele emitiu as notas uma após outra, em sucessão (harpejo).*
> *Porém, o que nós realmente ouvimos foi um acorde, isto é as três notas em simultâneo. (…) A reverberação (…) pairava no ar como uma fina poeira sonora, como um sonho desfeito, sem figura nem forma, mas real e de assombrosos efeitos plásticos e sensíveis.*[7]



• 2 Nave Central da Igreja do Mosteiro da Batalha.

Numa outra abordagem, Peter Zumthor propõe, em jeito de desafio, uma interpretação comparativa entre as teoria e prática da arquitectura e da música. Zumthor diz que "o mundo do som também abarca o oposto da melodia, da harmonia e do ritmo, aparte dos sons meramente funcionais a que chamamos ruído, conhecemos desarmonias e ritmos quebrados, fragmentos e aglomerados

4 *ibidem*.
5 *ibidem*.
6 MANUEL TAÍNHA em *Guia 1990/1991*; FAUP; 1990. Citado em VIEIRA, João César Neto; *Arquitectura e Música: intersecções e afinidades*; Prova Final, docente acompanhante Prof. Manuel Botelho; FAUP; Porto; 2002; página 45.
7 *ibidem*.



• 3
• 4 Mies van der Rohe, *Farnsworth House*, Chicago 1951.
• 5
• 6 Sou Fujimoto, Centro Infantil de Reabilitação Psiquiátrica, Hokkaido 2006.

de sons, elementos com os que trabalha a música contemporânea. Acho que a arquitectura contemporânea devia dispor de um plano tão radical como a nova música, ainda que impondo limites a esse imperativo."[8]

Ainda no seguimento deste pensamento, e numa definição da arquitectura na contemporaneidade, o arquitecto Sou Fujimoto utiliza a metáfora musical para explicar o ponto 3, "Notação musical sem pauta: nova geometria", do seu manifesto arquitectónico *Primitive Future,* que se transcreve na íntegra pela sua brevidade:

> *No sistema de escrita musical baseado na pauta de cinco linhas, os sons são dispostos sobre o "tempo homogéneo" da linha melódica e da pauta como grelha. Isto é muito semelhante à arquitectura moderna, onde as coisas se colocam no "espaço homogéneo" do sistema de coordenadas cartesianas. E talvez poderia entender-se a arquitectura de Mies como uma pauta na qual nada se escreveu. Sem incluir nenhum som estranho na pauta, Mies insistiu que a própria pauta era a arquitectura (=música). Imaginou claramente a base da arquitectura (=música).*
> *Tentemos escrever música tirando a pauta e deixando que os sons flutuem. É isto desordem? Não, de todo. Existem relações entre os sons. Muitos deles entrelaçam-se com vínculos diferentes. Uma suave e dinâmica ordem é gerada pelas relações locais. É precisamente a ordem sugerida por esta notação musical a ordem da arquitectura do século* XXI.[9]

E Le Corbusier afirma, a propósito da experiência temporal no contexto arquitectónico do pavilhão Philips, de que à frente se fala, "a arquitectura julga-se com os olhos que vêem, com a cabeça que gira, com as pernas que andam. A arquitectura não é um fenómeno sincrónico mas sucessivo, feito de espectáculos que se somam uns aos outros e se sucedem no espaço e no tempo, como a música"[10].

No domínio da música ocorre algo similar à experiência do espaço e parafraseando Le Corbusier, Susana Moreno Soriano refere a música como um

8 ZUMTHOR, Peter; *Pensar la Arquitectura*; Gustavo Gili; Barcelona; 2004; página 12.
9 FUJIMOTO, Sou; "Primitive Future" in *2G: Revista Internacional de Arquitectura — Sou Fugimoto*, número 50; Gustavo Gili; Barcelona; Julho 2009; página 133.
10 SORIANO, Susana Moreno; *Arquitectura y Música en el siglo xx*; Fundación Caja de Arquitectos; Barcelona; 2008; página 38.

fenómeno não plano mas espacial e que, portanto, as respostas às necessidades dum músico se encontram mais no campo da arquitectura do que em alguma outra arte.[11]

A mesma ideia é repetida por Raul Lino noutra ocasião, quando afirma que "a certa luz, a arquitectura é com mais propriedade comparável à música do que às outras artes plásticas"[12].

MÚSICOS FALAM EM ARQUITECTURA: O EDIFÍCIO MUSICAL E O BOSQUE DE CAGE

Os arquitectos fazem frequentemente uso do som como matéria, e da música para explicar conceitos ou a qualidade sensível/abstracta de um espaço. Os músicos retribuem, por seu lado, com apropriação do espaço e da arquitectura para um processo inverso de interpretação matérica da música.

Ao músico a arquitectura surge muitas vezes como exemplo físico, metáfora ou referência que facilita a compreensão do conceito 'música'. Explanando a definição que John Cage faz de música tonal, à qual se irá opor ou transpor, escreve Carmen Pardo que "a música é organização de sons, silêncios e durações que constroem edifícios audíveis. A escuta da música efectua-se num passeio que habita uma casa, um labirinto, um jardim sonoro. Compor e escutar música é por vezes edificar arquitecturas audíveis"[13].

Com este edifício musical, Pardo refere-se à tonalidade dos cânones clássicos da Música. Mas, a partir de Arnold Schoenberg, e depois Edgard Varèse e John Cage exploram novos sons, o uso não convencional de instrumentos, os sons ordinários ou os electrónicos, relacionados com as novas tecnologias desenvolvidas. Uma nova linguagem musical é aqui criada, quer pela utilização dos sons atonais quer dos ruídos na música.

Como Le Corbusier e os arquitectos modernistas recusam a submissão aos cânones clássicos vigentes[14], Cage e os serialistas recusam a tonalidade na defesa do atonal, descobrem novos materiais e elementos construtivos da composição musical[15].

---

11 *idem*; página 13.

12 LINO, Raúl; *Quatro palavras sobre Arquitectura e Música*. Citado em VIEIRA; *op. cit.*; página 3.

13 PARDO, Carmen; "John Cage: un oído a la intemperie" in *Escritos al Oído*; COAAT; Valência; 1999; página 9.

14 Mais do que em oposição ao Clássico, de onde aprendeu e onde se inspirou — os traçados reguladores, a ordem, a proporção — fá-lo/fazem-no contra a sua descontextualizada aplicação como "estilo" vigente: "Na Acrópole, Jeanneret delicia-se com uma composição arquitectural que deixou nele marcas indeléveis. (...) O conhecimento da história não refreará a sua liberdade de apreciação perante os edifícios da Antiguidade e do Renascimento. Invoca depois a 'lição de Roma' e denuncia as 'veneráveis carcassas' da Academia, que a deformam e esterilizam." COHEN, Jean-Louis; *Le Corbusier*; Taschen; Köln; 2006; página 8.
Esclareça-se melhor através duma passagem de *Por Uma Arquitectura* sobre o que se afirma: "Sobre o solo caro das grandes cidades, vemos ainda surgir das fundações de um edifício, enormes pilastras de alvenaria, embora simples colunas de cimento fossem de igual eficácia. Os telhados, os miseráveis telhados, continuam a dominar, paradoxo indesculpável. Os subsolos continuam húmidos e atravancados e as canalizações das cidades estão sempre escondidos sob o calcetamento, como órgãos mortos, malgrado o facto de que uma concepção lógica realizável desde agora traria a solução.
Os estilos — pois que é necessário ter feito alguma coisa — intervêm como a grande contribuição do arquitecto. Intervêm na decoração das fachadas e dos salões, são as degenerescências dos estilos, o resto de um velho tempo; mas é o 'atenção, continência' respeitoso e servil diante do passado: modéstia inquietante. Mentira, porque 'aux belles époques' as fachadas eram lisas com vãos regulares e boas proporções humanas. As paredes eram o mais possível delgadas". LE CORBUSIER; *Por Uma Arquitetura*; Perspectiva; São Paulo; 1998; página 65.

15 "Modern chords have a structure which would have been considered as absurdly impossible and daring seventy years ago as would that of ferro-concrete". WALTON, Alexandre; *Architecture & Music — A study in reciprocal values*; W. Heffer & Sons; Cambridge; 1934. Citado em MOTA, Maria do Céu Aguiar da; *Arquitectura, Música e Acústica no Portugal Contemporâneo*; Faup Publicações;



I

TACET

II

TACET

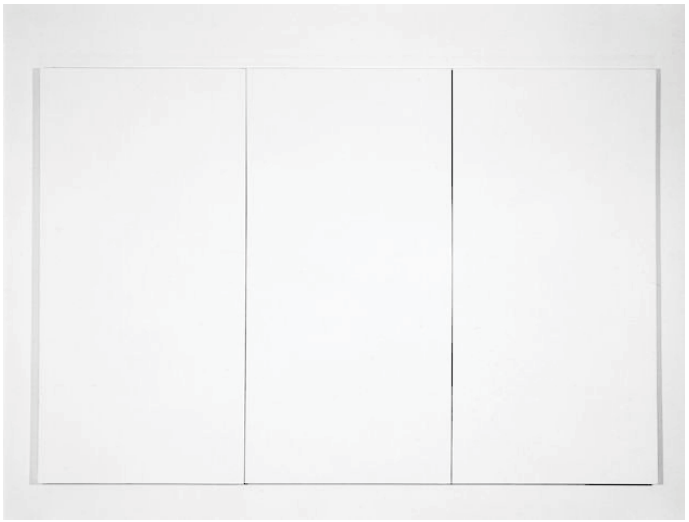
III

TACET

NOTE: The title of this work is the total length in minutes and seconds of its performance. At Woodstock, N.Y., August 29, 1952, the title was 4' 33" and the three parts were 33", 2' 40", and 1' 20". It was performed by David Tudor, pianist, who indicated the beginnings of parts by closing, the endings by opening, the keyboard lid. However, the work may be performed by any instrumentalist or combination of instrumentalists and last any length of time.

FOR IRWIN KREMEN

JOHN CAGE



• 7 John Cage a 'preparar' um piano.

• 8 John Cage, 4'33'', 1960.

A partitura é composta por 3 partes de silêncio. O termo *Tacet* é usado para indicar a um intérprete que permaneça em silêncio durante um movimiento completo.

• 9 Robert Rauschenberg, *White Painting (Three Panel)*, 1951.

John Cage (1912-1992) entra no 'edifício musical' muito jovem, estudando piano. "Mas este músico (…) não se sentirá confortável nos edifícios sonoros que procuram a tonalidade"[16]. A falta de um sentido de harmonia, que Arnold Schoenberg enquanto professor entre 1933 e 1935 lhe aponta, será para Cage uma parede, "mas uma parede de cristal que permitia ver tudo o que o edifício sonoro que ela ajudava a construir deixava fora"[17]. Cage viria a desenvolver a parte maior da sua obra nesse campo que a harmonia/tonalidade não considerou e de que a atonalidade se apropriará, "fará desaparecer os muros do edifício musical para convidar à descoberta da abundância que oculta essa delimitação. Transformará o edifício musical num bosque e proporá 'um passeio pelos bosques da música'"[18].

Neste sentido surge uma nova abertura e dá-se origem à inexistência de limites entre música e som ambiente, a partir do momento em que John Cage decide "abrir as portas da sala de concertos para deixar que o ruído do tráfego se misturasse com os seus próprios ruídos"[19].

E "depois do ruído, o silêncio mostra a Cage a sua abundância"[20]. Na sua intensa procura dos limites da música a partir da percepção física, no final dos anos quarenta do século xx, e num desejo de experimentar o silêncio, o compositor entra numa câmara anecóica da Universidade de Harvard. "Naquele compartimento silencioso escuta dois sons, um agudo e outro grave. São os sons do seu sistema nervoso e a circulação do seu sangue."[21] Isto ensina-lhe que o silêncio não existe como possibilidade de vivência, que sempre há som.

É na sequência desta experiência que Cage escreve a peça 4'33" (1952)[22], transformando numa 'câmara anecóica' as salas de concertos onde escutam, intérprete e audiência, que o silêncio é audível, ou seja, não é absoluto.[23]

A obra de Cage integrará o ruído, o ambiente e o silêncio: o som que está presente em qualquer espaço ou edifício, como uma quinta dimensão, depois das espaciais e do tempo. Admite assim a presença do espaço, e da arquitectura, na definição da obra artística sonora.

Porto; 2011; página 59.

16 PARDO; *op. cit.*; página 9.

17 *idem*; página 10.

18 *ibidem*. "El bosque de Cage invita entonces a un paseo por la no intencionalidad, en el que la confusion de ruido, sonido, y silencio, arruina los antiguos cimientos del edificio musical"; página 14.

19 SCHAFER, R. Murray; *The Tuning of the World — The Soundscape*. Citado em ALMEIDA, A. Catarina Rocha; *Ouvir a Arquitectura: o espaço como último instrumento sonoro*; Dissertação de Mestrado, docente acompanhante Arqt. Teresa Fonseca; FAUP; 2009; página 21.

20 PARDO; *op. cit.*; página 12.

21 *ibidem*.

22 Foi interpretada pelo Remix Ensemble no "4'33" — Tributo a John Cage", a 23 de Março de 2010 na Casa da Música (com adaptação de Christian Marclay, em que intervêm Louise Stern, que é surda, e o seu intérprete, Oliver Pouliot).

+ 4'33" (Tributo a John Cage) — Programa de Sala; Casa da Música; Porto; 2010; página 2. "Quando, em 1952, o pianista David Tudor subiu ao palco do *Maverick Concert Hall* de Woodstock, em Nova Iorque, para interpretar 4'33" de John Cage, o que parecia ser um momento de irreverência, um manifesto artístico inconsequente, tornar-se-ia numa das mais importantes obras musicais do século XX. 4'33" de silêncio deliberado, estruturado ao longo de três andamentos, cumpridos ao longo de 273 segundos num ritual performativo estudado e cuidadosamente planeado. Nenhuma outra peça questionou o conceito de obra musical e, até mesmo, o que é a arte, como este longo silêncio. Mas como o próprio Cage reclamou, nunca foi silêncio o que se ouviu na estreia de 4'33".

+4'33" é agora, como é sempre o silêncio, um ponto de partida. Um ponto de partida para novas músicas, para questionarmos uma vez mais, e sempre, o que é uma obra de arte e o que podemos fazer em 273 segundos, medidos com essa unidade implacável do tempo."

A interpretação pela BBC Symphony Orchestra e emitida pela BBC Four em 2004 ("Radio 3 plays 'silent symphony'" in *BBC News*; 19 de Janeiro de 2004.) está disponível em www.youtube.com/watch?v=zY7UK-6aaNA.

23 PARDO; *op. cit.*; página 12.

Em 1958, ano em que se constrói o pavilhão Philips, a arquitectura de auditórios tinha experimentado importantes evoluções e transformações: estabeleceram-se os modelos de referência para os auditórios modernos durante a segunda metade do século XIX, Bayreuth, de que se escreve à frente, esclarece as condições ideais dos ouvintes e as salas-caixa românticas de Viena, Amsterdam e Leipzig os valores de parâmetros acústicos para o repertório romântico.[24] Em 1927, o próprio Le Corbusier ganha o concurso do Palácio da Sociedade das Nações em Genebra, com um anfiteatro em forma de leque, herdeiro daquela tipologia.

O pavilhão Philips é projectado com o propósito de exibir a tecnologia da Philips, cujos produtos abarcavam o campo da luz e do som.[25] Provocador, Le Corbusier anuncia: "Não farei uma fachada mas um poema electrónico".[26]

Distinto e de difícil comparação com os edifícios convencionais destinado a acolher um espectáculo musical, o pavilhão é a parte física, o contentor construído de uma complexa obra total e pluridisciplinar: o *Poème Électronique*, um espectáculo de luz, imagens, som e espaço.

A composição da música, com um carácter muito experimental, foi encomendada a Edgard Varèse, que a desenvolveu com inteira liberdade de trabalho face ao resto da obra, essa controlada pelo Le Corbusier.

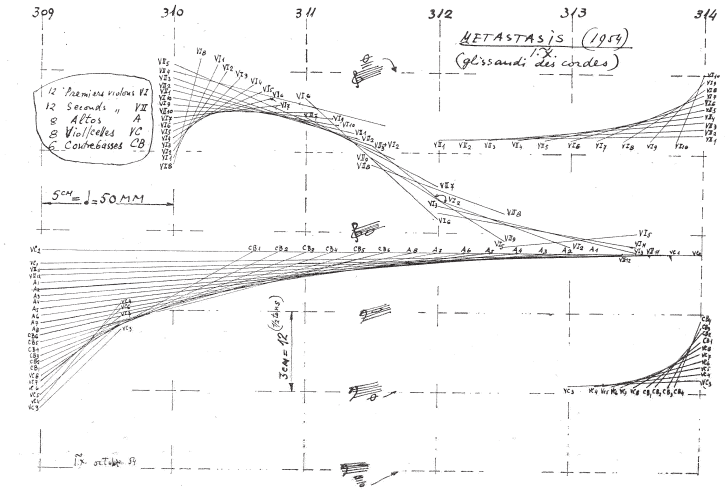
Por outro lado, o arquitecto, músico e engenheiro[27] Iannis Xenakis, além de compor um pequeno interlúdio de música electrónica — *Ph Concret* —, desenvolve integralmente o projecto de arquitectura e a sua construção.[28]

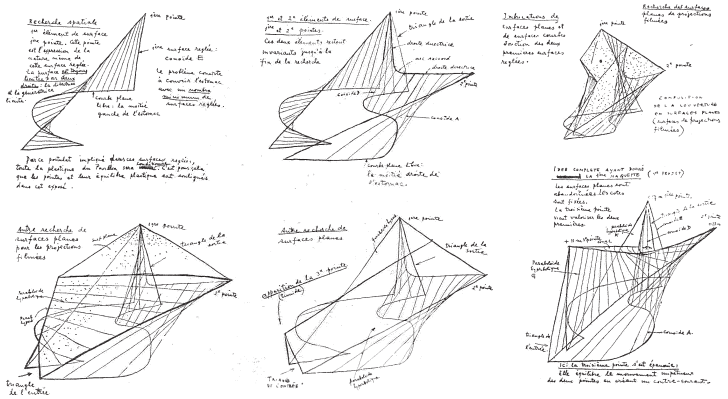
À planta em forma de *estômago*, desenhada por Le Corbusier, sobrepõe-se a imagem de topografia livre que Xenakis procura desde os primeiros esquissos e que permanecerá no projecto final.[29] Apoiando-se em processos matemáticos para alcançar uma solução final, resolve-se com oito superfícies hiperbólicas, construídas com lâminas prefabricadas de betão armado e "posteriormente comprimidas mediante um pós-tensionado aéreo"[30] (em lugar da construção *in situ*) e apoiadas em vigas de betão armado de secção circular na aresta daquelas superfícies.

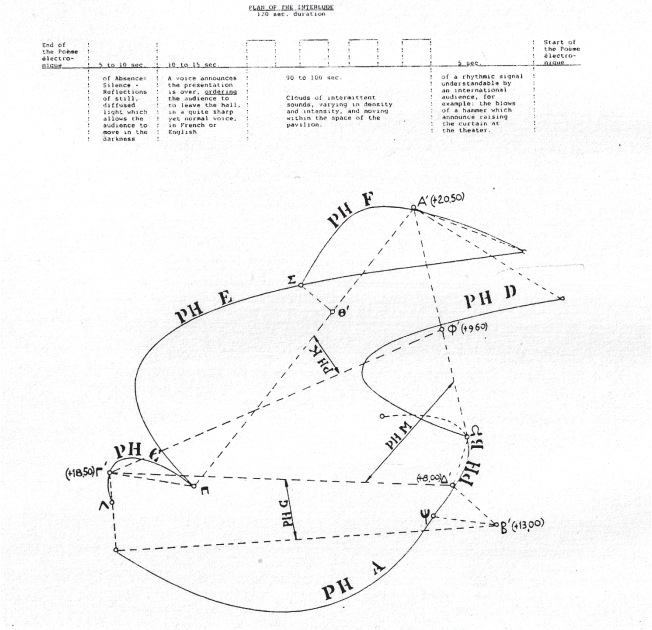
Esta obra, como arquitectura, depende do *Poème Électronique* no todo e não pode entender-se sem os meios electrónicos, consubstanciais à sua concepção. A composição musical foi gravada em fita, e emitida através de 300(!) colunas de som distribuídas numa 'constelação' no volume livre interior do edifício, "com a possibilidade de estabelecer rotas de som no espaço e mesclar e filtrar o som"[31].

Ao substituir-se o espectáculo 'natural' pelo 'sintético' as consequências que afectam o conceito do espectáculo como do edifício são amplas. Sem a presença de qualquer intérprete, acaba-se com a separação clássica entre público e cena, o público ocupa o lugar central, e o espectáculo, na periferia e acima da linha do

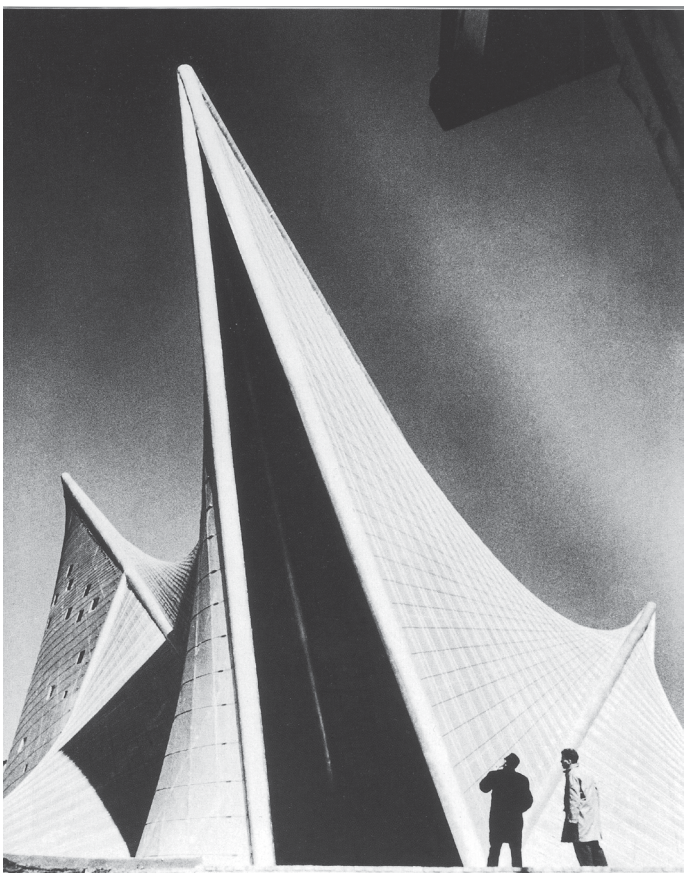
24 SORIANO; *op. cit.*; página 20.
25 *idem*; página 33.
26 *ibidem*.
27 Àquela data, Xenakis encontrava-se integrado na equipa de Le Corbusier, onde respondia maioritariamente a trabalhos de engenharia e construção.
28 SORIANO; *op. cit.*; página 33.
29 *idem*; página 39.
30 *ibidem*.
31 *ibidem*.

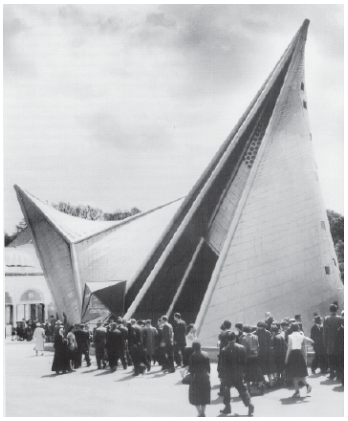




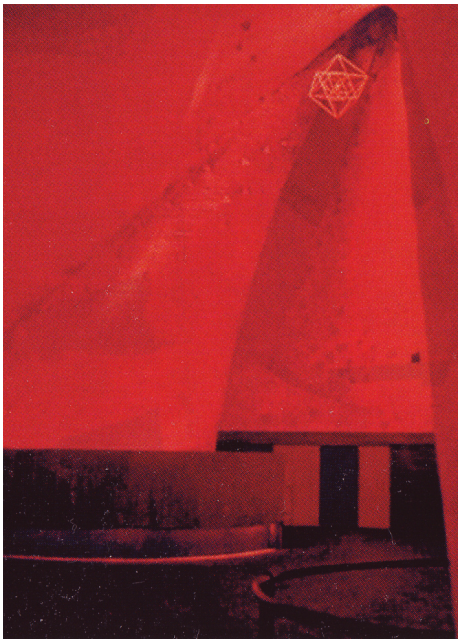


• 10 Iannis Xenakis, *Metastasis (Glissandi des Cordes)*, 1954. Composta a partir da aplicação do Modulor, influenciará a concepção formal do pavilhão.
• 11 Diagramas de Iannis Xenakis, desde a procura espacial à ideia completa com a primeira maqueta.
• 12 Le Corbusier, Pavilhão Philips. Plano do Interlúdio e planta do pavilhão.









• 13
• 14
• 15
• 16 Le Corbusier, Pavilhão Philips, 1954. No interior com a constelação de colunas de som e ambiente violeta.

horizonte[32], pode repetir-se sucessiva, idêntica e indeterminadamente.

Nas paredes projectava-se a composição de luz e imagens, luz ultravioleta e flashes. O *Poème Électronique* tinha no todo 8 minutos em que todos os meios interagiam entre si e com a realidade física "numa mistura entre as partes que torna irrepetível o Poema sem o pavilhão"[33].

Deste encontro entre o espaço sonoro e o espaço geométrico surge o conceito de "espacialização do som"[34].

Iannis Xenakis ligará a sua intervenção no desenho do pavilhão Philips com a sua actividade musical e arquitectónica posterior na definição de um 'gesto electrónico': "o pavilhão *Diatope* de Iannis Xenakis, construído em 1978, é o último dos *Polytopes*, o primeiro é o pavilhão Philips. Isto é, o processo de busca de um gesto electrónico durou pelo menos 20 anos."[35]

Na sua obra, escrita, composta ou projectada, não faz traduções directas de um ao outro campo, da música e da arquitectura, mas estabelece ligações entre elas, e de um modo geral, derivam de uma aproximação matemática a ambas.[36]

> *O efeito das formas arquitectónicas tem uma influência quase táctil na qualidade da música ou no espectáculo que se representa no seu interior. Todo ele, fora de toda a consideração acústica ou de proporções óptimas do espectáculo ou da escuta.* Iannis Xenakis[37]

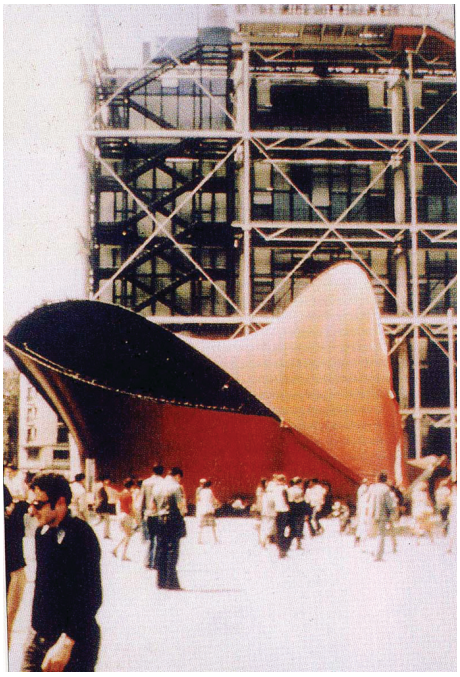
O pavilhão *Diatope* constrói-se pela primeira vez na praça de Beaubourg, em Paris, para acompanhar a inauguração do *Centre Pompidou*, e é a conclusão de um conjunto de obras — os *Polytopes*[38] — que, como o Philips, se propunham como parte de uma obra total. Agora de um só autor: *La Légende d'Eer* é a obra que inclui o *Diatope*, e acumula os desenvolvimentos técnicos, o aprimorar do conceito numa clarificação do 'gesto'.

É frequentemente ligado ao desenho do pavilhão Philips e, neste sentido, considerado filho do primeiro, uma das razões que minorou a sua importância. Estruturalmente, uma membrana têxtil tensada responde aos requerimentos de mobilidade e transporte do edifício, escolha tida em conta pela sua ligeireza de forma a albergar um espectáculo itinerante, ainda que descurando as questões acústicas de isolamento.

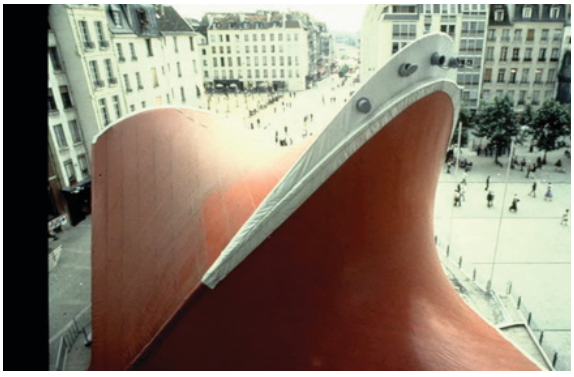
Por criar um edifício mais permeável permitiu que "o espectáculo que decorre no interior se escapasse para o exterior"[39]. Com duas aberturas com esse objectivo formal na interacção dos parabolóides[40], na prática o som flui de dentro para fora e no sentido contrário, livremente através de toda a pele da mem-

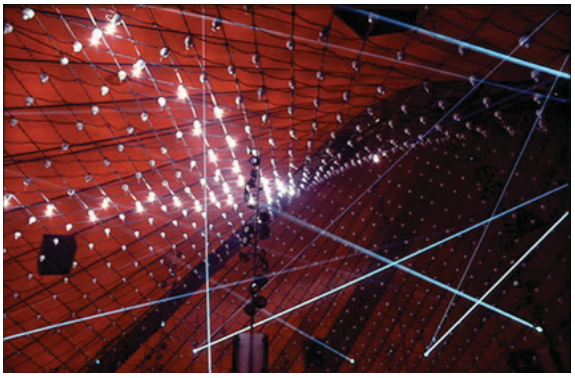
---

32 *idem*; página 189.
33 *idem*; página 35.
34 *idem*; página 49.
35 *idem*; página 14.
36 *idem*; página 91.
37 XENAKIS, Iannis; *Les polytopes*. Citado em SORIANO; *op. cit.*; página 101.
38 *Polytope de Montreal* (Pavilhão francês da Exposição Internacional de Montreal, Canadá, 1967); *Hibiki Hana Ma* (Feira Mundial de Osaka, Japão, 1970); *Persépolis* (Festival de Shiraz, Irão, 1971); Primeiro e Segundo *Polytopes* de Cluny (França, 1972 e 1974); *Diatope - La Légende d'Eer* (*Centre George Pompidou*, Paris, França, 1978)
39 SORIANO; *op. cit.*; página 184.
40 "Una revisión de la forma que responda simultáneamente al requisito de máximo volumen y a la generación de una superficie envovente adequada a la tipología estructural elegida: la esfera aplastada evoluciona hasta los tres hiperboloides que constituyen la forma definitiva del pabellón". SORIANO; *op. cit.*; página 183.









• 17
• 18
• 19
• 20 Iannis Xenalis, *Diatope*, Beaubourg, Paris 1978.
No interior, o público encontra-se deitado para uma mais abrangente apreensão visual do espectáculo.

brana.[41]

Le Corbusier deixava o público em pé e duplicava o discurso visual, projectando em lados opostos imagens e luz. Xenakis coloca o público deitado para uma abrangência maior do momento do espectáculo.

Com frequência sabe-se que os edifícios projectados podem servir para muitos outros usos, "um museu pode ser quase tudo, um hospital ou um teatro convencional também…"[42]. Mas, sobre os pavilhões Philips e *Diatope*, Salvador Arroyo afirma que a arquitectura destes edifícios pode não ser considerada sequer arquitectura, e que nisto se encontra "o mais atractivo destas experiências."[43]

"Não há consciência do habitar, é mais um aparelho de amplificação, algo que se relaciona com os sentidos é um instrumento de comunicação", experiências situadas em "terrenos de fronteira onde a arquitectura se esconde em formas arquitectónicas".[44]

CONQUISTAS SOCIAIS: DE BAYREUTH AO TEATRO TOTAL

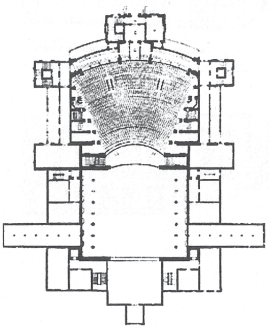
As mudanças na natureza do espectáculo e na conformação da arquitectura surgem acompanhadas de uma transformação da situação dos indivíduos que integram os grupos do público e intérpretes, e dita transformação produz-se de modo dialéctico. Transformações sociais em curso influenciam, reclamam ou permitem modificações no 'micromundo' da sala. Transformações no interior da sala reflectem ou antecipam transformações na sociedade fora da sala.[45]

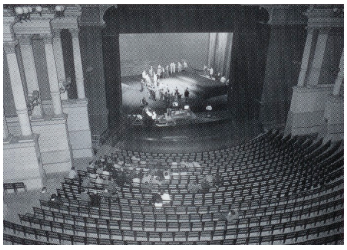
Se nenhuma prática artística ou científica se desliga do contexto em que se insere, político ou social, reflecte e influencia reciprocamente valores vigentes e conquistados, é de destacar a evolução de valores sociais que se conquista entre a cena e a audiência, entre a prática musical e o desenho do espaço em que esta se realiza.

O *Bayreuth Festspielhaus*, casa de Ópera em Bayreuth, projecto de Richard Wagner[46] com Otto Brückwald (Alemanha, 1872-1876) realizado a partir de uma ideia inicial que Wagner desenvolvera com o arquitecto Gottfried Samper, constitui no seu desenho uma reacção à forma tradicional então vigente do teatro barroco italiano.[47]

A estrutura e hierarquia social tinham influenciado e condicionado fortemente o desenho daquele espaço, "nascera das rígidas exigências sociais, mais do que da forma do teatro italiano"[48]. Neste, o público já não olha a cena desde cima, mas de uma posição inferior e frontal ao palco, que garantia a todos os mil e oitocentos espectadores uma excelente visibilidade e som directo. O proscénio, com um arco duplo, amplia a separação entre os espectadores e a cena, aumentando a sensação de profundidade, e o fosso de orquestra, fragmentado

41 SORIANO; *op. cit.*; página 184.
42 ARROYO, Salvador Pérez; Prefácio de SORIANO; *op. cit.*; página 8.
43 *ibidem*.
44 *ibidem*.
45 SORIANO; *op. cit.*; página 218.
46 Wilhelm Richard Wagner (Leipzig, 22 de maio de 1813 — Veneza, 13 de fevereiro de 1883) foi um compositor, maestro, teórico musical, ensaista e poeta alemão, considerado um dos expoentes do romantismo e dos mais influentes compositores de música erudita já surgidos.
47 SORIANO; *op. cit.*; página 20.
48 *ibidem*.







• 21
• 22
• 23 Wagner e Brückwald, *Bayreuth Festspielhaus*, 1876.
Planta, plateia e fosso de orquestra.

em seis níveis parcialmente ocultos sob o cenário, estava assim desenhado de modo a permitir a concentração do público no drama.[49]

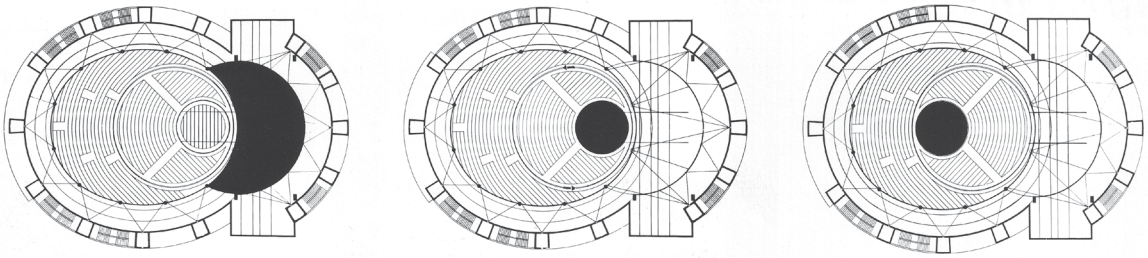
Construído especificamente para o repertório de Wagner, o *Bayreuth Festspielhaus* foi um projecto revolucionário, ainda que pensado à partida como uma construção efémera, desmontável quando terminada uma temporada de actuações. Com uma acústica de referência entre as salas daquele período e com o peculiar fosso de orquestra, o seu grande contributo foi de, com a construção desta sala, se ter estabelecido pela primeira vez um teatro igualitário, com semelhante preocupação acústica e de visibilidade em qualquer ponto da assistência, "um lugar no qual não existem diferenças sociais na qualidade do som e da visão de cada posto: é o reflexo do ideário de uma sociedade burguesa"[50].

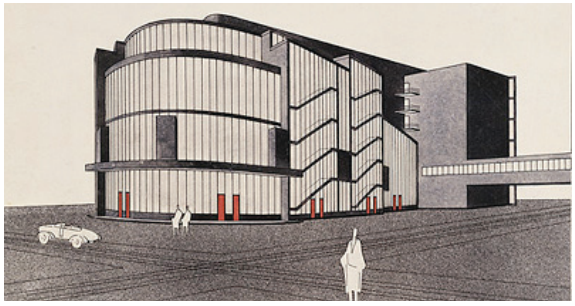
Quando Walter Gropius desenvolve em 1927 o projecto, entretanto não construído, do Teatro Total, a universalidade ultrapassa o sentido social, na plateia, alcançando também o espaço do espectáculo, no palco.

As premissas eram tópico próximo à Bauhaus, em particular no departamento de teatro da escola: as de um "lugar de reunião adequado para as novas estratégias não convencionais em teatro"[51]. Sob influência dos movimentos para reformar e renovar o teatro, em que as alternativas ao palco proscénico tradicional tinham sido perseguidas desde o início do século, numerosos cenógrafos e arquitectos trabalhavam em conceitos para permitir mais meios experimentais inovadores na encenação cénica, sobretudo o potencial para envolver completamente o público na acção de palco.[52]

Em 1927, o director Erwin Piscator, um dos protagonistas mais radicais do teatro moderno dos anos 1920, pediu a Gropius que colaborasse com ele no desenvolvimento de um novo tipo de teatro multi-funcional, uma 'máquina' ou 'aparelho' como resposta a todas as opções contemporâneas de encenação, era

49 *idem*; página 21.
50 *idem*; página 20.
51 LUPFER, Gilbert; SIGEL, Paul; *Gropius*; Taschen; Köln; 2006; página 59.
52 *ibidem*.





• 24 Walter Gropius, Teatro Total, 1927. Planta da sala nas posições normal, proscénica e central.
• 25 Walter Gropius, Teatro Total, 1927. Desenho de Stefan Sebök.

a sua visão de um teatro de agitação política.[53]

Por outro lado, outras ideias se desenvolviam, conceitos utópicos para novas formas de encenar peças, como o "Teatro-U" (Farkas Molnár, 1924), com um palco central, o "Teatro da Totalidade" (László Moholy-Nagy, 1925), o projecto para um "teatro espacial" (Xanti Schawinski, 1926) suspenso e, um dos projectos mais radicais, por Andor Weininger (1926), um "teatro esférico" como protótipo de um espaço que permitisse a encenação de peças de forma universal, com palcos giratórios e uma grande variedade de equipamento multimédia.[54]

Numa planta elíptica, à qual o edifício do palco rectangular se ligava na horizontal, o edifício do Teatro Total foi planeado como uma estrutura envolta num extenso envidraçado, com semelhanças evidentes com as fachadas da Fábrica Fagus ou a ala das oficinas do Edifício Bauhaus. Gropius realçou, na sua abordagem, a visão do espaço cultural como uma 'máquina' e o desenho de um edifício puramente funcional.[55]

A forma elipsoidal do auditório era reflectida na forma exterior do edifício. Era coberta por um tecto abobadado. O espaço intermédio entre o auditório e o revestimento exterior tinha sido previsto para os acessos e as zonas de passagem. O auditório estava ligado a um palco profundo que abria em leque para uma boca de cena. O convencional palco proscénico, em que os actores e o público se confrontam, podia ser transformado alterando de forma muito flexível a posição relativa dos intervenientes. "Pela rotação, substituição e rebaixamento de várias partes do chão do auditório e do palco, ou através da possibilidade de dispor os cenários de forma concêntrica em torno do auditório, podia ser criada uma experiência dramática, 'total' e espacialmente abrangente que integrava o público directamente na acção de palco"[56].

53 *ibidem*.
54 *ibidem*.
55 *ibidem*.
56 *ibidem*.

Peter Zumthor foi autor do conceito e do projecto de arquitectura da Caixa Sonora Suíça — *Klangkörper Schweiz* — que se construiu em Hannover, para Exposição Mundial de 2000. Na sequência de um concurso em que a ideia daquele arquitecto obteve o primeiro prémio, o projecto para o pavilhão suíço foi posto em prática por uma equipa multidisciplinar que procurou intervir em todos os campos de percepção.[57]

O arquitecto trabalha de maneira explícita sobre os valores não visuais da arquitectura, segundo Susana Soriano, dos poucos que o faz na actualidade. Exemplos disso são a capela de Sogn Benedetg (Sumvitg, 1989) e as Termas de Vals (Vals, 1996) e o mesmo fará neste pavilhão.[58] A experiência no interior do pavilhão dirige-se a todos os sentidos e à mente.

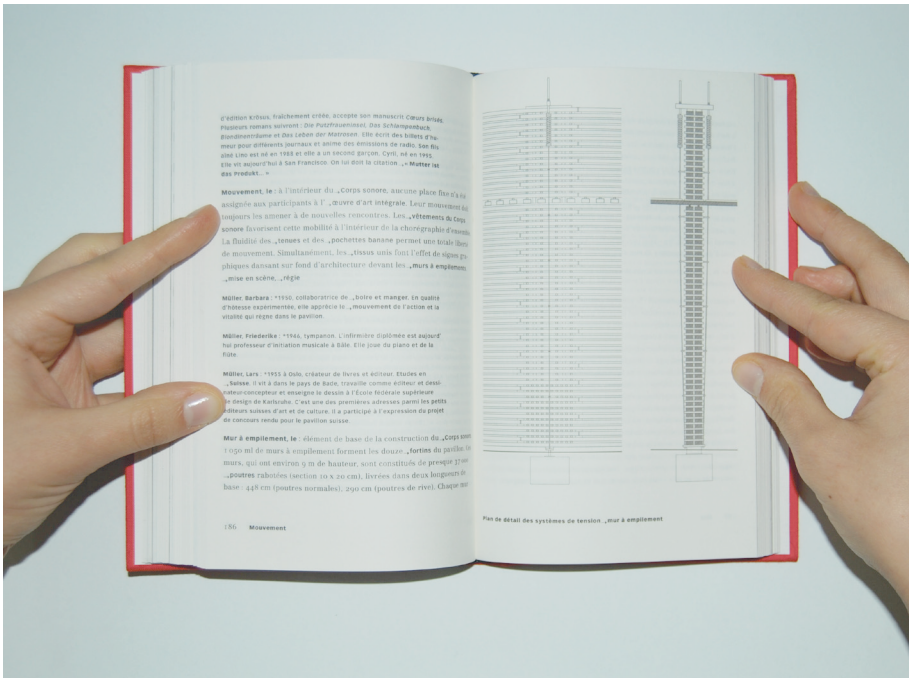
No conceito intervêm ideias de produzir um experiência sensual/ sensorial, com um projecto de ambiente, no tempo e no espaço, e a ideia de conduzir a uma reflexão sobre a Suíça e o ser suíço, "livre de metas concretas e de ser ou não representativa do país"[59], ideia difícil de entender de um pavilhão nacional, onde tudo é suíço, ao mesmo tempo que não se deseja que represente a Suíça.

Como projecto sensorial, tinha o objectivo de oferecer aos visitantes da exposição um lugar simpático onde descansar e "recuperar a tensão interior"[60], e atrair deste modo o seu público para a imersão sensorial. Entendem-se como aromas todos aqueles produzidos pelos materiais do pavilhão, mas também os que se soltam da roupa e dos produtos gastronómicos. Entendem-se como sons os produzidos pelo uso e o roçar dos materiais, os sons musicais e os que acompanham a elaboração de comida e bebidas, assim como as vozes dos visitantes.[61]

Confluíram a cenografia (Karoline Gruber), a literatura (com textos luminosos projectados nas tábuas de madeira das paredes e seleccionados por Plinio Bachmann), o desenho de vestuário (Ida Gut), a gastronomia (Max Rigendinger), a música (Daniel Ott) e a arquitectura e, mediante esta sobreposição, construiu-se um ambiente singular. Encontra-se nesta partilha interdisciplinar e no seu esforço colectivo, onde a música e a arquitectura tomam destaque, mais um contributo no sentido de um projecto total, todo ele representado, reflectido, explicado e complementado com o manual do pavilhão, para uma leitura de apoio ou *a posteriori*.[62]

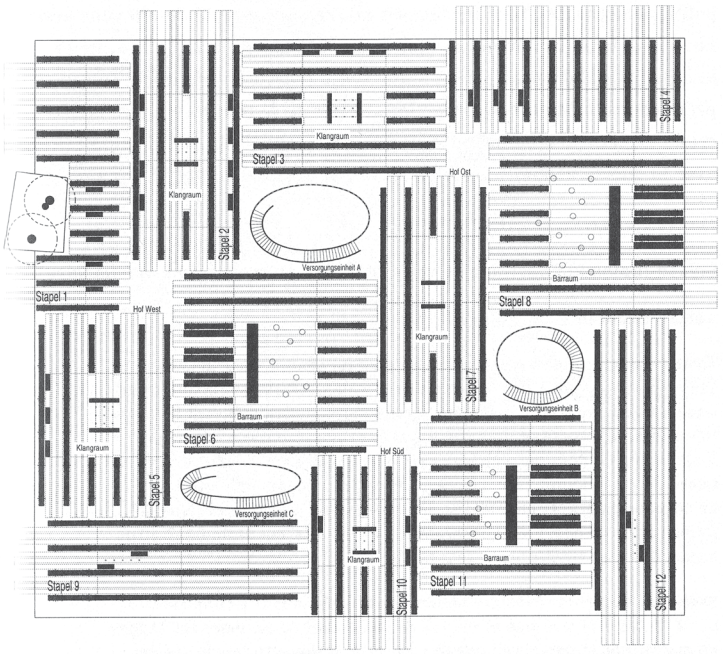
Formalmente, o pavilhão é um espaço semi-exterior, constituído por corredores definidos por muros de madeira empilhada. Apesar da trama geométrica rec-

57 SORIANO; *op. cit.*; página 195.
58 Na capela Sogn Benedetg o arquitecto serve-se do volume da cripta, que está unido acusticamente à capela, para modificar as suas condições acústicas e dotá-la de um ambiente 'religioso'. As Termas de Vals são por seu lado, como refere Susana Soriano, "un canto a la sensualidad que históricamente han tenido estos recintos y que se había abandonado por la orientación higienicista". SORIANO; *op. cit.*; página 195.
59 SORIANO; *op. cit.*; página 195.
60 *ibidem*.
61 *ibidem*. No manual do pavilhão existem as definições de *Musique, la*; *Son, le*; *Son fondamental, le* e de *Son de la gastronomie*, por exemplo.
62 HÖNIG, Roderick; "Quelques indications pour l'utilisation de cet ouvrage" in *Corps Sonore Suisse: Lexique du pavillon de la Confédération hélvetique pour l'Expo 2000 à Hanovre*; Birkhauser Verlag AG; Bâle; 2000; página 5. Lê-se nesta introdução ao Manual: "La construction du livre correspond à l'architecture du Corps sonore: les mots clés sont empilés comme ses poutres. Des références croisées proposent de nouvelles ramifications et vous permettent de flâner à travers le texte au gré de vos désirs, tout comme vous cheminerez à travers le pavillon qui ne connaît pas d'itinéraire préétabli."





• 26
• 27 Manual da Caixa Sonora Suíça. Páginas com entradas textuais, excerto da composição musical de Daniel Ott e pormenor do sistema de tensão do muro de madeira empilhada.







• 28
• 29 Peter Zumthor, Caixa Sonora Suíça, Hannover 2000.
Planta do pavilhão e vista de um corredor.
• 30 Músico do 'Som fundamental' na Caixa Sonora Suíça.

tilínea, da inspiração directa dos sequeiros onde tábuas de madeira verde são empilhadas até secar[63], o resultado é o da não-direccionalidade, do labirinto, uma imagem poética de um bosque.

No Manual explica-se: "Na sua estrutura, entrelaçada como um tecido, não encontramos eixos ou corredores [contínuos], elementos clássicos da composição arquitectónica num edifício"[64].

A altura de 9 metros dos curtos corredores, na sua relação com a largura de 2,25 metros dá ao pavilhão uma proporção vertical pouco comum. Esta proporção é interrompida apenas pelos espaços de excepção que são as 'clareiras', ou dos 3 volumes de serviços, cilíndricos e fechados.[65]

> *Vi a relação formal, se se quer técnico-construtiva, com a música, a analogia entre a técnica construtiva e o som. Pela primeira vez o som dos instrumentos musicais pareceram mais um material.*[66]

O arquitecto não compõe a música mas conta com a sua presença. Imagina o pavilhão cheio de música ou que a música pode aparecer por surpresa em qualquer encruzilhada ou momento[67], enquanto o visitante pode vaguear pelo pavilhão livremente.

Aqui a obra, completa, caracteriza-se pela fragmentação da percepção e pela aleatoriedade da composição sonora. Músicos e público vagueiam pelos corredores ortogonais, labirínticos e claustrofóbicos do edifício.

Para conseguir que o edifício se enchesse de música e que a cena seja constantemente renovada a cada momento, o compositor Daniel Ott compôs a música para que durasse 153 dias e os músicos se movimentassem pela trama labiríntica do pavilhão.[68] Isso exige o abandono da ideia de cenário/palco e o recurso a instrumentos transportáveis ou transportados em carros desenhados para isso.

A condição é o movimento na ocupação do espaço, expresso por um ambiente musical dominado por materiais sempre mutáveis e com grande quantidade de elementos imprevisíveis. A presença do público e a influência dos fenómenos naturais filtrados através da estrutura são estímulos que os músicos recebem e a que respondem de forma instantânea — a própria composição musical era composta de várias partes e previa momentos de improvisação dos músicos.[69]

E apesar da música se ouvir em todo o pavilhão, este devia ser um edifício silencioso: "o asfalto amortecia os passos e a penumbra dominava os seus corredores"[70].

Este pavilhão mostra ser "uma surpreendente renuncia às vantagens [da complexidade electrónica] a favor de um regresso sumamente elaborado ao artesanal, caracterizada pela baixa carga tecnológica e pela inclinação a uma obra

---

63 De facto o pavilhão era (um modelo muito depurado de) um sequeiro, pelo que no fim da exposição e depois de desmontado, a madeira foi usada para a construção de um outro edificio, o *Palais de l'Equilíbre* para a Expo 2002 da Confederação Helvética.
64 ZUMTHOR, Peter *et al.*; *Corps Sonore Suisse: Lexique du pavillon de la Confédération hélvetique pour l'Expo 2000 à Hanovre*; Birkhauser Verlag AG; Bâle; 2000; página 154.
65 *idem*; página 201.
66 BRUNO MOLL. Citado em SORIANO; *op. cit.*; página 203.
67 SORIANO; *op. cit.*; página 203.
68 *idem*; página 205.
69 *ibidem.*
70 *ibidem.*

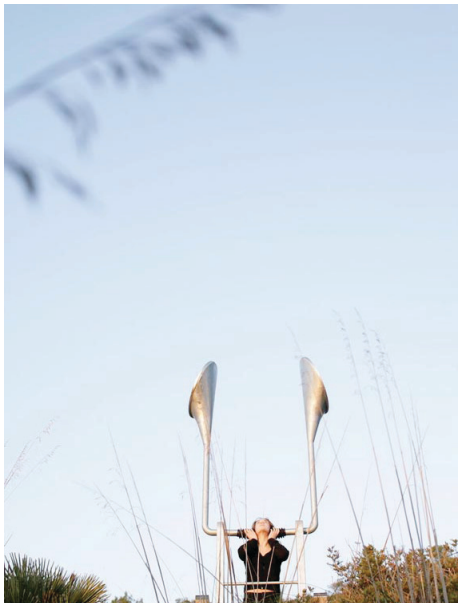
colectiva”[71]. O carácter da obra interdisciplinar evolui do “carácter apocalíptico” do *Poème Électronique* para “a ambiguidade e contradições que constroem a mensagem” da Caixa Sonora.[72]

EXPERIÊNCIAS RECENTES: O SÍTIO ENQUANTO LUGAR SONORO E UMA JANELA PARA ESSA PAISAGEM

O indivíduo constrói e marca um lugar e a visão desse espaço. É o ‘sítio enquanto lugar’ sobre o qual Pierre Von Meiss escreve: “a arquitectura torna visível o mundo existente”[73]. Do mesmo modo, algumas experiências procuram chamar a atenção para a paisagem sonora, é o caso do Itinerário sensorial de Can Grau, ou o pavilhão Escutar.

O trabalho de Raúl Goñi e do Inclusive Studio, foca-se na criação de ‘artefactos’ que marcam uma perspectiva sonora e direccionam os ouvidos até determinados sonoridades da envolvente natural.

Assim, o Itinerário Sensorial de Can Grau, do Inclusive Studio com Ramón Cortes (Parc Natural del Garraf, Cataluña, Espanha, 2006) convida o visitante a submergir no oásis sonoro do parque e da sua natureza, “das rãs, dos grilos, das árvores ao vento”[74]. Para tal surge pontuado com os artefactos que chamam a atenção quer visualmente para pormenores e o som que se lhe associa, quer para a panorâmica paisagem com uma “fonte sonora que desemboca nas orelhas do indivíduo mediante uns auriculares de borracha que cobrem as orelhas”[75] que ampliam os sons ambiente.



• 31 Inclusive Studio, Itinerário Sensorial de Can Grau, Cataluña 2006. Trompetas auditivas.

71 *idem*; página 218.
72 *ibidem*.
73 MEISS, Pierre von; *De la forme au lieu : une introduction à l'etude de l'architecture*; Presses Polytechniques Romandes; Lausanne; 1986; página 147. “L'architecture rend visible le monde vécu. Avec le lieu, l'espace e le temps prennent une valeur précise, unique; ils cessent d'être abstraction mathématique ou sujet d'esthétique; ils acquièrent une identité et deviennent une référence pour notre existence: espace sacré et espace profane (...) L'espace change au rythme du soleil; le lieu change au rythme de l'homme. (...) Dans l'immensité et la confusion de l'environnement, certaines portions d'espace prennent valeur de lieu. Elles sont identifiables, désignables par d'autres et suggèrent des comportements”. “C'est l'action sur le site, qui s'inscrit dans le projet d'architecture.”; página 155.
74 “Parc del Garraf — Trompetas auditivas” in *Inclusive Studio* (site). Disponível em www.inclusivestudio.com; consultado em 9 de Junho de 2010.
75 “Parc del Garraf — Intro Garraf” in *Inclusive Studio* (site). Disponível em www.inclusivestudio.com; consultado em 9 de Junho de 2010.





• 32
• 33 Gigon y Guyer, *Pavillon des Hörens*, Kalkriesse 2001.

Um outro exemplo, o *Pavillon des Hörens*[76] — pavilhão de Escutar —, dos arquitectos suíços Gigon y Guyer (Kalkriese, Alemanha, 1998-2001), é uma caixa completamente fechada e com uma enorme trompa em aço galvanizado na cobertura que, como um "instrumento de percepção", capta e transmite ao visitante os sons do parque envolvente.[77] Privilegia-se o contágio pelo som envolvente, fecha-se visualmente, mas abre com a trompa como se de uma janela sonora se tratasse.

EXPERIÊNCIAS RECENTES: ESPAÇOS E FORMAS ARQUITECTÓNICAS DA MÚSICA

Caixa da Música de Arrigo Barnabé (Teatro Nacional São João, Porto, 2008) é exemplo de uma relação experimental e de proximidade entre o desenho de formas arquitectónicas e musicais em cima de um palco. Um espectáculo multidisciplinar, ideia de Arrigo Barnabé, com música de Miguel Bernat, encenação de Ricardo Pais e cujo dispositivo cénico é desenhado por João Mendes Ribeio e Luisa Correia, é "uma espécie de jogo de escondidas em que cinco percussionistas (…) aparecem e desaparecem dentro de caixas que funcionam como instrumentos musicais"[78].

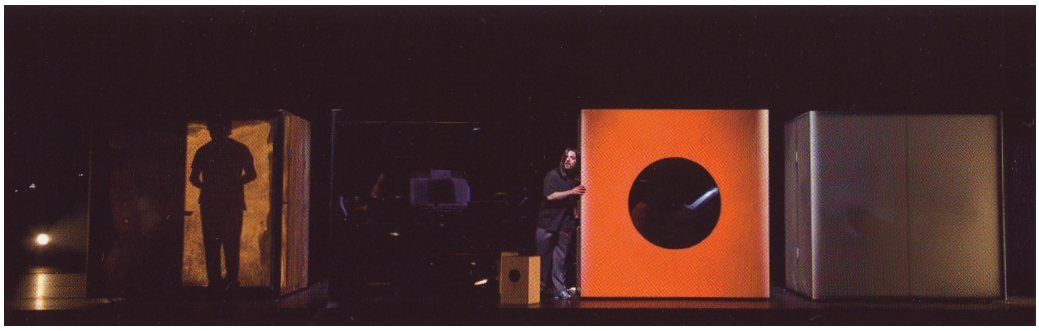
No projecto de Mendes Ribeiro, são quatro as caixas cúbicas e de dimensões idênticas, mas com diferentes revestimentos — contraplacado, acrílico, pele de vaca e tela de vela — que assim variam a forma como expandem ou aprisionam o som produzido, que se deslocam pelo palco e que guardam, em cada uma delas, uma personagem com uma diferente personalidade — o 'exibicionista', o 'telúrico', o 'lírico' e o 'peregrino'.[79]

Arrigo Barnabé pretendia animar as caixas "explorando os efeitos tímbricos e fonéticos"[80] que delas fazem caixas de música, e a música moldava-se com a influência das caixas e da sua sonoridade, das personalidades, da teatralidade e do movimento.

E, no decurso da Trienal de Arquitectura de Lisboa em 2007, o pianista e compositor Mário Laginha compõe o "Espaço", um conjunto de obras, uma aproximação musical jazzística a ambientes espaciais, a momentos arquitectónicos e a percepções que o homem recebe na vivência desses espaços.

---

76 Parte integrante do projecto para o *Museum und Park Kalkriese*, dos mesmos arquitectos.
77 DOMÈNECH, Francesc Daumal i; "La arquitectura del sonido" in *Tectonica: Acústica, número 14*; ATC Ediciones; Madrid; 2002; página 28.
78 PAULISTA, Ana et al.; "Caixa da Música de Arrigo Barnabé" in *Prémio Outros Mercadus '10 — arquitectura/ design/ espaços efémeros*; Outros Mercadus, OA, CPD; Lisboa; 2010; página 37.
79 *ibidem*.
80 ARRIGO BARNABÉ. Citado em PAULISTA; *op. cit.*; página 37.





• 34

• 35 Mendes Ribeiro e Luisa Correia, Caixa da Música de Arrigo Barnabé, TNSJ, Porto 2008.



Tráfico
Tanto Espaço
Paredes Que Nos Rodeiam
Escada
Piano
Baixo Contínuo
Esculpir
Vazio Urbano

• 36 Mário Laginha Trio, Espaço, 2007. Capa e alinhamento do álbum.

É um trabalho onde, pela música, Laginha representa o ritmo e cadência do movimento, o exterior urbano e o interior, a geometria, a dimensão, o cheio e o vazio, o amplo, o estreito, o claustrofóbico...

> *Uma viagem que fiz com o José Mateus durante um fim-de-semana a algumas obras emblemáticas da arquitectura portuguesa serviu para confirmar que muitos dos termos utilizados no universo da arquitectura são comuns aos utilizados no universo musical. Achei que isso seria um bom ponto de partida na concepção desta música. Espaço, ou a ausência dele, estruturas regulares e irregulares, linhas contínuas e descontínuas, superfícies planas ou distorcidas são alguns dos conceitos que serviram como motivo para a composição dos temas deste trabalho.*
> *Poderão dizer que a música deste álbum não é tão diferente assim daquela que eu tenho feito até aqui. Espero bem que não. Mas posso garantir que sem o estímulo da arquitectura não seria a mesma.* Mário Laginha[81]

No programa das conferências da mesma Trienal lê-se o que ao longo destas páginas introdutórias se pode ter denunciado: a "capacidade da arquitectura e da música definirem ambientes específicos, a sua carga dramática ou emocional e, com isto, trabalharem em aspectos que lidam directamente com a experiência sensorial e emocional dos 'habitantes' desses espaços, assim gerados por uma atitude estética distintiva."[82]

> *Arquitectura é como se fora música em estado de imobilidade, estática, petrificada ou, congelada.* Goethe[83]

81 MÁRIO LAGINHA. Citado em *Mário Laginha Trio — Concerto de Apresentação do álbum "Espaço"* (folha de sala); Culturgest; Lisboa; 26 de Junho de 2007.
82 *Encontros Arquitectura e Música — Programa, Maio 2007*; *op. cit.*; página 2.
83 JOHANN WOLFGANG VON GOETHE. Citado em VIEIRA; *op. cit.*; página 3.

1.0

DA MÚSICA

Existem no desenho de um espaço para a prática musical preocupações presentes e que extrapolam as habitualmente existentes no desenho de um qualquer outro espaço arquitectónico. São essencialmente preocupações do campo da acústica, do comportamento desse espaço enquanto contentor isolado do exterior, estanque quanto à perturbação no interior pelos sons exteriores e do exterior pelos interiores, mas também, e será nisto que vai mais longe a exigência no cuidado do seu desenho, o comportamento do espaço que acolhe o som que se produz, propaga e é ouvido no seu interior.

Nesta Parte Um delineia-se um percurso, um método para apontar todos os problemas que estarão necessariamente presentes, tanto no pequeno espaço de estudo de uma escola de música como numa grande sala de concertos. É importante ao arquitecto ter presente esses problemas para que possa procurar uma resposta adequada.

É por norma tardiamente que a especialidade de acústica é chamada ao processo do projecto e muitas das vezes os problemas a resolver eram solucionáveis pela arquitectura se estivessem presentes, desde o início, algumas noções e preocupações primárias. Os arquitectos olham o desenho do espaço sem ter em conta a noção de espaço acústico e não estão entretanto dispostos a abdicar das decisões de desenho que tiveram tomado.[1]

Sempre do ponto de vista do arquitecto, as questões de acústica serão abordadas não de forma aprofundada e tecnicamente rigorosa, pois pretende-se antes uma chamada de atenção para a presença dessas questões e a amplitude da sua influência na prática de projecto.

Note-se que, tal como noutras análises — estruturas, redes —, não se espera do arquitecto que saiba dar as respostas técnicas mas, mais importante, que procure incluí-las desde o princípio no processo de desenho de projecto e que saiba onde procurá-las.

O estudo partiu da leitura intensiva de algumas obras de carácter mais técnico[2], que serve de base ao guia que este texto procura ser. E, no sentido da compreensão destes conceitos, dar-se-á ênfase a alguns exemplos, não como caso intensivo de estudo, mas mais como imagem de cada conceito, problema ou método que se vão apresentando. Nestes, o projecto da Escola Superior de Música de Lisboa (ESML), de Carrilho da Graça, é repetidamente revisitado. Concluído apenas em 2008, surge pela sua pertinência e actualidade, a par da referência que é no panorama nacional, tanto enquanto projecto de arquitectu-

1 Em entrevista com o Arqº José Prata e o Engº Octávio Inácio, docentes na ESMAE, em 4 de Novembro de 2009.

2 Usaram-se como referência maior as obras de Graciela Vilarroig e José Maria Diez, de Eckard Mommertz, de Francesc Domènech e de Higini Arau.

ra, como a nível institucional e programático. Simultaneamente, é por diversas vezes referenciado o Programa de Concurso do Conservatório de Música de Vila Real[3] e o projecto construído, da autoria de António Belém Lima.

Como primeiro capítulo, apresenta-se uma proposta de enumeração de diferentes espaços destinados à prática musical, a partir da função programática que desempenha, e apontam-se características e preocupações a cada um associadas.

Nos dois capítulos seguintes desenvolvem-se os temas do condicionamento acústico e isolamento destes espaços, procurando abranger e interpretar diferentes problemas e métodos. Num e noutro caso, fica aqui a ressalva de que os valores que vão sendo referidos, de absorção ou de isolamento, e que são necessários à compreensão dos sistemas na prática, são usualmente facultados pelos fabricantes, ou em último caso podem ser encontrados em catálogos/ tabelas genéricas de materiais.

Por fim, no Glossário, apropriamo-nos um pouco do esquema base que Zumthor propõe no *Corps Sonore Suisse*[4], o catálogo/manual que acompanha o pavilhão Suíço para a Exposição Mundial de Hannover em 2000, também da sua autoria. Serve de apoio à leitura, com termos que no decorrer da prova quebrariam o fluir da leitura. Complementada com a definição de alguns conceitos, a sua leitura não é acessória. Como capítulo independente, tem uma lógica de investigação próxima do divagar num dicionário, entre termos relacionados que se apontam no fim de cada definição, em hiperligações como sugestão de percurso.

Em último caso, as questões que ao longo desta Parte se esclarecem servem também de base ao desenho da acústica de todo o espaço arquitectónico, fora deste campo que aqui se toma como objecto, e onde o som é sempre matéria construtiva.

3 Facultado pelo Arqº José Prata: *Conservatório de Música de Vila Real — Concurso de Concepção/ Construção — Programa de Concurso e Caderno de Encargos*.

4 ZUMTHOR, Peter *et al.*; *Corps Sonore Suisse: Lexique du pavillon de la Confédération hélvetique pour l'Expo 2000 à Hanovre*; Birkhauser Verlag AG; Bâle; 2000.

1.1
ESPAÇOS PARA A PRÁTICA DE MÚSICA

Quando se procura projectar para a prática musical, tendo em conta todas as suas variáveis possíveis em conta, exigem-se espaços com características distintas em função da prática pretendida, do ou dos instrumentos, do género musical, da apropriação pretendida, das dimensões das salas, e da sua flexibilidade.

Faz-se aqui uma síntese, não exaustiva, para determinar características próprias ou comuns a eles. Daremos especial atenção aos espaços presentes no programa de uma escola de música, por representarem exemplos distintos e distribuídos num largo espectro de hipóteses, que vão do aberto ao fechado, da prática individual à colectiva, do estudo à apresentação pública, e com público. É um "equipamento cujas funcionalidades não se esgotam apenas no ensino e prática de música."[1]

Se a prática pública, e com isto digo o espectáculo para uma audiência, é o auge da prática musical, os momentos de maior importância na história da arquitectura para a música são as salas de espectáculo. Mas a prática vai muito mais longe, ou mais perto, até aos espaços de estudo/ensaio. Estudam-se portanto estes espaços, menores em tamanho e importância dir-se-ia, e das qualidades e preocupações a ter neles, não deixando de se salvaguardar, em devido momento, alguns aspectos e especificidades que se limitem aos grandes espaços.

Neste capítulo apontam-se, então, algumas questões que podem levantar-se nestes diferentes espaços. Aquelas que se prendem com a acústica e os mecanismos que se lhe associam apresentar-se-ão mais aprofundadamente nos capítulos seguintes.

QUATRO FACTORES: PONTO DE PARTIDA PARA A DEFINIÇÃO DE UM ESPAÇO PARA A MÚSICA

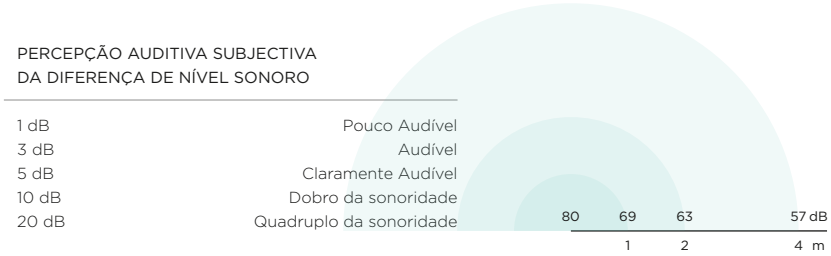
Consideramos aqui, como ponto de partida, a existência de alguns factores que se apresentarão essenciais para a caracterização dos espaços dedicados à música.

O primeiro factor será o de ele ser um espaço aberto ou um espaço fechado. Quando se emite um som ao ar livre apenas existe campo directo[2], isto é, as ondas propagam-se desde a fonte, sem obstáculos, e o nível de pressão sonora diminui rapidamente, numa razão de 6dB quando se duplica a distância.[3] Este

1 *Conservatório de Música de Vila Real — Concurso de Concepção/ Construção — Programa de Concurso e Caderno de Encargos*; Câmara Municipal de Vila Real; página 32.

2 Um campo sonoro decompõe-se em três componentes: o som directo, a reflexão e a reverberação. Esta última é a que, como dizia o arquitecto Manuel Tainha "dá significado ao espaço arquitectónico" e lhe atribui um "senso de clausura". MANUEL TAINHA: *Guia 1990/1991*; FAUP; 1990. Citado em VIEIRA, João César Neto; *Arquitectura e Música: intersecções e afinidades*; Prova Final, docente acompanhante Prof. Manuel Botelho; FAUP; Porto; 2002; página 45.

3 MOMMERTZ, Eckard; MÜLLER-BBM, Planegg; *Acoustics and Sound Insulation — Principles, Plan-*



• 1 Percepção subjectiva do som.
• 2 Campo Directo e a redução da potência sonora com a distância.

efeito resulta de uma distribuição da energia sonora numa esfera cada vez maior.

O anfiteatro grego tinha que lidar com este efeito, e resolvia-o com a sua distribuição em patamares apoiados numa encosta, reduzindo o ruído ambiente, perturbador da clareza da mensagem[4], e captando o máximo som possível em cada linha de audiência.

Num espaço fechado, no entanto, o ouvinte recebe para além do som directo, o som reflectido. Este resulta das sucessivas reflexões das ondas sonoras no contacto com as superfícies que delimitam aquele espaço. As ondas reflectem-se múltiplas vezes resultando numa distribuição praticamente uniforme do som, o campo reverberante. "O campo reverberante é difuso e adireccional e o seu nível de pressão sonora constante em todos os pontos"[5]. Este traduz-se numa melhor audição em todo o espaço e na atenuação da perda do som com a distância que se constata no espaço aberto, determinando o tempo de reverberação.

As igrejas românicas são um exemplo do quanto o campo reverberante pode contribuir para uma amplificação do som percebido. "A pressão sonora num ponto determinado do campo sonoro é o resultado da pressão do campo directo e uma pressão suplementar, consequência da existência de um campo reverberante"[6], e aqui as grossas paredes de pedra, além de anularem praticamente o ruído da envolvente exterior, reflectem quase na totalidade as ondas sonoras, pelo que um som emitido se prolonga longamente no tempo e um simples sussurro é facilmente percebido.



• 3 Campo Directo em espaço aberto e anfiteatro e Campo Reverberante numa sala interior.

O segundo factor tem que ver com os instrumentos tocados e a sua relação sonora com o espaço. A definição de quais os instrumentos ou vozes estarão presentes é fundamental para definir algumas características, uma vez que cada um deles tem uma assinatura própria, com timbres, alturas e intensidades muito

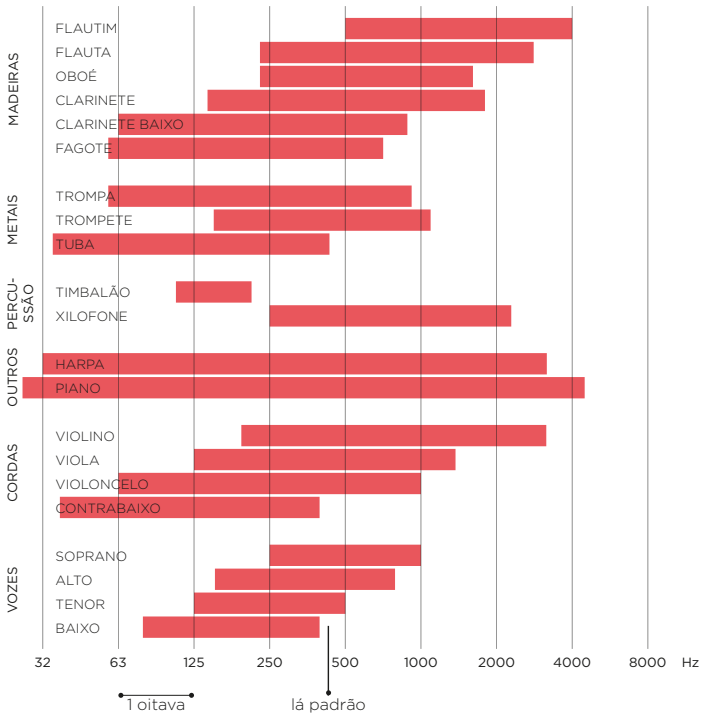
ning, Examples; Institut für International Architektur-Dokumentation & Detail; Munich; 2008; página 11. "At a distance of 1 m from the sound source, in terms of numbers the sound pressure level is 11 dB below the sound power level"; "Doubling the distance means that the sound energy is distributed over an area four times as large The sound pressure level decreases by 6 dB accordingly".

4 Considerando o som como mensagem acústica entre um emissor e um receptor, Domènech realça que além da própria mensagem, foco — via de propagação — receptores é a trilogia mais importante em acústica. "Para evitar los sonidos no deseados es preciso realizar una intervención en este canal [de transmission], que definimos como sistema de aislamiento entre emissor y receptor." DOMÈNECH, Francesc Daumal i; "La arquitectura del sonido" in *Tectonica: Acústica*, número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002; página 29.

5 VILARROIG, Graciela Roselló; DIEZ, José María Marzo; "Introducción a la acústica arquitectónica" in *Tectonica: Acústica*, número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002; página 9.

6 *idem*.

INTERVALO DE FREQUÊNCIAS PARA DIFERENTES INSTRUMENTOS (Hz)



POTÊNCIA SONORA DE DIFERENTES INSTRUMENTOS (dB, *pp — ff*)



• 4
• 5

Em função do ou dos instrumentos a que o espaço se destine, um intervalo de frequências merecerá maior atenção.

diferentes. Se o piano, cravo, o órgão e as cordas exigem reverberações longas, a percussão ou os metais exigem-nas curtas e os coros e madeiras um valor intermédio. E quanto ao isolamento, ele é progressivamente mais exigente, desde a voz individual, cordas, cravo, madeiras, coros, piano, até aos metais, a percussão e o órgão, os mais problemáticos.

O terceiro dos factores é a existência ou não de público. O espaço pode ser dedicado ao estudo, e contar apenas com a presença do/s instrumentista/s, instrumentos e mobiliário, ou também com a presença dos espectadores. A plateia tem um papel fundamental na organização e caracterização de um espaço, ela impõe uma direcção necessária do som, e contribui para a assinatura acústica do espaço, como uma "superfície" com características de absorção muito específicas.[7]

O quarto factor é a dimensão. Num espaço de pequenas dimensões o controlo de tempos de reverberação, da inteligibilidade da palavra, da audição em condições semelhantes e ideais em todo o espaço é mais fácil do que num espaço de dimensões mais significativas, num espaço amplo como um pavilhão ou um auditório, mas com impacto nos tempos de reverberação, necessariamente mais curtos e a sala, portanto, mais *seca*.

SALA DE ESTUDO/ENSAIO

Nas salas de estudo e ensaio, espaços de dimensão reduzida, incluem-se as salas para ensino individual, prática e ensaio em escolas de música, mas também as salas de solistas em casas de ópera e em salas de concerto[8].

Nestas salas "o *feedback* acústico para os músicos é crucial. O tamanho [reduzido] de tal sala resulta em relações tonais totalmente diferentes daquelas em espaços interiores amplos destinados a actuações."[9]

Uma vez que o nível sonoro numa sala depende essencialmente do volume dela → CAPÍTULO 1.2, o tamanho da sala não deve ser demasiado pequeno, principalmente para instrumentos mais 'ruidosos'. Mesmo com um elevado grau de atenuação, numa sala pequena é impossível manter o volume de som dentro de limites suportáveis, o que pode além do mais constituir a longo prazo um problema para a saúde dos executantes.[10]

Evitando, obviamente, salas cúbicas ou com determinadas proporções, formas que promovam coincidência de frequências naturais, que provocam irregularidades no intervalo de graves em sons que não ressoam ou que são sobrevalorizados, "o tamanho mínimo recomendado para aulas individuais em

7 BERANEK, Leo L.; "Analysis of Sabine and Eyring equations and their application to concert hall audience and chair absorption" in *Journal of the Acoustical Society of America*, volume 120 número 3; Setembro 2006.

8 "A Casa da Música dispõe de um total de 10 salas de ensaio de dimensões diversas. As duas maiores, localizadas no piso -2, têm capacidade para grupos de 20 a 100 elementos e estão equipadas com régie própria, podendo funcionar como estúdios de gravação", "A Casa — Outros espaços" in *Casa da Música* (site). Disponível em www.casadamusica.pt; consultado em 3 de Setembro de 2010.

9 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 82.

10 *idem*, página 83. Citando os mesmos autores, fica a ressalva quanto à inutilidade da aplicação de métodos geométricos em salas de pequena dimensão: "Discribing the sound propagation with the help of geometrical and statistical methods is inadequate for small rooms with a volume less than approx. 100 m^3 and low frequencies less than 160 Hz. The wavelenghts are then in the order of magnitude of the room dimensions and the sound pressure level depends on how good the respective wavelenght 'fits in the room'"; página 18.







• 6

• 7 Carrilho da Graça, ESML, Lisboa 2008. Salas de estudo.

• 8 SEARCH, *Triade Cultuur Educatief Centrum*, Den Helder 2001. Sala de ensaios/ polivalente.

instrumentos 'ruidosos' é aproximadamente 40 m^3, e de no mínimo 20—30m^3 por pessoa para salas de ensaio para *ensemble* ou orquestra; salas de ensaio para coro podem ser um pouco mais pequenas (cerca de 10—15m^3 por pessoa)".[11] Além disso, "quanto maior a sala, mais importante é assegurar uma altura adequada do tecto"[12]. → CAPÍTULO 1.2

No topo da escala, uma sala de ensaios para uma orquestra sinfónica com até 100 músicos requer uma área de pelo menos 250 m^2 e um pé direito de pelo menos 8 m. E, nesta, também as exigências de audição mútua pelos músicos aumenta.[13]

É preciso encontrar um ponto de equilíbrio sensível no condicionamento acústico correcto da sala: "Em salas com amortecimento reduzido (…) o nível sonoro é demasiado elevado e, além disso, tais salas tendem a encorajar articulação imprecisa e formação de tons [mais fortes]. Por outro lado, se a área superficial absorvente na sala é demasiado grande, a sala estará sobre-atenuada, o que pode por vezes inibir o prazer de tocar e a motivação porque uma correcta entoação é dificultada e a sonoridade do instrumento ou da voz é reduzida"[14].

Como referência, os tempos de reverberação podem situar-se entre 0,6—0,8 s para o ensino individual, ou em torno de 1 s para canto e crianças, "para aumentar o prazer de tocar"[15], assim como deve ser também nesta magnitude de valores para treino auditivo.[16]

Se, como dito atrás, para percussão e instrumentos amplificados por meio electroacústico é desejável que o tempo de reverberação seja baixo, por outro lado, para cordas, sopro e piano é preferível que a sala seja *viva*, isto é, com tempos de reverberação mais elevados.[17]

Aqui, o instrumento mais comum deve ser tido em conta, mas também a funcionalidade perante múltiplas opções ou o gosto pessoal do instrumentista, pelo que dotar a sala de uma acústica variável pode ser vantajoso, ou mesmo essencial.[18]

Ao projectar medidas de absorção variáveis permite-se a cada pessoa ajustar o efeito acústico da sala como necessário, seja com cortinas absorventes acústicas ou com medidas mais elaboradas como elementos rotativos, absorventes ou reflectores em lados diferentes.[19]

Olhando a forma da sala e a sua organização espacial, quando na presença de vários executantes, a forma da sala deve prever e permitir uma disposição que privilegie o contacto visual entre os elementos que praticam em grupo, e assim uma partilha de sinais essenciais à prática, e garanta de audição directa. Uma disposição possível e adequada, neste caso, será a circular ou, à semelhança daquela aplicada em palco por uma orquestra perante um maestro, em semi-círculo.

E a última das questões espaciais importantes prende-se com a criação de

11 *ibidem*.
12 *ibidem*.
13 *idem*, página 83.
14 *ibidem*.
15 *ibidem*.
16 A absorção deve acontecer equilibradamente para todas frequências. com atenção à adequada atenuação aos graves, evitando um aumento da reverberação nessas bandas de frequência.
17 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 72.
18 *ibidem*.
19 *idem*; página 83.





• 9 'Andarilhos' na Tasquinha do Fumo, Almofrela. De "A música portuguesa a gostar dela própria", 2011.
• 10 Orquestra Sinfónica do Porto Casa da Música, Casa da Música.

um ambiente favorável à concentração necessária nestes espaços. Por um lado, porque a o estudo e o ensaio se pode estender no tempo e por outro porque é uma prática intensamente sensorial e perceptiva, os sentidos dos músicos devem ser acariciados com um ambiente confortável, prazenteiro, eventualmente sugestivo na criação de um ambiente e um contexto temporal imaginário, uma poética. Para isto podem contribuir os materiais e a sua adequação construtiva, a luz natural ou artificial, o contacto visual com a natureza e o contexto meteorológicos ou o espaço urbano.

Consideremos aqui um repertório clássico como exemplo. Ainda que se possa ir mais longe no passado, o programa de escola de música como hoje o conhecemos é herdeiro dos conservatórios surgidos entre os Séculos XVIII e XIX — Londres e Paris, por exemplo. É por isso que a prática lectiva (assim como a de representação musical) permanece ainda hoje intensamente ligado a edifícios clássicos, palacetes ou palácios urbanos, nos melhores casos pouco alterados na sua essência formal. Uma das mais distintas características prende-se com uma identidade forte, uma relação simbólica com aquele passado, transportando o aprendiz/professor/músico para um tempo imaginário, o das peças a interpretar.

É o caso do que foi o Conservatório de Música do Porto entre 1975 e 2008, enquanto instalado no Palacete dos Pinto Leite, com os tectos expressivos e as grandes janelas clássicas, que poderíamos comparar em paralelismo com as salas da já citada ESML, com o soalho de madeira e os grandes rodapés no branco da parede, as cortinas, a janela para o pátio central como réstia de natureza humanizada, todos eles parte de uma espacialidade certamente com um importante contributo no sentido que apresentámos.



• 11 Palacete Pinto Leite, Porto.
(Inês d'Orey, Palacete Pinto Leite #1, 2010)

Ao falar sobre salas de aula para um grupo de alunos, soma-se uma preocupação essencial: a inteligibilidade do discurso é fundamental para a comunicação entre o docente e aqueles.

Uma vez que a prática musical se mantém, também aqui, presente, torna-se necessário aliar as recomendações próprias das salas de aula comuns às características mais específicas do ensino em conservatórios ou escolas de música. Portanto, porque as características adequadas à prática musical podem não garantir uma boa inteligibilidade ao discurso, deve procurar-se a necessária mutabilidade da configuração acústica do espaço da sala.

Grande parte do tempo passado numa sala de aula é dedicado à palavra, falar ou ouvir. Muitas vezes contrário a isto, tanto em exemplos antigos como em construções contemporâneas, nas salas de aula o desenho acústico tem pouca ou nenhuma presença no projecto, resultando em reverberações quase sempre excessivas. Esta condição reduz a inteligibilidade do discurso, especialmente com a maior distância ao orador. "Talvez mesmo mais importante actualmente, salas reverberantes encorajam a inquietação entre os alunos"[20], um desassossego que prejudica a concentração.

No estudo de acústica levado a cabo por investigadores do Instituto Superior Técnico em escolas do ensino secundário[21], é destacada essa importância das condições acústicas para o sucesso do processo de aprendizagem.[22]

Para se adequar às condições do discurso, o tempo de reverberação numa sala, ocupada, desta volumetria[23] deve encontrar-se no intervalo de 0,5—0,7 s, especialmente relevante nas bandas de oitava em que se centra a voz humana (250—2000 Hz).[24]

E, se a inteligibilidade é significativamente mais prejudicada nas últimas filas, obriga-se o orador/professor a falar mais alto, com prejuízo das cordas vocais, em esforço. Assim, em salas de aula com maior dimensão (10 m de comprimento), deve procurar-se que as primeiras reflexões sejam enviadas para as filas de trás: "significa que a parte central do tecto deve ser desenhado para ser reflexivo"[25] → CAPÍTULO 1.2

Em contraste com o caso comum, se destinadas a *workshops* ou outras actividades em grupo, é prioritário atenuar o som na sala onde actividades ruidosas

20 *idem*; página 68.

21 "No âmbito do Programa de Modernização das Escolas do Ensino Secundário foi efectuado um levantamento experimental das condições acústicas das escolas nacionais, e realizou-se um estudo sobre as condições acústicas óptimas em espaços de aprendizagem pura e aprendizagem auxiliar. Neste âmbito, foi elaborado um Guião de Boas Práticas, o qual estabelece as principais recomendações a ter em conta nos projectos de acústica." ALARCÃO, D.; FAFAIOL, C.; COELHO, J. L. Bento; *Acústica de Salas de Aula*; CAPS, DEEC – Instituto Superior Técnico; Lisboa; 2008; página 1.

22 Não se referindo a espaços de aulas em conservatórios e escolas de música mas nas escolas secundárias — no caso as 'históricas', mas com semelhante apreciação para as tipologias que designam de 'Estado Novo' e 'pavilhonar' —, ainda no mesmo estudo lê-se: "As condições acústicas existentes são regra geral deficientes face à função de aprendizagem, devido às grandes volumetrias em jogo aliadas ao uso de materiais normalmente bastante rígidos. Os isolamentos providenciados por portas e janelas são também normalmente deficitários, principalmente pelo estado de degradação aparente dos materiais usados." ALARCÃO *et al.*; *op. cit.*; página 3.

23 Uma sala comum terá um volume entre 150 e 250 m^3 para uma área entre 50 e 80 m^2.

24 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 68. "The significance of "low frequencies" has been hotly debated for some time. New findings allow us to conclude, however, that a rise in the reverberation time of up to 20% in the 125 Hz octave is quite acceptable. Another reason for the interest shown in this is the fact that the absorption of low frequencies frequenly calls for addictional construction input, which means extra cost", página 69.

25 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 70.

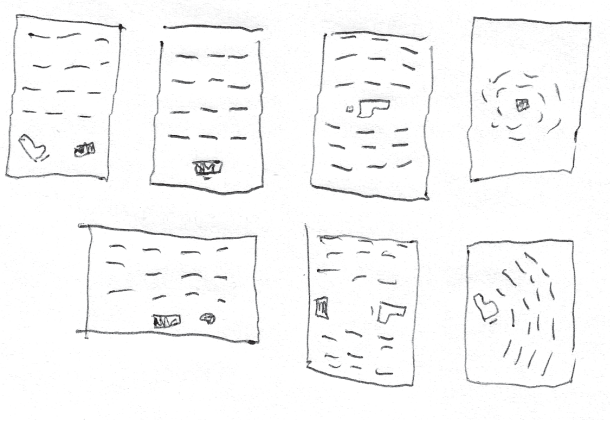
e independentes partilham um mesmo espaço[26].

Sabendo a influência do mobiliário, pelos materiais e o seu volume, nas características da sala, há que tê-los em conta ao desenhar acusticamente a sala e o seu condicionamento. Podem fazer variar as áreas de superfície reflectoras ou absorventes e a volumetria da sala, no caso de armários.

E numa sala de aula deve questionar-se também a distribuição no espaço e o correspondente significado acústico perante diferentes funções: a presença de um emissor e receptores, de um grupo de trabalho multi-mensagem, ou se todos emissores, exigem respostas espaciais diversas.

A distribuição e a organização espaciais têm já aqui uma importância fundamental. A organização 'tradicional' de uma sala impõe um sentido unidireccional ao som na transmissão da mensagem oral ou musical. Esta estrutura responde bem a uma relação emissor—público, mas não garante a semelhança de proximidade e de percepção sonora ou visual pelos alunos perante a prática musical.

E no caso de uma relação comunicativa mais dinâmica, isto é, no caso de ser necessário variar o sentido do discurso e da execução de música, mais ainda deverá ser uma oportunidade para testar a flexibilidade de diferentes disposições, eventualmente adaptáveis e mutáveis.



• 12 Reflexão sobre diferentes disposições possíveis.

SALA DE CONCERTOS: A MÚSICA CLÁSSICA COMO MODELO

No desenho de uma sala para concertos, diferentes géneros musicais exigirão características próprias, pelo que se esclarece, como exemplo essencial, aquele mais generalizado como modelo — a música clássica tocada por orquestras sinfónicas, dado que é a formação mais exigente e portanto o espaço capaz de carregar uma série de outras diferentes formações, de menores dimensões.

"É aqui que os conhecimentos de acústica se tornam uma arte."[27] Eckard Mommertz afirma expressar uma ideia que é consensual, e que espelha as diversas e multifacetadas opiniões, sobre o conceito de 'boa acústica', e as soluções possíveis como resposta.

Também aqui o alcance do que pode ser considerado uma 'boa acústica' duma sala depende de imensos factores. Além dos cientificamente mensuráveis, também desempenham um papel importante características do contexto como "a expectativa do ouvinte ou a atmosfera do evento"[28].

26 *ibidem*.
27 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 90.
28 *ibidem*.





• 13 *Musikverein Wien*, 1870. *Große Musikvereinssaal*.
• 14 Rem Koolhas, Casa da Música, Porto 2005. Sala Suggia.

Na Casa da Música (Rem Koolhas, 2005) as paredes são revestidas com painéis de madeira, impressos com veios dourados, onde estão apostos dois órgãos de tubos falsos, por razões "decorativas" e de valorização daquela atmosfera e de desenho acústico (de modo a prevenir variações volúmicas com a eventual colocação, no futuro, dos reais e definitivos).

Obviamente, pela importância que a exibição musical perante um público toma, o espaço é muito delicado do ponto de vista do isolamento e das perturbações trocadas com o exterior e espaços adjacentes. No seu interior os níveis sonoros alcançados são extremamente elevados, mas também a sua perturbação por ruídos envolventes extremamente prejudicial, pelo que será um dos espaços que em projecto mais justificam um investimento de meios para obter as condições ideais.

Uma outra das exigências incontornáveis, é a de uma visão directa pelos espectadores, sem qualquer elemento perturbador no campo de visão até aos actuantes, eventualmente por meio da distribuição da audiência em balcões, planos com declive, em degraus, ou em plataformas desniveladas.

Como foi dito, o modelo de referência encontramo-lo nas salas para música clássica. E quando se trata de salas para música clássica é necessário esclarecer que a sua dimensão vai "desde salas relativamente pequenas especificamente destinados a solistas ou música de câmara, até grandes salas para orquestras sinfónicas com mais do que 100 músicos"[29]. A audiência varia consequentemente desde menos que 100 até 2000, ou em alguns casos mais pessoas ainda.[30]

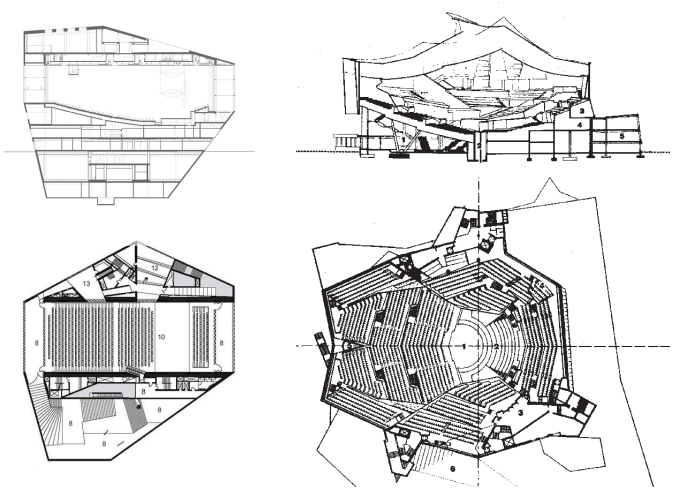
A forma da sala, as suas proporções harmoniosas→ CAPÍTULO 1.2, o seu volume e as características das superfícies que a delimitam confluem para garantir uma boa "mescla sonora dos tons musicais e, portanto um som orquestral homogéneo". Para isto, é necessário tempos de reverberação bastante elevados[31], sem que no entanto o sejam excessivamente longos para não conduzirem a um som global difuso e indiferenciado.[32]

O volume ideal para grandes salas de orquestra sinfónica situa-se geralmente entre os 15000 e os 20000 m^3, adequados à grande força orquestral do repertório dos primeiros compositores românticos (como Dvorák , Mahler ou Tchaikovsky), e uma sala com mais de 25000 m^3 apresenta a muitos trabalhos orquestrais dificuldades acústicas em termos de sonoridade e intensidade sonora (*loudness*)[33].

A forma que mais frequentemente se utiliza para estas salas é chamada *shoebox*, ou caixa de sapatos, como são exemplo as Salas de Concerto do *Musikverein Wien* (1870) e do *Gewandhaus* em Leipzig (1884), ou a Casa da Música (2005)[34], embora existam outras formas, como a centrípeta da *Philarmonie Berlin* do arquitecto Hans Scharoun (1963).

---

29 *ibidem*.
30 *ibidem*.
31 Este assunto é revisitado à frente no capítulo 1.2, mas pode adiantar-se algumas considerações de Mommertz: "For instance, in large concert halls for symphonic music, reverberation times of 1,8—2,0 s (with audience) are advantageous for the medium frequencies. The reverberation time should tend to increase noticeably as e approach the lower frequencies (about 1,3—1,5 times the reverberation time of the medium frequencies)".
32 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 90.
33 *ibidem*.
34 Ou o Auditório do Conservatório de Música de Lisboa (Carrilho da Graça, 2008) que se apresenta e descreve no capítulo que se segue.







• 15
• 16 Rem Koolhas, Casa da Música, Porto 2005. Sala Suggia.
• 17
• 18 Hans Scharoun, *Philarmonie Berlin*, 1963.

A sala rectangular, *shoebox*, conhecida como acusticamente boa e muito encontrada em edifícios históricos, provou ao longo do tempo ser uma boa solução formal para grandes orquestras sinfónicas.[35] Esta geometria privilegia as primeiras reflexões, intensas a partir das paredes laterais, garantindo uma 'espaçosa impressão sonora' — a impressão de um espaço sonoro amplo — e a sensação de o ouvinte ser circundado pela música, "ampliando subjectivamente a fonte sonora"[36].

O tecto pode ter aqui diferentes configurações possíveis, mas é geralmente horizontal, como é o caso dos exemplos referidos, na Sala Suggia da Casa da Música[37] com uma concha acústica que, pendente do tecto, reforça ainda as primeiras reflexões para os músicos ou para o público.

Por seu lado, a Filarmónica de Berlim é reconhecida em ambas as disciplinas, tanto pela sua excepcionalidade espacial e formal, quanto pela sua excelência para o espectáculo musical e representa uma "interpretação do espaço interior completamente diferente". Aqui, o palco ocupa um espaço mais central na sala, o que permite desde logo ao público uma proximidade maior à orquestra e diferentes perspectivas visuais e aurais[38], e a distribuição da audiência em bal-

35 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 90. Os autores referem que estas salas têm idealmente entre 19 e 22 metros de largura, ou eventualmente um pouco mais em casos excepcionais, e que com cerca de 17 metros de pé direito e 40 metros desde a frente de palco à parede posterior garantem o volume necessário.
36 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 90. "In the recent decades in particular, the three-dimensional effect has gained in importance for assessing the acoustic quality of concert halls".
37 "Classical coffered ceilings or ceilings with curved sectionshave proved worthwhile. Such ceiling direct part of the sound energy to the listeners while the remaining sound energy is reflected diffusely in other directions, and therefore remains available for generating reverberations."; MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 90.
38 "For many concert-goers, the nearness to the musicians is a very special experience, many conductors and musicians also appreciate the nearness of the audience, regarding this "intimacy" as positive. In the Berlin Philarmonic no member of the audience is further than 30 m from the stage, despite the fact that this hall seats around 2200." MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 91.

cões é feita de maneira a que as paredes, reflectoras, garantam um bom nível de primeiras reflexões a todos os ouvintes.[39]

Em formas mais livres, o desenho do seu espaço acústico pode ser mais complexo do que na forma rectangular simples de *shoebox*, mas tal não deve ser impeditivo do alcance de um óptimo resultado, desde que a cooperação entre arquitectos e consultores de acústica seja desde logo considerada, permitindo integrar os requerimentos acústicos ideais de uma forma arquitectonicamente satisfatória[40].

Diferentes conceitos e concepções podem levar a respostas igualmente bem sucedidas, tanto espacial, como acusticamente. No entanto, isto não significa que qualquer desenho pode originar boas condições de propagação sonora assim como, claro está, de vivência espacial. Salas com volumetrias esféricas ou tectos abobadados, assim como baseadas em plantas circulares ou elípticas, teriam resultados "acusticamente críticos até totalmente incompatíveis"[41].

COMBINAR A MÚSICA COM A PALAVRA: ÓPERA, TEATRO E ESPAÇOS MULTIFUNCIONAIS

O *ballet*, a ópera e o canto são práticas artísticas que têm em comum a necessária premissa de aliar à voluptuosidade musical a inteligibilidade do discurso. Por outro lado, os edifícios que se querem para a exibição musical têm muitas vezes que combinar diferentes práticas, entre o discurso oral do teatro ou da palestra e os concertos musicais que antes se indicaram, e portanto que ser mutáveis e adaptáveis.

Numa sala para ópera ou teatro (e por inerência o *ballet*) destacam-se como características próprias e essenciais o fosso de orquestra e a torre de cena. O primeiro responde à necessidade de conjugar a presença de orquestra e da cena teatral e, como referência, deve ser dimensionado de modo a albergar uma orquestra de dimensão sinfónica[42] para ópera clássica. A torre de cena existe de forma a dar o apoio a todos os dispositivos cénicos móveis: cenários, panos, iluminação.

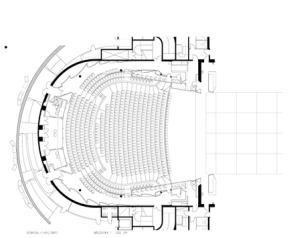
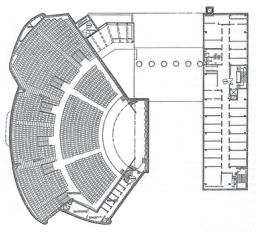
Nestas, é comum encontrar a disposição da plateia em leque, ou em ferradura, ainda que outras, rectangular ou em arena, sejam por vezes usadas.

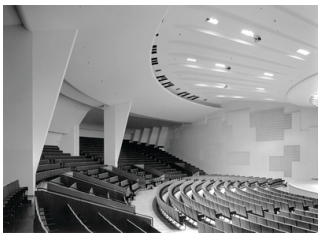
O som directo é fundamental pelo que as cadeiras devem estar sempre de frente para o palco e, uma vez que de 250 a 2000 Hz é o intervalo importante para discurso, este deve ser o privilegiado nas primeiras reflexões.

Quando uma sala de teatro ou ópera se destina também à música clássica, uma concha acústica desmontável permite fechar a torre de cena, alterando a volumetria da sala, a reverberação e as características das primeiras reflexões, reforçadas assim. E de forma a permitir maior variação pode ser necessário dotar também a sala de câmara reverberantes ou caixas móveis que variem o volume da sala.

---

39 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 91.
40 *ibidem*.
41 *ibidem*. Tais formas com traçados curvos tendem a desenvolver o efeito de 'galeria de sussurros' (em que sucessivas reflexões permitem o som viajar com maior intensidade e poucas perdas junto às superfícies curvas) e focalizações.
42 As de Wagner são excepção, excessivamente grandes, pelo que geralmente ficam de fora do repertório executável na sua formação original.



• 19
• 20 Snohetta, *Operahuset Oslo*, 2008.
• 21
• 22 Alvar Aalto, Casa da Cultura, Helsinki 1958.

As salas multifuncionais podem ser muito variadas e distintas, pelo que apresentam alguns diferentes exemplos. São espaços que albergam para além da música outras actividades, como é o caso do Auditório da Casa da Cultura, projectado por Alvar Aalto (Helsinki, 1952-58) para o Partido Comunista Finlandês, com o intuito de ser usado tanto para concertos como para congressos, e com igual qualidade acústica perante uma plateia cheia ou vazia. "Conhecido pela sua excelente acústica, é usado frequentemente para concertos assim como ensaios e gravações de orquestra"[43].

Segundo Aalto, a forma deste auditório foi ditada por considerações acústicas — "Os vários usos da sala requerem acústicas de primeira classe, o que é justificação da forma, um helicóide de betão combinado com madeira e tijolo. Especialmente desenhadas, ambas as superfícies das paredes e tecto absorvem e reflectem as ondas sonoras. Painéis de parede substitutos podem ser usados para várias necessidades acústicas sem interromper o ritmo arquitectural."[44] — e as expectativas de Aalto foram realizadas.

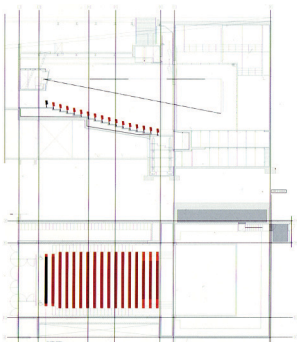
Assim sendo, a boa inteligibilidade do discurso e bom contacto visual com o orador, ou um ecrã, é crucial para o bom funcionamento destas salas.[45]

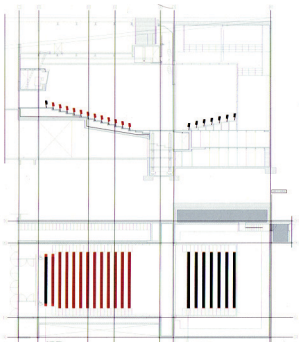
Ainda que músicos e melómanos prefiram um lugar próprio para a música — como os anteriores exemplos apresentados —, que permita que o som seja homogéneo de forma a manter as qualidades acústicas em qualquer parte da sala, muitas vezes não é possível a sua dedicação exclusiva, sendo necessário permitir a coexistência com outras práticas. Para que a qualidade acústica de uma sala polivalente seja garantida, é então necessário ter em atenção o tempo de reverberação, que varia consoante o tipo de actividade que ocorra.[46]

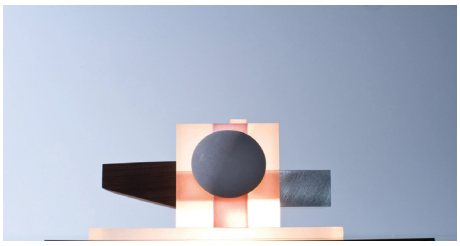
O difícil é conseguir que, uma vez procurada a múltipla adaptação, a sala se consiga adequar optimamente a todas as práticas. Assim, o resultado é muitas vezes um diálogo que permita uma qualidade razoável para todas elas.

A polivalência da sala pode, como se verá pelos exemplos seguintes, concentrar-se em alterações do 'espaço acústico' ou mudar radicalmente o próprio 'espaço

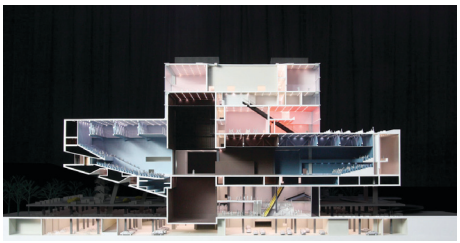
43 "House Of Culture" in *Alvar Alto's Architecture* (site). Disponível em www.alvaraalto.fi; consultado em 3 de Setembro de 2010.
44 ALVAR AALTO. Citado em "House Of Culture"; *op. cit.*
45 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 78.
46 ALMEIDA, A. Catarina Rocha; *Ouvir a Arquitectura: o espaço como último instrumento sonoro*; Dissertação de Mestrado, docente acompanhante Arqt. Teresa Fonseca; FAUP; 2009; página 66. A autora escreve a partir de Francesc Daumal i Domènech.











• 23
• 24 Paulo David, Casa das Mudas, Calheta 2005. Diferentes configurações de plateia e vista do palco.
• 25
• 26 Rem Koolhas, *Taipei Performing Arts Center*, 2014. Maqueta e corte.

arquitectónico' palpável e a sua forma.

O projecto do auditório da Casa das Mudas, de Paulo David com Telmo Cruz e Maximina Almeida (Calheta, 2005), é uma pequena sala rectangular que tem um carácter extensamente multifuncional, ainda que com uma configuração espacial estável.

Com uma capacidade de apenas 200 lugares, a concha acústica e os painéis de revestimento rotativos das paredes permitem alternar entre diferentes volumetrias e níveis de absorção, e assim controlar os tempos de reverberação necessários para diferentes usos: "bailado, concertos e congressos", dispondo também "de meios para projecção de cinema, vídeo e tradução simultânea".[47]

"O auditório aproxima-se (…) da imagem de um mecanismo extremamente controlado e euclidiano. Na sua antecâmara, uma escadaria 'suspensa' impõe-se plasticamente."[48]

No projecto para o *Taipei Performing Arts Centre*, com conclusão prevista para 2014, o arquitecto Rem Koolhaas propõe a coexistência de três teatros sobre um único palco, e uma panóplia de configurações espaciais, com usos e características diferentes:

> *Muitos teatros estão a ser construídos por todo o mundo. Na maior parte dos casos, eu acho que os arquitectos fazem muito pouco a partir das possibilidades que existem. Três salas separadas com vestíbulos/corredores entre elas. Ninguém parece ter tentado conseguir mais do que a soma total destas partes. Supõe que combinavas tudo numa espécie de super-palco com salas em três lados (como isto). Consegues elementos diferentes que, embora separados, podem estar também conectados.* Rem Koolhaas[49]

47 GUERRA, Fernando; *Centro das Artes/Casa das Mudas — Paulo David — Fotografia de Fernando Guerra*; FG + SG - Livros de Imagem; Lisboa; 2006; página 90.
48 *idem*; página 94.
49 "Rem Koolhaas — OMA" (vídeo) in *Dutch Profiles* (site); DutchDFA; 2010. Disponível em www.dutchdfa.com/profiles; consultado em 30 de Agosto de 2010. A entrevista pode ser vista em www.youtube.com/watch?v=46_sgYBCY7c.

Ainda por construir, a sua versatilidade acústica não nos é dada a conhecer. No entanto, pelo seu carácter múltiplo e experimental, é um exemplo radical dos limites ou da sua ausência na definição de um espaço multifuncional.

ESPAÇOS INSONORIZADOS

Conclui-se esta categorização com um conjunto de espaços que, com características e objectivos muito diversos e específicos, se unificam numa necessidade comum e fundamental: elevados níveis de isolamento perante contaminações sonoras com o exterior e elevadas absorções interiores. É o caso dos estúdios de som — de gravação ou de rádio —, e no limite das câmaras anecóicas.

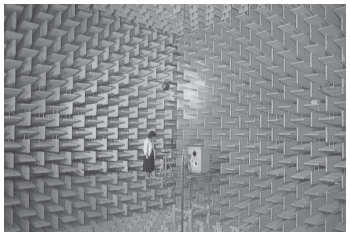
Os primeiros, os estúdios de som, são destinados à captação do som por meios electroacústico, seja para gravação ou rádio-difusão simultânea. Ali, seja para música ou palavra, a reverberação deve ter valores baixos de forma a que o som captado não carregue alterações provocadas pelo espaço da sala, isto é, um som neutro quanto à definição daquela espacialidade sonora. O mobiliário e o equipamento presente deve, também ele, evitar contrariar esta intenção.

O contacto com os espaços contíguos deve ser mínimo, exigindo apenas a existência de um vão para uma régie, uma sala de controlo do equipamento electrónico, reduzindo quanto possível as perturbações acústicas através deste elemento.

No exemplo dos estúdios de rádio no edifício-sede da RTP em Lisboa — com um projecto original de Carlos Manuel Ramos e António Teixeira Guerra para a Dialap/Diamang (1960-66) e reabilitado em 2004 por Vítor Lopes dos Santos —, por modo a garantir a iluminação natural e uma maior qualidade da vivência daquele espaço, também se permite o contacto visual, por um pano de vidro, com a envolvente exterior. Assim, as exigências estendem-se com especial exigência a esta área envidraçada exposta ao ruído urbano.







• 27

• 28 Carlos Ramos + António Teixeira Guerra, Dialap/Diamang, Lisboa 1966. Edifício-sede RTP e estúdio Antena3.

• 29 Câmara anecóica do Intituto Nacional de Metrologia do Japão.

No caso das câmaras anecóicas, são espaços de laboratório destinados essencialmente a investigação, com dimensões muito diversas. O isolamento procura-se absoluto e as paredes absorventes de toda a energia sonora, de modo que o tempo de reverberação seja zero (tendencialmente, uma vez que o silêncio absoluto é impossível de alcançar). Estas exigências reflectir-se-ão em investimentos de meios materiais e económicos extremamente elevados.

1.2
DIMENSIONAMENTO E CONDICIONAMENTO

A fidelidade é uma qualidade que o espaço delega no som ao permitir-lhe um difusão, uma reflexão e uma distribuição do som até ao público.[1]

"Quando falamos de condicionamento referimo-nos à forma como o som vai ser tratado e transmitido pelas vias de comunicação, desde quem o gera [o músico] até aos ouvintes. Isto quer dizer que precisamos de uns parâmetros de conforto avaliados através de índices que nos permitam controlar a qualidade acústica dum recinto"[2], alguns serão objectivos, mas muitos são de carácter mais subjectivo.

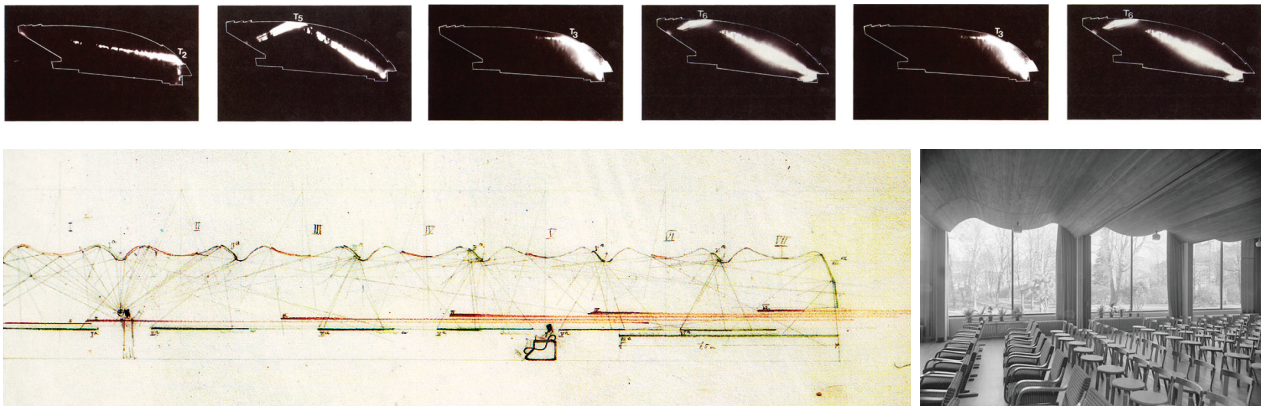
O desenho de um local destinado à música deve ser extremamente cuidado para que os seus objectivos funcionais não saiam prejudicados por uma incorrecção no som percebido. Uma ressonância insistente, uma coloração indesejada, uma sombra, ou um som demasiado 'seco' ou 'vivo' pode estragar o óptimo funcionamento de uma sala, tornar inútil o cuidado do desenho arquitectónico, da fachada ou do organograma funcional, a escolha dos materiais e dos pormenores para uma confortável vivência visual. Numa sala para a prática musical, e em especial aquelas de certa importância, o mais extravagante dos barroquismos ou a maior excelência da simplicidade minimalista são qualidades insignificantes se a sua percepção pelos músicos e audiência for nada menos que óptima. Escreve Francesc Domènech que, tal como os melhores músicos e os "mais refinados melómanos", qualquer pessoa tem a capacidade de entender se o som se ouve bem ou tem, por contrário, algumas disfunções, ainda que eventualmente lhe falte a experiência de "ouvidos mais educados" para o compreender por comparação com audições anteriores e outros espaços.[3]

"Uma sala pode assemelhar-se a um instrumento musical e, como a caixa de ressonância de uma guitarra ou de um piano, tem também funções muito

1 FRANCESC DAUMAL I DOMÈNECH. Citado em ALMEIDA, A. Catarina Rocha; *Ouvir a Arquitectura: o espaço como último instrumento sonoro*; Dissertação de Mestrado, docente acompanhante Arqt. Teresa Fonseca; FAUP; 2009; página 49.

2 DOMÈNECH, Francesc Daumal i; "La arquitectura del sonido" in *Tectonica: Acústica, número 14*; ATC Ediciones; Madrid; 2002; página 35. O autor escreve ainda que "el percursor de la valoración integral teniendo en cuenta todos los parámetros fue Leo L. Beranek. Su método (...) [de] 1963, aùn siendo polémico, merece tenerse en cuenta todavía. El método se basa en sus investigaciones, las encuestas a numerosos músicos, directores y melómanos, así como las mediciones acústicas hechas en las mejores salas del mundo." A vivacidade, por exemplo, relaciona o tempo de reverberação nas frequências médias duma sala ocupada com o tipo de interpretação. O nível de som directo dá-nos ideia da proximidade da orquestra ou cantor. O nível de som reverberante relaciona o tempo de reverberação em frequências médias com o volume da sala. O balanço e mistura, ou equilíbrio, corresponde à percepção dos diferentes instrumentos (da orquestra) e depende fundamentalmente das superfícies reflectoras mais próximas dos executantes (da orquestra). A difusão é a a propriedade de o som ser procedente de muitas direcções com energia suiciente. Mais parâmetros existem, a partir de outros estudos: claridade, brilho, definição, sonoridade, lateralização, velocidade de amortecimento.

3 *idem*; página 35.



• 30 Le Corbusier, *Palais des Nations*, Geneva 1927. Estudo laboratorial de *light-tracing* em maqueta.
• 31
• 32 Alvar Aalto, Biblioteca de Viipuri, 1935. Formas da sala de conferências e estudo da orientação dos raios sonoros reflectidos no tecto.

precisas"[4], e no caso de um espaço para prática musical note-se que "a 'Acústica' ou mais correctamente a qualidade de percepção sonora dos diferentes locais deve ser particularmente detalhada, em particular se atendermos às características tonais dos instrumentos emissores."[5]

Na fase de projecto, será útil o recurso a modelos de comprovação, como o método geométrico, em desenho ou em maqueta (como a de raios luminosos para a biblioteca de Viipuri de Alvar Aalto, em 1935), que nos permite uma aproximação formal e a compreensão da influência da forma da sala na percepção e distribuição do som, ainda que com limitações, e actualmente tem-se ao dispor o cálculo e a modelação computorizada, que podem servir para a primeira avaliação da eficácia da sala, alguns para calcular reverberações, são métodos preditivos, e outros permitem a optimização progressiva até um determinado efeito pretendido.

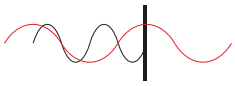
Na (in)decisão entre o método digital e o físico, Yasuhisa Toyota diz, sobre uma maqueta à escala 1/10 construída para testes acústicos, "os computadores fazem-no mais rápido e rigoroso, mas estamos a trabalhar com sons reais que se deverão ouvir na sala"[6].

Quanto ao tempo de reverberação, existem variadas fórmulas, simplificadas ou complexas, para calculá-lo. Destacam-se, numa e noutra categoria, a de Sabine e a de Higini Arau (que tem em conta a absorção em diferentes planos, a presença de público distanciado da parede, balcões/ camarotes e outras formas próprias da sala)[7], apresentadas à frente neste capítulo.

Deixa-se de fora neste estudo a referência a meios de amplificação sonora através de modos electroacústicos.

---

4 *ibidem*.
5 *Conservatório de Música de Vila Real — Concurso de Concepção/ Construção — Programa de Concurso e Caderno de Encargos*; Câmara Municipal de Vila Real; página 37.
6 "A Conversation with Yasuhisa Toyota" in *Kauffman Center for the Performing Arts* (site); Agosto de 2006; Disponível em www.kauffmancenter.org; consultado em 5 de Agosto de 2010. Yasuhisa Toyota desenhou a acústica de salas mundialmente reconhecidas, entre elas a *Walt Disney Concert Hall* de Frank Gehry (Los Angeles, EUA, 2003) e a ainda em construção *Elbphilharmonie Hamburg* de Herzog & de Meuron (Hamburg, Alemanha, 2012).
7 DOMÈNECH; *op. cit.*; página 39. Outras equações existem, como a de Eyring, a que recorre Beranek nos seus estudos juntamente com a de Sabine e a de Joyce, que o mesmo autor refere e descreve como "cálculos excessivamente difíceis, excepto no caso de a geometria ser fácil de descrever matematicamente". Ler o capítulo 5 "About the equations — Interrelations and accuracy" em BERANEK, Leo L.; "Analysis of Sabine and Eyring equations and their application to concert hall audience and chair absorption" in *Journal of the Acoustical Society of America*, volume 120 número 3; Setembro 2006.



• 33 Um obstáculo para sons agudos (λ < L) não o será necessariamente para outros graves (λ > L).

Quando as ondas sonoras encontram um obstáculo pela frente, o seu comportamento difere para diferentes frequências. Este só será de facto um obstáculo se o seu tamanho é maior que a longitude da onda. As frequências audíveis — aquelas sobre as quais se terá que trabalhar — encontram-se entre os 20 e os 20.000 Hz, correspondentes a longitudes de 17 m e 1,7 cm. Num efeito semelhante ao da luz, as ondas sonora são em parte reflectidas — e parcialmente absorvidas — criando sombras acústicas, onde não chega o som. Os tons *agudos* são muito direccionais e os mais facilmente detidos por obstáculos. Quando o obstáculo é menor, o que sucederá mais facilmente para tons *graves*, ele será ultrapassado, rodeado ou 'abraçado' pelo som, que assim se dispersa.

Num espaço, aberto ou fechado, as paredes e outras superfícies que o delimitam, condicionam ou fecham não são mais que obstáculos à passagem do som. É por isso que os mecanismos a explorar e empregar para o controlo das condições acústicas de um espaço são de três tipos: reflectores; difusores; ou absorventes.

ELEMENTOS REFLECTORES E DIFUSORES

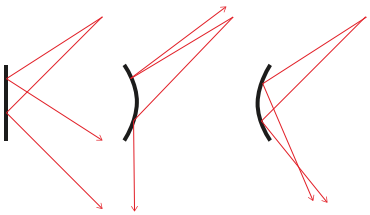
Os materiais ortofónicos têm uma função acústica positiva, não 'matam' o som como os materiais absorventes, mas projectam-no ou dispersam-no.

Os planos reflectores favorecem as primeiras reflexões, que potenciam a energia sonora a chegar ao ouvinte e permitem em alguns casos acondicionar zonas onde o som directo não chega ou é insuficiente. Constroem-se com materiais rígidos, lisos e não porosos, como a madeira ou o metal.

MATERIAIS REFLECTORES

Betão, madeira, metal (...)
Rígido, liso, não poroso.

Há que ter em conta que, como já referido, um obstáculo só o será se o seu tamanho for maior que o da onda sonora incidente e portanto a reflexão só acontece a partir de uma frequência, o que depende das dimensões do elemento reflector. Além disso, quanto mais próximos estejam do músico/orquestra e do ouvinte/audiência e "quanto menor for o ângulo de incidência da onda relativamente à normal da superfície", isto é, mais próximo à perpendicular, mais será o som reflectido.[8]



• 34 Reflexão de raios sonoros em diferentes superfícies.

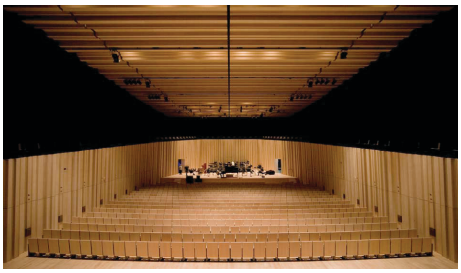
A superfície reflectora, caso não seja plana, comporta alguns problemas: se o elemento reflector for côncavo provocará uma focalização do som, resultando em desequilíbrios nos níveis sonoros entre uns e outros pontos na sala[9]; se é convexo dispersará mais o som pelo que o seu raio de curvatura deve ser maior que 5 metros, ou comportar-se-á já não como reflector mas como difusor.[10]

Num espaço, para a prática, fechado, seja ele uma sala de estudo, mas fundamentalmente uma sala de concertos ou um estúdio de gravação, é fundamental a criação de um som muito envolvente, um campo reverberante difuso "que chegue ao espectador por igual desde todas as direcções do espaço"[11].

8 VILARROIG, Graciela Roselló; DIEZ, José María Marzo; "Introducción a la acústica arquitectónica" in *Tectonica: Acústica*, número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002; página 13. "Se os reflectores são demasiado grandes corre-se o risco de que (...) o nível relativo do som reflectido seja mais elevado do que o directo." Neste caso pode perceber-se o som como proveniente da superfície reflectora, riscos reduzidos se se diminuir o som reflectido (material mais absorvente ou maior difusão).
9 *idem*; página 13. "No entanto se o grau de concavidade da superfície é muito alto e o centro da curvatura está a grande altura terá um efeito de dispersão".
10 *ibidem.*
11 *ibidem*.





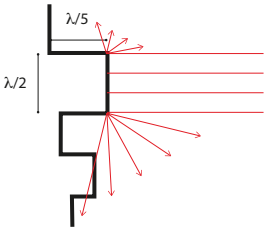


• 35 Renzo Piano, *Zentrum Paul Klee*, Bern 2005. Painéis reflectores destacados da parede.
• 36 Marques da SIlva, Teatro Nacional São João, Porto 1920.
• 37 Carrilho da Graça, Theatre de Poitiers, 2008. Paredes e tecto irregulares difusores.

A necessária reflexão — elevada, aleatória e uniforme em todas as direcções — consegue-se com a criação de irregularidades nas superfícies que rodeiam o espaço, isto é, com elementos difusores.

Nas salas de concerto antigas, a difusão era conseguida pela irregularidade dos relevos e frisos decorativos, estatuária e balcões, que garantiam condições para difundir as ondas em todo ou larga parte do espectro sonoro. Na arquitectura actual, as soluções passam pelas irregularidades nos paramentos ou tectos, paredes "tipo serra" ou outros.[12]

"A difusão é correcta numa estreita banda de frequências que depende das dimensões do difusor (...)". As irregularidades podem ser obtidas por diferentes formas ou materiais mas em qualquer caso, para corresponder a uma determinada frequência, o seu comprimento deve ter um valor aproximado a λ/2 e a distância do ponto mais saliente à parede deve ser igual a λ/5.[13]



• 38 Elemento difusor e frequência difractada

ELEMENTOS ABSORVENTES

Com elevados coeficientes de absorção sonora em todo o espectro de frequências audíveis ou em parte, elementos absorventes são empregues para reduzir o tempo de reverberação ou o campo reverberante, corrigir ecos ou ondas estacionárias. Note-se, antes de prosseguir, que se deve procurar obter as condições de absorção óptimas contando com o mobiliário e os tecidos — as cortinas, por exemplo, permitem absorções variáveis ao corrê-las — e usar materiais específicos apenas quando absolutamente necessários.

Os materiais fibrosos ou porosos, com uma estrutura sólida atravessada por poros comunicantes entre eles e com o exterior, absorvem parte do som incidente devido à sua porosidade. "Uma importante percentagem da onda acústica incidente penetra pelos poros e faz com que o ar neles contido vibre. Produz-se fricção com as paredes das cavidades que resulta numa perda de energia cinética, que se transforma em calor".[14]

12 *ibidem*. Os autores referem os difusores policilíndricos, superfícies convexas com um raio de curvatura inferior a 5 metros e dispostas sequencialmente, e ainda os difusores de Schroëder, que na prática são uma variação da parede tipo serra, com uma variação irregular da profundidade (segundo uma sequência calculada matematicamente).
13 *ibidem*.
14 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 10.



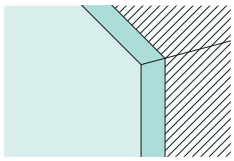


• 39 Rem Koolhas, Casa da Música, Porto 2005. Parede absorvente da Cybermusica em material anecóico.
• 40 Carrilho da Graça, ESML, Lisboa 2008. Absorventes de tecido poroso (parede preta) e ressoador de cavidade múltiplo (tecto).

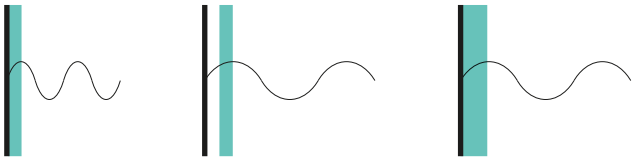
Os materiais mais usuais no momento actual são a fibra de vidro, a lã de rocha, as espumas de poliuretano, de poliestireno ou de resina de melanina, o gesso cartonado acústico ou o aglomerado de cortiça.[15]

Os valores do coeficiente de absorção variam com a frequência sonora, e dependem da espessura do material, densidade e porosidade, a distância à superfície rígida — por exemplo, uma parede em betão — e ainda do método de montagem — os resultados são necessariamente diferentes conforme seja colocado paralela ou perpendicularmente à parede (o uso de *baffles* acústicos resultam em maior absorção), ou por detrás de outros materiais, mais ou menos absorventes/reflectores (menos absorvente). Os materiais existentes no mercado são, geralmente, acompanhados de tabelas ou gráficos com os valores de absorção para as diferentes frequências, espessuras ou, nalguns casos, aplicações.

"Quanto maior for a velocidade de deslocação das moléculas de ar, mais elevada será a fricção e maior a absorção"[16]. A velocidade máxima de uma onda sonora acontece a uma distância da parede rígida de λ/4, e por isso a absorção é máxima para frequências com um comprimento de onda desse valor. Uma espessura fina de um material absorvente sobre a parede irá eliminar as altas frequências, e para também absorver as baixas frequências é necessária uma



• 41 Absorvente poroso.



• 42 Espessura de absorvente poroso e frequências óptimas.
Se o material é mais espesso ou se encontra afastado desta, a absorção será máxima para frequências mais baixas, com comprimentos de onda maior.
Uma parede revestida em tecido absorverá melhor os agudos, enquanto que uma cortina, a alguma distância da parede absorverá os graves (ou em toda gama de graves-médios-agudos por variar a sua distância).

espessura muito maior ou afastar o elemento absorvente uma certa distância da parede, com que se obtêm valores semelhantes.

Assim sendo, com a utilização de materiais cuja distância à parede é variável obtêm-se valores do coeficiente de absorção mais regulares em todo o espectro de frequências audíveis. Pode aplicar-se o material com uma distância irregular ou recorrer-se à utilização de cortinas, neste caso, no entanto, sem que se consiga ter um controlo tão rigoroso dos valores de absorção.

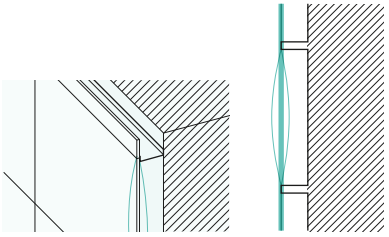
A absorção é maior para uma maior espessura, o "caminho percorrido pela

15 *idem*; página 11.
16 *idem*; página 10.

onda sonora no interior do material será mais longo quanto mais grosso seja o material e produzir-se-á uma maior dissipação da energia". E também a maior porosidade e densidade garante uma maior absorção em todo o espectro. No caso da densidade, esta deve situar-se entre 40 e 70 Kg/m^3, pois "uma vez alcançado um valor limite, começa a produzir-se uma maior reflexão"[17].

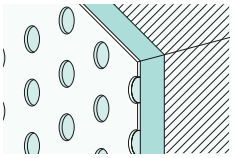
Há que ter em atenção que o tratamento superficial dado como acabamento, para evitar a degradação e que as partículas resultantes cheguem à sala, pode ter consequências nos valores de absorção. Se esse material for poroso não apresentará uma resistência significativa face à passagem do ar (ainda que possam, em rigor, perceber-se algumas variações) mas se ele for impermeável, como películas plásticas ou metálicas, haverá alterações notáveis na absorção. "Até uma frequência podem ser permeáveis ao som mas a partir de um ponto, diminui a permeabilidade e portanto a absorção, reflectindo-se grande parte do som incidente"[18].

Noutros elementos de absorção, os ressoadores, a absorção é feita de maneira selectiva, numa banda de frequência limitada e geralmente abaixo de 500 Hz.



• 43 Ressoador de membrana.

Ressoadores de Membrana. Um painel de um material flexível e não poroso, "tensado e montado a uma distância de separação de uma parede rígida" ou suspensos do tecto de forma que vibrem livremente — os elementos de fixação têm de estar a distâncias significativas, não funcionando se fixado a cada 60 cm por exemplo, e ser flexíveis, permitindo o movimento do painel e absorvendo as vibrações.[19] Estes painéis 'vibrantes' absorvem as frequências mais baixas e reflectem as frequências médias e altas. A frequência absorvida[20] será mais grave quanto mais denso o painel seja, mas depende também do seu tamanho. Usam-se telas ou, para as frequências mais graves, painéis de madeira ou gesso cartonado.



• 44 Ressoador de Helmholtz.

Ressoadores de Helmholtz ou de cavidade, simples ou múltiplo. Consiste numa caixa-de-ar fechada e ligada ao exterior por uma ou várias pequenas aberturas. O ar na cavidade comporta-se como mola que amortece o ar vibrante das aberturas[21] e por conseguinte as ondas sonoras incidentes.

Usado em baixas frequências entre 50 e 300 Hz, o ressoador de Helmholtz simples é muito selectivo quanto à absorção, que é muito elevada na frequência de ressonância e cai rapidamente para um e outro lado no espectro. A absorção depende não da forma do ressoador, mas do raio e profundidade da abertura e do volume da caixa-de-ar.

O múltiplo consiste num painel de material rígido e não poroso, os exemplos habituais são em madeira ou gesso cartonado, com aberturas geralmente circulares e onde a caixa-de-ar se consegue pela distância do painel à parede ou tecto.

Sendo menos selectivo que o simples, "consegue-se (…) um elevado grau

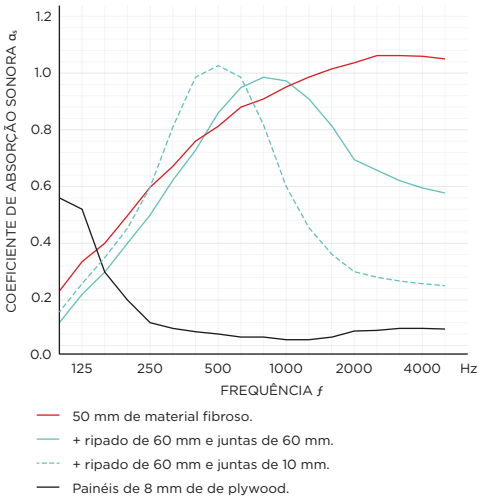
17 *idem*; página 11.
18 *ibidem*.
19 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 11.
20 Esta frequência não coincide com a frequência de ressonância do painel/membrana, que se encontra próxima dos 250 Hz. O painel vibra com uma intensidade muito baixa e inaudível. VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 11.
21 Ao contrário do ressoador de membrana, neste caso não é o painel mas a massa de ar nas aberturas a vibrar, e absorver desse modo o som incidente.

MATERIAIS
ABSORVENTES

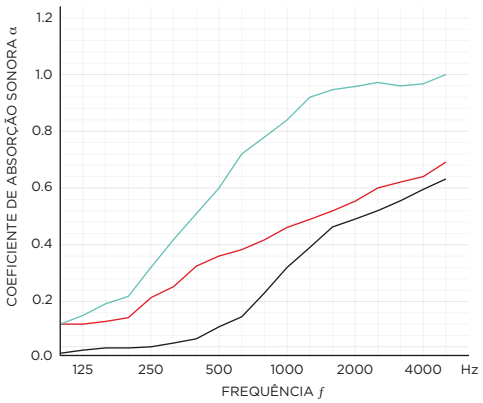
FIBROSOS/ POROSOS
Tecidos, fibra de vidro, lã de rocha, espumas de poliuretano, poliestireno, resina de melanina, gesso cartonado, aglomerado de cortiça expandida.
40—70 kg/m³

RES. DE MEMBRANA
Telas plásticas, paineís de madeira, gesso cartonado
Flexível e não poroso

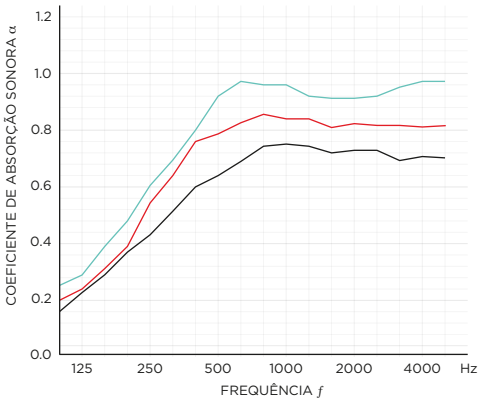
RES. DE HELMHOLTZ
Betão, madeira, metal (...)
Rígido, não poroso, com aberturas para a caixa de ar.



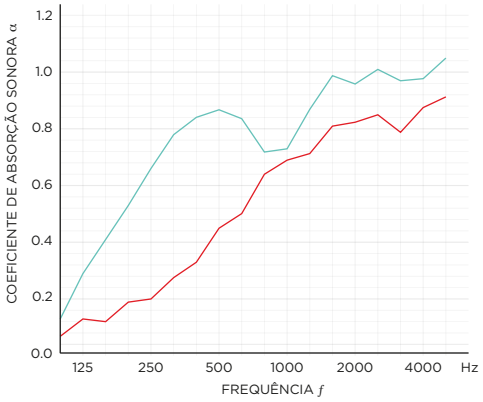
• 45 Coeficientes de absorção de diferentes absorventes: fibroso, ressoadores múltiplos e de membrana.



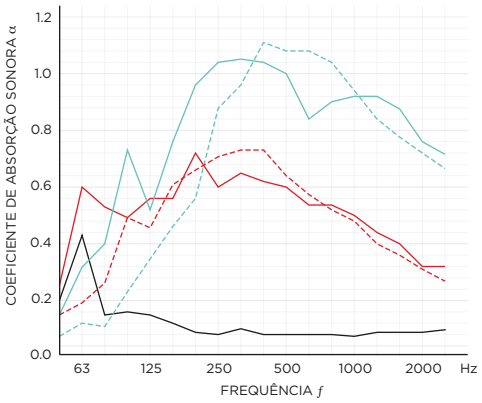
30mm de material fibroso.
15mm de gesso acústico projectado.
7mm de tecido de veludo.



50 mm de fibra de poliester com 60 kg/m².
~ com 40 kg/m².
~ com 20 kg/m².



20mm de espuma de poliuretano + 200mm de caixa de ar.
20mm de espuma de poliuretano aplicada na superfície reflexiva.



Painel com 25% de perfuração + 200 mm de caixa de ar.
~ + 30 mm de caixa de ar.
Painel com 5% de perfuração + 200 mm de caixa de ar.
~ + 30 mm de caixa de ar.
Painel sem perfuração + 30 mm de caixa de ar: res. de membrana.

• 46
• 47 Coeficientes de absorção de absorventes fibrosos com diferentes espessuras e densidades.
• 48 Coeficientes de absorção de absorventes fibrosos com e sem caixa-de-ar.
• 49 Coeficientes de absorção de ressoadores de membrana e de ressoadores múltiplos com diferentes percentagens de perfuração e dimensão da caixa-de-ar.

de absorção para uma gama ampla de frequências médias"[22]. Neste a absorção depende também do tamanho e quantidade das aberturas e da sua profundidade, isto é, da espessura do material, e da distância do painel à superfície rígida. O ressoador é menos selectivo com ranhuras de diferentes dimensões ou se aos painéis é dada uma inclinação na montagem, variando a distância à parede, e tem uma maior absorção em frequências médias com uma maior percentagem de perfuração.[23]

A utilização simultânea de um material poroso na cavidade permite alargar o intervalo de frequências absorvidas, mas reduzindo a absorção máxima, em torno da frequência de ressonância. No segundo caso, do ressoador múltiplo, a absorção será maior, e mais ou menos selectiva conforme este material esteja mais próximo da parede rígida ou do painel.[24]

Na escolha dos materiais a aplicar, qualquer um pode ser o correcto, desde que adequadamente combinado com os restantes materiais, tanto a nível acústico como arquitectónico. E alguns materiais podem, com diferentes tratamentos servir todos os mecanismos, como a madeira, óptimo reflector, difusor se a sua forma for irregular e que pode usar-se como ressoador de membrana ou de Helmholtz.



• 50 Haworth Tompkins, Aldeburgh Music, London 2009.
O revestimento em madeira funciona como difusor — com o ripado vertical e pela variação da profundidade dos painéis —, e como absorvente de frequências mais baixas — os painéis, perfurados, permitem uma absorção selectiva das frequências, doutro modo excessivamente potenciadas.

TEMPO DE REVERBERAÇÃO E DIMENSIONAMENTO.

Quando procuramos avaliar, descrever ou prever as características acústicas de um espaço, o tempo de reverberação é o primeiro e provavelmente o mais importante dos parâmetros a ter em conta.

Podemos descrever subjectivamente o tempo de reverberação como o tempo de persistência de um som até que seja inaudível[25]. Esta persistência acontece porque as ondas serão parcialmente reflectidas e paulatinamente absorvidas pelas superfícies e mobiliário do espaço.

A vivacidade[26] — uma das características de avaliação subjectiva duma sala — está relacionada com o tempo de reverberação, sendo que uma sala 'seca' terá um tempo de reverberação curto, com melhores condições para a inteligibilidade da palavra, e uma sala 'viva' tê-lo-á mais longo, mais adequado à prática musical. A cada uso e diferentes tipos de música a que se destine um espaço

22 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 12.
23 *ibidem*.
24 *ibidem*.
25 *idem*; página 14.
26 DOMÈNECH; *op. cit.*; página 35. "La vivacidad relaciona el tiempo de reverberación a frequencias medias, en sala ocupada, com el tipo de interpretación".

corresponde um diferente tempo de reverberação óptimo. "A música barroca requer menor reverberação que a clássica, esta por sua vez menos que a melódica, esta menos que o rock..."[27]

O volume é a variável capital para o cálculo da reverberação e, por conseguinte, para qualificar o comportamento acústico de uma sala. Com o volume maior o tempo de reverberação é maior pelo percurso maior que as ondas têm que percorrer e que resulta em tempos mais longos para se reflectir e voltar ao ouvinte.

Eckard Mommertz aponta, tendo em conta a absorção proporcionada pelas pessoas e a roupa, ou pelos próprios acentos, medidas que podem ter-se como aproximadas e uma primeira indicação da volumetria necessária no projecto de um espaço, em função dos lugares sentados.[28]

A Lei do dimensionamento proposta por Higini Arau, aplicável para salas de alguma dimensão e com plateia, permite prever o volume 'óptimo' em função da audiência e do tempo de reverberação (em frequências médias) adequado ao uso que a sala de concertos terá. A medição do volume é aqui feita em função da audiência, e tem em conta algumas especificidades na distribuição do público pela sala.

Os dados preditivos dos gráficos são apresentados a partir da equação daquele autor:

$V / S_A = 7{,}361 \cdot (1 + \beta) \cdot Tr$, onde

$\beta = S_P / (S_A + S_M)$

V — volume da sala[29], m^3;

S_P — superfície de aberturas correspondente a balcões/camarotes, m^2;

S_A — área da audiência, m^2;

S_M — área de músicos, m^2.

O valor de β será zero se a audiência ocupa apenas a plateia na superfície principal do pavimento, ou em pequenos balcões muito distantes do tecto. Pelo contrário, se além da plateia, a audiência se distribui por balcões ou camarotes (com uma profundidade igual ou superior à altura), como é habitual em salas de teatro ou óperas, esse valor será positivo.

Existindo apenas absorção pela audiência e cadeiras (especialmente em frequências médias e altas), consegue-se uma sala de concertos com uma reverberação adequada a espectáculos musicais ou teatrais, uma sala 'viva'. Uma vez que no plano do público não se absorvem os tons *graves* (frequências baixas), são eles que requerem o cuidado de elementos absorventes noutras superfícies.

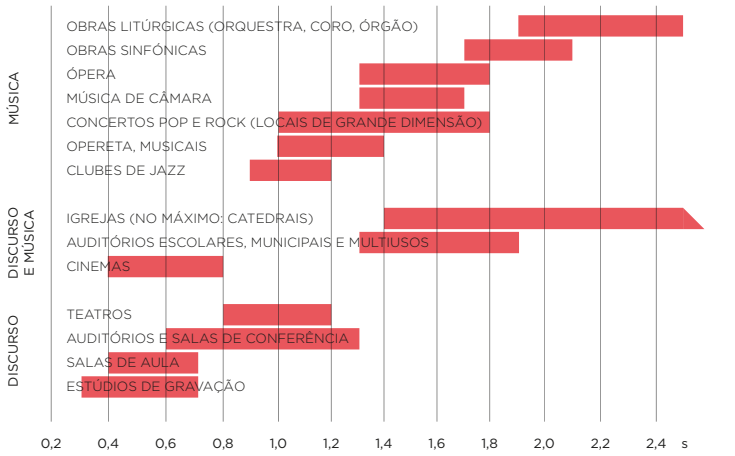
---

27 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 14. Considera-se que, ao escrever "clássica", as autoras se estarão a referir à música Romântica em contraponto com a Barroca. Note-se que os 'cânones do clássico' são estabelecidos desde logo com a música barroca, esta também, portanto, parte da música clássica.

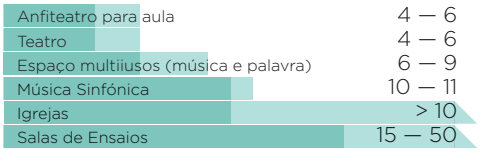
28 MOMMERTZ, Eckard; MÜLLER-BBM, Planegg; *Acoustics and Sound Insulation — Principles, Planning, Examples*; Institut für International Architektur-Dokumentation & Detail; Munich; 2008; página 14. "Owing to the sound-absorving properties of clothes, rooms must always have an adequate volume in order to be able to achieve a certain reverberation time".

29 Incluindo o volume palco e proscénio, mas excluindo o da caixa de palco (por exemplo, num teatro o volume considerado termina na boca de cena).

TEMPOS DE REVERBERAÇÃO DE
DIFERENTES SALAS E FUNÇÕES (Hz)

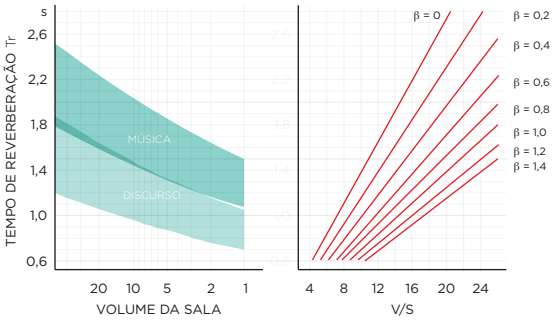


VOLUME DA SALA PARA UMA BOA ACÚSTICA EM
DIFERENTES USOS/ TIPOLOGIAS (m³/ POR LUGAR)



Para valores muito menores que os aqui dados será difícil conseguir uma reverberação óptima.

TEMPOS REVERBERAÇÃO ACEITÁVEIS
EM FUNÇÃO DO VOLUME (S) E
LEI DE DIMENSIONAMENTO DE HIGINI ARAU



Para previsões mais rigorosas do tempo de reverberação, pode recorrer-se à equação de Sabine[30], sabendo o volume e calculando a absorção das superfícies que delimitam a sala:

$Tr = 0{,}163 \cdot V/A$, onde

V — volume da sala, m^3 e A — área de absorção equivalente, m^2

O tempo de reverberação varia com a frequência, pelo que geralmente se analisam os valores para bandas de oitavas determinadas — 500 Hz e 1000 Hz, ou de 125 Hz a 4000 Hz quando no desenho de um espaço mais exigente.

A área de absorção equivalente obtém-se multiplicando a área de superfície pelo coeficiente de absorção dela.

$A = \alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \ldots$, onde

α_n — coeficiente de absorção do material e S_n — área de superfície, m^2

Neste caso, registe-se como exemplo que o coeficiente de absorção de uma abertura ou janela aberta é $\alpha=1$ (som totalmente absorvido), em superfícies de vidro, revestidas a gesso ou com materiais duros entre $\alpha=0{,}04$ e $\alpha=0{,}08$ e pessoas sentadas (a audiência sentada em filas/blocos) $\alpha=0{,}8$ — um elevado coeficiente de absorção, valor que pode usar-se como referência ainda que seja apenas aproximado.[31]

Leo Beranek apresenta, no seu estudo a partir de várias salas de concerto, variações significativas do contributo da audiência para o Tr, em função do material de revestimento das cadeiras, ou da densidade de pessoas/área, ou mesmo em diferentes geometrias da sala[32], pelo que será espectável ao arquitecto que os cálculos indicativos sejam corrigidos e medidos em rigor com o projecto de acústica.

Se o ouvido humano não percebe a chegada de sons desfasados num intervalo inferior a 50 ms, que se sobrepõem e prolongam como um único, segundo a actividade são admissíveis reflexões com um atraso máximo de 80 ms para a música, 50 ms para a palavra (discurso, aula, diálogo) e de 60 ms para a ópera, um valor intermédio por nesta ter uma importância muito significativa a palavra.[33] Procura-se um equilíbrio entre a inteligibilidade/ clareza e a potenciação/ intensificação do som recebido.

---

30 Walter Clemence Sabine é conhecido como pai da acústica moderna. Por volta de 1900 determinou o tempo de reverberação de um anfiteatro em Boston, apenas com um órgão e um cronómetro e passados alguns anos esteve envolvido na construção do Boston Symphony Concert Hall, reconhecido actualmente pela sua qualidade acústica, onde testou os seus estudos e a fórmula que hoje conhecemos.

31 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 15. Outro autor indica os valores considerados por Sabine: "Sabine publicou as absorções pela audiência a 512 Hz em função de "por pessoa" (0,44) e "por área" (0,96)". BERANEK; *op. cit.*; página 1402.

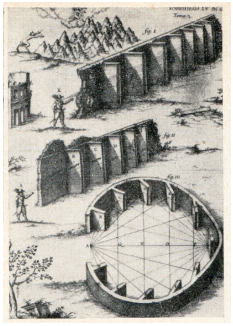
32 BERANEK; *op. cit.*; página 1409. Citando (aqui em tradução livre) as conclusões desta obra dedicada ao estudo das absorções pelo público: "A absorção sonora por uma audiência sentada mostrou ser mais alta em todas as frequências se a absorção sonora das cadeiras em que se sentam é mais alta. O volume de uma sala de concertos deve ser aumentado em aproximadamente 10% se se aplicarem cadeiras muito acolchoadas [heavily up-holstered] em vez de pouco ou mediamente acolchoadas. A absorção por uma audiência em salas onde não existe superiormente espaço livre para reverberação (normalmente em salas não rectangulares) é mais elevada do que em salas onde estão presentes superfícies livres sobre o balcão superior (normalmente em salas rectangulares). O volume de uma sala deve ser cerca de 6% maior se o desenho escolhido não contemplar um grande espaço reverberante acima do balcão superior."

33 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 14.

Se uma reflexão com fraca intensidade chega para lá dos 50 ms não é prejudicial. O mesmo não sucede se for uma reflexão forte, que dentro dos 50 ms pode ser percebida como a fonte sonora, e para lá desse intervalo se pode distinguir do som directo como eco.

O eco acontece quando uma reflexão importante, isto é, com uma intensidade elevada e próxima ao som directo, é percebida com um atraso superior ao admissível, de tal forma que são recebidos como dois sons distintos.

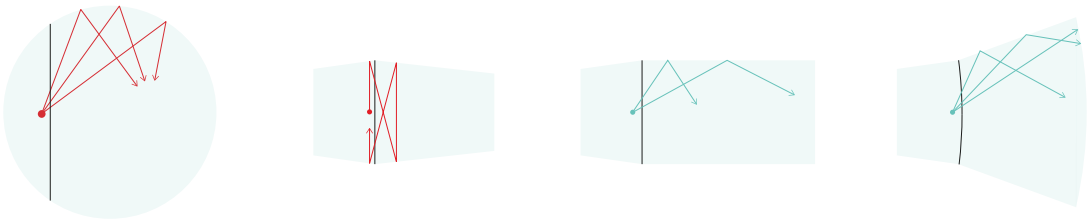
Tendo em conta a velocidade do som no ar, para evitar a ocorrência de eco, a diferença entre as distâncias percorridas pelo som directo e aquele reflectido deve ser inferior a 17 metros[34]. Isto significa que superfícies a distâncias maiores devem ser tratadas com elementos difusores ou absorventes, como frequentemente é necessário na parede posterior de uma sala de concertos.[35]







• 54 Litografia sobre a construção de Ecos no *Musurgia Universalis (1650)*, um tratado sobre música de Athanasius Kircher. Numa das construções a palavra italiana *clamore* seria ecoada como *amore* (amor), *ore* (horas) e *re* (rei).
• 55
• 56 Rem Koolhas, Casa da Música, Porto 2005. Os grandes vãos nos topos da sala são fechados com um vidro ondulado e difusor.



• 57 A forma da sala pode condicionar a distribuição do som, a: concentrando-o num ponto, onde se sentirá com uma Intensidade excessiva.
b: criando eco flutuante e o retorno de som, prejudicam a audição nos lugares posteriores e pelos músicos no palco.
c, d: distribuindo adequadamente e evitando ecos flutuantes e consequentes colorações do som.

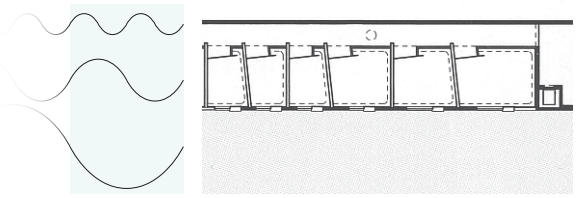
ECO FLUTUANTE, COLORAÇÕES E AS PROPORÇÕES DE UMA SALA

À presença de superfícies paralelas estão ligados dois fenómenos sonoros indesejáveis[36]: o eco flutuante e as colorações.

O eco flutuante — em inglês *flutter echo* — percebe-se como uma rápida sucessão de ecos de pouca intensidade, anulando-se se as paredes forem não paralelas — um ângulo de 7º é já adequado[37] — , ou as superfícies difusoras.

Quando é tocada uma nota (ou outro som) de frequência semelhante à frequência natural da sala aparecem ressonâncias, isto é, surgem ondas estacio-

34 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 13. Correspondente a uma diferença de 50 ms entre a percepção dos sons directo e reflectido. Para uma diferença de 80 ms, aquela diferença espacial será de 27 m.
35 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 15.
36 No projecto que se desenvolve no capítulo 2.0 deste trabalho, estes fenómenos "indesejáveis" irão ser usados como matéria construtiva do espaço arquitectónico.
37 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 83



• 58 A frequência natural de um espaço ou caixa-de-ar e seus múltiplos criam ondas estacionárias.
• 59 Carrilho da Graça, ESML. Segmento de planta das salas de aula.

nárias resultantes do reflexo sucessivo em paredes opostas. Correspondem às frequências com um comprimento de onda igual ou múltiplo da distância entre as superfícies.

$n \cdot \lambda = l$, onde

λ — comprimento de onda, m e l — distância entre superfícies, m

Como consequência dá-se a aparição de colorações, com a amplificação daquele som em detrimento de outros, que 'ganha' um tempo de reverberação mais prolongado, e que além do mais é distribuído de forma não uniforme pelo espaço.[38]

As salas mais pequenas, "de dimensões inferiores a oito metros"[39] são as mais sensíveis e podem apresentar problemas de ondas estacionárias e ressonâncias, resultando em tons musicais bem reconhecíveis. Este fenómeno acontece também na caixa-de-ar do interior de uma parede.

"À medida que cresce o tamanho da sala, as ressonâncias tendem a estar cada vez mais próximas entre si e transformam-se em reverberação"[40], é o que sucede na configuração *shoebox* de uma sala de concertos.

Para evitar ressonâncias, deve então fugir-se — tal como no caso do eco flutuante — ao desenho de superfícies paralelas ou aplicar materiais absorventes ou difusores, e evitar também as simetrias.

Dadas as características do comprimento de onda das frequências causantes de ressonâncias, a pior configuração é a sala cúbica, uma vez que aí esses tons coincidem nas três dimensões e se concentram em apenas "algumas notas da escala musical"[41]. Domènech sublinha "a teoria generalizada de que se existem estes tons, se devem repartir por todo o espectro"[42], o que se consegue utilizando proporções 'harmónicas'[43], na prática 1 : 1,6 : 2,5 ou 2 : 3 : 5, a partir da expressão:[44]

H/H : L/H : C/H, onde

H — altura, L — largura e C — comprimento

$C/H = g$; $L/H = g^2$; $g = 1{,}618$

A proporção entre a largura e altura (L/H) é determinante para uma boa acústi-

38 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 15.
39 DOMÈNECH; *op. cit.*; página 36.
40 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 15.
41 DOMÈNECH; *op. cit.*; página 36.
42 *ibidem*.
43 "Ao longo da história foram surgindo vários tratados arquitectónicos e acústicos nos quais se estudaram as proporções óptimas de acordo com os números de ouro, que constituem proporções harmónicas que conferem uma boa qualidade na acústica das salas." ALMEIDA; *op. cit.*; página 69. A autora cita Francesc Daumal Domènech.
44 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 16. As autoras indicam ainda as proporções 1 : 1,14 : 1,39; 1 : 1,28 : 1,54 e 1 : 1,6 : 2,23.

ca da sala. Além de repartirem as ressonâncias e potenciarem a reverberação da sala, também as primeiras reflexões laterais são optimizadas com as proporções áureas atrás indicadas.[45]

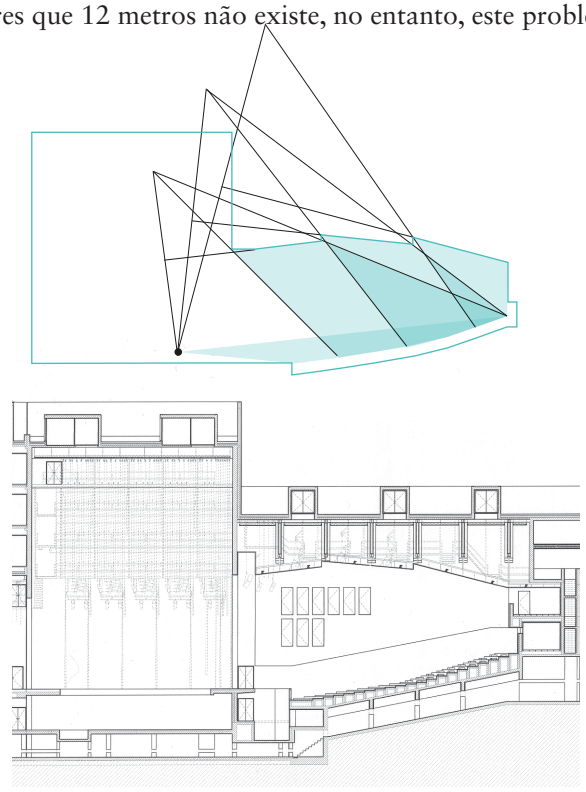
LIMITES 'HORIZONTAIS'. O TECTO E O CHÃO (OU COMO ILUMINAR TODOS OS OUVINTES)

O tecto e o pavimento merecem uma especial atenção, principalmente no desenho de espaços com audiência. Habitualmente considerados de forma automática/preconcebida como horizontais, eles terão que obedecer aos mesmos cuidados das restantes superfícies que delimitam a sala — paredes.

"Se pensarmos que a planta está definida *a priori* por questões de programa ou limitações do lugar, as possíveis variações de volume conseguem-se modificando a implantação do tecto"[46]. Esta superfície tem, além do mais, uma importância capital/fulcral para reflectir o som para a audiência, juntamente com as primeiras reflexões laterais.

Nas históricas salas de concerto para música clássica o tecto, horizontal e com caixotões, permitia reflectir parte do som directamente para a audiência e outra parte difusamente noutras direcções, reforçando a reverberação da sala.[47]

A altura do tecto deve ser tal que se acomodem tempos de reverberação óptimos, mas tendo em atenção os problemas de ecos na sala que atrás se referiram. "A difusão homogénea do som numa sala evitando ecos"[48] deve impor uns limites no momento de estabelecer a altura máxima do tecto da mesma $H < 8{,}5\ (r+8{,}5) - r$ — em que r é distância de um ponto à fonte sonora. Para alturas menores que 12 metros não existe, no entanto, este problema.[49]

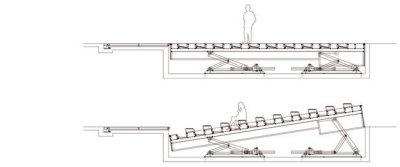


• 60
• 61 Gonçalo Byrne, Teantro Municipal de Faro, 2002. Corte e reflexões do tecto equipotencial.

45 *idem*; página 19. A 'lateralização' é inclusivé uma das medições usadas para avaliar a qualidade de uma sala.
46 *idem*; página 16.
47 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 90.
48 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 16.
49 *ibidem*.

O desenho de um tecto equipotencial/ortofónico garante que o nível sonoro em qualquer ponto da sala seja constante, pela soma do som directo mais o reflectido. Assim, e uma vez que o som directo é atenuado com a distância ao palco, as reflexões devem privilegiar gradualmente as zonas mais distantes, os últimos espectadores na sala.

Nos balcões e camarotes a profundidade não deve nunca ser superior à altura se para concertos (d<H) ou o dobro dela se para ópera ou conferências (d<2H).[50]





• 62
• 63
• 64 Chartier — Corbasson, Maison de l'Architecture, Paris 2009.

O chão, por seu lado, tem uma importância fundamental, tanto como garante de uma boa percepção visual, como pelo facto de que, sobre as cabeças da audiência, o som é atenuado e disperso por difracção.

É portanto necessário dar ao pavimento uma forma adequada para limitar esse fenómeno. Ao preservar as linhas de visão, melhora-se a percepção aural: genericamente, com uma diferença de 10 cm entre filas numa plateia com uma pendente constante — neste caso é fundamental a compensação com as primeiras reflexões — ou mais especificamente um ângulo de 15º ou maior entre o plano do público e a linha de visão (e do som directo).

A solução ideal, que o 'ângulo de 15º' resume, é um curva logarítmica, e porque o ângulo dos planos sucessivos de audiência (ou da tangente de uma superfície curva no ideal) com a linha de visão se mantém constante, a inclinação deles será exponencialmente crescente. No exterior, porque não existem reflexões importantes no tecto, é fundamental preservar a curva logarítmica, ou uma aproximação a ela por segmentos rectos.[51]

Finaliza-se este capítulo com uma referência à concha acústica, uma estrutura móvel ou fixa que envolve ou se sobrepõe ao palco e aos actuantes. Refere-se aqui porque, em suma, recolhe ondas sonoras que seriam perdidas ou deficitariamente redireccionadas e as redirecciona para o público ou músicos. Num coreto ou palco exterior — exemplo da "Concha Acústica" no jardim do palácio de Cristal (Porto), ou com a fachada do proscénio no teatro grego

50 *idem*; página 17.
51 *idem*; página 18. As autoras propõem uma aproximação por tramos rectos à curva logarítmica, com diferentes pendentes, para facilitar o desenho geométrico, com uma expressão matemática.
$\tan \alpha = [a \cdot D - s (A_S - A_E)]/d \cdot s$, onde:
s — distância entre filas, m;
d, D — distâncias do início e fim do tramo à fonte sonora (centro do palco), m;
a — a diferença entre filas, 0,10 m mínimo (ou 0,27 m para os 15° entre o plano e linha de visão)
A_S — altura da fonte sonora, m.
A_E — altura do espectador (aos olhos), m.









• 65 Rem Koolhas, Casa da Música, Porto 2005.
• 66 Gonçalo Byrne, Teatro Municipal de Faro, 2006.
• 67 Concha Acústica, Jardins do Palácio de Cristal, Porto.
• 68 Massimiliano Fuksas, cenário de Medeia e Édipo, Teatro de Siracusa, 2009.

de Epidauro — são as ondas que se perderiam na face anterior ao actuante/intérprete. Quando numa sala — *shoebox* — como na Casa da Música, porque não tem um tecto ortofónico, reforça as primeiras reflexões (variável em altura, reforça-as e a orientação delas é variável para servir só o público ou também o coro). E serve ainda para modificar a volumetria, e por conseguinte, a reverberação numa sala com alguma polivalência — um teatro com torre de cena que com a concha acústica se pode fechar.[52]

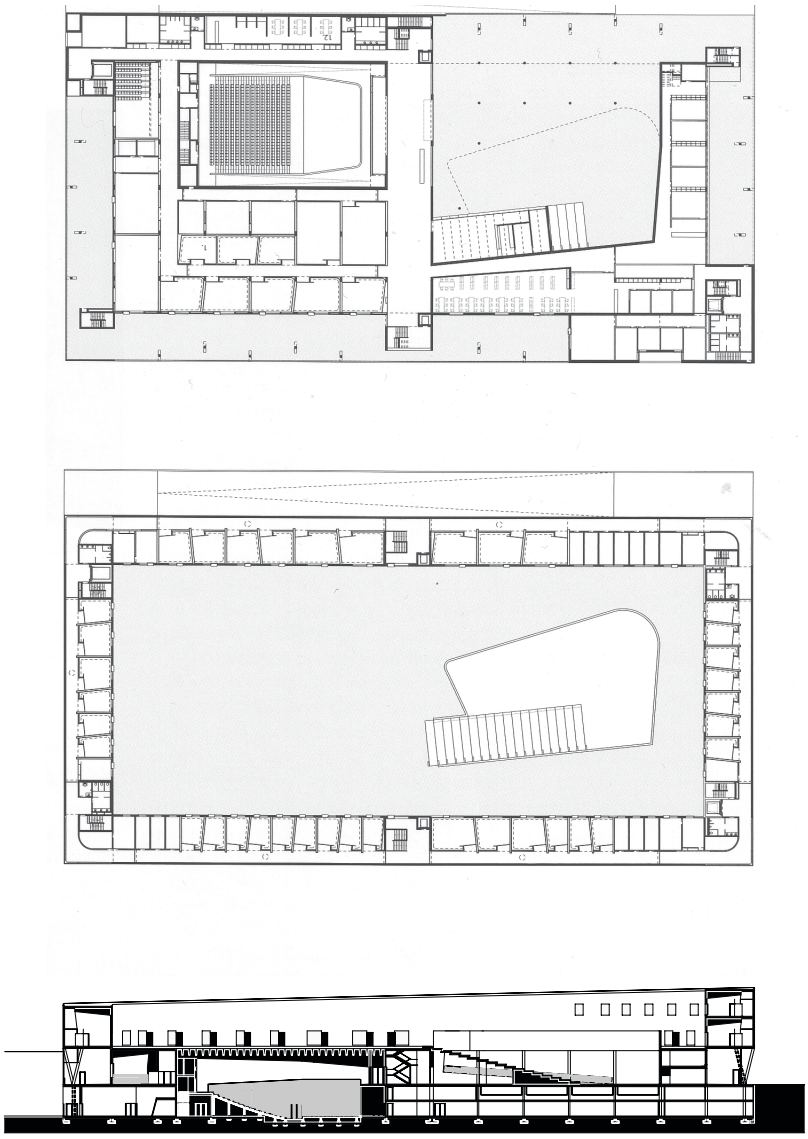
UM EXEMPLO: TRÊS ESPAÇOS DA ESCOLA SUPERIOR DE MÚSICA

Findo este capítulo, apresenta-se uma breve referência a dois espaços interiores e um exterior da Escola Superior de Música de Lisboa, projecto de João Luís Carrilho da Graça (Lisboa, 2008), percebendo-se assim a integração dos distintos elementos relativos à função acústica no projecto de arquitectura, a sua presença no resultado material e espacial.[53]

Nas salas de estudo constata-se que as preocupações principais se prendem com a volumetria e a conquista de uma reverberação adequada aos diferentes instrumentos e usos pretendidos. Com um pé direito elevado, acima da cabeça existe um amplo vazio para permitir um tempo de reverberação longo, uma sala *viva*. A utilização de cortinas a cobrir paredes lisas dota a sala de controlo necessário à redução daquela reverberação e com as paredes não paralelas evitam-se colorações ou ecos flutuantes indesejados.

A configuração em espiral da escola permite que os espaços destinados à aprendizagem apresentem pés-direitos diferenciados, adequando-se à potência sonora dos vários instrumentos. Aquelas com maior volume e altura (8—9 m

52 Sobre este elemento e com exemplos de salas portuguesas ler: RAMOS, Paulo Prata; *Conchas acústicas: simplicidade ou complexidade (alguns exemplos)*; Espaço Tempo e Utopia – Arquitectura e Artes do Espectáculo; Coimbra; 2008.
53 Esta referência, em jeito de análise, faz-se de modo especulativo, dada a escassa informação escrita ou desenhada, e com base no trabalho que até aqui se enunciou.



• 69
• 70 Carrilho da Graça, ESML, Lisboa 2008.
Planta piso 0 / 1 e Corte.

de pé direito) para órgão, canto e percussão, depois o piano (6—7 m) e as mais pequenas e baixas para os instrumentos de sopro — metal e madeira — a guitarra e o cravo, a harpa e os instrumentos de arco (4—5 m).[54]

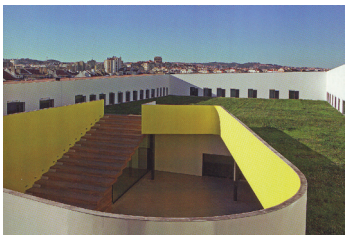
Quando em conjunto com as janelas para o pátio interior e os acabamentos escolhidos — tecto e paredes em branco, rodapé em madeira lacada da cor da parede e o pavimento em soalho —, os cuidados acústicos encontram-se perfeitamente integrados e dissimulados na sobriedade do desenho daqueles espaços.

No exterior, num pequeno anfiteatro, a sua inserção num pátio fechado dota-o provavelmente de condições não espectáveis no exterior. Esta caixa fechada, ainda que sem limite superior, permite a existência de reflexões que reforçam a sonoridade percebida, e uma consequente reverberação. Mesmo aqui nenhuma das paredes se apresenta paralela por forma a evitar os fenómenos indesejados atrás indicados, e que a escolha dos materiais extremamente reflectores — reboco pintado e vidro — promoveria.

54 SILVA, Jorge; "Os jardins suspensos de benfica" in Politecnia número 13; Instituto Politécnico de Lisboa; Lisboa; Outubro 2006; página 43.





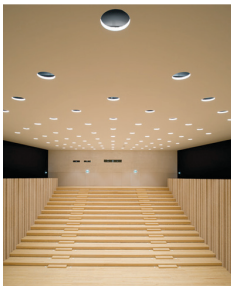












• 71
• 72
• 73
• 74
• 75
• 76
• 77
• 78 Carrilho da Graça, ESML, Lisboa 2008. Sala de estudo, anfiteatro exterior e auditório,

Quanto ao auditório da Escola, uma sala com uma forma *shoebox*, o primeiro e mais distinto dos elementos ali aplicados, também porque visualmente aprazível, encontra-se no envolvimento da plateia e dos músicos por paredes em aglomerado de madeira. Elemento difusor, pelo seu recorte serrilhado, permite 'iluminar' igualmente todos os espectadores e criar um som difuso e homogéneo em toda a sala. Note-se que pela variação das espessuras e profundidades dos "gomos" esta difracção abrange largamente o espectro sonoro.

As varandas laterais, qual deambulatório, são cobertas a tecido, elemento muito absorvente em tons mais agudos e o tecto funciona como ressoador múltiplo, "a iluminação foi embutida no tecto, criando zonas de absorção de frequências que, em conjunto com o resto da sala, com as paredes em gomos e as zonas dos passadiços laterais recobertas a pano, constituem um tratamento acústico muito bem conseguido."[55]

"Um auditório extremamente bem conseguido, com cuidados na acústica, (…) totalmente funcional do ponto de vista sonoro"[56] em que as questões estéticas e a simplicidade formal se encontram funcionalmente articulados com a qualidade acústica. Constatam-se aqui os cuidados que Beranek[57] apontava e que vão ao detalhe dos materiais dos assentos: "com cuidados que foram ao ponto de se escolher a madeira de que são feitas as cadeiras do auditório, as espumas e inclusive o tecido que as recobre, de forma a ter um som equilibrado seja com a sala totalmente preenchida, seja com a sala quase vazia"[58].

55 GIL, António; "Licenciatura em Tecnologias da Música" in *Produção Audio*; Março 2010; página 6.
56 *ibidem*.
57 Refere-se aqui a importância que este autor atribui à plateia e à constituição das cadeiras na medição dos tempos de reverberação de salas de concertos, que atrás se indicou. Ler a este respeito BERANEK, Leo L.; "Analysis of Sabine and Eyring equations and their application to concert hall audience and chair absorption" in *Journal of the Acoustical Society of America*, volume 120 número 3; Setembro 2006.
58 GIL; *op. cit.*; página 6.

1.3
ISOLAMENTO

Encontramo-nos num momento em que a arquitectura, como o ser humano, tende a adoptar uma postura isolacionista face ao ruído.[1]

O desenho de espaços para a prática musical tem outro componente fundamental da acústica sobre o qual tem que se debruçar. O isolamento sonoro ocupa-se da propagação do som dentro de um edifício entre espaços, do interior ao exterior e inclusive no sentido inverso, do interior para a rua.[2]

Noutro contexto, o som pode ser uma janela ao exterior, ligação à envolvente, necessário ao conforto num espaço humanizado, arquitectónico. Mas, neste caso, é por norma necessário o silêncio para a mais correcta percepção, avaliação e usufruto da música, sem que um outro som externo perturbe o ambiente, seja ele proveniente do movimento da rua, de elementos naturais e condições climatéricas, do funcionamento de máquinas e elementos mecânicos, da voz ou da deslocação de pessoas noutras partes do edifício ou mesmo de sons musicais provenientes de salas adjacentes, ruídos.

A definição de ruído sofreu, ao longo do tempo, alterações devido ao aumento dos sons no mundo moderno, tendo uma variedade de significados como 'som indesejado' (*The Oxford English Dicionary*, 1225), 'som não-musical' (expressão aplicada pelo físico do século XIX Hermann Helmholtz para designar o som composto por vibrações não-periódicas em contraponto com o som musical com ondas periódicas), qualquer 'som forte' (por comparação ao limiar da dor). Com um carácter subjectivo, o que pode ser um 'som não desejado' para um indivíduo, para outro poderá significar música.[3] Neste capítulo, o ruído será avaliado deste ponto de vista, do som perturbador, nomeadamente para a prática musical.

Abordando então a questão a partir de uma perspectiva ampla, o "ruído é qualquer som que não sendo desejado, interfira com uma actividade humana"[4] e, como tal, o conforto acústico num espaço depende em grande medida do ruído de fundo existente. Esta interferência é por norma entendida como resultado de 'sons fortes', mas também sons menos intensos podem ser perturbadores da

1 DOMÈNECH, Francesc Daumal i; "La arquitectura del sonido" in *Tectonica: Acústica,* número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002. página 28.
2 MOMMERTZ, Eckard; MÜLLER-BBM, Planegg; *Acoustics and Sound Insulation — Principles, Planning, Examples*; Institut für International Architektur-Dokumentation & Detail; Munich; 2008; página 25.
3 ALMEIDA, A. Catarina Rocha; *Ouvir a Arquitectura: o espaço como último instrumento sonoro*; Dissertação de Mestrado, docente acompanhante Arqt. Teresa Fonseca; FAUP; 2009; página 17. A autora escreve a partir de uma recessão da definição da palavra ruído ao longo do tempo, por SCHAFER, R. Murray; *The Tuning of the World: The Soundscape*; New York; Alfred A. Knopf; 1977.
4 VILARROIG, Graciela Roselló; DIEZ, José María Marzo; "Introducción a la acústica arquitectónica" in *Tectonica: Acústica*, número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002; página 19.

normal actividade.[5]

Uma vez que almejar ao silêncio absoluto é impossível — como se disse antes e John Cage 'descobre', ele não existe — e a aproximação a ele comporta custos muito altos na construção, o ruído é admitido como 'som de fundo', ruído ambiente, com um valor de intensidade preferencialmente baixo.

A prática de qualquer actividade tem diferentes margens de tolerância ao ruído ambiente, mas na prática musical essa tolerância é extremamente diminuta, e em graus diferentes segundo a prática seja de estudo, ensaio, actuação ou gravação, por ordem crescente de exigência, e ainda consoante os instrumentos que ali vão ser maioritariamente utilizados: "será de admitir que face ao mesmo estímulo exterior, uma sala de ensaio individual de cordofones seja mais exigente em termos de isolamento do que uma sala de prática de percussão que pode tirar partido dum certo efeito de mascaramento"[6].

Por outro lado, a própria prática produz níveis sonoros que poderão ao mesmo tempo ser incómodos à actividade em espaços adjacentes, seja ela de carácter musical ou outra, e também sobre estes tem que se actuar. Citando um exemplo prático: "por questões relacionadas com os níveis sonoros aí desenvolvidos sugere-se que [as salas de percussão] fiquem separadas(…) das restantes salas" e "o consequente agrupar de salas de percussão gera normalmente a necessidade duma atenção muito particular aos valores do isolamento entre salas"[7].

A actividade musical é, portanto, preferencialmente desenvolvida em espaços interiores e fechados, porque condicionados e controlados acusticamente e mais facilmente isoláveis ao contributo de ruídos externos. Na história, a prática foi progressivamente transferida para o interior, assim que permitido pelos avanços construtivos. É no espectáculo perante um público vasto que se encontram os limites da técnica e essa passagem, do anfiteatro grego para o teatro romano, e finalmente para as igrejas românicas, evoluindo nas salas de concerto renascentistas, na ópera barroca italiana, nas 'filarmónicas' e nas 'casas





• 79 Stephansdom, Viena.
• 80 Festa do Avante!, Seixal.

5 "A legislação chamada qualitativa, compreende a opinião pública, contrastando com a legislação quantitativa, que estabelece limites em decibéis para sons não desejados. Esta medida quantitativa tende a dar ao ruído um significado de "som forte", sendo este facto lastimoso, pois existem sons irritantes que não são considerados sons fortes, pois não atingem os limites quantitativos." ALMEIDA; *op. cit.*; página 17.

6 *Conservatório de Música de Vila Real — Concurso de Concepção/ Construção — Programa de Concurso e Caderno de Encargos*; Câmara Municipal de Vila Real; página 33.

7 *idem*; página 35.

da música' do arranque do século XXI.

Não obstante, é de ressalvar a existência de excepções, situações em que se toleram valores 'anormais' do ruído ambiente (tanto o perturbador da actividade musical como o produzido por ela). Estarão sempre presentes na prática no exterior, onde, quer sejam sons naturais ou humanos, irão sempre interferir — ou interagir — com o resultado da prática musical.

Nos teatros gregos, o ruído era controlado pela orientação do anfiteatro, numa colina e de costas voltadas para a cidade, mas permaneciam os sons do vento ou do chilrear dos pássaros. Nos concertos que no século XVIII e XIX animavam os jardins das grandes cidades, os elementos perturbadores seriam, por certo, o movimento da cidade, as conversas e os passos dos transeuntes e ainda os contribuintes da natureza. Num concerto ao ar livre no momento actual, permanecem estas mesmas perturbações da cidade ou, veja-se a Queima das Fitas no Porto, a perturbação é, por contrário, causada pela música amplificada electricamente e interfere com o silêncio que as populações vizinhas reclamam durante a noite.[8]

CRITÉRIO DE RUÍDO E ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORA

Sendo a avaliação do conforto acústico em muito subjectiva, para a medição objectiva do grau de perturbação que o ruído ambiente provoca, compara-se a análise (por bandas de oitavas) desse ruído com curvas de referência denominadas 'Critério de Ruído' (NC, do inglês *Noise Criteria*), assim como com os valores definidos legalmente de Índice de Isolamento Sonoro (D).

As curvas NC são uma aproximação à sensibilidade do ouvido em função da frequência e são um referente que indica valores abaixo dos quais se deve situar o ruído de fundo, segundo diferentes níveis de exigência, isto é, para diferentes actividades.

O valor de NC é mais baixo, quanto maior seja a exigência do espaço. Por exemplo, para "assegurar um *standard* alto de ruído de fundo, pela necessidade prevista de gravação durante a representação, [deve-se] conseguir um NC abaixo de 15"[9].

Em Portugal a legislação estabelece os limites legais de ruído produzido por meio do 'Regulamento Geral de Ruído'[10]. Os limites do ruído ambiente transmitido por sons aéreos (L) ou por percussão (L') percebidos no interior dos edifícios e o isolamento sonoro (D) necessário são, por sua vez, regulados por meio do 'Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios'[11].

Quando se fala de espaços especialmente delicados como estes dedicados à prática e usufruto da apresentação musical, e procurando o 'óptimo' desem-

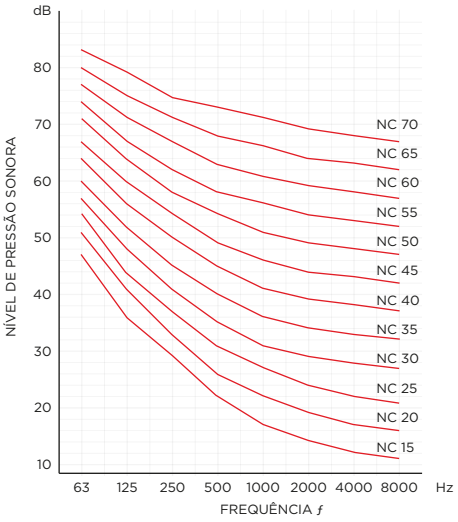
8 "Barulho do Queimódromo põe moradores a fugir" in *Jornal de Notícias*; 5 de Maio de 2009. Disponível em www.jn.pt; consultado em 30 de Agosto de 2010.

9 SORIANO, Susana Moreno; *Arquitectura y Música en el siglo XX*; Fundación Caja de Arquitectos; Barcelona; 2008; página 171. A autora refere-se aos valores estipulados na sala de concertos de Akiyoshidai (Japão, 1998), do arquitecto Arata Isozaki, desenhada especificamente para obra musical *Prometeo, tragedia dell'ascolto* do compositor Luigi Nono.

10 O *Regulamento Geral de Ruído* presentemente em vigor é o publicado em Diário da República: DECRETO-LEI no 9/2007; D.R. 1ª Série; número 12 de 17 de Janeiro de 2007; página 389-398.

11 O *Regulamento dos Requisitos Acústico dos Edifícios* presentemente em vigor é o publicado em Diário da República: DECRETO-LEI no 96/2008; D.R. 1ª Série; número 110 de 9 de Junho de 2008; página 3359-3372. Em função dos usos, este regulamento define parâmetros para: Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras; Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais; Edifícios escolares e similares, e de investigação; Edifícios hospitalares e similares; Recintos desportivos; Estações de transporte de passageiros; Auditórios e salas.

CRITÉRIO DE RUÍDO (NC)



VALORES MÁXIMOS DE RUÍDO EM DIFERENTES ESPAÇOS (NC)

Aula	30
Estudo/ Ensaio	25
Salas técnicas: Régie/ produção áudio	35
Sala Estúdio	25
Conferências	25—30
Teatro	20—25
Concerto	15—20
Gravação/ radiodifusão	15

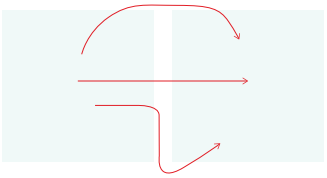
• 81
• 82

penho, deve impor-se uma exigência ainda maior que a definida por meio legislativo. Note-se que as atitudes a tomar fazem-se com vista ao conforto dos intérpretes e ouvintes e não apenas por obrigação legal.

De forma a reduzir o ruído num espaço e cumprir com os valores aceitáveis, actua-se impedindo 'a propagação do som incidente' ou por dissipação 'da energia no interior do meio de propagação', seja ele o local emissor, um espaço intermédio (entre o emissor e o que queremos isolar) ou uma caixa-de-ar interior da parede. No primeiro caso estaríamos a falar de isolamento acústico e no segundo de absorção ou outro 'método passivo'.[12]

MODOS DE TRANSMISSÃO DO RUÍDO

O som pode transmitir-se por caminhos distintos perante os quais são necessárias respostas diferentes, dadas as diferentes formas de transmissão de energia, mas complementares, uma vez que o som se propaga em simultâneo pelos diferentes meios.



• 83 Formas de transmissão de ruído.

As transmissões por via directa resultam da excitação pelos sons aéreos. Por sua vez, as transmissões laterais e de impacto ocorrem por via estrutural. A eficácia do meio sólido para transmitir os ruídos deve-se à velocidade do propagação do som, que é de 340 m/s no ar (a 20°C e 50% de humidade) e de 3000 ou 4000 m/s neste (dependendo do material).[13]

A transmissão por via directa ocorre através dos paramentos, que transmitem as ondas sonoras de um lado ao outro. "Sob a acção das ondas incidentes a parede começa a vibrar, transmitindo as suas deformações ao ar do espaço adjacente, convertendo-se por sua vez numa fonte de produção do som"[14], designado 'efeito diafragma'.

Na ausência de paramento, numa abertura, janela ou porta, o som passará livremente. Se é o caso de pequenas fenestrações, fissuras e interstícios, passam fundamentalmente as frequências agudas, pelo comprimento de onda destas, e "às quais o ouvido é mais sensível"[15].

12 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 19.
13 DOMÈNECH; *op. cit.*; página 31.
14 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 19.
15 *ibidem*.

Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios

(republicação)

CAPÍTULO I

Disposições gerais

Artigo 1.º

Objecto e âmbito de aplicação

1 — O presente Regulamento estabelece os requisitos acústicos dos edifícios, com vista a melhorar as condições de qualidade acústica desses edifícios.

2 — As normas do presente Regulamento aplicam-se à construção, reconstrução, ampliação ou alteração dos seguintes tipos de edifícios, em função dos usos a que os mesmos se destinam:

a) Edifícios habitacionais e mistos, e unidades hoteleiras;
b) Edifícios comerciais e de serviços, e partes similares em edifícios industriais;
c) Edifícios escolares e similares, e de investigação;
d) Edifícios hospitalares e similares;
e) Recintos desportivos;
f) Estações de transporte de passageiros;
g) Auditórios e salas.

Artigo 2.º

Definições

Para os efeitos do disposto no presente Regulamento, entende-se por:

a) «Tempo de reverberação, *T*» — intervalo de tempo necessário para que a energia volúmica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésio do seu valor inicial;

b) «Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, $D_{2\,m,\,nT}$» — diferença entre o nível médio de pressão sonora exterior, medido a 2 m da fachada do edifício ($L_{1,2\,m}$), e o nível médio de pressão sonora medido no local de recepção (L_2), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor, segundo a expressão:

$$D_{2\,m,\,nT} = L_{1,2\,m} - L_2 + 10\,Log(T/T_0)\ \text{dB}$$

em que:

T — é o tempo de reverberação do compartimento receptor, em segundos; e

T_0 — é o tempo de reverberação de referência, em segundos; para compartimentos de habitação ou com dimensões comparáveis, $T_0 = 0{,}5$ s; para compartimentos em que haja tempo de reverberação atribuível em projecto, o valor de referência a considerar será o do respectivo tempo de dimensionamento;

c) «Isolamento sonoro a sons de condução aérea, padronizado, D_{nT}» — diferença entre o nível médio de pressão sonora medido no compartimento emissor (L_1) produzido por uma ou mais fontes sonoras, e o nível médio de pressão sonora medido no compartimento receptor (L_2), corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor, segundo a expressão:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10\,Log(T/T_0)\ \text{dB}$$

d) «Nível sonoro de percussão padronizado, L'_{nT}» — nível sonoro médio (L_i) medido no compartimento receptor, proveniente de uma excitação de percussão normalizada exercida sobre um pavimento, corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor, segundo a expressão:

$$L'_{nT} = L_i - 10\,Log(T/T_0)\ \text{dB}$$

e) «Nível de avaliação padronizado, $L_{Ar,\,nT}$» — o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado *A,* durante um intervalo de tempo especificado, adicionado da correcção devida às características tonais do ruído, *K,* e corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento receptor, segundo a expressão:

$$L_{Ar,\,nT} = L_A + K - 10\,Log(T/T_0)\ \text{dB}$$

f) «Termo de adaptação, *C* ou C_{tr}» — correcção definida na EN ISO 717-1, função das características espectrais do ruído na emissão, a anexar ao índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea.

Artigo 7.º

Edifícios escolares e similares, e de investigação

1 — Os edifícios escolares e similares, de investigação e de leitura estão sujeitos aos seguintes requisitos acústicos:

a) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2\,m,\,nT,\,w}$, entre o exterior dos edifícios, como local emissor, e os compartimentos interiores identificados no quadro II do anexo ao presente Regulamento, como locais receptores, deve satisfazer o seguinte:

i) $D_{2\,m,\,nT,\,w} \geq 33$ dB, em zonas mistas ou em zonas sensíveis reguladas pelas alíneas *c*), *d*) e *e*) do n.º 1 do artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído;
ii) $D_{2\,m,\,nT,\,w} \geq 28$ dB, em zonas sensíveis reguladas pela alínea *b*) do n.º 1 do artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído;
iii) Quando a área translúcida for superior a 60 % do elemento de fachada em análise, deve ser adicionado ao índice $D_{2\,m,\,nT,\,w}$ o termo de adaptação apropriado, *C* ou C_{tr}, conforme o tipo de ruído dominante na emissão, mantendo-se os limites das subalíneas *i*) e *ii*);

b) O índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT,\,w}$, entre locais do edifício, deve satisfazer as condições indicadas no quadro II do anexo ao presente Regulamento;

c) No interior dos locais de recepção definidos no quadro II, o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,\,w}$, proveniente de uma excitação de percussão normalizada sobre pavimentos de outros locais do edifício, como locais emissores, deve satisfazer o seguinte:

i) $L'_{nT,\,w} \leq 60$ dB, se o local emissor for corredor de grande circulação, ginásio, refeitório ou oficina;
ii) $L'_{nT,\,w} \leq 65$ dB, se o local emissor for salas de aulas, berçário ou salas polivalentes;

d) No interior dos locais que constam do quadro III do anexo ao presente Regulamento, considerados mobilados normalmente e sem ocupação, o tempo de reverberação, *T,* correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, deve satisfazer as condições indicadas no referido quadro;

e) O paramento interior da envolvente dos átrios e corredores de grande circulação deve ser dotado de revestimentos absorventes sonoros, cuja área de absorção sonora equivalente, *A* (m^2), correspondente à média aritmética dos valores obtidos para as bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, seja maior ou igual a 25 % da superfície de pavimento dos locais considerados;

f) No interior dos locais de recepção indicados no quadro II, o nível de avaliação, $L_{Ar,\,nT}$, do ruído particular de equipamentos do edifício deve satisfazer as condições indicadas no quadro IV do anexo ao presente Regulamento.

2 — A determinação do índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2\,m,\,nT,\,w}$ ou $D_{nT,\,w}$, do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,\,w}$, do tempo de reverberação, *T,* e do nível de avaliação, $L_{Ar,\,nT}$, deve ser efectuada em conformidade com o disposto na normalização portuguesa aplicável ou, caso não exista, na normalização europeia ou internacional.

3 — Na determinação das componentes tonais do nível de avaliação, $L_{Ar,\,nT}$, é adoptada a metodologia definida no anexo *I* ao Regulamento Geral do Ruído.

4 — Nas avaliações *in situ* destinadas a verificar o cumprimento dos requisitos acústicos dos edifícios deve ser tido em conta um factor de incerteza, *I,* associado à determinação das grandezas em causa.

5 — O edifício, ou qualquer das suas partes, é considerado conforme aos requisitos acústicos aplicáveis, quando, cumulativamente:

a) O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2\,m,\,nT,\,w}$ ou $D_{nT,\,w}$, acrescido do factor *I* no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;
b) O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,\,w}$, diminuído do factor *I* no valor de 3 dB, satisfaça o limite regulamentar;
c) O valor obtido para o nível de avaliação, $L_{Ar,\,nT}$, diminuído do factor *I* no valor de 3 dB (*A*), satisfaça o limite regulamentar;
d) O valor obtido para o tempo de reverberação, *T,* diminuído do factor *I* no valor de 25 % do limite regulamentar, satisfaça o limite regulamentar.

Artigo 10.º-A

Auditórios e salas

1 — Os recintos cuja principal valência corresponda a actividades assentes na oratória, nomeadamente de auditórios, salas de conferência e salas polivalentes, e nas salas de cinema, estão sujeitos aos seguintes requisitos:

a) O tempo de reverberação médio, T, nas bandas de oitava centradas nas frequências de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, a considerar para estes recintos, quando mobilados normalmente e sem ocupação, deve satisfazer o seguinte:

i) $T \leq 0{,}12\ V^{1/3}$, se $V < 250\ m^3$;
ii) $T \leq 0{,}32 + 0{,}17\ LogV$, se $250 \leq V < 9000\ m^3$;
iii) $T \leq 0{,}05\ V^{1/3}$, se $V \geq 9000\ m^3$;

em que V é o volume interior do recinto, em metros cúbicos;

b) O projecto de condicionamento acústico destes espaços deve incluir um estudo específico destinado a assegurar uma característica de reverberação adequada no restante espectro de frequências e uma boa inteligibilidade da palavra nos diversos locais do recinto.

2 — Nos auditórios e salas cuja principal valência não corresponda a actividades assentes na oratória, nomeadamente de auditórios para música ou salas de espectáculo, o projecto de condicionamento acústico destes espaços deve incluir um estudo específico destinado a assegurar a conformação acústica adequada à sua utilização funcional.

3 — As fachadas dos recintos referidos nos n.os 1 e 2 devem assegurar que os valores do índice de isolamento a sons aéreos, $D_{2\,m,\,nT,\,w}$, corrigido do termo de adaptação aplicável, C ou C_{tr}, sejam os necessários para que o nível sonoro contínuo equivalente do ruído ambiente no interior do recinto, determinado a partir da média espacial de pontos representativos, na ausência de funcionamento das instalações técnicas do edifício, L_{Aeq}, satisfaça o seguinte:

$$L_{Aeq} \leq 30\ dB\ (A)$$

4 — Nos complexos de várias salas de cinema, o isolamento sonoro a sons de condução aérea entre salas, expresso em termos do isolamento sonoro padronizado, $D_{nT,\,w}$, e o isolamento sonoro padronizado correspondente à banda de oitava centrada na frequência de 63 Hz, $D_{nT,\,oit.63\,Hz}$, deve satisfazer cumulativamente o seguinte:

a) $D_{nT,\,w} \geq 65$ dB;
b) $D_{nT,\,oit.63\,Hz} \geq 45$ dB.

5 — No interior dos recintos, o nível sonoro contínuo equivalente do ruído particular, L_{Aeq}, associado ao funcionamento dos equipamentos e instalações técnicas, designadamente de instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado, deve, com a sala desocupada, satisfazer o seguinte:

a) $L_{Aeq} \leq 38$ dB (A), no caso de cinemas;
b) $L_{Aeq} \leq 30$ dB (A), nos restantes recintos.

6 — Os requisitos enunciados nos n.os 1 a 5 são aplicáveis aos recintos que constituem o uso principal do edifício em que se inserem e aos que se integram em edifícios com outros usos.

7 — A determinação do tempo de reverberação, T, deve ser efectuada em conformidade com o disposto na normalização portuguesa aplicável ou, caso não exista, na normalização europeia ou internacional.

8 — Nas avaliações *in situ* destinadas a verificar o cumprimento dos requisitos acústicos dos edifícios deve ser tido em conta um factor de incerteza, I, associado à determinação das grandezas em causa.

9 — O edifício, ou qualquer das suas partes, é considerado conforme aos requisitos acústicos aplicáveis, quando, cumulativamente:

a) O valor obtido para o tempo de reverberação, T, diminuído do factor I no valor percentual do limite regulamentar, de acordo com o seguinte, satisfaça o limite regulamentar:

i) 25 %, se $V < 250\ m^3$;
ii) 35 %, se $250 \leq V < 9000\ m^3$;
iii) 40 %, se $V \geq 9000\ m^3$;

b) O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2\,m,\,nT,\,w}$, acrescido do factor I no valor de 3 dB (A), satisfaça o limite regulamentar;

c) O valor obtido para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT,\,w}$ acrescido do factor I no valor do 3 dB, e a diferença $D_{nT,\,oit.63\,Hz}$ acrescida do factor I no valor de 5 dB, satisfaçam o limite regulamentar;

d) O valor obtido para o nível do ruído particular, L_{Aeq}, diminuído do factor I no valor de 3 dB (A), satisfaça o limite regulamentar.

QUADRO II

[a que se refere o artigo 7.º, n.º 1, alíneas *a*), *b*) e *c*)]

Locais de recepção — Locais de emissão	Salas de aula (*), de professores, administrativas	Bibliotecas e gabinetes médicos	Salas polivalentes e berçários
Salas de aula, de professores, administrativas	≥ 45	≥ 45	≥ 45
Salas de aula musical, salas polivalentes, refeitórios, ginásios e oficinas	≥ 55	≥ 58	≥ 50
Berçários	≥ 53	≥ 55	≥ 48
Corredores de grande circulação (**)	≥ 30	≥ 35	≥ 30

(*) Incluindo salas de aula musical.
(**) Considerando que haverá porta de comunicação com os locais receptores; se tal não for o caso, os valores indicados serão acrescidos de 15 dB.

QUADRO III

[a que se refere o artigo 7.º, n.º 1, alínea *d*)]

Locais	Tempo de reverberação (500 Hz — 2 kHz)
Salas de aula bibliotecas, salas polivalentes e refeitórios Ginásios	$T \leq 0{,}15\ V^{1/3}$ [s] (V. artigo 9.º)

V = volume interior do recinto em causa.

QUADRO IV

[a que se refere o artigo 7.º, n.º 1, alínea *f*)]

Locais	Nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$
Biblioteca	$L_{Ar,\,nT} \leq 35$ dB (A) (se o funcionamento do equipamento for intermitente). $L_{Ar,\,nT} \leq 30$ dB (A) (se o funcionamento do equipamento for contínuo).
Restantes locais de recepção indicados no quadro II.	$L_{Ar,nT} \leq 40$ dB (A) (se o funcionamento do equipamento for intermitente). $L_{Ar,nT} \leq 35$ dB (A) (se o funcionamento do equipamento for contínuo).

• 84 Regulamento dos Requisitos Acústico dos Edifícios. Artigos 1º, 2º, 7º, 10º-A e quadros 2, 3 e 4 em anexo.

Nas transmissões laterais, o som transmitido resulta da transmissão de vibrações a todos os elementos estruturais que se encontram em contacto com o espaço de onde provém o som,"a pressão sonora excita não só a parede divisória, senão todas as paredes adjacentes"[16]. Também destes, as vibrações se irão converter em ruído aéreo na sala, o que resulta num ruído percebido sempre superior ao "que calcularíamos se só tivéssemos em conta a transmissão através da superfície de separação"[17].

A terceira das vias, de transmissão por impacto, resulta da percussão (queda de objectos ao chão, passos, descargas de aparelhos sanitários), vibração (ascensores, ar condicionado...), arrastamentos e passos. Como resultado, tem-se forças de curta duração e de valor suficientemente grande para fazer com que a estrutura vibre. A vibração, pela grande velocidade de propagação, transmite-se muito rapidamente através da estrutura e com muito poucas perdas de energia, pelo que pode afectar todo o edifício. Também aqui, a vibração dos elementos produz posteriormente ruídos aéreos predominando, neste caso, as frequências baixas.[18]

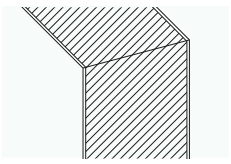
Os métodos disponíveis para alcançar o isolamento necessário dum espaço, por um lado para impedir a sua perturbação pelo exterior, por outro lado para impedir que a produção sonora no seu interior seja perturbadora dos espaços contíguos, são imensos. O seu modo de actuação poderá, contudo, reduzir-se sempre ao comportamento e propriedades físicas dos materiais que se elegem, sejam características próprias ou comportamentos resultantes da interacção num sistema.

Daqui que se pode reduzir a miríade de soluções para o isolamento acústico aos mecanismos que em seguida se explicam sumariamente, para sons aéreos — 'massa', 'massa-mola-massa'[19] e 'efeito membrana' — e para aqueles transmitidos por via estrutural — por dessolidarização e uso de materiais elásticos.

A conjugação dos três mecanismos terá o melhor resultado, no entanto é necessário avaliar quando e como é necessário o recurso a todos, uma vez que sairá mais custosa, económica e construtivamente, a sua materialização.

MASSA: A PAREDE SIMPLES

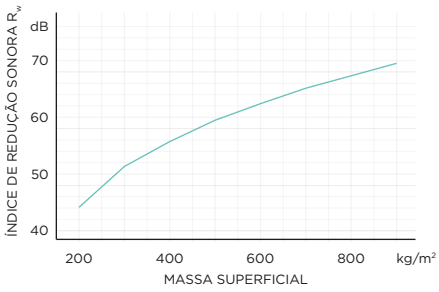
Como foi atrás referido, uma parede simples transmite parte do som incidente ao espaço contíguo, ao vibrar com o impacto das ondas sonoras. Mas as igrejas românicas distinguem-se pelo seu isolamento do exterior. O som, muito amplificado e reverberante de qualquer sussurro contrasta com a quase ausência de sons exteriores percebidos. É apenas a grande massa construída da sua estrutura portante a cumprir o isolamento. Este sistema clássico de isolamento sonoro recorre a paredes de grande massa e espessura para reduzir as transmissões entre espaços.



• 85 Parede simples.

A regra aqui é que para uma maior massa (por unidade de área/superficial) da superfície, maior será o valor do isolamento

16 *ibidem.*
17 *ibidem.*
18 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 20.
19 A expressão Massa-mola é usada na física para sistemas em que um corpo (massa) é acoplado a um elemento resiliente elástico (mola), e em que perante a actuação de uma força externa, o elemento elástico promove a oscilação em torno da posição inicial, de equilíbrio.



• 86 Índice de Redução Sonora em função da massa por unidade de área.
Uma parede de betão armado normal com 200mm de espessura (2300 Kg/m³) tem uma massa superficial de 460 Kg/m² e um índice de redução sonora de aproximadamente R_w = 58dB. Duplicando a espessura, o seu valor aumenta para R_w = 69 dB. Não contam estes valores com transmissões laterais ou com frequências crítica e de ressonância.

sonoro. "Segundo a lei das massas, a quantidade de energia transmitida será tanto mais débil quanto mais pesada e menos rígida seja a parede"[20].

"Para uma frequência fixa, ao duplicar a massa consegue-se uma melhoria teórica de 6 dB no isolamento e, analogamente, para uma massa dada, o isolamento cresce 6 dB ao duplicar a frequência."[21] Mas há duas frequências nas quais o isolamento sofre uma diminuição considerável, são elas a frequência de ressonância e a frequência crítica.

A frequência de ressonância, associada ao 'efeito diafragma', corresponde usualmente a valores muito baixos, mais *grave* quanto maior for a massa e a rigidez da superfície, e próximo a esse ponto, o valor do isolamento é radicalmente reduzido. "Para conseguir que qualquer elemento aproveite ao máximo as suas próprias características isolantes à pressão sonora, é conveniente conseguir uma frequência de ressonância o mais baixo possível, já que é a mais problemática"[22].

Simultaneamente, quando a parede vibra aparecem ondas de flexão associadas a uma frequência crítica. Quando as ondas sonoras incidentes são de frequência coincidente com esta, reproduz-se uma transmissão máxima de energia, uma vez que é facilitada a excitação da superfície pelo som incidente.

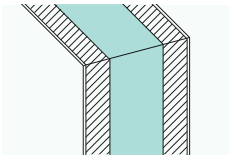
Dependendo do material e da sua espessura, esta frequência situa-se geralmente nas frequências mais altas. As paredes grossas têm uma frequência crítica baixa e as delgadas alta. "Infelizmente, a frequência de coincidência [crítica] de componentes leves situa-se precisamente no intervalo de frequências relevante para a acústica de edifícios"[23].

No caso de paredes de pouca espessura, é útil a duplicação da sua massa superficial para uma melhoria no isolamento acústico, mas tal não sucede para paredes mais pesadas, uma vez que a duplicação se torna progressivamente mais difícil. "Quanto mais isolante seja já por si uma parede, mais nos custará aumentar esse isolamento"[24].

MASSA-MOLA-MASSA: A PAREDE DUPLA

Se dividimos uma parede em duas folhas — uma parede dupla — com uma certa distância entre elas, o conjunto oferece um isolamento acústico superior ao da parede simples com massa equivalente. Comportando-se como um sistema ressonante, sob a acção das ondas sonoras a massa de ar, comprimido entre as duas paredes vibrantes, age como mola/amortecedor, reduzindo o som transmitido

20 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 21.
21 *ibidem*.
22 *ibidem*.
23 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 30.
24 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 21.



• 87 Massa-mola-massa.

ao comportamento adjacente.

Em construções dedicadas à música, uma parede simples dificilmente oferece a resposta necessária e este mecanismo, massa-mola-massa, será o mínimo exigível, "sugere-se que construtivamente a envolvente seja no mínimo dupla dotada de resiliência no espaço entre elementos duplos."[25] Isto também porque a partir daqui, como se verá mais adiante, se permite a dotação da parede com mecanismos contra as outras formas de transmissão.

Neste caso, influenciam a diminuição de isolamento as frequências de ressonância e crítica de cada um dos paramentos em separado, a frequência de ressonância própria do conjunto, assim como ressonâncias causadas por ondas estacionárias — 'efeito de caixa de guitarra'[26] — no interior da caixa-de-ar.

Para melhorar o comportamento, as frequências de ressonância e crítica[27] dos paramentos devem evitar-se coincidentes, usando materiais ou então espessuras diferentes, e à semelhança do que sucede no interior duma sala, o 'efeito caixa de guitarra' evita-se com a aplicação de materiais absorventes no interior da parede. Vilarroig e Diez apontam-nos que os materiais mais adequados a esta absorção são a lã de rocha com densidade entre 40—70 kg/m^3, a lã de vidro com uma densidade 25—55 kg/m^3 ou as espumas de poliuretano de 80 kg/m^3.[28]

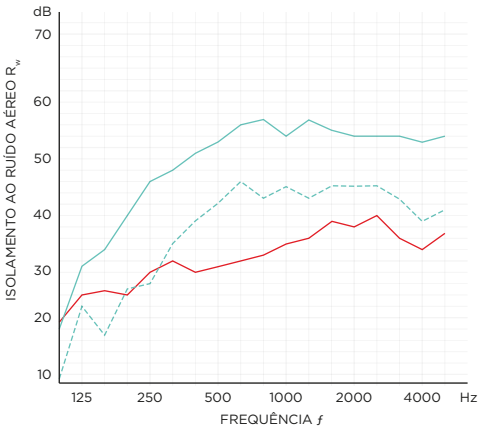
Quando os sons emitidos se aproximam à frequência própria do conjunto "o isolamento acústico é quase nulo; portanto deve conseguir-se que seja o mais baixa possível, já que a sensibilidade do ouvido diminui ao diminuir a frequência"[29]. Deve procurar-se que ela seja tão *grave* quanto possível, o que acontecerá com uma maior massa e com distâncias maiores entre os planos rígidos[30].

O efeito 'massa-mola-massa' será potenciado se as superfícies são flexíveis, como o gesso cartonado ou painéis de pouca espessura de madeira laminada, e o interstício é completamente preenchido por um material resiliente/elástico, porque aquelas vibrarão com maior dispêndio de energia e impedirão melhor a propagação das ondas sonoras. Além do mais, e uma vez que as superfícies não vibram livremente, a frequência de ressonância é mais baixa[31].

Este material resiliente tem necessariamente que estar em contacto com as duas superfícies rígidas e neste caso, conforme referem as autoras Vilarroig e Diez, são mais adequados a lã de rocha com uma densidade de 70—90 kg/m3 ou lã de vidro com 40—70 kg/m3, com uma espessura entre 4 e 5 cm. "Se o material é muito denso e rígido favorece a transmissão das vibrações e se demasiado flexível não criará suficiente oposição." [32]

---

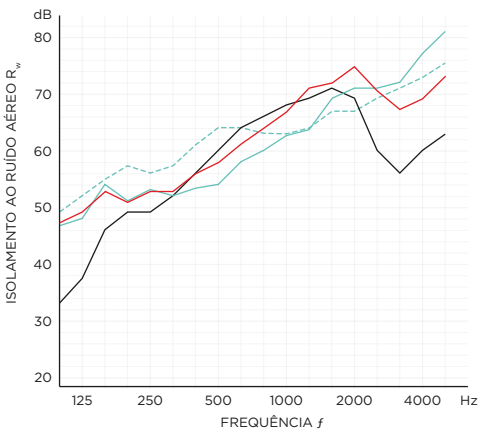
25 *Conservatório de Música de Vila Real — Concurso de Concepção/ Construção — Programa de Concurso e Caderno de Encargos*; Câmara Municipal de Vila Real; página 34.
26 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 22.
27 Como complemento, cita-se Eckard Mommertz: "o uso de painéis de gesso cartonado, derivados de madeira ou fibra de gesso com espessuras até 15mm é caracterizado pelo facto da frequência de coincidência [crítica] ficar bem acima de 1000 Hz."; "Quando se use mais do que uma camada de gesso cartonado ou material similar, a rigidez (e portanto a frequência de coincidência) não se altera porque elas estão fixas apenas pontualmente. Consequentemente valores mais altos de isolamento podem conseguir-se com dois painéis de gesso cartonado de 12,5 mm do que um painel de 25mm, em cada lado." MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 31.
28 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 23.
29 *idem*; página 22.
30 As autoras atrás referenciadas indicam relações práticas para obter a dimensão da caixa-de-ar, em função das massas superficiais dos paramentos, para f < 75 Hz: d > 67 · (1/m$_1$ + 1/m$_2$); para f < 60 Hz: d > 105 · (1/m$_1$ + 1/m$_2$), em cm.
31 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 23.
32 *ibidem.*



Parede dupla com 2 painéis de 10 mm de gesso cartonado
+ 150mm de lã de vidro.

~ + 150 mm de caixa de ar.

Parede simples de 20mm com 2 painéis em gesso cartonado unidos.



Parede dupla de 200 mm tijolo + 100 mm lã de vidro
+ 50 mm tijolo (10mm estuque).

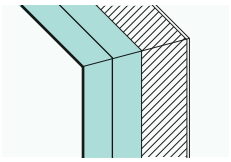
Parede dupla de 50 mm tijolo + 100 mm lã de vidro
+ 35 mm tijolo (10mm de estuque).

Parede dupla de 200 mm tijolo + 100 mm lã de vidro
+ 13 mm gesso cartonado.

Parede dupla de 2 x 26 mm gesso cartonado (2 painéis unidos)
+ 100 mm lã de vidro e perfis de suporte independentes.

• 88 Isolamento ao ruído aéreo de paredes de igual massa: simples, dupla, com e sem material absorvente no interior.
Pela frequência natural da parede dupla e pelas ressonâncias na caixa-de-ar vazia, nota-se um isolamento reduzido em volta dos 200 Hz, fragilidade que se elimina quando preenchida com lã de vidro.
Mesmo na parede simples a frequência crítica (4000 Hz) corresponde à de um painel, ao estarem unidas apenas pontualmente, sendo menor a redução do isolamento resultante da frequência crítica do conjunto (2000 Hz).
• 89 Isolamento ao ruído aéreo de diferentes paredes duplas.
As paredes devem ser diferentes, ou em material, ou em espessura. As frequências críticas elevadas (>3000 Hz) têm a vantagem de estar em bandas de frequência menos influentes pelo isolamento ser aí naturalmente mais elevado.

EFEITO MEMBRANA



• 90 Parede com membrana entre dois elementos elásticos.

Se as superfícies da parede não são suficiente flexíveis mas antes rígidas, o sistema massa-mola-massa não terá a eficácia devida.

Quando assim é, porque em determinadas situações pode exigir-se que a parede seja rígida, quer por razões de condicionamento acústico ou opção de projecto, pode utilizar-se uma membrana de pouca espessura no meio de dois materiais elásticos, com uma baixa frequência de ressonância e com uma elevada vibração se excitado pelo som incidente.[33]

Do mesmo modo que no sistema atrás descrito, a dissipação energética sucede quando o movimento desta membrana é impedido pelo material adjacente. Esta estratégia é, além do mais, indicada sobretudo quando é necessário isolar frequências médias e baixas (e mantendo um bom desempenho nas frequências altas).[34]

A escolha da membrana deve recair sobre um material com uma frequência de ressonância inaudível, como a folha de chumbo, ou com propriedades plásticas[35] como membranas betuminosas, disponíveis por exemplo, com 2 ou 4 mm, em sistemas multicamada entre placas de lã de rocha.

"Se introduzimos uma membrana plástica entre duas massas flexíveis, esta deformar-se-á ao receber o impacto da onda acústica impedindo a transmissão de grande parte da energia"[36]. Reduz-se com isto substancialmente a vibração das placas e a frequência de ressonância, e a dessolidarização das placas faz-se de forma mais eficaz. "Estas sanduíches acústicas têm, com espessuras muito menores, comportamentos muito parecidos aos de massas maiores"[37].

TRANSMISSÕES ESTRUTURAIS: DESSOLIDARIZAÇÃO

Para garantir valores elevados de isolamento, exige-se que tanto as transmissões laterais como as de impacto sejam reduzidas ou anuladas. Consegue-se ou usando como revestimento um material elástico e flexível, "com grande capacidade de deflexão e de espessura suficiente", ou com a dessolidarização "da superfície sobre a qual se dá o impacto".

Como primeira hipótese, podem aplicar-se, por exemplo, borrachas sintéticas sobre espuma, plásticos sobre feltro, carpetes ou aglomerados de cortiça.

A dessolidarização, por seu lado, implica tornar os elementos rígidos independentes entre si e da envolvente, por exemplo usando estruturas diferenciadas de suporte para cada parede, e proteger, isolando com um material elástico, as ligações entre planos, apoios da parede, ou outros elementos como a passagem de tubos, de forma a evitar qualquer 'ponte acústica', "suprimir toda a união rígida entre o meio sólido excitado pelo impacto e os elementos adjacentes"[38].

---

33 *ibidem*.
34 *idem*, página 24
35 Ao contrário do elástico, o material plástico absorve toda a energia incidente, sendo mais eficaz.
36 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 24.
37 *ibidem*.
38 *ibidem*. Os materiais elásticos existentes podem ser antivibradores metálicos — para muito baixas frequências — ou elastómeros em neopreno ou cortiça — para frequências superiores a 20 Hz — ou, quando a exigência é menos elevada, lãs minerais de rocha ou de fibra de vidro e poliuretano de alta densidade — com um comportamento bom desde os 30 Hz. Nos espaços em que altas prestações são necessárias, podem usar-se sistemas mistos.

Esta é a estratégia aplicada no conceito de *box-in-box*[39], pela criação de pavimentos flutuantes, paredes duplas e tectos falsos, especialmente úteis em ambientes de extrema exigência acústica como é o caso dos espaços interiores dedicados à prática musical.[40]

PORTAS E JANELAS

Mas além das paredes, com que se consegue isolar a sala da envolvente, existem as portas ou janelas que oferecem fragilidades que é necessário evitar. Nestes elementos os mecanismos actuantes são os mesmos das paredes ou tectos, no entanto, são elementos móveis e geralmente mais delgados que as paredes, resultando em menores isolamentos e pontes acústicas.

A estanquidade é fundamental, "quanto maior é a folga, maior é a gama de frequências que permite passar", "uma parede mal selada no seu encontro com o tecto falso deixa passar a partir de 2000 Hz, um encaixe mal resolvido a partir de 1000 Hz, e através de vazios com mais de 40 cm percebemos todas as frequências audíveis"[41]. Para evitar fissuras, as janelas e portas acústicas têm juntas duplas e isolantes flexíveis, tanto nas juntas como no espaço inferior, além de que os elementos batentes oferecem muito melhor resultados que os de correr.[42]





• 91
• 92 SANAA, Zollverein School of Management and Design. Essen 2006.

Nos envidraçados, à semelhança da parede, o vidro duplo é por regra melhor isolante que o simples. Sendo que o vidro é extremamente transmissor e reflector do som, o isolamento e os fenómenos de ressonância exigem maior rigor. Deve variar-se a espessura entre os vidros e dar à caixa-de-ar uma dimensão generosa, aplicando no seu interior elementos difusores e materiais absorventes.[43]

O auditório da Zollverein School of Management and Design in Essen, dos SANAA (Essen, 2006), de forma pouco convencional, é completamente rodeado a vidro. No entanto "a parede em vidro duplo (…) isola a sala de forma muito efectiva contra o ruído proveniente do animado *foyer* com a sua cafetaria"[44]. Os vidros têm uma inclinação de 1°, contra a ocorrência de ondas estacionárias e ressonâncias perturbadoras (tanto no sistema como na própria sala) e a caixa-de-ar, que varia entre os 56,5 e os 61 cm, aloja as cortinas que permitem fechar visualmente a sala.

---

39 *Conservatório de Música de Vila Real — Concurso de Concepção/ Construção — Programa de Concurso e Caderno de Encargos*; Câmara Municipal de Vila Real; página 34.
40 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 84. "*Separate rooms within the enclosing walls are frequently necessary, i.e. acoustically decoupled walls, floor and ceiling are built inside the actual room itself (so-called room-in-room construction)*".
41 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 27.
42 *ibidem*.
43 *ibidem*.
44 MOMMERTZ; MÜLLER-BBM; *op. cit.*; página 80.

A utilização de elementos difusores pode reduzir o ruído presente numa rua, pátio ou outro espaço exterior, ou que alcança uma parede. Nas ruas, as irregularidades presentes nas fachadas dispersam os sons que, doutro modo, iriam reflectir-se entre paredes paralelas com os apresentados fenómenos prejudiciais, "o relevo das fachadas gera uma altíssima difusão sonora — quebra-se a onda reflectida em ondas de menor energia — reduzindo o ruído da rua."[45] A mesma estratégia pode ser aplicada no projecto. No *Baluarte — Palacio de Congresos y Auditorio de Navarra* (Pamplona, 2003) de Francisco Mangado, os principais envidraçados — como do vestíbulo e do restaurante — são protegidos por *brise-soleils* com lâminas verticais que, além do habitual sombreamento à luz solar, agem como difusor que reduz o som incidente naquelas superfícies de vidro.[46]

E se o isolamento actua na diferença entre os níveis de intensidade acústica no local emissor e receptor, entre o ruído de emissão e de recepção, por sua vez quando utilizados elementos e materiais absorventes actua-se directamente baixando o nível de ruído/sonoro no local em que o som é produzido.

Como se lê no capítulo anterior, a reflexão sonora dos paramentos potencia a intensidade de som no espaço, e tal traduzir-se-á necessariamente numa maior







• 93 Corsia Agonale, Roma.
• 94 Francisco Mangado, Baluarte, Pamplona 2003.
• 95 Belém Lima, Conservatório de Vila Real, 2004. Paredes com materiais absorventes cobertos com ripado de madeira.

transmissão de ruído para o exterior adjacente: "por reflexão pode aumentar o nível sonoro até uns 10%. Um maior índice de ruído no interior significa maior transmissão de ruído até ao exterior na mesma proporção."[47]

Esse excesso resultante da reflexão poderá reduzir-se significativamente por absorção. Enquanto medida passiva de isolamento, ela será útil em espaços com nível sonoro constante, em espaços onde seja necessário um tempo de reverberação mínimo — no limite a câmara anecóica — ou sem especiais exigências

45 DOMÈNECH; *op. cit.*; página 32.
46 Francesc Domènech refere, a propósito de outro exemplo (Pau Pérez, Auditorio y Conservatorio de Vila-seca, Tarragona): "la misma estrategia, empleando esta vez grandes lamas horizontales como elementos difractantes, se aplica en los patios del Auditorio". DOMÈNECH; *op. cit.*; página 32.
47 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 19.

quanto à qualidade de percepção sonora — dê-se o exemplo de salas de máquinas ou espaços de acesso — mas não num espaço onde se pretenda praticar música ou discursar, onde a comunicação seja fundamental, locais com "fontes sonoras de potencia variável"[48]. Como foi dito atrás neste trabalho, maiores valores de absorção têm como consequência uma redução do tempo de reverberação e dos valores subjectivos de percepção do som.

Vilarroig e Diez sugerem um caso prático: "Se introduzimos absorção numa discoteca, diminuiremos o nível sonoro num primeiro momento e portanto o ruído transmitido. Mas ao perder sonoridade, o disco-jóquei subirá o volume da música e voltaremos a ter o mesmo problema"[49], à variação da sonoridade resultante dessa absorção, o intérprete reagiria aumentando o volume, isto é, a potência do som emitido, e o problema do ruído transmitido manter-se-ia.

MEDIDAS PASSIVAS: FORMA E PROGRAMA

Particularmente próximas do papel do arquitecto e inerentes à prática projectual, podem ser postas em prática algumas 'medidas passivas' de isolamento, uma busca da redução da quantidade de som que alcança as paredes limitantes dos espaços a isolar. Ao ter menos ruído a eliminar, o isolamento é mais eficaz ou, por outro lado, pode 'poupar-se' nos métodos e materiais de isolamento, se o grau de exigência assim o permitir.

Faz-se aqui referência a alguns dos processos que podem ser mencionados na sua aplicação, de forma empírica e inclusive de forma menos rigorosa quanto a valores, mas com resultados que podem ser esperados, e generalizados também no seu uso fora dos espaços para a prática musical.

Ao nível da organização do programa, a distribuição dos diferentes espaços pode desde logo ter um contributo fundamental no controlo da perturbação pelo ruído ambiente.

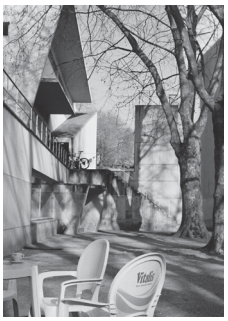
Já atrás neste capítulo se referiu como a localização de actividades particularmente ruidosas — como instrumentos de percussão — junto a outras sensíveis pode exigir cuidados acrescidos. Sendo assim, pode beneficiar-se com a separação funcional entre certos conteúdos do programa em função da sua sensibilidade ao ruído ambiente.

Devem agrupar-se áreas do programa sensíveis mas com pouca perturbação entre elas, "espaços com produção de menores níveis sonoros devem ser agrupados, evitando-se com esta metodologia confrontações a suscitar elevados valores de isolamento"[50], como são as salas de estudo individual divididas pelos grupos de instrumentos, ou as salas de aula, e afastar as mais ruidosas destas sensíveis, como é o caso de determinados instrumentos ou áreas de uso comum: átrio, cafetaria e outros serviços.

Além disto podem usar-se espaços menos exigentes mas silenciosos como 'caixa-de-ar', meio de atenuação do ruído ambiente entre aqueles mais críticos, como corredores de distribuição, áreas públicas e eventualmente gabinetes. No projecto de Louis Kahn para o Fine Arts Center, School and Performing Arts Theater (Fort Wayne, 1959-73), o volume do auditório é envolvido por um

48 *ibidem*.
49 *ibidem*.
50 *Conservatório de Música de Vila Real — Concurso de Concepção/ Construção — Programa de Concurso e Caderno de Encargos*; Câmara Municipal de Vila Real; página 33.







• 96 Louis Kahn, Fine Arts Center, School and Performing Arts Theater, Fort Wayne 1973.
• 97 Siza Vieira, FAUP, Porto 1995.
• 98 Belém Lima, Conservatório de Vila Real, 2004.

invólucro com as áreas de acesso, "caixa dentro da caixa"[51], que permite haver um bom isolamento do exterior.[52]

Assim, as preocupações do contágio de ruído entre espaços apresentam-se desde cedo no projecto, aquando do desenho do organograma funcional do edifício.

Também a forma pode desempenhar um papel preponderante, contribuir para conduzir ou barrar o fluir do som. O volume edificado representa uma barreira considerável face ao ruído urbano. "O interior dos quarteirões da Baixa do Porto é surpreendentemente silencioso. É o mesmo que estar numa zona rural"[53]. Assim como nos quarteirões da cidade do Porto, perante uma envolvente ruidosa, a volumetria do edifício pode 'sombrear' espaços que se queiram ou necessitem silenciosos.

Isto sucede no edifício da Faculdade de Arquitectura do Porto (Álvaro Siza Vieira, 1995) que, 'de costas viradas' a uma via de acesso à VCI, se pode constatar pouco perturbada por aquela fonte sonora, "o edifício principal do lado Norte, um volume contínuo proporciona protecção visual e acústica da estrada acima"[54], ou no Conservatório de Música de Vila Real, que ocupa parte do antigo Convento de São Domingos e onde o acesso se faz não directamente a partir da avenida, central na cidade, mas a partir de um pátio partilhado com a igreja remanescente do antigo conjunto conventual, "apenas penetrável por um arco que leva o público àquele pátio e ao *foyer*"[55].

51 ALMEIDA; *op. cit.*; página 55.
52 *ibidem*.
53 RUI CALEJO, do Laboratório de Acústica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Citado em "Baixa tem níveis de ruído semelhantes a espaço rural" in *Jornal de Notícias*; 24 de Setembro de 2005. Disponível em www.jn.pt; consultado em 8 de Setembro de 2010.
54 "1995 Faculdade de Arquitectura" in *Álvaro Siza Vieira* (site); Disponível em www.alvarosizavieira.com; consultado em 8 de Setembro de 2010.
55 NEVES, José Manuel das (editor); *Anuário de Arquitectura 8*; Caleidoscópio; Casal de Cambra; 2005; página 124.

UM EXEMPLO: MEDIDAS PASSIVAS NA ESCOLA SUPERIOR DE MÚSICA

No exemplo da Escola Superior de Música de Lisboa (João Luís Carrilho da Graça, Lisboa, 2008) encontram-se presentes estas estratégias. Esta foi projectada de modo que os espaços de circulação se opusessem ao exterior ruidoso da cidade, com as salas de estudo e ensino programaticamente agrupadas, separadas das restantes áreas e viradas para o pátio interior. "As salas de aulas com o pé direito mais alto são as destinadas ao órgão, ao canto e à percussão. Na Ala Norte ficará o piano, e na Poente os instrumentos de sopro – metal e madeira – a guitarra e o cravo. Finalmente na Ala Sul ficarão a harpa e os instrumentos de arco"[56]. Assim, aqueles corredores de distribuição são o meio que se opõe à propagação do ruído ambiente exterior ou entre salas, e a distribuição programática evita a coexistência das áreas públicas ou das salas de estudo de instrumentos mais ruidosos com aqueles mais sensíveis.

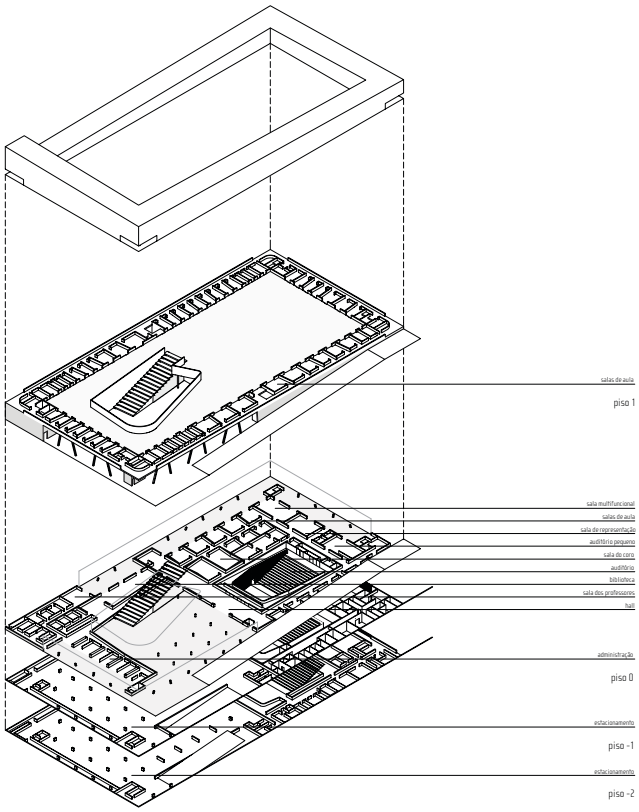
A forma do edifício sombreia do ponto de vista acústico o pátio relativamente ao ruído ambiente envolvente e este pátio, pela sua configuração ampla em área e com edificado baixo em redor, também promove a natural dispersão do som, a absorção do som pelo pavimento relvado, e evita a ocorrência de fenómenos como ressonâncias e ecos, por não estar confinado entre paredes próximas.

A configuração programática, e as condicionantes que daqui advêm não resultam numa perda da qualidade ou liberdade formal e estética do projecto. O arquitecto e bloguista Daniel Carrapa escreve, numa referência a este projecto, "uma expressividade coerente de raiz mais programática que formal"[57], e, quanto à "firmeza elegante do traço, a doutrina que a motiva é agora muito mais implícita do que explícita e as formas que dela nascem tornaram-se mais livres e exploratórias."[58]

Reproduz-se, finalmente, o texto descritivo (do arquitecto?) que acompanha a publicação do projecto em revistas e anuários de arquitectura e que refere alguns dos métodos indicados:

> *"A solução apresentada tem como referência o espaço interiorizado de um claustro, como por exemplo o da "Certosa de Pavia" em Itália. O edifício organiza-se em torno de um grande espaço de pátio o que permite criar um ambiente acústico isolado e maioritariamente controlado pela escola.*
> *O desafio de conseguir um ambiente exterior 'interiorizado', com características acústicas, de vivência e escala dificilmente alcançáveis no centro da cidade (e em particular no sítio disponibilizado para a implantação da ESML), levou-os a explorar até ao limite a relação entre o edifício como massa e volume, o conteúdo programático e o espaço vazio de pátio com a dimensão de 100 x 40m. Este espaço, além de ser utilizado como zona de convívio, poderá funcionar como prolongamento das salas de aula e permi-*

56 SILVA, Jorge; "Os jardins suspensos de benfica" in *Politecnia* número 13; Instituto Politécnico de Lisboa; Lisboa; Outubro 2006, página 42. Disponível em www.ipl.pt/politecnia; consultado em 2 de Setembro de 2010.
57 CARRAPA, Daniel; "Carrilho da Graça vence Prémio Pessoa"; *A Barriga de um Arquitecto* (site); 18 de Dezembro de 2008. Disponível em www.abarrigadeumarquitecto.blogspot.com; consultado em 10 de Julho de 2010.
58 *ibidem*.











• 99
• 100
• 101
• 102
• 103 Carrilho da Graça, ESML, Lisboa 2008. Axonometria e vistas exteriores, do pátio e de acessos.

tir a realização de pequenos concertos ao ar livre.

A envolvente do grande pátio tem genericamente apenas um piso. Desta forma evita-se a criação de uma área confinada onde os ecos seriam um problema sempre que as portas das salas de aula estivessem abertas.

O edifício desenvolve-se em espiral tendo o seu ponto mais alto no canto do alçado sul/poente e descendo progressivamente ao longo dos quatro lados. Esta configuração permite a concretização dos seguintes objectivos: — optimização da protecção acústica do pátio através da criação de uma barreira com 8 metros de altura completamente fechada em relação à agressão da segunda circular, gerando um efeito de 'sombra acústica'; — optimização da acústica das salas de aula com a possibilidade de criação de espaços interiores com pés direitos e volumes variáveis, conforme a sonoridade dos vários instrumentos musicais; - optimização da exposição solar: o aumento do volume do alçado norte permite um aproveitamento em dois pisos possibilitando a criação de um maior número de salas de aula orientadas a norte (orientação vantajosa em termos de carga térmica no verão e estabilidade de iluminação).

Encontrou-se uma forma que resulta da interpretação, coordenação e resolução de uma série de factores reais: constrangimentos que advêm de um contexto exterior, acústico e visualmente agressivo, a acústica, o programa funcional de cada um dos compartimentos da escola e a optimização da exposição solar."[59]

Francesc Domènech ressalva que "é complicado evitar todas as vias de propagação acústica perturbadoras num edifício porque são muitos os pontos de conexão entre espaços distintos, infraestruturas…"[60]

Esta tarefa desempenha-se o melhor possível, com valores de referência, considerados em função do programa, da tolerância admissível ao ruído, de constrangimentos do projecto e questões económicas. Peso ponderado entre exigência/ benefício/ custo.

59 NEVES; *op. cit.*; página 91.
60 DOMÈNECH; *op. cit.*; página 30.

1.4
GLOSSÁRIO: CONCEITOS ENTRE DISCIPLINAS

O glossário pretende-se que seja como uma extensão do guia prático que os capítulos anteriores tentam construir. Não se apresenta como um dicionário de termos técnicos, mas também o é. Abrange diversos tópicos, conceitos necessários à compreensão do tema, uns de carácter mais sensorial e subjectivo e outros mais técnicos, objectivos ou abstractos. Quer-se universal e interpretativo, apropriando-se ao máximo dos termos apresentados em prol da tese que aqui se escreve, esclarecendo, orientando e relacionando-os.

ABSORÇÃO (COEFICIENTE DE ~)

Na colisão de uma onda sonora com a superfície de um obstáculo, a sua energia é parcial ou totalmente absorvida, atenuando a intensidade ou eliminando a onda reflectida, com impacto nas primeiras reflexões e no tempo de reverberação duma sala.

O coeficiente de absorção α de uma superfície é a relação entre a energia absorvida e incidente, e define a capacidade absorvente ou reflectora de um material. Existe a possibilidade de que a superfície absorvente seja superior àquela que substitui, no caso de *baffles* acústicos ou absorventes anecóicos. Nesse caso o coeficiente terá um valor superior a 1 ($\alpha > 1$).[1] →reflexão →tempo de reverberação

ACÚSTICA

Do grego *akoustiké*, fem. de *akoustikós*, «relativo ao ouvido».

Ramo da física dedicado à ciência do som, que trata essencialmente do estudo da produção, comportamento e recepção, quer objectiva quer subjectiva, de todos os tipos de ondas e vibrações elásticas em qualquer meio. Por inerência, designa também o conjunto dos fenómenos de reflexão e absorção sonoras que favorecem ou prejudicam a boa audição num lugar determinado.[2] →arquitectura →som

ALTURA

Aos adjectivos comuns de 'baixo' e 'alto' aplicados a um som, um músico prefere os termos de 'grave' e 'agudo', que designam, afinal, a mesma realidade. Fisicamente, um som é a percepção de uma vibração sustentada pelo ar, tendo um som grave uma frequência mais baixa (menor) do que um som agudo.

O lá do diapasão ou do telefone tem uma frequência de 440 Hz (…). No entanto, dizer de um som isolado que é grave ou agudo em absoluto, não quer dizer grande coisa: apenas será significativa a comparação que estabelecermos com outros sons. A noção de altura depende, essencialmente, dos sons comparados entre si.[3]

São considerados nas seguintes bandas:

Graves entre125—250 Hz;

Médios entre 500—1000 Hz;

Agudos entre 2000—4000 Hz.

→bandas de oitava →frequência

AMPLITUDE DA ONDA

Relaciona-se com a intensidade do som e corresponde à magnitude das variações de pressão sonora, em metros. O som será 'forte' se a amplitude é grande, ou 'fraco' se ela for pequena.[4] →decibel →intensidade

ARQUITECTURA

Do grego *arkhé*, «principal», e *tékhton*, «construção», pelo latim *architectúra*-, «arquitectura».

"Arte da construção que trata simultaneamente os aspectos funcionais, construtivos e estéticos dos edifícios e construções."[5]

É o desenho e organização do espaço para a utilização, vivência e usufruto das pessoas, é o desenho da casa e da cidade, com um olhar sensível sobre a preexistência e o lugar que se intervém, a sua função e os usos previstos.

O projecto de um edifício deve tomar em consideração esses usos a que se destinam, reflectindo as necessidades específicas de alguns ou daquele que é o primordial. Na sua relação com o som e a música, é o 'último instrumento musical', entre o intérprete e o ouvinte, e deve afinar-se para cumprir o seu papel colaborante com os outros instrumentos. →acústica

ATONAL (MÚSICA ~)

Arnold Schönberg (1874-1911) foi um dos primeiros exploradores da atonalidade que, enquanto momento artístico contra o classicismo em vigor, coincidirá em grande e medida com o movimento moderno na arquitectura.

A série é o material de base de um método de composição musical atonal (…) que utiliza os 12 meios-tons cromáticos da oitava e os apresenta ao ouvinte de forma sucessiva ou simultânea.

"Estes 12 tons, também conhecidos pela designação de 'série dodecafónica' (…) desempenham o papel de um *leitmotiv*, de um tema de base neste tipo de obras. Teoricamente proibida a repetição de qualquer um dos sons antes de se fazer ouvir a série na sua totalidade, (…) os músicos adoptaram frequentemente uma posição mais ligeira relativamente a estas regras de escrita."[6]

A música estocástica surgirá no meio do século como consolidação de um sistema musical próprio por Iannis Xenakis (1922-1999). "Esta técnica consiste em prever, por cálculo, a partir de funções matemáticas precisas, os contornos gerais de linhas melódicas. Estas são inicialmente estabelecidas sob a forma de gráficos e depois colocadas em partituras: o compositor não fará mais do que passar de uma representação simbólica para outra"[7]. →música →cânones (clássicos)

BALANÇO ENERGÉTICO

$E_i = (E_r + E_{as}) + (E_i + E_t)$

Balanço energético é definido como a relação entre a energia sonora incidente (E_i) num plano ou sistema e a sua decomposição em quatro partes: energia reflectida (E_r), absorvida superficialmente (E_{as}), isolada internamente (E_i) e transmitida (E_t).

As primeiras duas estão mais intimamente ligadas às questões de condicionamento e as restantes ao isolamento acústico.[8] →absorção →isolamento →reflexão

BANDAS DE OITAVA

Os cálculos e a análise espectral de um som fazem-se com recurso a bandas de frequências, sendo as mais características as bandas de oitava, centradas na internacional de 1000 Hz — correspondem às frequências de 125, 250, 500, 1000 e 2000 Hz. Usando um exemplo musical, uma oitava é o campo de frequências que vai desde o *dó* de um piano até ao *dó* seguinte. →frequência

CÂMARA ANECÓICA

É um espaço, interior, conhecido por ter um tempo de reverberação mínimo, isto é, próximo de 0 s, e um isolamento sonoro máximo em relação ao ambiente externo. As suas paredes são revestidas com absorventes anecóicos, composto por "volumes piramidais ou prismas de base triangular que irrompem no espaço"[9] que, por aumentar em muito a superfície de revestimento e por variar a espessura do material em relação à superfície rígida de suporte, lhe garante uma grande capacidade de absorção. É usado essencialmente como la-

boratório de som, para o estudo de sons directos, sem qualquer reflexão ou campo reverberante a interferir. →absorção →isolamento →tempo de reverberação

CAMPO AUDITIVO

Corresponde ao espaço delimitado entre o limiar de audibilidade e o limiar de dor em cada frequência, e dentro do espectro de frequências audíveis.

O limiar de audibilidade é a potência sonora mínima em que o som numa frequência é audível, e tem sensibilidade máxima nos valores entre 1000—2000 Hz.[10] O limiar de dor corresponde à potência sonora máxima tolerável ao ouvido humano com discernimento musical (e sem trauma).[11] →decibel →frequência

CAMPO REVERBERANTE

Resulta das sucessivas reflexões que, sobrepostas, resultam numa distribuição uniforme do som. Ao contrário do som directo, o campo reverberante é difuso, adireccional e tem uma pressão sonora constante em todos os pontos.[12] →reflexão →som directo

CÂNONES (CLÁSSICOS)

"Pelo rigor, simplicidade de meios e geometrismo elementar das suas concepções, pelo recurso à memória dos imaginados monumentos romanos, pela generalização dos valores identificados com a produção da obra de arte tornada extensível à realização das mais simples construções residenciais, transformou-se no exemplo a seguir e no arquitecto que acabou por marcar fortemente a fase final do Renascimento no norte de Itália.

(…) Os princípios da arquitectura de Palladio, na sua linha de simplificação construtiva e estrutural sem excesso de adornos e sempre submetida à simetria triádica com distribuição axial dos elementos compositivos, passaram a constituir as regras básicas da ordenação clássica. Os seus *Quattro Libri* foram o catálogo principal para a busca de modelos que haveriam de conduzir a corrente neoclássica inglesa até ao romantismo do final do século XIX."[13]

Na música deve equivaler-se o sentido de cânone[14] como princípio estrutural e estilístico ao vocabulário comum estabelecido durante o período barroco e fixado na música Clássica (1750—1830).

A música barroca é "a época do baixo contínuo, do estilo concertante, (…) da predominância da tonalidade (maior/menor) e das relações fortes que existem entre os diferentes graus de uma escala. É assim que todo um vocabulário comum, próximo de uma colecção de 'clichés' musicais, vai ser utilizada pelos compositores".[15] "O estilo clássico comportará (…) elementos de continuidade com o período precedente e também elementos novos ou que, pelo menos, até aí só existissem em germinação".[16] →arquitectura →música

CHEIO/VAZIO

Massa / espaço;
sólido / gasoso;
som / silêncio;
massa / etéreo;
1 / 0.

CURVA LOGARÍTMICA

Curva gráfica desenhada matematicamente por uma função do tipo $\log_b(x)$.

Em termos simples o logaritmo é o expoente que uma dada base deve ter para produzir certa potência.

É seguida pelo desenho do pavimento de um auditório para uma óptima disposição da audiência perante o som e a visão de um palco.



• 104 Representação gráfica de funções logarítmicas.

DECIBEL
(+ POTÊNCIA/ PRESSÃO SONORA)

A potência de uma fonte sonora pode medir-se em watts acústicos — energia libertada por unidade de tempo —, mas também em decibéis, relacionando-a e com uma potência de referência segundo uma função logarítmica, a adaptação à forma de o ouvido humano perceber as alterações de pressão sonora, que não é linear. A uma diferença de 10 dB corresponde uma diferença percebida pelo ouvido humano do dobro ou metade da pressão sonora.

Segundo Domènech explica, "para uma variação de 10 dB entre 20dB e 30dB há um incremento de 900W/m^2, muito menor que para a mesma variação entre 80dB e 90dB, de 900 milhões W/m^2".[17] →campo auditivo

DIFRACÇÃO/DIFUSÃO

A difracção compreende o espalhamento, dispersão do som em diversas direcções. Resulta da passagem da onda sonora contornando um obstáculo ou passando um orifício, propagando-se a partir daí em todas as direcções. É também o tipo de reflexão que ocorre se a incidência ocorrer numa superfície irregular, não havendo relação directa entre o ângulo de incidência e a direcção de reflexão. →reflexão

ECO FLUTUANTE (FLUTTER ECHO)

É uma repetição múltipla de um som num espaço temporal muito curto, percebida como uma rápida sucessão de pequenos ecos. Acontece quando a fonte sonora se encontra entre duas superfícies paralelas, muito reflectoras e lisas. Corrige-se com superfícies difusoras ou evita-se com paredes não paralelas. →reflexão

EFEITO DIAFRAGMA

O deslocamento oscilatório da parede, perpendicular à sua superfície e resultante da energia de ondas sonoras incidentes, designa-se habitualmente por 'efeito diafragma' e pode provocar sons ressoantes. →frequência de ressonância

ESPAÇO

Lugar mais ou menos bem delimitado, cuja área (maior ou menor) pode conter alguma coisa.[18]

Vazio, livre, vago, negativo das formas; colectivo e relacional; público/ privado; (espaço) arquitectónico.

A dimensão acústica do espaço é definida pela sua envolvente fechada ou aberta e pela forma como esta reflecte ou absorve e configura sonoramente o espaço: "todo o edifício ou espaço tem os seus sons característicos de intimidade ou monumentalidade, convite ou repúdio, hospitalidade ou hostilidade.[19]

"Porque não m^3 em vez de m^2?"[20] →arquitectura →acústica →cheio/vazio

FREQUÊNCIA

Representada por *f*, corresponde ao número de oscilações da pressão sonora por segundo, em Hertz (Hz).

O inverso — Período — é o tempo que demora um ciclo completo, em segundos (s).

As frequências audíveis são aquelas situadas sensivelmente entre 20 Hz e 20.000 Hz.

~ DE RESSONÂNCIA

Quando um sistema (uma parede, uma sala) vibra, fá-lo com uma frequência própria, isto é, "sempre vibra com essa frequência de forma natural"[21].

Como uma corda num violino emite sempre um mesmo som, de igual modo sucede com uma superfície, cuja frequência de ressonância dependerá da massa e das condições da envolvente/suporte dela, e corresponde usualmente a frequências muito baixas.

Quando uma perturbação externa, como uma onda sonora, solicita o sistema com essa frequência natural, ele vibrará com uma amplitude progressivamente crescente, até que estagne essa perturbação.

Por exemplo, se temos dois diapasões[22] do

mesmo valor de nota (se for o convencionado, será o Lá padrão, ou 440 Hz), ao fazer vibrar um, o outro vibrará igual e espontaneamente emitindo o mesmo som.

~ CRÍTICA

Também designada de frequência de coincidência, corresponde à frequência das ondas de flexão de um elemento plano.
A excitação da superfície é facilitada quando as ondas sonoras incidentes são de frequência coincidente com a frequência crítica do elemento, resultando numa transmissão máxima de energia.
Este fenómeno acontece ao mesmo tempo que o 'efeito diafragma'. →efeito diafragma

HARMONIA

A harmonia é um conceito clássico ligado aos conceitos de belo, proporção e ordem. Na música, estuda os sons simultâneos e o conjunto de "regras de encadeamento de acordes aplicados a um estilo musical particular". Ocupa-se do catálogo de acordes aceites e "organiza as suas relações em termos mais amplos, estabelecendo hierarquias ente si e permitindo modulações".[23]
"No início do século XX, a harmonia está na encruzilhada de vários caminhos que a fazem evoluir, cada um à sua maneira, segundo estéticas diferentes (…)": a justaposição de acordes, a harmonia 'livre', o cromatismo total e música atonal.[24] →atonal (música -)

INTENSIDADE

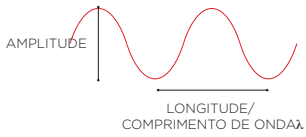
Característica do som respeitante à potência sonora percebida, ao seu volume.
Os músicos utilizam pequenos sinais que, por norma, se inscrevem por baixo das pautas e que indicam o volume relativo desejado — *pp*, *p*, *pf*, *f*, *ff*, o *crescendo* e o *decrescendo*. Quando um compositor indica uma *nuance* forte para uma certa passagem de uma obra orquestral, o verdadeiro resultado sonoro dependerá sempre do número de músicos presentes, sendo que "quarenta violinos produzirão mais som do que vinte (de facto 30% mais forte)".[25]
Fisicamente, o nível de intensidade sonora é o que o receptor percebe num lugar determinado e diminui com o quadrado da distância à fonte sonora. Como a potência, a intensidade mede-se em relação a um valor de referência, a intensidade umbral a partir da qual começamos a captar os sons. O resultado pode corrigir-se para adaptá-lo à nossa sensibilidade, que varia em função das frequências dos sons. As escalas de ponderação denominam-se A, B ou C, sendo a A a mais usada para acústica arquitectónica.[27] →decibel

ISOLAMENTO

Oposição ao movimento das ondas sonoras, reduzindo a transmissão de energia e sons entre dois meios ou espaços contíguos.

LONGITUDE DA ONDA

Representada por λ, corresponde à distância em metros entre dois pontos consecutivos que , no campo sonoro, se encontram no mesmo estado de vibração. Ou a distância que uma onda percorre no tempo de um período. Pode designar-se também por 'comprimento de onda' →frequência.



• 105 Onda Sonora.

MÚSICA

Do grego *mousiké*, «relativo às musas», pelo latim *musìca-*, «música, poesia».
"Arte de combinar harmoniosamente vários sons, frequentemente de acordo com regras definidas"[28].
"A música, arte abstracta por excelência, desenvolveu durante o século XX umas novas capacidade que muito têm que ver com a nossa ideia de conceber arquitectura. (…) Mediante a acumulação de sons, chegou-se a configurar um verdadeiro espaço musical

interno numa composição.
Ao acumular-se as texturas musicais convertem-se em blocos, manchas ou massas sonoras que se saturam, enquanto que a depuração ou densificação de tais manchas se converte num verdadeiro elemento de sintaxe musical."[29] →ritmo →som

ONDAS ESTACIONÁRIAS

Quando dois sistemas de ondas se sobrepõem (imagine-se duas esferas sonoras que colidem) produzem-se interferências, que podem ser destrutivas, amortizando a vibração e consequentemente a intensidade do som, ou construtivas, reforçando a intensidade do som.
A interferência de ondas idênticas (com igual frequência e amplitude) que se propagam em sentido contrário produz ondas estacionárias e colorações do som. "Estas ondas parecem não avançar, formando-se e desfazendo-se alternadamente, e permanecendo no mesmo lugar"[30]. Alguns pontos estarão sempre em repouso, pontos "surdos" onde se anula a vibração, enquanto noutros a vibração é reforçada e se alcança uma amplitude máxima a cada quarto de período.[31]
Numa sala pequena devem evitar-se paredes paralelas ou revestir uma de elas com elementos absorventes ou difusores para que não se formem colorações do som. →amplitude →frequência

OUVIR

"Ouvir estrutura e articula a experiência e a compreensão do espaço. Normalmente não temos consciência do ouvido na experiência espacial, apesar de que o som frequentemente oferece o *continuum* temporal em que se inserem as impressões visuais."[32] →espaço →som

PARTITURA

Um conjunto de sinais num código universalmente reconhecido e que permite a comunicação entre músicos através da escrita. Regista em simultâneo e com precisão as informações relativas a cada uma das principais características de um som: a altura, a duração, a intensidade e o timbre instrumental.[33]
A amplitude da representação musical abrangida pela partitura tem, no entanto, limites e durante o século xx diferentes compositores do serialismo procuraram estender as possibilidades de representação de sons, da partitura com elementos novos, ou mesmo em diferentes esquemas de notação. →música →pauta

PAUTA

Sistema actual normalizado de escrever música. É constituída por cinco linhas paralelas sobre e entre as quais se colocam as notas, da esquerda para a direita. Numeram-se de baixo para cima e podem ultrapassar-se os limites delas quando algumas notas excedem a extensão a comportar, de cerca de duas oitavas.[34]
Como numa planta um traçado regulador, é o elemento de referência na notação de uma partitura musical. →música →partitura

REFLEXÃO

Fenómeno que ocorre quando os obstáculos são maiores do que os comprimentos das ondas sonoras envolvidas, e que resulta numa mudança da sua direcção. É regida pelas leis de Descartes: ângulo de incidência igual a ângulo de reflexão (semelhante à reflexão luminosa para médias e altas frequências). →comprimento de onda

RITMO

Repetição em intervalos iguais de um certo elemento ou conjunto de elementos.
Em arquitectura, encontra-se na repetição de colunas, portas/ janelas que compõem uma parede/ fachada.
Na música corresponde à repetição de um som ou sequência de sons. Como na poesia, pode representar-se o encadeamento dos conjuntos repetidos em sequências de letras [abba] / [abab] / [abcabc]…

SOM

Um som corresponde a qualquer fenómeno sonoro. Resulta de variações rápidas de pressão — devida à variação das partículas de ar (em torno de uma posição de equilíbrio) — que se comunicam ao ouvido provocando sensações auditivas.

Um ruído, "para além do aspecto subjectivo de representar algo de desagradável, pode definir-se fisicamente como um som que abarca múltiplas frequências aleatórias"[35], pelo que não se consegue determinar qual a sua altura exacta. Pode, no entanto, afirmar-se que um ruído é mais ou menos grave ou agudo, quando comparado com outro.[36]

Um som puro é um som que tem uma frequência única que podemos determinar com exactidão.

Uma nota, desde logo é um som puro, e deverá fazer parte de uma escala musical pré-determinada. "Um *sol* com uma frequência de 392 Hz, é uma nota. Um som de 400 Hz não o será, dado que a sua frequência não é admitida na escala habitual dos sons, não é nem um *sol*, um *sol#* ou um *lá*: é uma nota falsa!"[37].

Um som harmónico é composto por uma frequência fundamental — cuja pressão sonora é máxima — e outras, múltiplas desta.[38]

SOM DIRECTO

Ondas sonoras que se propagam desde a fonte sem qualquer obstáculo. O som directo é bastante direccional, sobretudo em altas frequências. →campo reverberante

TEMPO

"O tempo é um novo material do projecto. A arquitectura como processo aberto, como acto não finito, necessita saber incorporar o tempo na partitura da sua organização." [39]

É a quarta dimensão a somar às três do espaço que permite o movimento, a "visão por etapas"[40], a apreensão completa, a ocupação, a vivência, a medição do espaço. E se só a passagem do tempo permite perceber a arquitectura — que a fotografia regista parcialmente —, a música por seu lado é perfeitamente dependente do tempo, e só mesmo o intervalo temporal permite a audição ou o seu registo.

Na música, o tempo representa o número de pulsações por minuto, "unidade de medida da pulsação rítmica, geralmente correspondente a cada uma das partes de um compasso musical"[41]. Sem que se modifique a escrita das notas, a mudança de Tempo altera a velocidade, o tempo total, com enorme influência na interpretação e audição da música [42].

TEMPO DE REVERBERAÇÃO

Um som emitido não se extingue imediatamente após a sua emissão. O tempo de reverberação é determinado pela energia das ondas sonoras reflectidas nas suas superfícies interiores. As sucessivas reflexões nas diferentes superfícies de revestimento contribuem para o aumento da energia sonora no interior da sala, durante o tempo que decorre até a energia das ondas reflectidas ser significativamente atenuada.

Para um som curto, primeiro ouvimos o som directo, depois as primeiras reflexões, do tecto e paredes laterais, e depois o som reverberante, que define a resposta acústica geral do espaço. O Tempo de Reverberação (Tr ou T60) foi definido pela primeira vez com Sabine (1898) e mede-se como tempo, em segundos, "o tempo, em segundos, que decorre desde que o foco emissor pára até que o nível de pressão sonora no espaço tenha diminuído 60 dB, relativamente ao seu valor inicial."[43]

→acústica →reflexão

1 VILARROIG, Graciela Roselló; DIEZ, José María Marzo; "Introducción a la acústica arquitectónica" in *Tectonica: Acústica*, número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002; página 10.
2 *Dicionário de Língua Portuguesa*; Porto Editora; Porto; 2011.
3 PLATZER, Frédéric; *Compêndio de Música*; Edições 70; Lisboa; 2006; página 10.
4 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 5.
5 *Dicionário de Língua Portuguesa*; *op. cit.*
6 PLATZER; *op. cit.*; página 116.
7 *idem*; página 280.
8 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 8.
9 *idem*; página 13.
10 HENRIQUE, Luis; BENTO, Pedro; *Sebenta de Acústica*; Conservatório de Música do Porto; Porto; página 36.
11 *idem*; página 37.
12 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 9.
13 Resumo de TAVARES, Domingos; *Andrea Palladio — A grande roma*; Dafne Editora; Porto; 2008. Disponível em www.dafne.com.pt/catalogo.php; consultado em 8 de Setembro de 2010.
14 O cânone, em música, refere ainda um processo de escrita existente desde a Idade Média,mas é este que se refere aqui.
15 PLATZER; *op. cit.*; página 202.
16 *idem*; página 224.
17 DOMÈNECH, Francesc Daumal i; "La arquitectura del sonido" in *Tectonica: Acústica, número 14*; ATC Ediciones; Madrid; 2002 página 29.
18 *Dicionário de Língua Portuguesa*; *op. cit.*
19 PALLASMAA, Juhani; *Los ojos de la piel*; Gustavo Gili; Barcelona; 2006; página 52.
20 MÜLLER, Willy; "Espacio" in *Diccionario Metapolis Arquitectura Avanzada*; ACTAR; Barcelona; 2001; página 203.
21 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 7.
22 PLATZER; *op. cit.*; página 61. O diapasão "corresponde a uma nota de referência que serve para afinar todos os membros instrumentais e vocais de uma mesma comunidade musical. No universo ocidental, actualmente, esspe ponto de referência foi fixado no lá3 com uma frequência de 440 Hz, à temperatura ambiente de 20° C." Por extensão, designa um pequeno objecto metálico (John Shore, trompetista, 1711) capaz de produzir por ressonância, com a vibração provocada por uma pancada, a nota atrás referida. É exemplo de como um corpo, objecto ou sistema vibra naturalmente sempre na mesma frequência.
23 *idem*; página 91.
24 *idem*; página 100.
25 *idem*; página 49.
26 DOMÈNECH; *op. cit.*; página 30.
27 *ibidem*.
28 *Dicionário de Língua Portuguesa*; *op. cit.*
29 PORRAS, Fernando; "Música" in *Diccionario Metapolis Arquitectura Avanzada*; *op. cit.*; página 420.
30 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 6.
31 *ibidem*.
32 PALLASMAA; *op. cit.*;página 51.
33 PLATZER; *op. cit.*; página 8.
34 *idem*; página 11.
35 *idem*; página 10.
36 *ibidem*.
37 *ibidem*.
38 VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 6.
39 GULLART, Vicente; "Tiempo" in *Diccionario Metapolis Arquitectura Avanzada*; *op. cit.*; página 582.
40 TÁVORA, Fernando; Da Organização do Espaço; Faup Publicações; Porto; 2004; página 16.
41 *Dicionário de Língua Portuguesa*; *op. cit.*
42 PLATZER; *op. cit.*; página 37.
43 *idem*; página 14.

2.0

DO PROJECTO DE ARQUITECTURA

Introduza-se a proposta de projecto, objecto último do trabalho. A intenção era desde o princípio a de desenhar um edifício ligado a um programa musical, caso prático para o estudo dos problemas especificamente associados à prática musical no espaço, pensado e desenhado por um arquitecto.

O programa que se propõe aqui surge com esta premissa e no seguimento duma primeira proposta de construção/ ampliação de uma escola[1], onde aqueles problemas — da acústica à distribuição espacial funcional e programática — e as respostas a dar adviriam das necessidades habitualmente presentes numa escola.

Essas necessidades, que se esclareceram na Parte Um deste trabalho, seriam num programa escolar amplamente testadas. Pode ver-se no exemplo constantemente revisitado da Escola Superior de Música de Lisboa a diversidade de espaços, com funções diferentes e caracteres acústicos específicos: pequenas salas de estudo individualizado e outras de tamanho médio para a prática em grupo; salas de aulas teóricas; volumetrias diferentes em salas com funções semelhantes mas para diferentes instrumentos; o auditório e o anfiteatro exterior; salas-estúdio; etc.



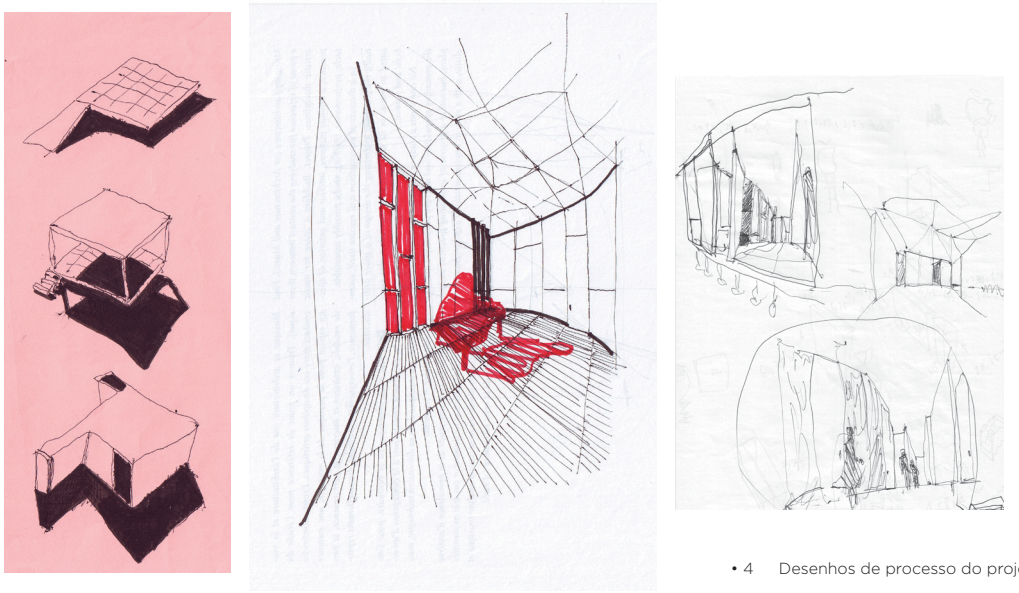




• 1 Escola Secundária de Rodrigues de Freitas e Conservatório De Música do Porto.
• 2 ESMAE.
• 3 Pavilhão da Festa na Baixa 2009, Avenida dos Aliados, Porto.

Mas a proposta de desenho de uma escola foi inviabilizado entretanto, antes de mais porque não se queria um projecto abstracto e inexequível, e ainda

1 A princípio havia a intenção de desenhar uma escola de música e, assim, justificar e testar a busca teórica das questões relacionadas especificamente com espaços para a prática musical, e uma escola no lugar de um espaço de espectáculos porque embora neste as condições sejam por norma mais exigentes, naquele são mais especificas e variadas as necessidades espaciais ligadas à prática musical, desde a sala para estudo individual até à sala de espectáculos.



• 4 Desenhos de processo do projecto.

porque, propondo algo num contexto real (e num diálogo com a instituição/cliente), as hipóteses mais pertinentes foram impossibilitadas.

O Conservatório de Música do Porto transferiu-se e renovou-se com o projecto de conversão do arquitecto Manuel Fernandes Sá em 2009 para a Escola Secundária Rodrigues de Freitas (Marques da Silva, 1933) e na Escola Superior de Música e das Artes do Espectáculo (ESMAE) — Escola Normal, Porto 1883, reabilitado por Filipe Oliveira Dias em 1996 —, as necessidades mais prementes, sendo imensas, estão no entanto relacionadas com as instalações para Produção Áudio e para o curso de Teatro e não tanto com as salas para a prática musical, salas de aula ou de estudo[2].

Propõe-se então o projecto de um edifício mais pequeno e de carácter temporário, mas onde as mesmas questões possam ser estudadas. A oportunidade permite, ao mesmo tempo, questionar o espaço público, uma investigação em torno do conceito de *coreto* e da contemporânea concepção/ideia de ocupação/intervenção artística-musical no espaço da cidade.

Cruzam-se as duas opções diferentes, de prática em espaço aberto ou fechado, encontra-se um programa possivelmente comum, um cliente hipotético — afinal tão real —, é exequível, e para o ser, o projecto estende-se até ao mínimo detalhe.

Decidiu chamar-se-lhe, entretanto, Caixa de Música, e esta designação aparecerá ao longo dos capítulos seguintes.

2 Em entrevista com o Arqº José Prata e o Engº Octávio Inácio, docentes na ESMAE, em 4 de Novembro de 2009.

2.1
UM PROGRAMA ESPECÍFICO PARA UM CLIENTE GENÉRICO

Encontrada a intenção de projecto, é necessário esclarecer algumas questões que delimitem o campo de trabalho: encontrar o cliente, definir um programa, tornar a proposta exequível.

O projecto desenvolve-se sem o contacto com o cliente, contudo é a percepção da sua existência, ainda que hipotética, que nos ajuda a definir as variáveis que se seguirão.

DO ORPHEON PARA A CASA DA MÚSICA: AS INSTITUIÇÕES PORTUENSES COMO COMPREENSÃO DE UMA REALIDADE

No Porto, a actividade musical foi sendo suportada por diferentes entidades, que coexistiram, se entrecruzaram, umas extintas, outras recém-nascidas, acompanhando as mudanças que a música e o contexto da sua prática foram sofrendo. Durante os últimos dois séculos algumas entidades se destacaram nesta 'dança' musicada.

"Pela acção das sociedade de concertos, como o Orpheon Portuense e o Círculo de Cultura Musical, o Porto passará a acolher regularmente grandes orquestras e solistas mundiais"[1].

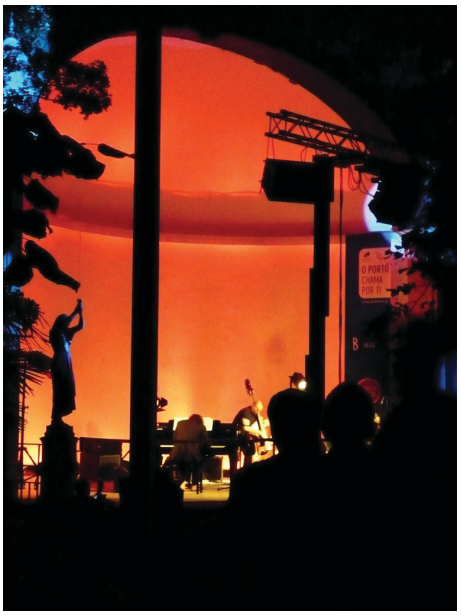
Ao nível da formação, a fundação do Conservatório de Música do Porto, em 1917, "dará um contributo sem precedentes à vida musical"[2], construindo uma base formativa que se completará já no fim do século xx com o ensino superior na Escola Superior de Música e Artes do Espectáculo[3].

"Os paradigmas sociais de riqueza, de diversão, de educação e de cultura sofrerão profundas transformações ao longo do século xx. As mudanças políticas terão repercussões ao nível da actividade musical, e inclusive, no que diz respeito aos espaços a ela associados. (…) Nesta nova realidade, a música popular atrai números inauditos de público e necessita de grandes espaços ao ar livre para concertos que atraem dezenas de milhares de espectadores. Tudo se redimensiona (…) a música, no seu estatuto, ganhará atributos de cidadania, de formação e integração cívica, deixando para trás o mero estatuto de diversão lúdica"[4].

A Casa da Música nasce, o edifício com projecto de Rem Koolhas (2005), no virar do século entre o xx e o actual xxi e constitui-se como o primeiro edifício construído na cidade especificamente dedicado no seu projecto à Música.

1 LIBERAL, Ana Maria; PEREIRA, Rui; ANDRADE, Sérgio C.; *Casas da Música no Porto: para a história da cidade — 1º volume: Séculos xviii e xix*; Fundação Casa da Música; Porto; 2009; página 151.
2 *ibidem*.
3 A ESMAE, instituída em 1994, resultou da extinção da Escola Superior de Música, criada em 1985.
4 LIBERAL *et. al.*; *op. cit.*; página 151.









• 5 Cartaz para os Concertos Blanch, Palácio de Cristal, 1917.
• 6 Bernardo Sassetti Trio, Porto Blue Jazz 2009, Concha Acústica do Palácio de Cristal, 2009.
• 7 Festa Na Baixa 2010, Praça Carlos Alberto, Porto.
• 8 B Fachada, (perto de) Vale de Algoso 2010.

As grandes cidades estão superpovoadas de eventos ambulantes e provisórios. Mas também ao olhar para fora destas, e até à mais pequena escala, se encontram tantas outras possibilidades.

Com uma intensa e diária programação musical que se estende pelos vários campos estilísticos, movimenta os espaços de espectáculo mas também outros, dentro e fora de portas.

As instituições ligadas ao ensino e a prática musical encontram-se entre nós com amplo reconhecimento hoje, como à época. E os exemplos em que a sua prática extravasa os muros da instituição são constantes. Uma breve recensão pelas agendas de programação das instituições permite constatar quão recorrente e habitual é.

Tanto o Conservatório de Música do Porto como a ESMAE desenvolvem com relativa frequência apresentações públicas em outros espaços, como a Casa da Música ou no café-concerto do Centro Comercial Stop.

A 'Orquestra Sinfónica do Porto — Casa da Música' programou um conjunto de concertos nas escolas da cidade[5], e a propósito do Festival Suggia, a Casa da Música promoveu, no fim de 2010, eventos fora de portas com os recitais de violoncelo nos cafés da baixa portuense[6].

Além das instituições portuenses já referidas e as diversas salas de espectáculo existentes com programa regular, registe-se ainda as estruturas que são usadas ou construídas ocasionalmente, todos os anos para o Serralves em Festa, para os diversos festivais nos jardins do Palácio de Cristal — as Noites Ritual e o Blue Jazz — e que dão uso à Concha Acústica ali presente, em cada freguesia do Porto durante as festas populares do São João, ou acontecimentos pontuais na Rua da Galeria de Paris, na Avenida dos Aliados ou outras ruas da Baixa Portuense.

O CORETO, LEGADO OITOCENTISTA, E NOVAS ESTRUTURAS PARA PRÁTICA MUSICAL EM ESPAÇO PÚBLICO

Por outro lado, no espaço urbano encontramos ainda, mas cada vez menos e menos usadas, estruturas reflexo de uma prática, aberta, social e urbana, da música no passado: o coreto.

A música ao ar livre encontrou nos meados do século XVIII o seu "expoente máximo de requinte na Europa"[7], quer ao nível da qualidade das composições musicais, quer ao nível da sofisticação na produção de eventos e os coretos são o palco por excelência para concertos ao ar livre. A sua característica principal, relativamente a outros palcos, é o facto de serem abertos em toda a volta, podendo juntar público em redor.

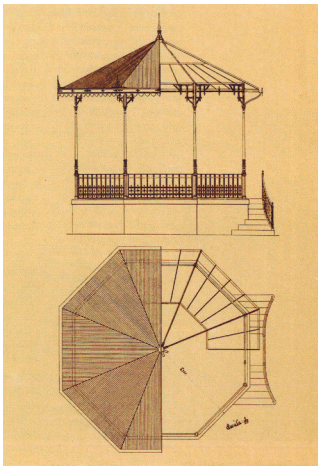
Inicialmente com um carácter móvel, montados para ocasiões especiais e posteriormente transportados a outro local — coretos volante —, passaram depois a ser integrados em espaços ajardinados, de lazer, abertos ao público, ou em praças para grandes eventos, proliferando no tempo em que as cidades europeias sofrem grandes remodelações urbanísticas.

No Porto eles surgem na renovação urbanística que a cidade sofre em Oito-

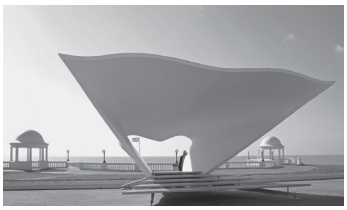
5 "NOVEMBRO, ESCOLAS DO PORTO, Philip Pickett direcção musical; excertos de: Henry Purcell Suite de Dido e Eneias, G. F. Haendel Suite de Música aquática, F. J. Haydn Sinfonia nº 104, Londres" in *Casa da Música* (site). Disponível em www.casadamusica.pt; consultado em 20 de Setembro de 2010.

6 "No século XIX e até meados do século XX os cafés do Porto, muitos dos quais já desaparecidos, foram um local privilegiado de animação musical, contando mesmo com a actuação regular de alguns dos maiores músicos desse tempo". *Agenda Casa da Música*; Casa da Música; Porto; Outubro de 2010; página 15.

7 LIBERAL *et. al.*; *op. cit.*; página 141.







• 9 Desenhos do Coreto do Passeio Alegre, Porto.
• 10 Coreto da Cordoaria, Porto.
• 11 *De La Warr Pavilion Bandstand* , East Sussex 2001.

centos, com a abertura de novas e importantes ruas, praças e jardins. "A animação destes foi uma preocupação constante(…) e a música mereceu um lugar de destaque. Aos poucos, os jardins do Porto foram ganhando mobiliário urbano, nomeadamente os coretos fixos"[8].

> *"O pavilhão* [o coreto do jardim de São Lázaro] *é de bom efeito e muito mais elegante que o da Cordoaria. Sobre a respectiva base de pedra assentam oito colunas de ferro, nas quais se apoia a cobertura em forma cónica, terminando por uma agulha. A cobertura é de zinco canelado e em toda a extensão da sua base corre um rendilhado de ferro fundido"*[9]

> *"De entre estes coretos Oitocentistas, os da Cordoaria e do Marquês gozavam da fama de ter melhor acústica. No repertório das bandas que nele tocavam eram muito comuns as marchas militares, as rapsódias de temas populares, os temas das touradas e os mais diversos ritmos de dança. A música de baile era também frequente e muitas pessoas dançavam com passos cuidados para não levantar o pó."*[10]

Actualmente, estas estruturas enquanto centro privilegiado do espectáculo em espaço público foram substituídas por estruturas de palco desmontáveis. Perderam o cuidado do desenho daqueles, "a forma que hoje lhes conhecemos por via do gosto pelo orientalismo"[11], insistindo mais na facilidade de montagem e na sua função estrutural, do suporte dos sistemas de apoio ao espectáculo, de iluminação e amplificação electroacústica de sinal sonoro, qual torre de cena sem teatro.

Se as principais cidades estão cada vez melhor dotadas das instalações necessárias para a prática de música e apresentação de espectáculos musicais, tam-

8 *idem*; página 143.
9 *O commercio do Porto*; 28 de Maio de 1873. Citado em LIBERAL *et. al.*; *op. cit.*; página 146.
10 LIBERAL *et. al.*; *op. cit.*; página 149.
11 *idem*; página 142.

bém é verdade que muitas vezes não se encontram no local onde se pretende praticar determinado evento, ou, por outro lado, limitaria o acesso à cultura musical se a sua prática estivesse confinada a estes espaços de prática (estudo/ espectáculo). O mesmo se aplica, em maior prejuízo, quando alargamos esta apreciação a cidades periféricas ou meios urbanos mais pequenos.

Esta prática 'periférica' é por norma uma prática ao ar livre, pública, aberta, é habitualmente praticada em palcos desmontáveis, estruturas efémeras, de carácter provisório, sem garantias de qualidade acústica ou arquitectónica, tantas vezes desculpável pelo seu carácter efémero.

O CLIENTE E O PROGRAMA

Para o projecto que se propõe, encontre-se então o cliente nas câmaras municipais, ou nas escolas e casas da música para a extensão temporária das instituições, para a prática 'fora de portas'[12]. Leva-se assim a música e o seu ensino onde não existem estruturas adequadas, e dotam-se as cidades e o território de uma sala móvel adequada à apresentação e usufruto musical com condições de excelência, acústica, mas não só.

Perante este cliente genérico e impreciso, o projecto apresenta-se com um programa e uma forma específica.[13] Pretende-se centrar o programa nestas actividades efémeras e móveis, numa tentativa de concentrar diferentes disposições possíveis num mesmo edifício 'mutante'.

Entende-se, para tal, que a proposta estará programaticamente apoiada num binómio espectáculo-estudo. Propõe-se o desenho de um edifício que seja simultaneamente 'sala' e 'palco', que seja espaço de apresentação pública e aberta, mas também fechado, de ensino e ensaio.

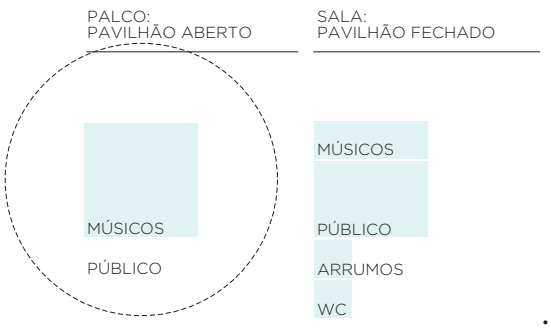
O pavilhão, enquanto 'palco', deve ser provido de uma estrutura aberta, para apresentação pública em concertos, coberta ou descoberta. O público no exterior, os artistas no seu interior, e o construído como potenciador dessa relação, visual e acústica. A sua formalização pretende-se mutável, a possibilidade do público rodear os artistas deve ser hipótese, assim como também a de o espectáculo ter uma orientação unidireccional, um sentido principal.

Enquanto 'sala', ele deve por sua vez fechar-se num espaço interior, acusticamente isolado ao exterior, dedicado a pequenos concertos e essencialmente à prática enquanto ensino/ estudo, seja ele de carácter individual ou em grupo, ou para *workshops*.

---

12 Poder-se-ia também propôr a sua propriedade pública e cedência para uma ocupação temporária e gratuita a quem ali pudesse fruir/ensinar/aprender, e retribuindo musicalmente, proposta esta que extravaza os limites do trabalho que aqui nos propomos investigar e porventura demasiado *idealista* num tempo e sociedade presentes.

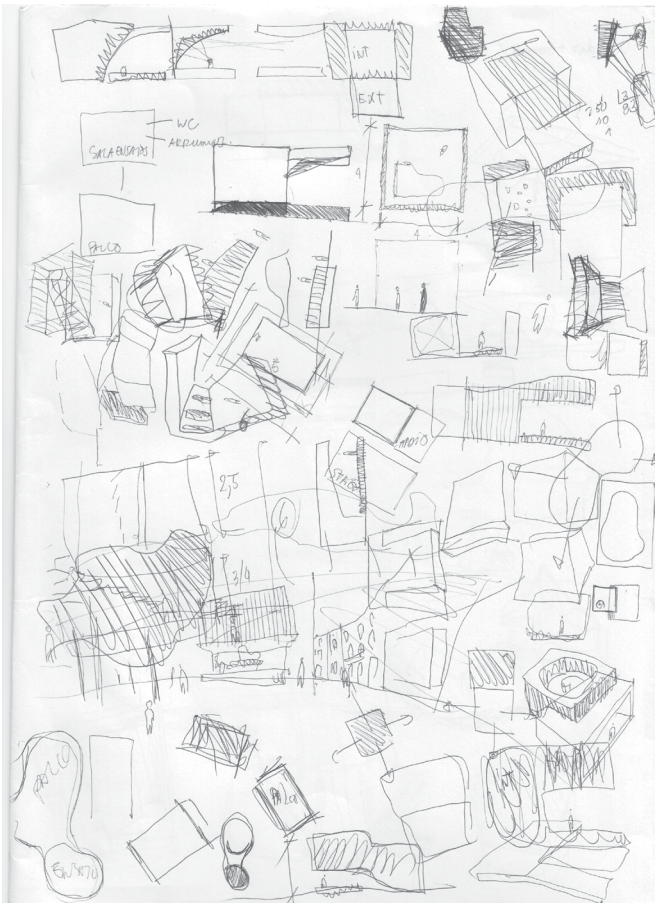
13 O título deste capítulo é uma apropriação (adaptada) do título do livro *Projectos Específicos para um Cliente Genérico*, de Pedro Bandeira. Apresenta-se, como esclarecimento, a sinopse do livro: "Projectos Específicos para um Cliente Genérico são isso mesmo. Imagens de ideias e propostas de transformação desenhadas especificamente para usar por quem quiser, pondo em evidência o carácter político da produção arquitectónica, seja pela vertente da responsabilidade social (para lá da disciplina), seja pela vertente do poder mediático das imagens (como produção cultural), seja finalmente pelas estratégias do investimento e da aplicação do capital (como construção). Consubstanciados em imagens que são construções, operam ao nível da imaginação apresentando soluções a uma primeira vista desconexas, porque ilógicas ou inúteis. Talvez demonstrem que o discurso disciplinar da arquitectura é mais amplo do que nos querem fazer parecer e que não pode ficar fechado sobre si próprio, sob pena de perder a percepção do mundo." BANDEIRA, Pedro; *Projectos Específicos para um Cliente Genérico*; Dafne Editora; 2006.

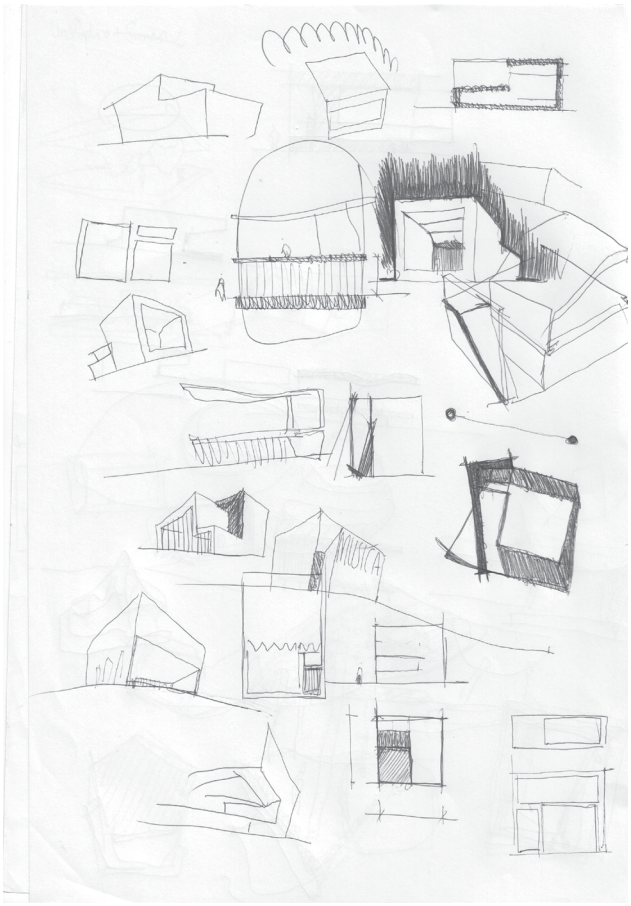


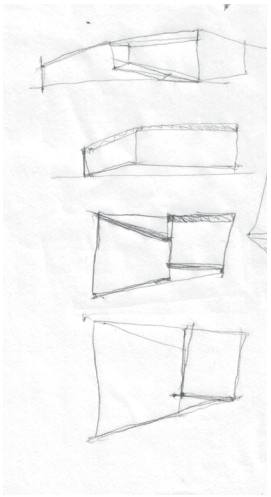
• 12 Organograma/ estudo do Programa.

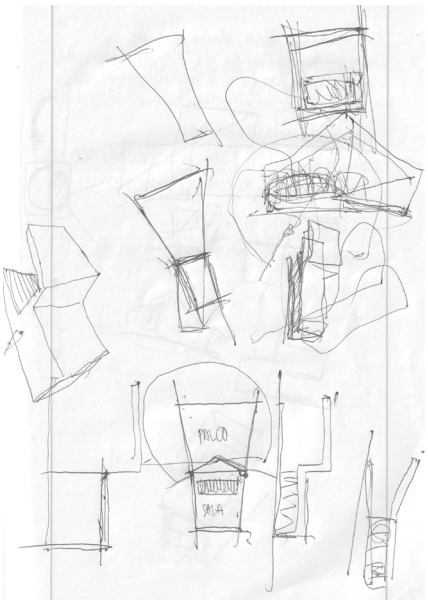
Estes espaços, especialmente face à hipótese funcional do seu uso de forma isolada e sem qualquer contacto a outro edifício externo como apoio, exigem a presença de espaços e infraestruturas fundamentais para a sua autonomia. Como tal, deve prover-se o edifício de um espaço de transição entre o exterior e o espaço sensível da sala, de outro para arrumos e de instalações sanitárias, infraestruturadas de modo a ser independente da rede pública de abastecimento de água.

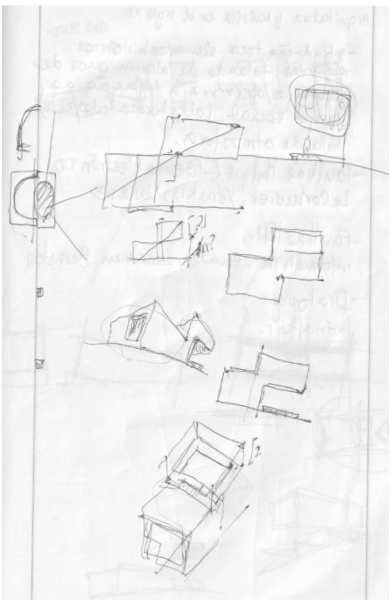
O processo de desenho de projecto inicia-se neste momento, após a definição de uma intenção, um programa e o lugar, neste caso a sua transitoriedade.

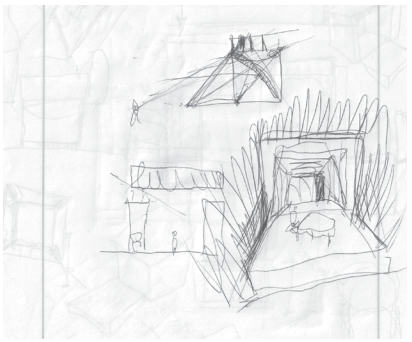

INT
EXT
WC
SALA ESPERA
PALCO
MOVIS
ESCENA

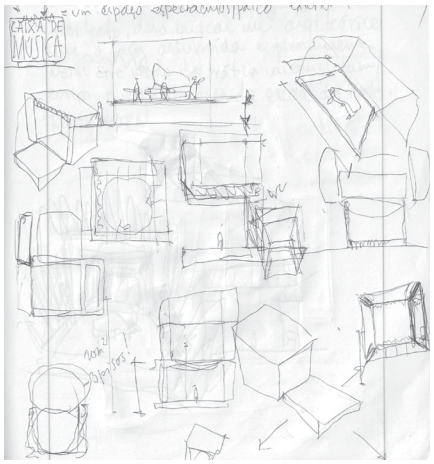

MUSICA

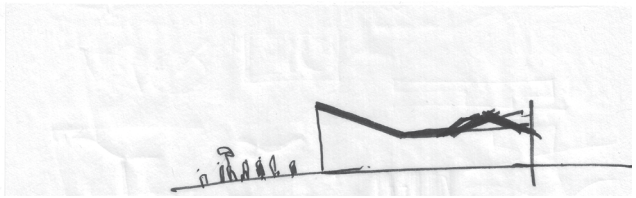


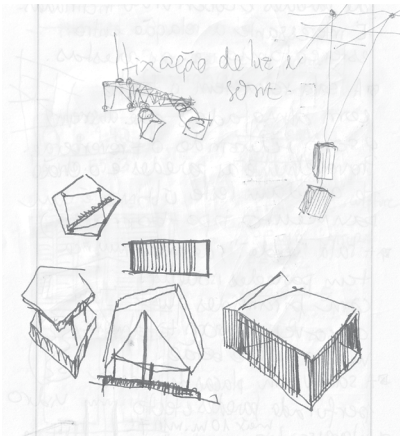

PALCO
SALA

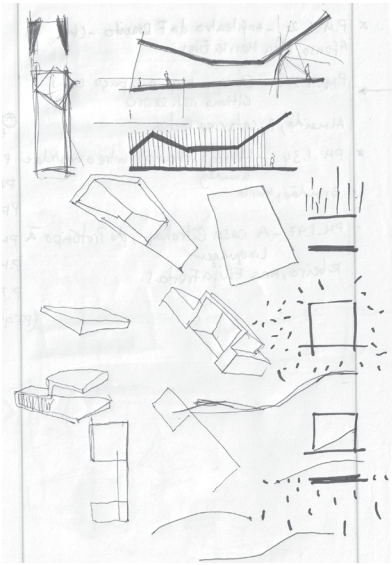


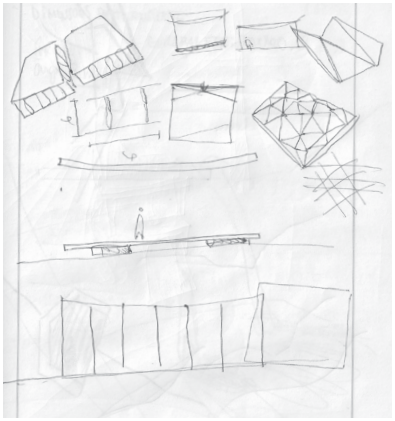




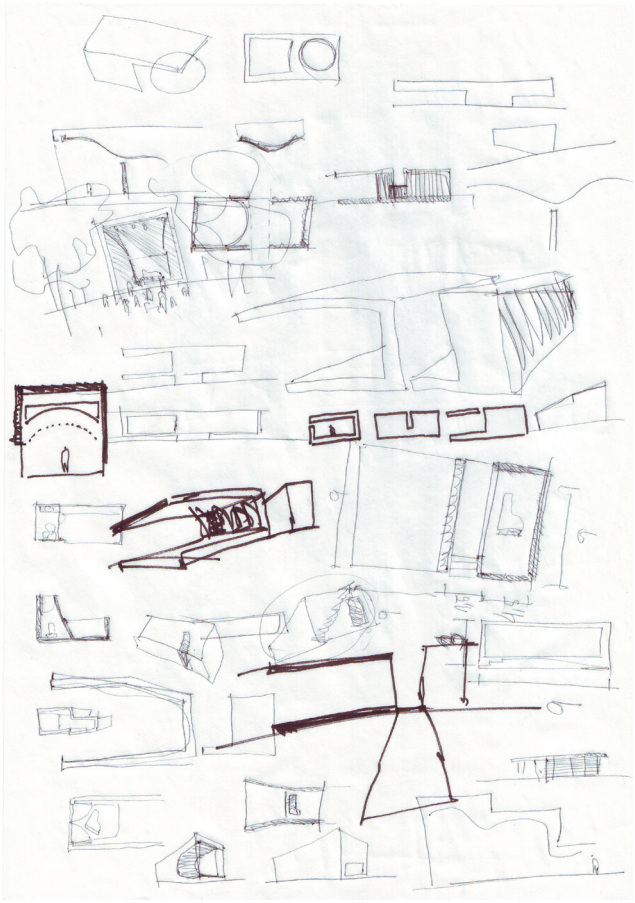


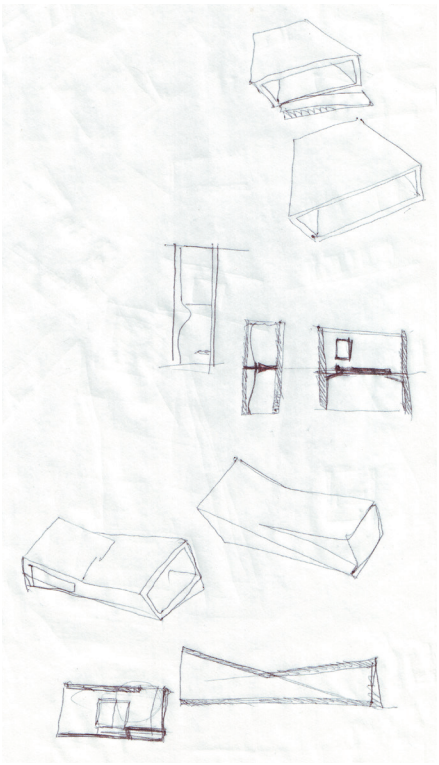


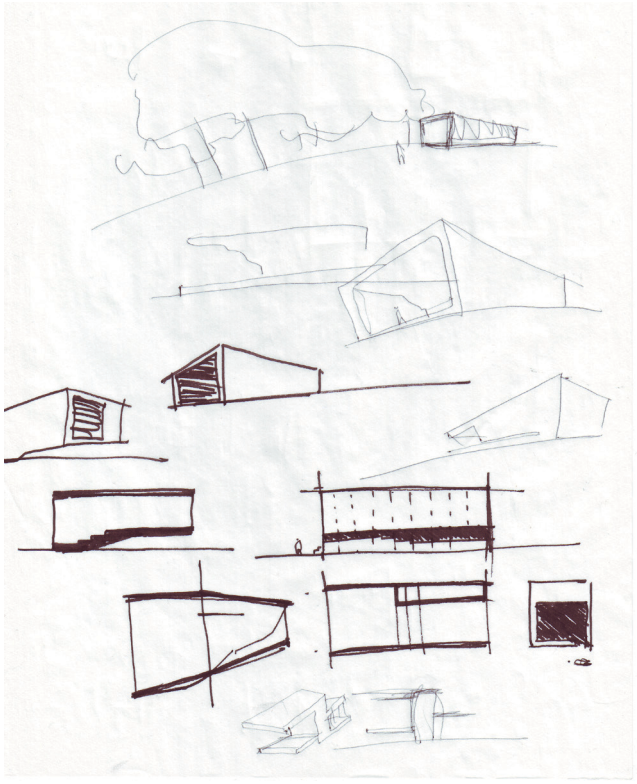


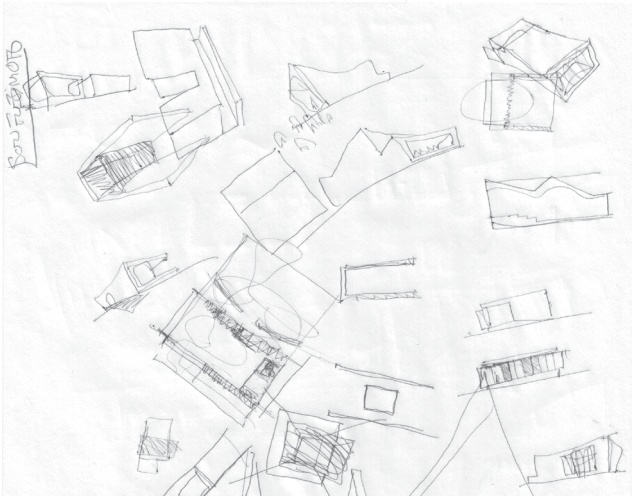


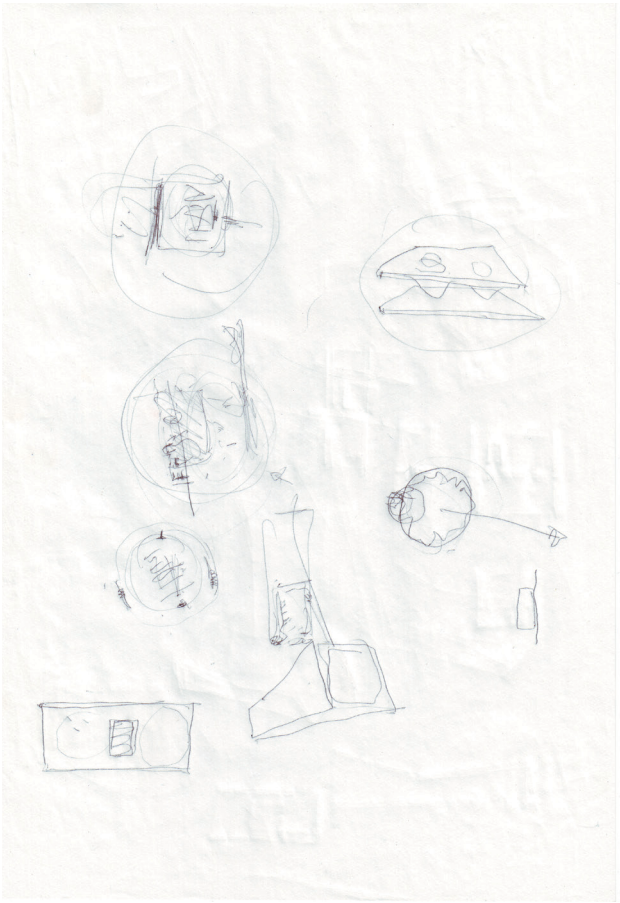
• 13 Desenhos de estudo iniciais. Procura formal e de articulação programática.

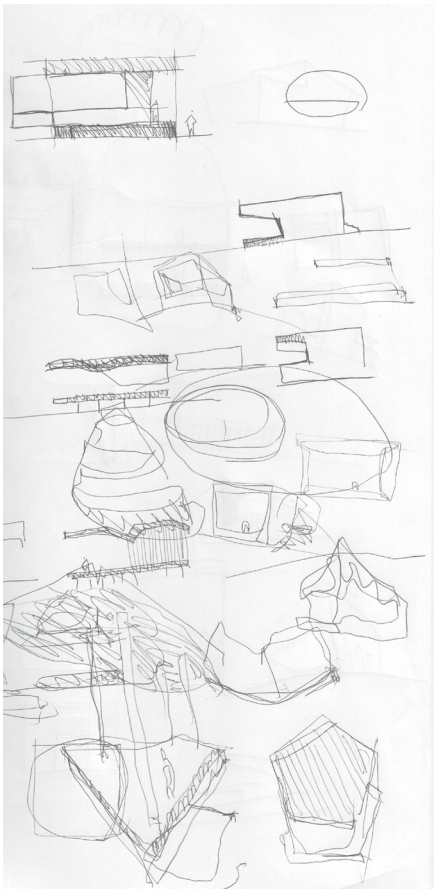


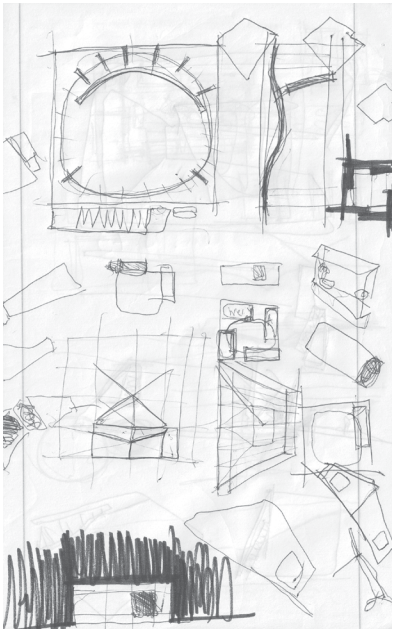




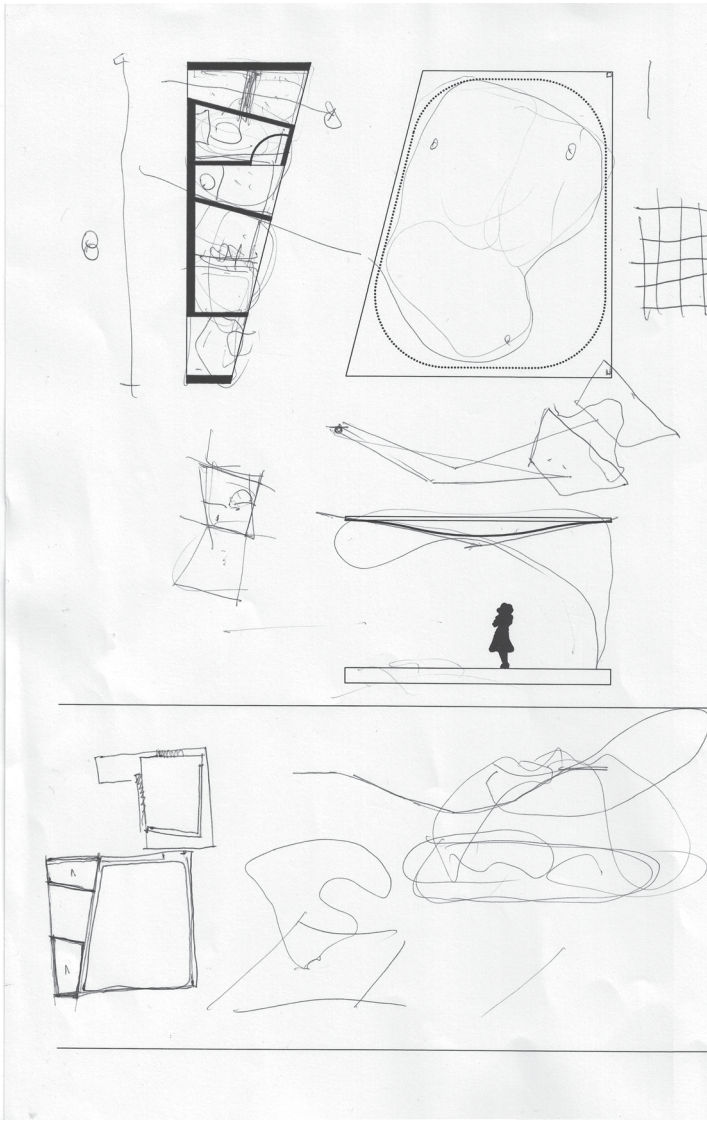


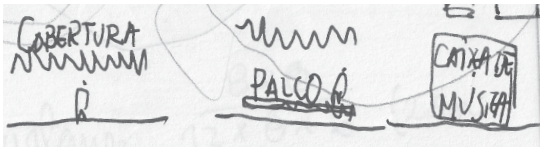


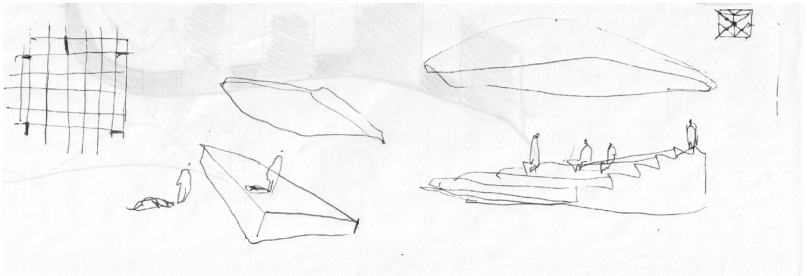


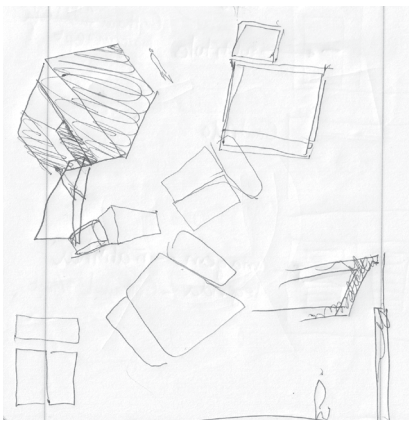


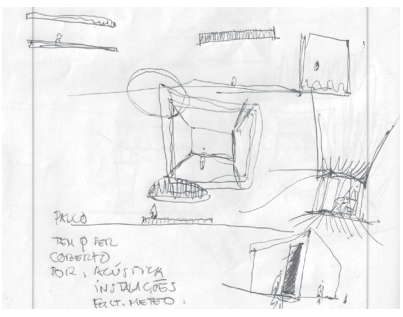
• 14 Desenhos de estudo iniciais. Procura formal e de articulação programática.

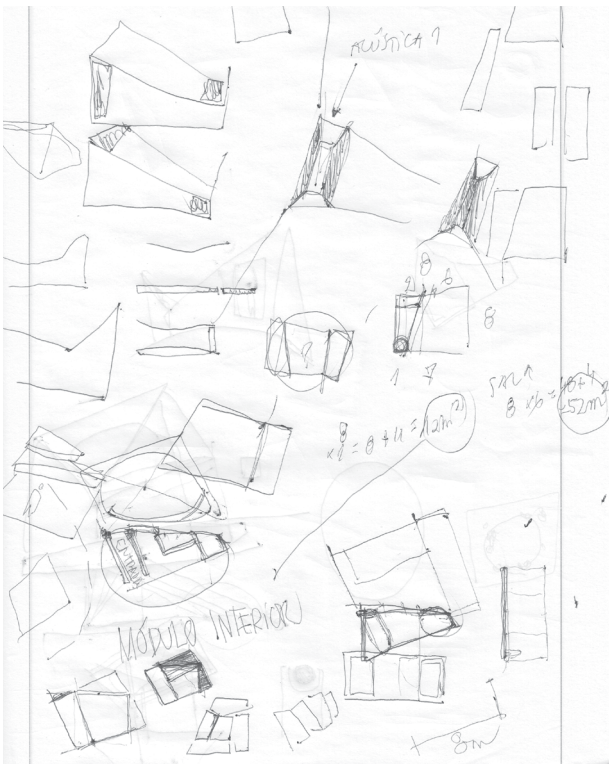


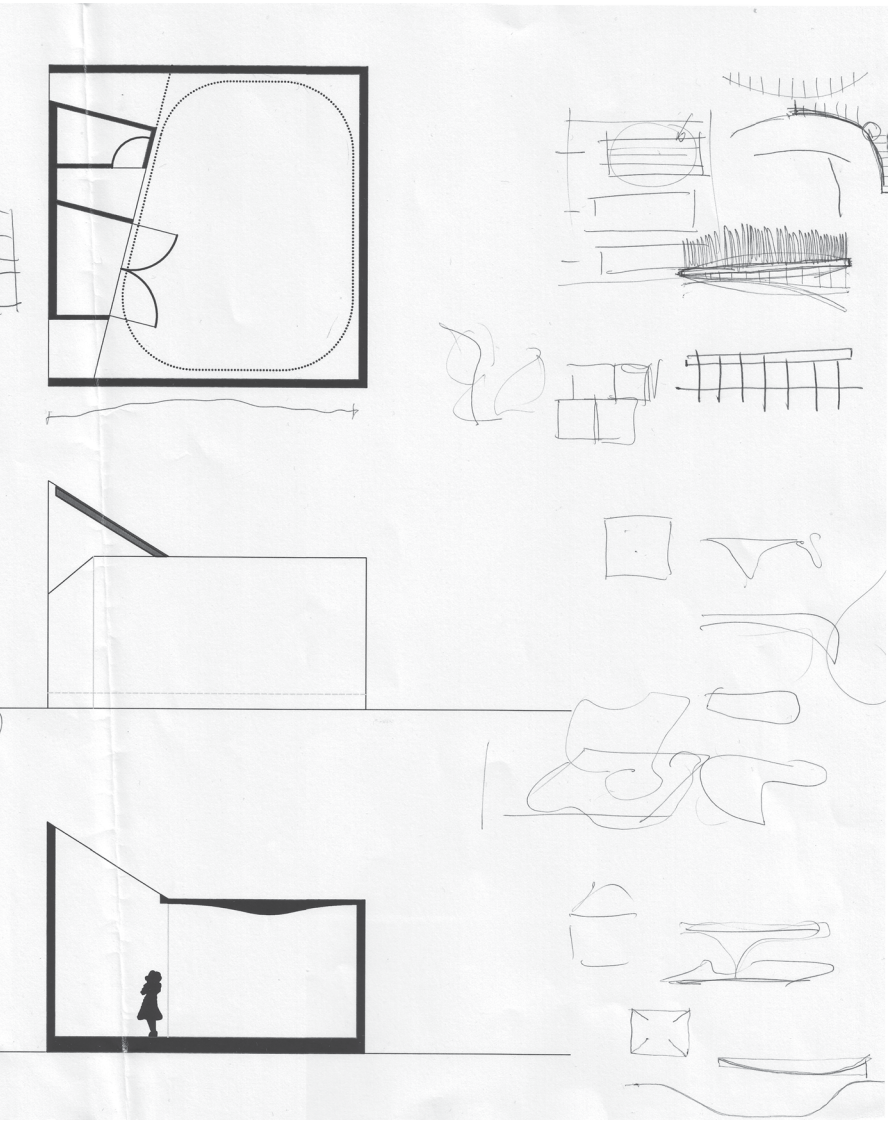

COBERTURA
PALCO
CAIXA DE MUSICA

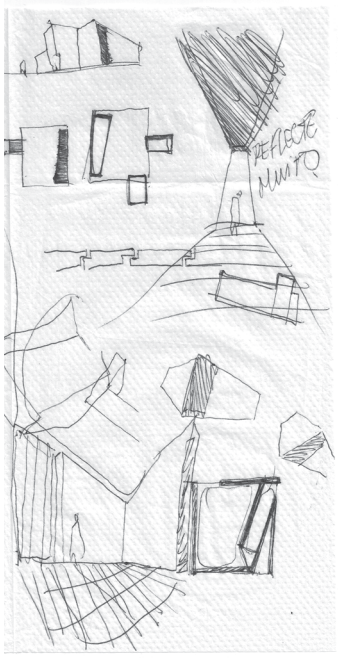


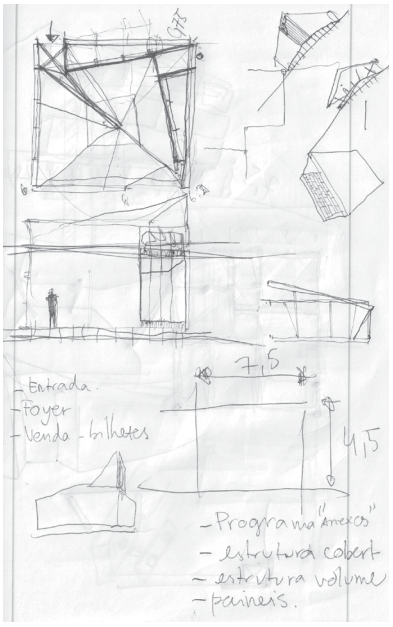


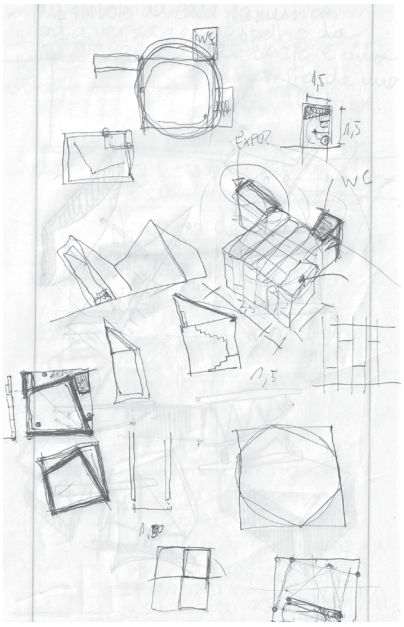

PALCO
TEM O PERF
CORRETO
POR . ACÚSTICA
INSTALAÇÕES
ELET. METEO


ACÚSTICA ?
MÓDULO INTERIOR









• 15 Desenhos de estudo. O quadrado como planta e a aproximação à forma final.

2.2
FIRMITAS: PROJECTO EFÉMERO OU ETERNO PASSAGEIRO

Interessa-nos neste capítulo esclarecer algumas questões em torno de duas inter-relacionadas condições de transitoriedade: no espaço e no tempo, isto é, entre 'firme'/ 'em trânsito' e entre 'efémero'/ 'perene'.

Ao longo da nossa formação como arquitecto, o lugar de projecto toma sempre uma importante presença, desde logo como inalienável parte e condicionante do projecto a realizar[1]. Escrevia Fernando Távora, delineador fundamental deste pensamento que da 'Escola do Porto' herdamos, que "tudo tem importância na organização do espaço — as formas em si, a relação entre elas, o espaço que as limita — e esta verdade que resulta de o espaço ser contínuo anda muito esquecida"[2].

Mas, como foi antes referido, propõe-se neste trabalho construir um edifício sem lugar predeterminado ou permanente, desmontável e transportável. A proposta de um edifício com tal características desenquadra-se daquele processo formativo, em que o contexto/ lugar tem um papel importantíssimo, preponderante no percurso criador, como limite, influência e inspiração, premissas pouco explicitamente contempladas agora.

Aqui, o lugar é, por opção, desconhecido, não definido. Mas é importante que se esclareça: nunca negligenciado — "A circunstância é tão fundamental para a definição da forma como a água é indispensável para a vida do peixe"[3] —, do mesmo modo que sucede nos exemplos que se explicam.

PERENIDADE NO TEMPO PROVISÓRIO E NO LUGAR TRANSITÓRIO

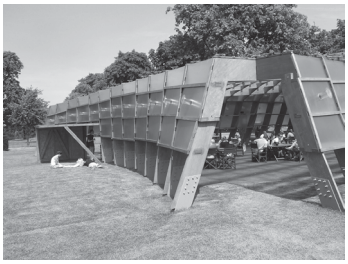
Muito embora mais liberto de algumas condicionantes que estariam necessariamente presentes caso fosse uma construção 'permanente', o projecto de Álvaro Siza Vieira e Eduardo Souto Moura para o Pavilhão de Verão da Serpentine Gallery (Londres, 2005), é exemplo dessa influência/ diálogo num projecto de construção temporária. "Um pavilhão é geralmente um edifício isolado, mas com este local sentimos que devíamos manter uma relação com a galeria e as árvores, e estas foram o princípio da ideia"[4].

1 Na FAUP, esse lugar foi sempre dado como adquirido por nós alunos, seleccionado *à priori* pelos professores das cadeiras de Projecto; quando na Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Praga, foi-me possível desenvolver um processo anterior, o da selecção do mais adequado lugar para situar um determinado projecto, enquanto serviço/ parte integrante de uma cidade, de um esquema urbano, de uma malha de comunicações e uma rede de influências e proximidades aos utentes, aos cidadãos a servir.

2 TÁVORA, Fernando; *Da Organização do Espaço*; Faup Publicações; Porto; 2004; página 18.

3 TÁVORA; *op. cit.*; página 22.

4 ÁLVARO SIZA VIEIRA. Citado em ROSE, Steve; "Animal Magic" in *The Guardian* (site); 27 de Junho de 2005. Disponível em www.guardian.co.uk; consultado em 8 de Julho de 2011.





• 16 Siza Vieira e Souto Moura, *Serpentine Gallery Summer Pavilion*, London 2005.
• 17 Siza Vieira e Souto Moura, Pavilhão de Portugal, Hannover 2000/ Coimbra 2003.

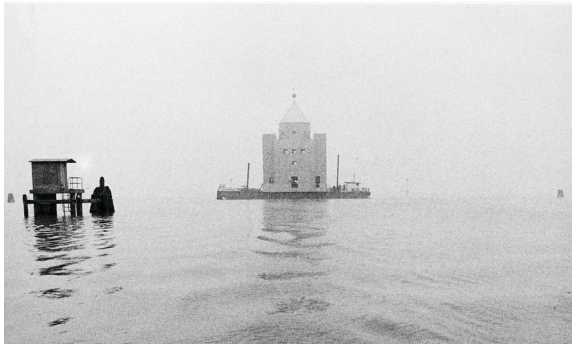
Por outro lado, o Pavilhão de Portugal na Exposição de Hannover de 2000, dos mesmos arquitectos, será provavelmente dos poucos exemplos da 'Escola do Porto' de um edifício temporário, sem influência directa do lugar, pela sua inserção numa exposição mundial, espécie de tábua rasa, onde o projecto se inicia sem o contexto em que irá permanecer, primeiro pelo desconhecimento dos restantes pavilhões, depois pela sua reedificação em Coimbra (2003).

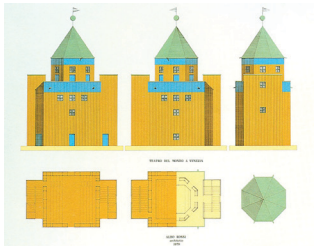
> *O edifício foi feito no meio dessas típicas feiras internacionais, não como a de Lisboa, em que havia um plano e um propósito de transformar a área numa nova zona urbana, mas sim como uma Expo de pavilhões para desmontar, um amontoado de coisas com as mais diferentes expressões, umas interessantes, outras desinteressantes. Não havia, portanto, qualquer relacionamento contextual planeado neste caso. Como tal, é um pavilhão independente, instalado agora dentro de um parque, em Coimbra. Aliás, foi de raiz um pavilhão dentro de um parque, só que, de início, o parque era um amontoado de outros pavilhões.*[5]

Mas importa aqui olhar ainda um projecto desenhado especificamente para uma permanência temporária e móvel, 'objecto' sem lugar ou com a infinidade dos múltiplos lugares possíveis?

O projecto de Aldo Rossi para o *Teatro del Mondo* (Veneza, 1979) viaja numa barca pela *Laguna Veneta* e pelo *Canal Grande*, contexto a lembrar os concertos de Música Aquática (de Händel) ou a tradição portuense das "fúrias do rio"[6].

A condição do trabalho, do projecto, não implicava um lugar estático — a água — e a condição de projecto previa a sua destruição no fim da *Bienale*. E se





• 18
• 19 Aldo Rossi, Teatro del Mondo, Veneza 1979.

5 VIEIRA, Álvaro Siza; "Testemunhos sobre projectos para museus e espaços expositivos" in *Álvaro Siza: Expor — Projectos para museus e espaços de exposição* (Programa de exposição); Museu Serralves; Porto; Abril/Junho 2005.
6 LIBERAL, Ana Maria; PEREIRA, Rui; ANDRADE, Sérgio C.; *Casas da Música no Porto: para a história da cidade — 1º volume: Séculos XVIII e XIX*; Fundação Casa da Música; Porto; 2009; página 141.

o projecto é temporário, a sua concepção espacial não o é, pelos seus valores de permanência que guiam o seu trabalho, pela efectividade dos materiais e de um contexto específico que se respeita — Veneza.

> *O teatro, em que a arquitectura serve como eventual pano de fundo, um cenário, um edifício que pode ser calculado e transformado em medidas e materiais concretos de uma sensação muitas vezes fugaz, foi sempre uma das minhas paixões.* Aldo Rossi[7]

Rossi faz arquitectura provisória e não efémera. Pelos arquétipos formais históricos, pelo contexto que em movimento é específico, pelo recurso à madeira — numa referência às fundações da cidade de Veneza[8], as estacas de madeira são um garante da permanência da cidade construída.

Além de mais, a importância que o Teatro ocupa na obra de Rossi, e o seu lugar na História da Arquitectura do século xx, expõem precisamente o carácter antagónico do edifício: temporário na sua existência construída, mas não no seu projecto e espaço desenhados, eternizados nos desenhos e na fotografia.

FENÓMENOS DE OCUPAÇÃO TEMPORÁRIA DA CIDADE

A cidade e o seu espaço público saberá lidar adequadamente com a ocupação temporária de um edifício em trânsito que se sobrepõe à utilização planeada. A sua definição por edifícios com um carácter perene — salvaguardadas as limitações humanas do conceito de perenidade/ eternidade[9] — e cuja construção, planeada, propõe o corpo do espaço urbano, o 'fazer cidade' comporta sempre a margem para o indefinido.

A apropriação pelos cidadãos é, ela própria, ocupação transitória e a presença de um corpo, estranho, mais ainda pela sua construção rápida e inespectavelmente esperada condiciona, influencia, criando tensões com o construído que logo, com a desmontagem, desaparecem sem cicatrizes físicas, ainda que deixem memória, presença no imaginário. Marcam um ponto concreto na história do lugar, provavelmente desvanecente pela curta presença, "temporários, fracos, errantes, voláteis, como os *post-its*(…) aparecem e desaparecem, não deixam rasto"[10].

Esclarecem-se assim os limites que a Caixa de Música toma enquanto projecto de arquitectura, o significado e dimensão da sua intervenção no espaço público, que se encontram no campo da construção de objectos arquitectónicos transitórios.

Compreende-se a natureza efémera, a transformabilidade e a obsolescência, planeada ou não, destes edifícios.

Compreende-se que a sua existência, ainda que pontue no espaço e no tem-

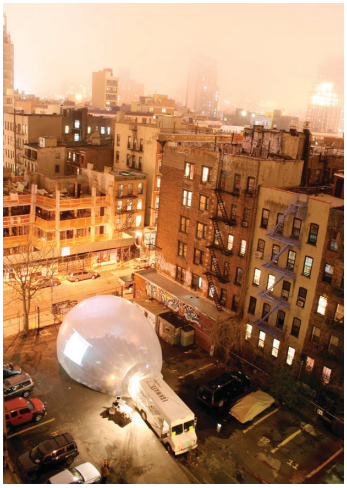
---

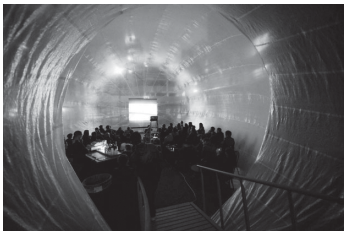
7 ALDO ROSSI. Citado em "Teatro del Mondo in Venice, Italy by Aldo Rossi, 1979" in *A Weekly dose of Architecture* (site); 8 de Fevereiro de 1999. Disponível em www.archidose.org; consultado em 20 de Abril de 2011.

8 "Teatro del Mondo in Venice, Italy by Aldo Rossi, 1979"; *op. cit*.

9 "Nada é permanente em arquitectura, nem as pirâmides, nem Stonehenge, nem São Paulo, trata-se de ciclos de tempo, neste caso ciclos de largo tempo". HATTON, Brian; "Intervista con Cedric Price" in *Lotus International* número 79; 1993.

10 GIOVANNI LA VARRA. Entrevistado em BAPTISTA, Luís Santiago; VENTOSA, Margarida; "Perspectivas Críticas — Arquitectos, Artistas, Docentes, Críticos e Comissários" in *Arqa: Produções Efémeras*, número 77; Janeiro/Fevereiro 2010; página 31.





• 20
• 21 Raumlabor, Spacebuster, New York 2008.

po o espaço urbano com um uso determinado, não pode ser entendida como modo de fazer cidade mas apenas como forma de apropriação do seu espaço urbano.

E uma vez que se propõe a mobilidade e a reconstrução do projecto construído, deparamo-nos assim com um conflito entre a perenidade do corpo construído e a efemeridade da sua utilização e existência, do espectáculo.

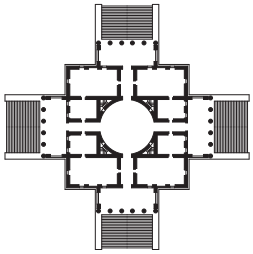
Entende-se então, neste ponto, que no nosso projecto, o conceito de efémero se cinge ao acontecimento/ evento, pelo facto de que a existência do edifício se apresenta como descontínua temporal e espacialmente.

Corpo que alberga e reproduz — não repete — a presença efémera do momento do evento, o objecto arquitectónico, por outro lado, persiste, apresenta-se como 'permanentemente em trânsito', isto é, em movimento e sem um fim temporalmente definido.

A FORMA PELA CIRCUNSTÂNCIA PROVISÓRIA

Ao propor-se um projecto que não ocupa definitivamente lugar algum e se assume como provisório em vários, é importante desde logo perceber de que modo se vai relacionar com os lugares desconhecidos que venha a ocupar.

Esta condição leva-nos neste momento a pensar como a sua volumetria se deverá produzir, se queremos responder de forma simples, para uma fácil contextualização ou inserção em situações diferentes.



• 22 Andrea Palladio, Villa Almerico Capra (La Rotonda).

Aqui, os modelos clássicos e os seus traçados reguladores serão inspiração clara e as formas 'puras' ou 'básicas' apresentam-se como óbvio caminho. Em planta, a circunferência, o triângulo, o quadrado, o pentágono,... formas centralizadas e a herança visual do coreto.

Pretende-se uma presença sensível — ao ainda desconhecido pela circunstância plural — e adaptável a diferentes contextos topográficos e isso estabelece duas premissas essenciais: o contacto físico com o terreno, que se esclarece aqui, e um permanente contacto sensorial com o ambiente que rodeia o projecto, de que se falará um capítulo à frente.

Toma-se então a decisão de não criar fundações. Ao fazê-lo ter-se-ia como consequências: 1 — a perturbação do local a ocupar temporariamente, danificando-o ou reduzindo as hipóteses de implantação pela necessidade de evitar danos permanentes/significativos, além de que a construção se tornaria mais trabalhosa e exigente em mão-de-obra; 2 — a ocupação tenderia em consequência a tornar-se *quasi* definitiva, ou pelo menos mais dilatada no tempo.

Podem pôr-se como hipóteses: praças, superfícies regulares, planas ou com ligeira pendente e geralmente em materiais duros, como lajeados de granito; podem ser em cubo ou micro-cubo, mais irregular, podem ser largos, e com maior pendente. Podem ser também jardins ou parques, superfícies não planas e muito irregulares, pavimentos moles, relvados ou terra batida.

Assim se encarou a busca do desenho da forma de assentamento, e escolheu-se que deveria permitir adaptar-se a estas variações possíveis, senão a todas, mas de forma muito abrangente.

É ao elevar do solo a estrutura de palco que se controla e absorve as ondulações topográficas, e os elementos a utilizar devem resolver da mesma forma, e de modo visualmente aprazível essas variações do terreno.

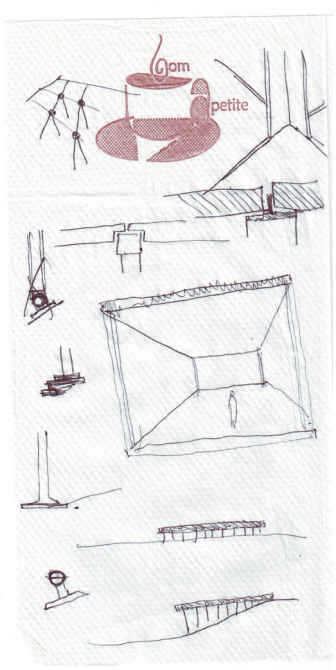
A opção pelo uso de pilotis/ estacas de altura variável foi a solução que desde logo se mostrou mais tentadora, ainda que de mais difícil relação com o restante desenho na definição de uma continuidade e unidade do conjunto.

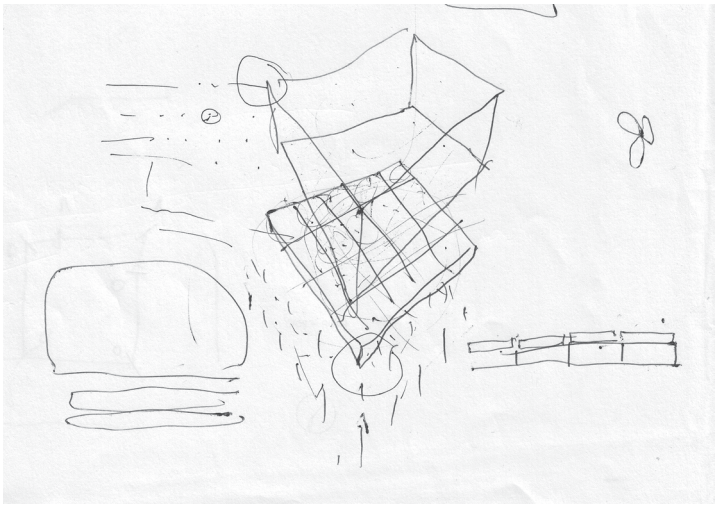
Desenham-se então as estacas metálicas — 96~120 conforme a configuração do pavilhão —, com 5 cm de diâmetro e uma base circular com 25 cm, que serão suporte do plano inferior do pavilhão e dos corpos do edifício, cuja forma se explica no capítulo seguinte. Distribuídas na métrica do pavilhão a cada 75 cm, elevam o edifício regularmente a 75 cm do solo, podendo esta distância variar entre 50 cm e um metro.

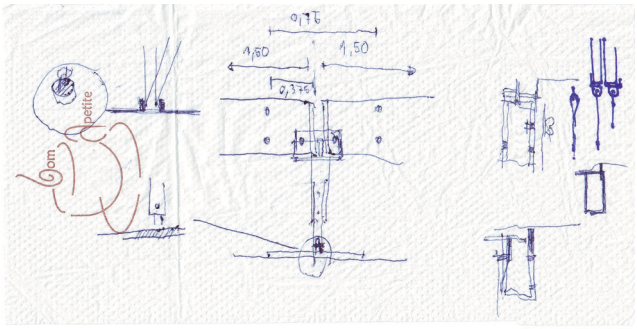


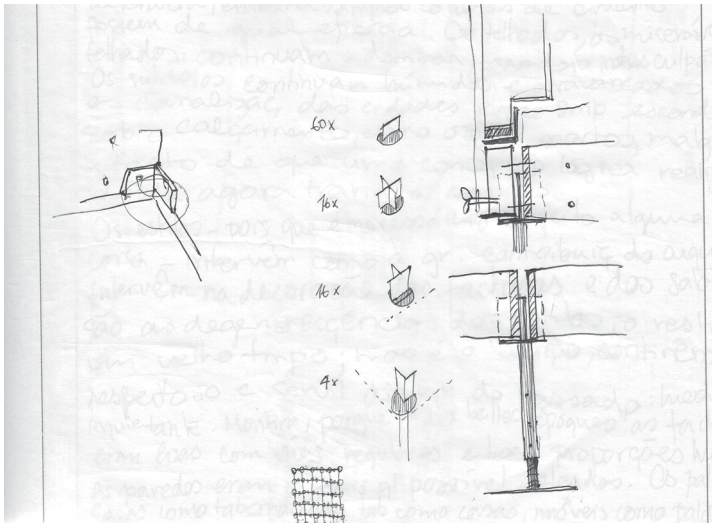


• 23 Studio Weave, *Freya's Cabin*, Northumberland 2009.
• 24 Mendes Ribeiro, Cenografia de Olga Roriz, A Sesta, 2000.

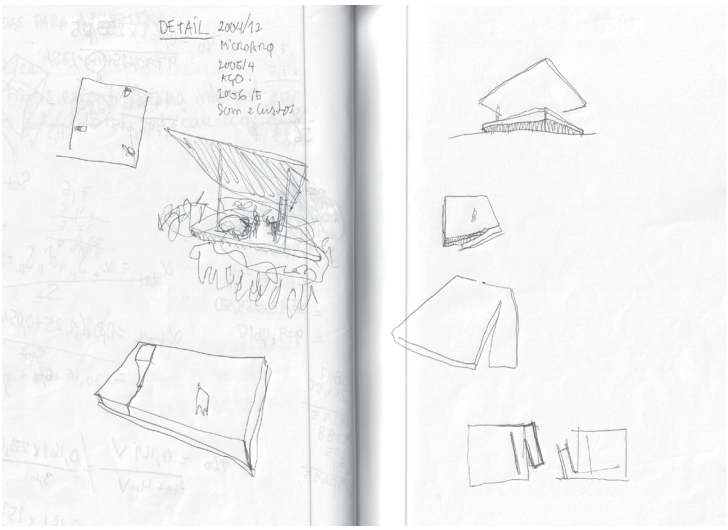


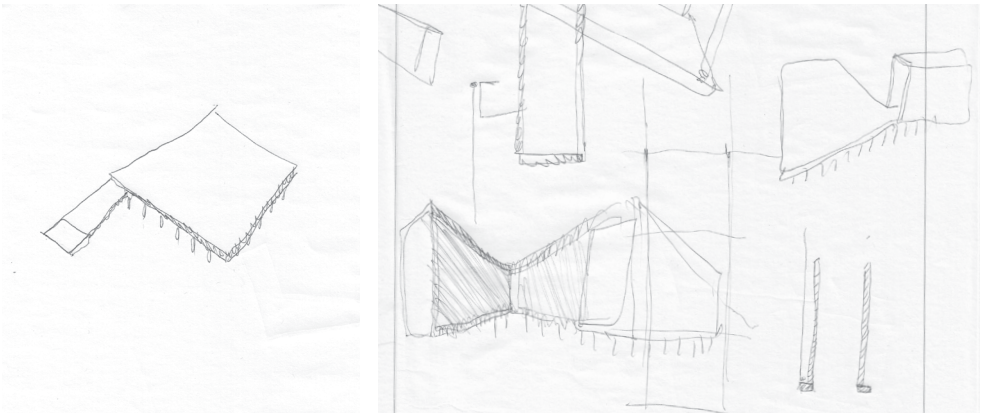


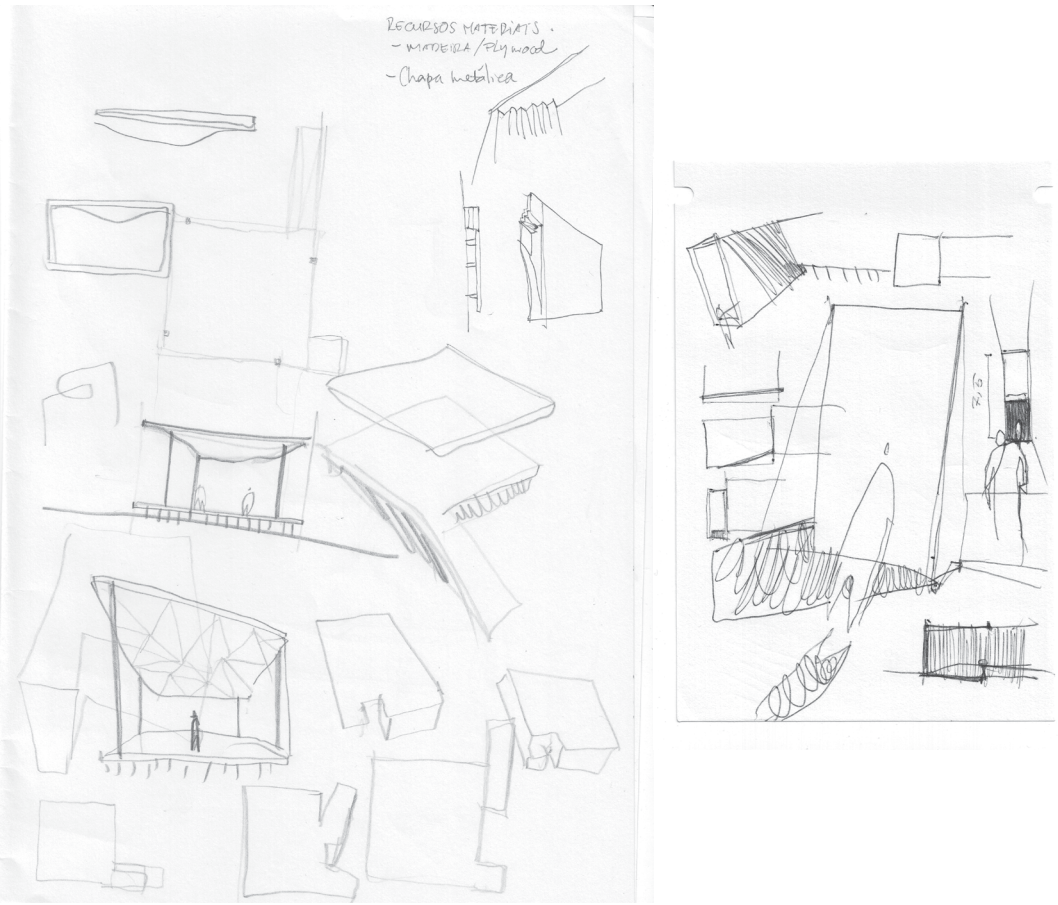




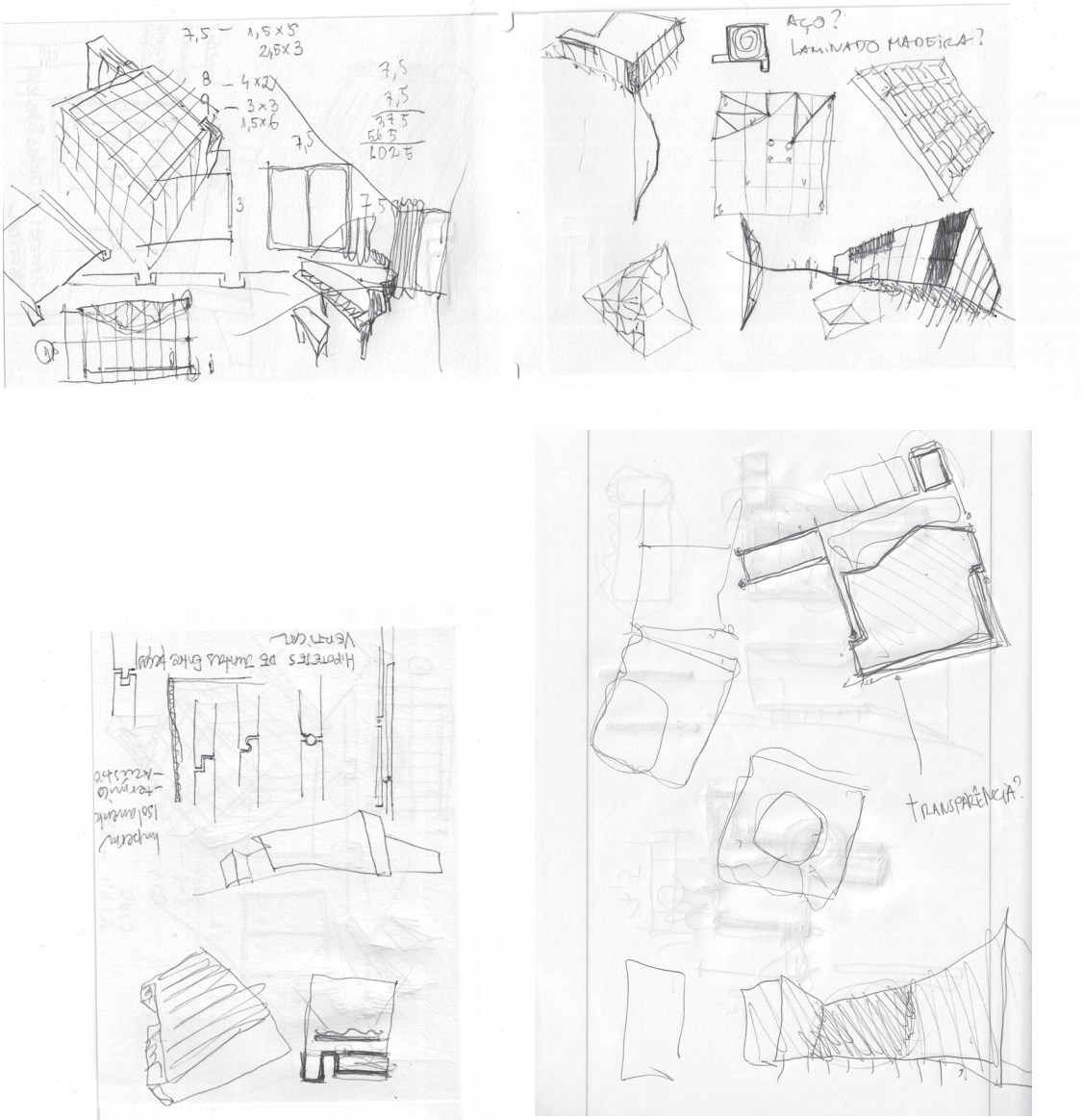
• 25 Desenhos de estudo. Pilotis de contacto com o terreno.







• 26 Desenhos de estudo.



• 27 Desenhos de estudo.

2.3
A METAMORFOSE DA FORMA E DO ESPAÇO

No início do projecto, com a primeira investida numa procura formal, da disposição das diferentes partes do programa e da possível interacção entre elas, desenvolveu-se a ideia de uma estrutura desenhada, imutável na forma e cujo carácter perene adviria do método construtivo, e da sua efectiva transportabilidade. Depois, a atitude foi oposta, e o que se procurou foi a infinita mutabilidade da proposta, tendo sempre presente o binómio interior-exterior, espectáculo-estudo, tanto nos esquissos com dois espaços distintos ou com um único, multifuncional e infinitamente mutável.

Insistiu-se na possibilidade de diferentes materiais acompanharem esta procura, como tecidos ou telas moldáveis e elásticas, as quais eram hipótese para um maior dinamismo formal e acústico se permitissem moldar o espaço acústico do pavilhão. No entanto obtinham-se com eles reflexões nulas ou mesmo absorções do som incidente, o que inviabilizaria este percurso formal. A utilização dos mesmos materiais foi depois repensada com nova função, pela sua leveza, como à frente se explica.

Encontrou-se entretanto a síntese, e o caminho que se seguiria, num meio-termo: não se quer mais um edifício com uma forma indefinida, mas um edifício com fases — evolutivas — bem definidas. Mais se quer: que a forma de origem possa adivinhar os seguintes momentos, e portanto cada um deles aparece como passo da construção da 'caixa' e terão qualidades próprias de cada um.

Mas note-se, ficará ainda assim espaço para a mutação não planeada, o incerto, na possibilidade de adicionar elementos não previstos ou abdicar de partes desenhadas, ao critério de quem o use.

Desenvolve-se então a aproximação paulatina no sentido do desenho final do projecto — a Caixa de Música. Primeiro com a fixação de uma implantação de referência, depois da forma, finalmente de todo a escolha de materiais e desenho das partes num sistema construído, mantendo presentes a preocupação de mobilidade e mutabilidade.

▲ As questões de condicionamento e isolamento acústicos estão permanentemente presentes no desenvolvimento do projecto. Fazem-nos abdicar de caminhos, ou apontam-nos outros. Porque intrinsecamente ligadas a todas as decisões, as implicações neste campo são apresentadas ao longo do texto, sempre destacadas (▲), em lugar de se concentrarem num ponto de análise próprio.

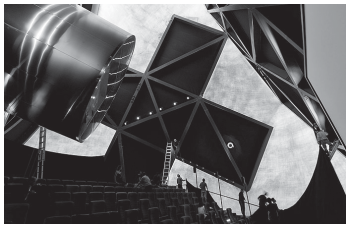
Procura-se aqui esclarecer a clareza da forma nos diferentes momentos, o dimensionamento para boas condições acústicas e as opções escolhidas no seu sentido. Fixando-nos, como dito, numa forma simples e central — o quadrado —, persegue-se ainda assim a máxima flexibilidade no seu uso.

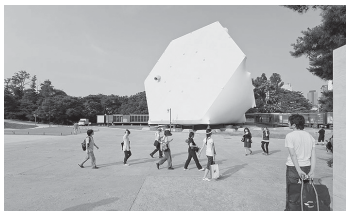
MUTABILIDADE E MULTIFUNCIONALIDADE: 4 MOMENTOS PARA UMA CAIXA DE MÚSICA

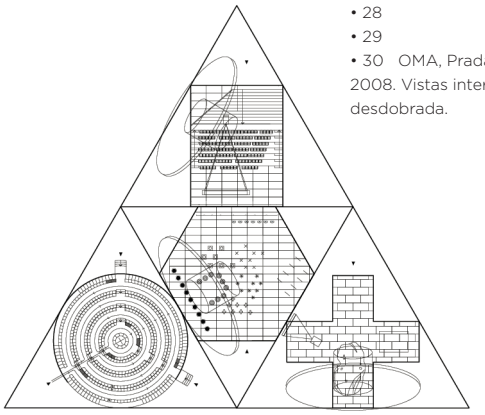
Importa neste momento referir sucintamente um projecto que se destaca no panorama contemporâneo: Prada Transformer (OMA, Seoul, 2008).

Um projecto temporário, a sua forma resulta da conjugação de quatro diferentes formas geométricas regulares, desenhado de modo a ser rodado e mudada a planta adequando-se a cada um dos quatro diferentes momentos programados. A cada dois meses o pavilhão roda entre uma exposição de moda, uma sala de cinema, uma exposição de arte e *workshops* de estudantes de arquitectura.

Aqui não se propõe uma forma fixa como a do Prada Transformer, mas o estudo deste caso mostra a dinâmica possível de adaptação a diferentes usos.





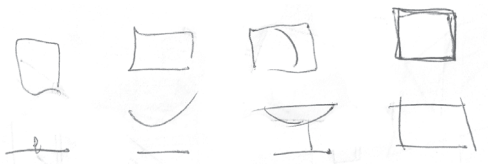


• 28
• 29
• 30 OMA, Prada Transformer, Seoul 2008. Vistas interior e exterior e planta desdobrada.

Os quatro momentos que se esclarecem propõem usos distintos e a mutabilidade do pavilhão exige características especificas, assim como a prática musical, também ela com diferentes exigências, entre o estudo, o ensaio e a apresentação.

A forma que se desenha tem então em conta as diferentes exigências desses momentos, e procura o uso do máximo de componentes entre diferentes configurações que, desde o primeiro até ao último será crescente.

▲ No desenho do espaço e nas suas diferentes configurações, varia-se entre a quase ausência e o cuidado condicionamento acústico e protecção do músico, entre o exterior descoberto e o interior de ambiente isolado. Algumas estratégias merecem aqui especial atenção: a concha acústica — nos seus segmentos horizontal e vertical —, a variação na disposição do público, o desenho *box-in-box* para um melhor isolamento acústico do pavilhão encerrado.

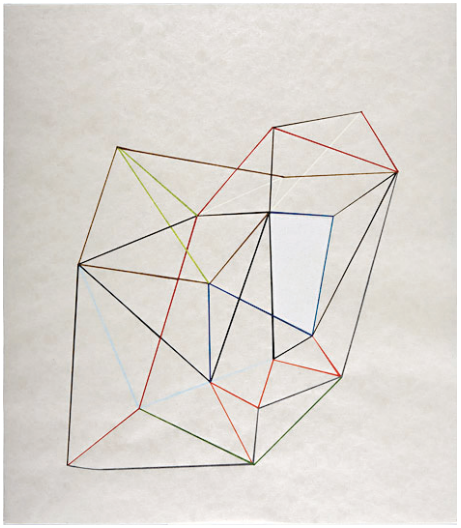


• 31 Momentos essenciais a fixar.

O Momento 1 é apenas uma estrutura horizontal como base de suporte e centralização da prática musical em público. É um garante visual e rodeável, para pequenos espectáculos, concertos com poucas exigências acústicas e infraestru-









• 32 Martin Pfeifle, Notker, 2009.
• 33 Baptiste Debombourg, Turbo, 2007-09.
• 34 Victoria Haven, Untitled (third), 2008.
• 35 Tobias Rehberger, Mário Pedrosa, 2003.
Instalado na Biblioteca da Fundação Serralves.

turais.

Sendo uma estrutura de palco descoberta, apresenta apenas como exigência da construção a resistência às condições meteorológicas. Com poucas exigências, também será limitada a potenciação do som.

Quando o pavilhão está 'aberto', existe uma rápida dispersão do som, e uma forte interferência do som ambiente. No Momento 2 procura-se potenciar o som emitido, absorvendo o mínimo possível e reflectindo para o público todas as ondas sonoras que atinjam a superfície da cobertura do palco/pavilhão: a concha acústica.

▲ Uma vez que está aberto para todos os lados, ou seja, é multidireccional, a configuração deve ser cuidada para que a reflexão sonora seja o mais semelhante possível em todas as direcções. Um exemplo de tal comportamento — aproximado — seria o da concha acústica em acrílico na Casa da Música[1], ou mesmo — e de forma mais simplificada — da cobertura dos coretos.

O desenho que então se encontra tem, assim, como base a superfície curva para a correcta distribuição do som. No cruzamento com uma intenção estética e a materialização da estrutura desmontável, surgem a 'estilização' num poliedro irregular de triângulos de forma variada e que se cruzam com a modulação de (1,5 x 1,5 m) das restantes peças prefabricadas.

No Momento 3, tem-se a mesma atitude na vertical com a parede interior que prolonga a concha acústica. Enquanto pavilhão aberto, o desenho desta parede concentra os sons reflectidos numa frente do palco, tornando a audição, como a visão, preferencialmente unidireccional.

Por um lado, ganha-se assim um espaço mais adequado a concertos com necessidade de potenciação sonora e dum forte sentido frontal na relação entre músicos e público, ou espectáculos que precisem de um espaço de apoio ou bastidores, garantido pela divisão da planta quadrada em dois espaços diferentes.

▲ Com este desenho evita-se também o paralelismo entre as superfícies da cobertura e do pavimento e, enquanto sala fechada, entre as duas paredes maiores e por conseguinte os ecos flutuantes.

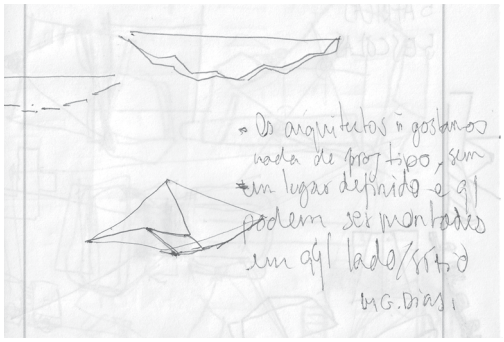
No Momento 4 constrói-se a sala interior, com as necessárias e mais adequadas condições à prática de estudo, ensaio ou apresentação perante um curto público.

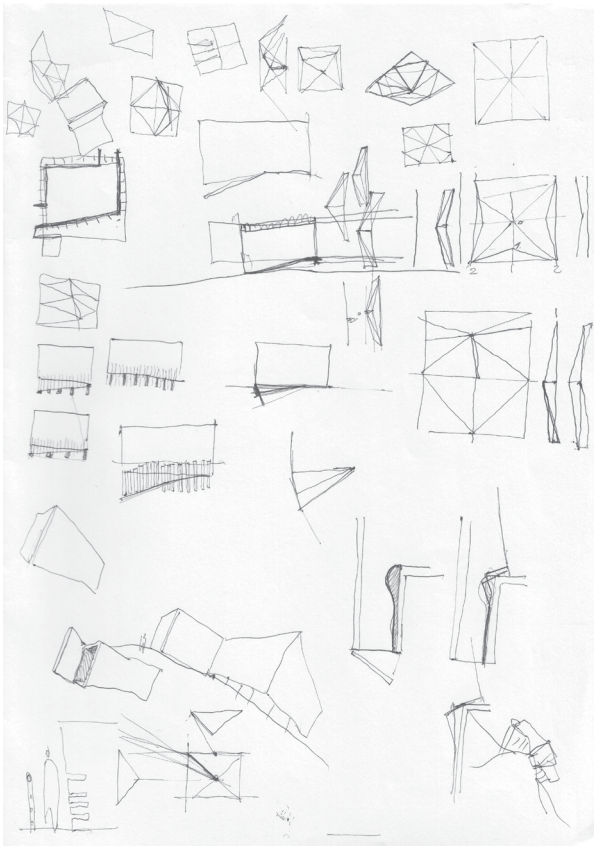
Somam-se as paredes em falta, o espaço de bastidores do momento anterior é agora o espaço de *foyer*, antecâmara da sala, e completa-se como um programa de edifício fechado com espaços de apoio necessários: a rampa de entrada no edifício como transição ao interior; uma casa de banho, essencial quando erigido em locais sem outras estruturas de apoio.

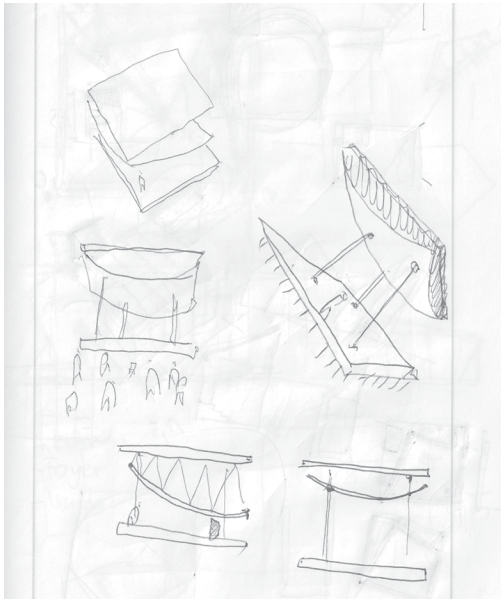
A escada que se usou nos momentos anteriores, e aqui substituída pela rampa, é reconfigurável e pode ser neste momento usada como peça de mobiliário dentro ou fora do edifício: um balcão, uma mesa ou um pequeno *plateau*.

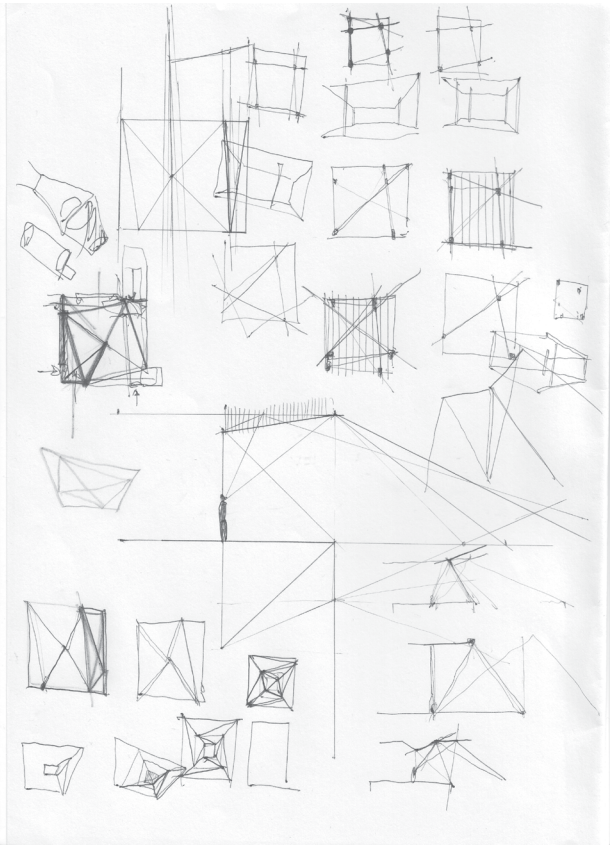
A junção de um espaço para arrumos foi também estudado no decorrer do projecto trabalho, de que se abdicou entretanto face ao carácter temporário e transportável e a redução de elementos que se pretende. A sala, ou o espaço de

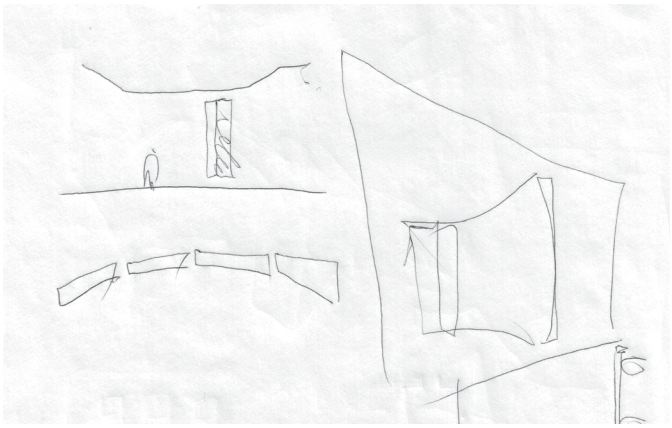
1 Proporcionalmente, dado que neste caso a concha acústica não é de planta quadrada mas rectangular, pelo que a reflexão do som irá privilegiar o sentido da plateia e do coro.





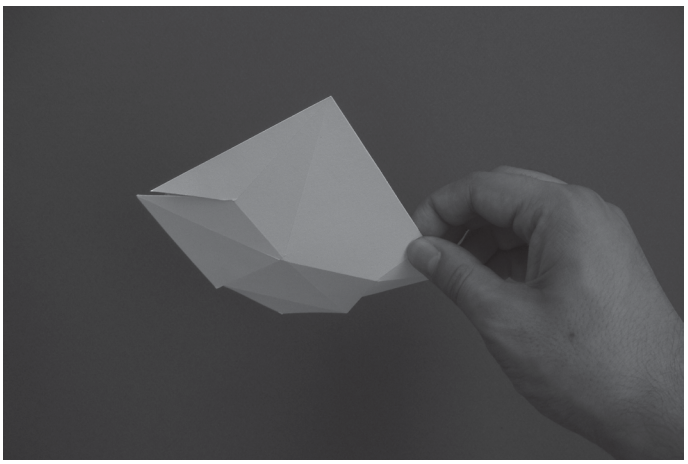


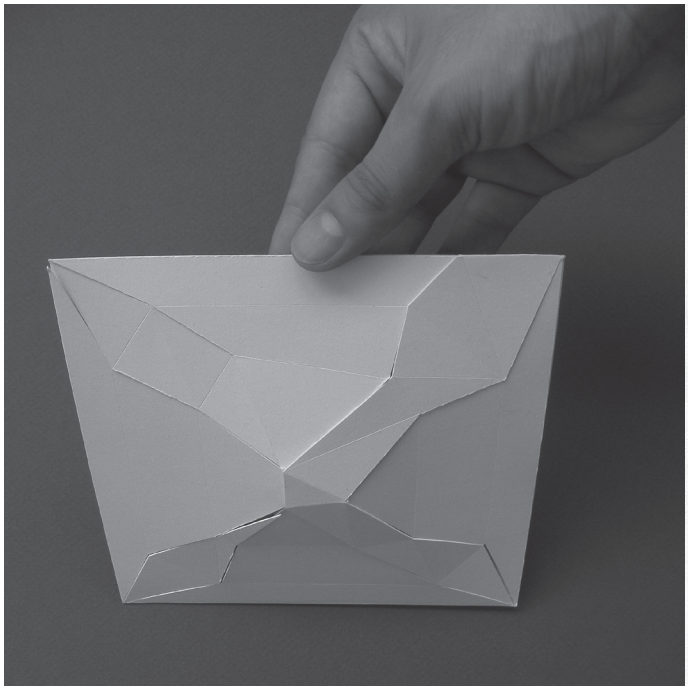


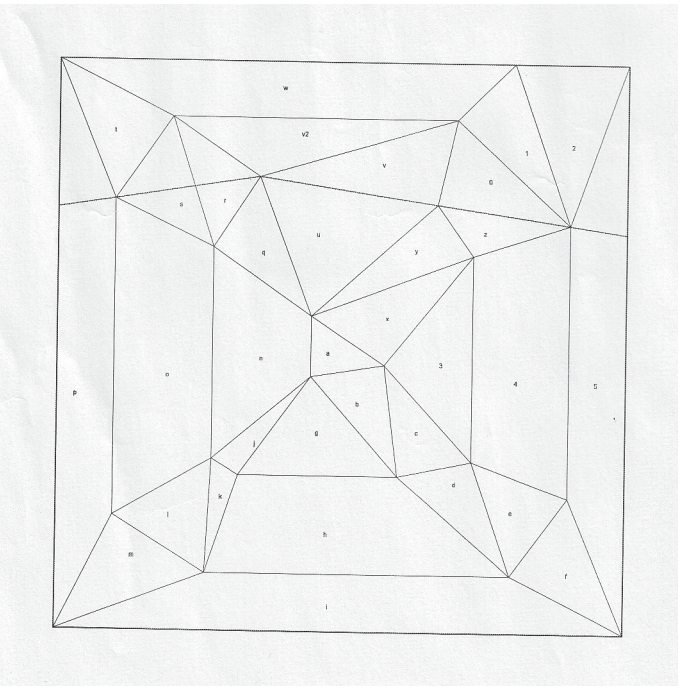


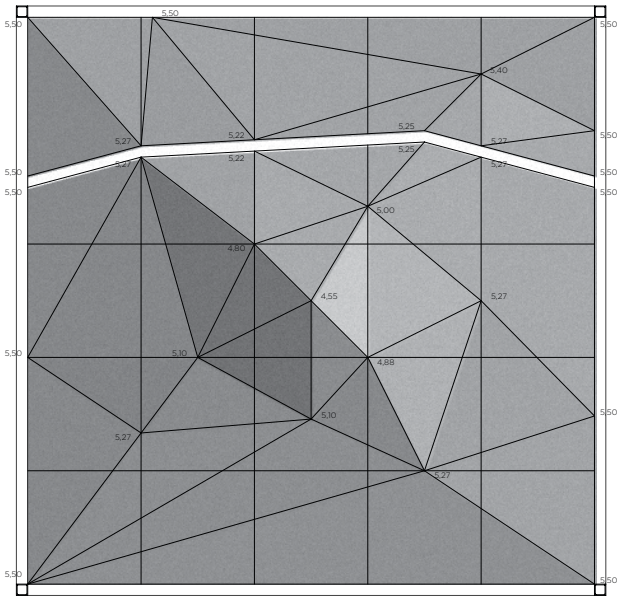
• 36 Desenhos de estudo. A forma do tecto e da parede reflectora (concha acústica).





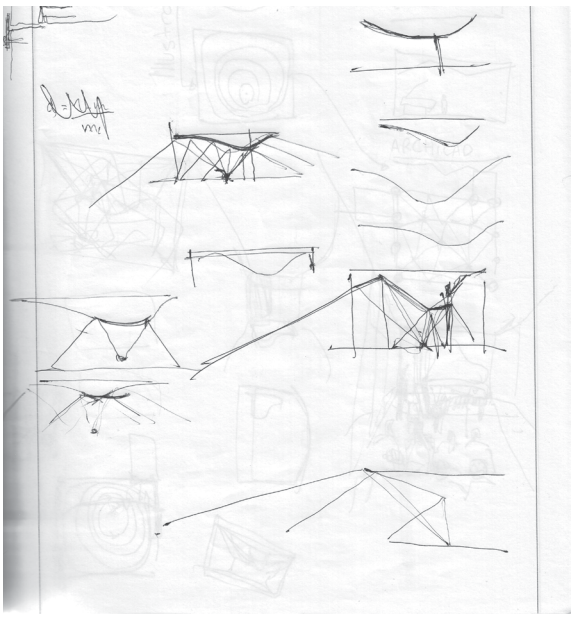




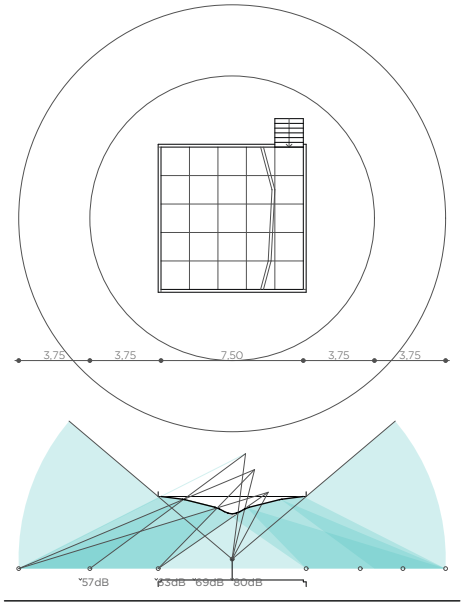


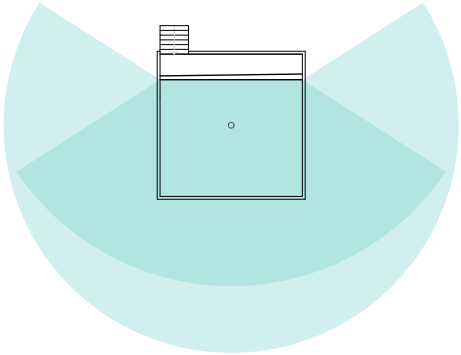
• 37
• 38
• 39
• 40
• 41 Maquetas e desenhos de estudo do tecto (concha acústica), desde a intenção formal à forma final.

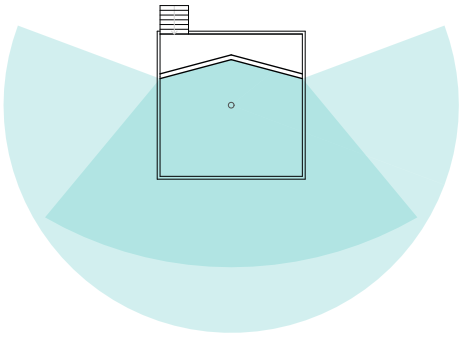


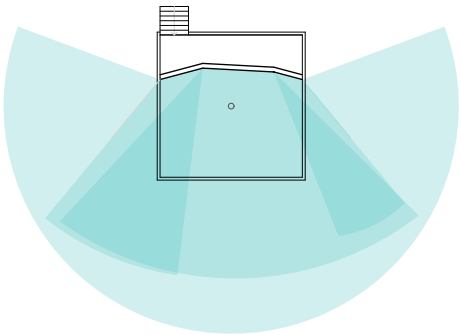


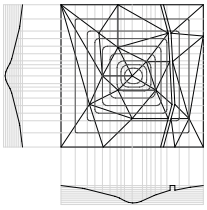
• 42 Desenhos de estudo. A forma do tecto (concha acústica).











• 43
• 44 Estudos de reflexão sonora na cobertura e na parede reflectora (concha acústica).
A partir destes estudos se fixaram a curva de referência para o poliedro irregular do tecto e a parede para uma configuração unidireccional no Momento 3.

acesso, podem pela sua dimensão e o carácter efémero do seu uso, comportar essa função de arrumação do material — pouco, prevê-se — que possa estar em repouso.

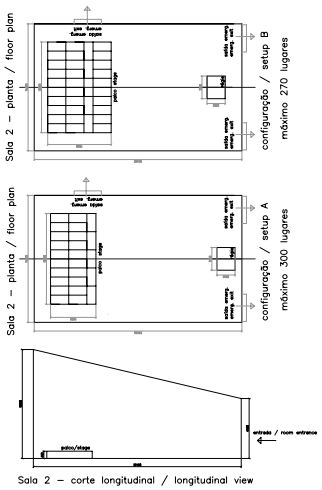
▲ Não descurando a relação ponderada entre as necessidades próprias à interpretação musical e as características inerentes ao carácter transitório do projecto, há que garantir o máximo isolamento possível[2], razão pela qual se aplica aglomerado de cortiça expandida 120 kg/m³ em todo o entorno, aplicado num desenho *box-in-box*.

Entende-se ainda que, em qualquer momento do projecto, a infraestrutura eléctrica é aposta ao edifício, para iluminação suspensa da cobertura ou assente no chão, e a 'rede' de água se limita ao corpo acoplado de sanitários.

AS DIMENSÕES DA CAIXA DE MÚSICA

Parte-se para a definição das áreas do projecto, tendo como referências as dimensões do coreto e de palcos em salas de concertos, dadas as relações de semelhança que o pavilhão, na sua configuração aberta dos três primeiros momentos, terá com cada um destas estruturas.

Como um coreto, a Caixa de Música implantar-se-á predominantemente em espaços urbanos, e será palco para o espectáculo musical. O Coreto do Jardim da Cordoaria no Porto é hexagonal e tem um diâmetro de 7 m.



• 45 Rem Koolhas, Casa da Música, Porto 2005. Corte longitudinal e plantas da Sala 2 com duas configurações possíveis.

Num outro exemplo, o palco do auditório da Casa das Mudas caracteriza-se pela sua praticabilidade perante diversas funções, como atrás referido, compatível com uma reduzida dimensão, próxima à dos coretos — 7 x 7 m.

Mas indicam-se como referência ainda outros palcos, interiores e de maior dimensão: o Teatro Helena Sá e Costa tem um palco com 11 x 11 m e torre de cena, o da ESML tem 10 x 16 m; e, na Casa da Música, o palco da Sala Suggia (com dimensão variável) tem até 10 x 22 m e na Sala 2 prevê-se a instalação de palcos amovíveis de 5 x 10 ou 7 x 10 m.[3]

O desenho da estrutura de palco é assim definido tendo em conta estes

2 Considerando o baixo valor da massa superficial do sistema madeira laminada—cortiça(—caixa-de-ar—tela), o isolamento conseguido, só calculável *in loco*, é devido à estratégia massa-mola.

3 Segundo informação das plantas técnicas dos palcos das diferentes salas, nos casos do Teatro Helena Sá e Costa e Casa da Música. Disponível em www.esmae-ipp.pt/thsc e www.casadamusica.pt; consultados em 8 de Maio de 2011.

valores como indicativos, e da sua possível adaptabilidade entre os desenhados espaço aberto e espaço fechado. Tomaram-se como valores limite de referência entre os 6 e os 8 metros, definindo-se finalmente em 7,5 m — e em simultâneo com um valor modular de 1,5 m — por questões formais, do equilíbrio do corpo arquitectónico e pela sua relação com um métrica facilmente definível (10 x 0,75 m; 5 x 1,5 m).

O espaço da sala, com 40 m², surge por inerência dos limites definidos 7,5 x 7,5 e retirando-lhes o espaço necessário para acessos e arrumos — *foyer* e bastidores — e para as espessuras das paredes, com 25 cm por razões não tanto estruturais mas de ordem acústica.

▲ Com uma altura interior entre 3,50 (no ponto central, onde o tecto é mais baixo) e 4,40 metros, cria-se assim um volume interior de 165 m³. Se as proporções deste espaço não são aquelas que atrás, na Parte Um deste trabalho, se definiram como harmónicas (1 : 1,6 : 2,5), eventuais colorações são, no entanto, combatidas pelo desenho das faces interiores de uma parede e do tecto, de altura variável. Os materiais duros dos revestimentos interiores deverão garantir assim tempos de reverberação longos, até 1,5 s, atenuados com as cortinas e com o número de pessoas no interior para valores bem menores, permitindo-se assim versatilidade da configuração acústica da sala.

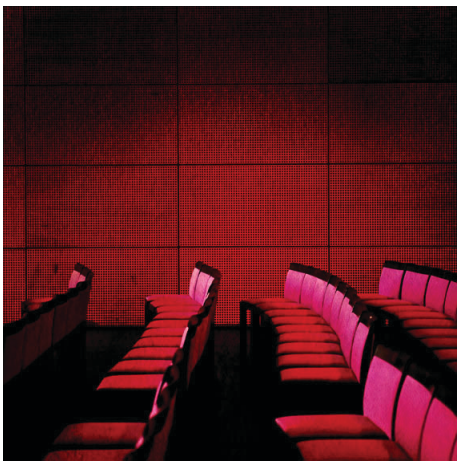
▲ Se usada como sala de ensaios, a sua dimensão garante-a adequada para grupos de 8 pessoas em *ensemble* (20 m³/pessoa), ou de até 16 pessoas em coro. Para apresentação pública no seu interior fica limitada à prática de um pequeno grupo — dueto ou trio —, pelo equilíbrio da relação entre áreas para intérpretes e público e pela pressão sonora que no seu interior é criada.

MATERIAIS: IDENTIDADE E AMBIENTE

> *O sentido que se procura encontrar no material reside mais para além das regras de composição, e inclusive de tangibilidade, o cheiro e a expressão acústica dos materiais, todos eles elementos da linguagem que nós mesmos temos que falar.* Peter Zumthor[4]

Este ponto escreve-se numa referência breve sobre o sentido da escolha de alguns materiais e elementos formais e do que imaginamos ser o seu impacto





• 46
• 47 Rem Koolhas, Casa da Música, Porto 2005.
Foyer durante Clubbing.
Sala 2 (Inês d'Orey, casa da música #2, 2006)

4 ZUMTHOR, Peter; *Pensar la Arquitectura*; Gustavo Gili; Barcelona; 2004; página 11.

sensível na vivência da Caixa de Música.

A forma pela qual se projectou historicamente a atmosfera varia consideravelmente consoante as épocas. Certas correntes de pensamento fizeram da atmosfera o centro da sua actividade, enquanto outras a tentaram negar. "Quando Le Corbusier condena aos arquitectos precedentes por se concentrarem na atmosfera, a aparente ausência de decoração rapidamente se transforma numa escolha decorativa"[5].

No exemplo musical portuense da Casa da Música, uma visita permite compreender o quão variado pode ser a criação de ambientes neste cenário em que o som e a música ganham o papel principal: as zonas públicas estão pejadas de paredes e coberturas inclinadas em betão aparente que perturbam sensorialmente a recepção visual e sonora, e por contraste a pequena Sala Roxa tem o tecto revestido com almofadas que absorvem e 'abafam' o som, juntamente com as paredes em tecido e o pavimento em borracha.

Noutras salas, existem sempre enormes envidraçados a permitir a entrada de luz natural, dois em frentes opostas no último caso. Na sala Cybermusica, as pequenas pirâmides verdes em espuma de poliuretano de um lado e o betão aparente do outro - provocam um efeito único de dupla acústica. A Sala 2, vermelha, tem placas de madeira perfurada nas paredes e tecto e na Sala Suggia a madeira das paredes varia entre a cor natural e a pintura em talha dourada, em contraste com o alumínio do pavimento e da face anterior dos assentos.

É a partir de um constante diálogo entre o pavilhão aberto e a sala encerrada que se pensam os materiais, a poética da sua escolha, considerando que a última configuração é formal e funcionalmente a mais exigente, mas também que parte deles estarão nos primeiros momentos sujeitos a agressões da natureza, às condições meteorológicas, tendo que resistir portanto ao sol, ou à humidade e chuva.

A busca de um objecto com a máxima leveza levou-nos a princípio a investigar/ procurar a inclusão de materiais moldáveis — tecidos e telas plásticas — como matéria essencial e maioritária. Respondia-se assim à desejada mutabilidade da forma e dos espaços e um consequente controlo e variabilidade das condições acústicas. Mas o desenvolver do trabalho mostrou-nos as implicações destes materiais nos afastarem do desejado: se tecidos, a sua permeabilidade ao som obrigaria à coexistência de materiais rígidos, ou representaria um descontrolo das condições acústicas do espaço; se telas plásticas ofereceriam ainda, com a vibração, a absorção de sons graves. → CAPÍTULO 1.2

Por outro lado, a escolha da madeira como principal material de revestimento dos planos interiores garantem condições acústicas desejadas e um carácter próprio. O interior é, assim, um todo sensível e calmo. As madeiras que revestem todos os planos multiplicam-se em diferenças equilibradas: planos lisos de madeira de pinho laminada nas paredes em cor natural, planos facetados no tecto branco, e o soalho escuro — quase preto, com pintura em tinta de água — nos quadrados da métrica do pavimento.

Natural ou laminada, ambas serão usadas, e com predominância da segunda por juntar algumas vantagens: acústicas, com aparência semelhante em peças

5 MARK WIGLEY; "Die Architektur der Atmosphäre" in *Daidalos* número 68. Citado em SORIANO, Susana Moreno; *Arquitectura y Música en el siglo xx*; Fundación Caja de Arquitectos; Barcelona; 2008; página 27.







• 48 Sérgio Fernandez, Casa de Caminha, 1973.
(Inês d'Orey, Só Nós e Santa Tecla, 2010)
• 49 Cocky Eek, *Illumine — Ballondress 01*.
• 50 Plastique Fantastique & Architettura Sonora, *Space Invaders*, Berlin 2008.

de diferentes espessuras e aplicação, a madeira pode agir como reflector, ou absorvente, a diferentes alturas[6]; e pela resistência estrutural e forma de construção deste material permitem utilização de peças de pouca espessura, grande dimensão e com menores deformações.

A madeira laminada é usada desde os elementos estruturais modulares até ao revestimento do interior — paredes e tecto. Capaz de reflexões elevadas, reforça a potência sonora da sala e o Tempo de Reverberação no seu interior.

▲

No pavimento, única variação no interior da sala, optou-se por aplicar soalho, também em madeira de pinho nórdico, por motivo plástico mas também da maior durabilidade face à utilização em ambiente exterior e às condições de uso.

A madeira, com uma identidade forte e quente — com uma imagem de um certo *charme* —, combate o espírito frio do provisório, diminui o carácter transitório do edifício quando percebido do seu interior.

Os limites exteriores do edifício — na cobertura dos Momentos 2 & 3 e em todo o entorno no Momento 4 — são revestidos por uma membrana translúcida e impermeável em PVC[7].

A escolha deste material tem que ver directamente com economia de meios e optimização da estrutura, pela sua já referida leveza e características como isolante térmico (ao criar uma caixa-de-ar com a superfície interior) e impermeabilizante. Maleável e portanto fácil de transportar e reutilizar, este material permite também a redução do peso do conjunto e consequentemente uma estrutura mais ligeira.

Branca, é a superfície exterior que assume o carácter mais etéreo do edifício. Tende a pacificar uma presença num espaço que lhe é estranho, abrandando a tensão que a dureza de outro material provocaria.

Pelo interior, no Momento 4, é o único material de revestimento em parte do espaço do *foyer*, onde a translucidez permite um a ténue percepção entre interior/exterior, como uma sombra chinesa.

No *foyer* — e nos 'bastidores' da configuração anterior — um outro material ganha ainda presença: a cortiça aglomerada, que serve apenas como isolamento no restante invólucro da sala, surge aqui à vista na parede da sala.





• 51 Aires Mateus, Casa na Areia, Comporta 2010. Cortinas.
• 52 Vista da envolvente a partir da Casa da Música.

As aberturas ao exterior são fundamentais na definição do espaço interior, como visto atrás no trabalho, seja o caso das aberturas estreitas, fundas e enormes na

6 Ainda que no desenho deste projecto, se apliquem sempre como reflectores e com igual espessura nos revestimentos das paredes e tecto, essa variação poderia ser forçada por um estudo técnico da acústica do espaço.
7 Dow VIENTO™ PVC Membrane. Informação disponível em www.dow.com; consultado em 3 de Setembro de 2010.

vertical do Palacete Pinto Leite, ou os enormes envidraçados das salas principais da Casa da Música. Permitem o contacto com a envolvente, seja ela constante como nos casos ou dinâmica aqui, espaço urbano e/ou natural, o tempo, fomentam a contemplação e a contextualização.

No projecto desenharam-se, em duas faces opostas, dois janelões de grande dimensão. Além de que contribuem para a criação de uma atmosfera interior aprazível[8], são o elemento de exposição ao exterior que impede o alheamento de cada contexto e torna cada evento — localização — irrepetível. Assim, o uso do pavilhão não será indiferente a diferentes permanências e momentos temporários.

Os planos dos janelões usam como estrutura o elemento modular em madeira laminada e são emoldurados por perfis metálicos, são de *polimetil-metacrilato*[9] duplo, com uma caixa-de-ar entre elas.

▲ Os planos interior e exterior do Plexiglas têm espessuras de 6 mm e 10 mm respectivamente que com a caixa-de-ar potenciam a capacidade de isolamento acústico. O ângulo criado entre o plano interior e a ortogonal, resolve as reflexões problemáticas tanto na caixa-de-ar da janela como na sala.

A provisão com dois conjuntos de cortinas em cada uma das paredes com janelões permite a adequação das condições acústicas e lumínicas da sala, alterando reflexões e reverberação sonora, e fechando, quando necessário, os pla-
▲ nos transparentes. Ambas cortinas com funções acústicas, uma é translúcida[10] — com 102 g/m^2 — a outra opaca e pesada[11] — com 4 mm e 730 g/m^2 — oferecendo diferentes valores de absorção. Com as cortinas pesadas a cobrir completamente parede e janelão, o tempo de reverberação na sala cai para o seu valor mínimo.[12]

E se no espaço central, essencial, se desenha a arquitectura com objectivo de proporcionar a mais adequada acústica para uma óptima experiência de audição e prática musical, nos espaços adjacentes vai usar-se o som para moldar a sua percepção espacial. Se no interior o ambiente construído é estável, no exterior e nos acessos é a instabilidade que se privilegia.

A escolha das sensações que se procura provocar e do conjunto de materiais que para tal se aplicam constitui-se como provocação aos sentidos, numa envolvência que se quer (quase) desconfortável, essencialmente num despertar do sentido auditivo, prévio à entrada na sala fechada do Momento 4.

Uma porta em madeira, lacada em branco e com uma contrastante proporção — de 1,8 m por 5,8 m — abre o corpo em rampa, anexo ao central, que estabelece a entrada no pavilhão e acompanha e perturba sensorialmente
▲ esta transição ao interior do edifício. Trata-se dum espaço alto e estreito, com paredes paralelas, lisas, rígidas, e portanto muito reflectoras, que vão provocar a 'coloração' dos sons ali ouvidos.

---

8 Como se escreveu no capítulo sobre Espaços para a Música.

9 PLEXIGLAS® GS. Informação disponível em www.plexiglas.net; consultado em 25 de Agosto de 2010.

10 Annette Douglas Textiles ACOUSTICS® "WHISPER". Informação disponível em www.douglas-textiles.ch; consultado em 11 de Maio de 2011.

11 ACOUSTI-CURTAIN™. Informação disponível em www.acousticalsurfaces.com; consultado em 2 de Setembro de 2010..

12 Os valores de absorção (α) para as diferentes bandas de oitava são de 0,09(125 Hz); 0,28(250 Hz); 0,58(500 Hz); 0,70 (1000 Hz); 0,76 (2000 Hz) e 0,83 (4000 Hz). Disponível em www.acousticalsurfaces.com; consultado em 2 de Setembro de 2010.

Este espaço perturbador, ruidoso e ampliador dos pequenos sons que emitimos joga, assim, com a sensação auditiva e a percepção do espaço. Procura-se assim potenciar o valor do som e, distorcendo, a qualidade dos espaços que lhe seguirão. Por comparação, o espaço de *foyer* parecerá mais silencioso, a sala interior aparentará ainda menos perturbada por sons ambientes, e tal valoriza a vivência deste último.

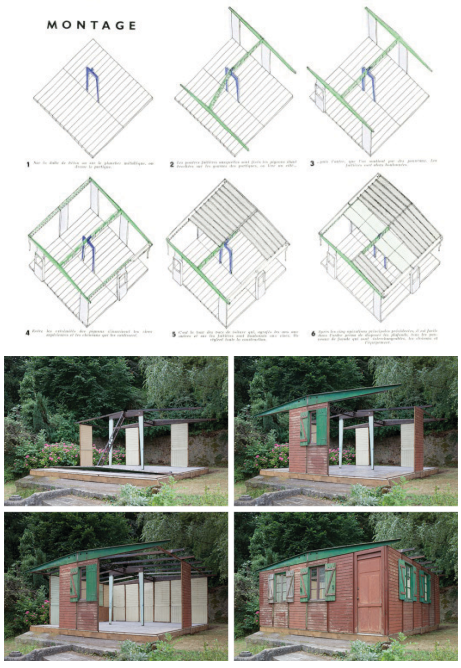
> *A atmosfera de um edifício é um certo tipo de sensualidade que parece exprimir a sua forma física (…) é o clima de efeitos efémeros que envolvem o habitante. Entrar num edifício é penetrar na sua atmosfera.* Mark Wigley[13]

CONSTRUÇÃO: A ESCOLHA DE UM MÉTODO

> *Cada tacto, cada união, cada montagem está alí para servir a ideia do todo e fortalecer a serena presença da obra.* Peter Zumthor[14]

Já foram explicados, a esta altura, a intenção e o carácter transitório, o programa e as configurações diferentes da mutável forma desenhada, os materiais escolhidos, e aqui apresentam-se partes construtivas do projecto. É o sistema construtivo que permite a materialização do conceito, a clareza do desenho, e garante a desejada simplicidade e unidade num objecto arquitectónico tão necessariamente fragmentado. Os diferentes elementos que aqui se apresentam e explicam foram já atrás falados e referem-se agora na sua relação com o método construtivo.

O carácter do projecto e a necessidade de sucessivas e repetidas construções e desconstruções sem desperdício, acompanhou e conduziu a uma constante procura de um método prático, mas que ainda que necessariamente condicionando, não eliminasse a liberdade projectual, do desenho de arquitectura, a



• 53
• 54 Jean Prouvé, Maison Démountable 6x6, 1944. Esquema e exemplo de montagem.

13 MARK WIGLEY; "Die Architektur der Atmosphäre" in *Daidalos* número 68. Citado em SORIANO; *op. cit*; página 27.
14 ZUMTHOR, Peter; *Pensar la Arquitectura*; Gustavo Gili; Barcelona; 2004; página 14.

nível espacial, visual e material.

Estabeleceu-se a necessidade de definir um módulo repetível ou de elementos semelhantes na sua formalização, desmontáveis, empilháveis e transportáveis. Os elementos a usar têm que evitar expor elementos sensíveis quando armazenadas e constituir na construção um acabamento *per se* — e em cada momento. Para além disso importava a sustentabilidade do processo construtivo na instalação do projecto e, nesse sentido, a necessidade de recursos humanos mínimos mas mais importante, o reaproveitamento de todo ou o máximo material possível.

No exemplo do Pavilhão de Portugal na Exposição Mundial de 2000 (Álvaro Siza Vieira e Eduardo Souto Moura, Hannover, 2000/ Coimbra, 2003) a reconstrução exigiu a reaplicação e pintura dos revestimentos interiores em gesso cartonado, compreensível dada a sua intencionada permanência no segundo lugar de construção. No Prada Transformer (OMA, Seul, 2009) é a membrana exterior que, aplicada *in situ* após a construção da estrutura, não é reutilizável após a desmontagem do edifício.

Recusou-se aqui o uso de elementos de fixação de utilização única, o revestimento com plásticos descartáveis ou a necessidade de pintura constante.

Não existem fundações. É a estrutura de estacas já referida em que poisa o plano horizontal do pavimento. Estas permitem uma adaptação ao terreno e nivelam o corpo do edifício.

Os limites exteriores do edifício, tanto a cobertura como os paramentos verticais, são revestidos por aquela membrana translúcida em PVC, material leve e que, pelas suas propriedades, permite a impermeabilização do edifício sem a necessidade de se recorrer a sistemas mais complexos e falíveis. E o sistema da sua fixação é como que reflexo da facilidade construtiva, e do carácter temporário do projecto.

O MÓDULO NOS CAIXOTÕES E O PRISMA METÁLICO

Na definição de um elemento modular, desenhou-se uma peça cujas utilização se estende a todos os planos horizontais ou verticais do corpo central do projecto. As dimensões variam entre elementos mas a sua forma sintetiza-se num *caixotão* em madeira laminada — com 1,5 x 1,5 ou 1,5 x 3,0 metros — e que se multiplica resolvendo vários problemas: cobertura e suspensão do tecto, pa-







• 55
• 56 Mendes Ribeiro, Centro de Artes Visuais, Coimbra 2006.
• 57 Barkow Leibinger Architects, Restaurante e Espaço de Eventos, Stuttgart 2008.







• 58
• 59 Junya Ishigami, Instituto de Tecnologia de Kanagawa, 2010. Esbelteza dos elementos no edifício e no mobiliário.
• 60 Gerrit Rietveld, Sonsbeek Pavilion/ Rietveld Pavilion, Arnhem, 1955; Kröller-Müller Sculpture Garden 2010. Os pilotis metálicos permitem a esbelteza da estrutura, mesmo nos pés direitos mais altos.

vimento, paredes, janelas e portas.

▲ Neste elemento e nas suas diferentes variações procurou resolver-se as premissas de projecto a nível acústico, garantindo-se a dessolidarização entre os elementos da estrutura e destes com o revestimento interior, com membranas elásticas entre as peças montadas e a resolução construtiva *box-in-box*.

O módulo do caixotão suporta as placas de isolamento térmico e acústico em aglomerado de cortiça expandida e os revestimentos interiores em madeira, nas janelas os caixilhos metálicos e os envidraçados duplos — de acrílico de forma a não ser quebrável quando em trânsito; nas portas é o próprio caixotão a moldura em que encaixa a porta de dupla junta; na cobertura permite a suspensão por cabos de aço do tecto de altura variável e os elementos de iluminação artificial apostos.

▲ O aglomerado de cortiça expandida, além de isolar do exterior, serve como amortizante a sons de percussão no pavimento e evita a formação de caixa-de-ar junto aos painéis de revestimento, que vibrariam e actuariam como ressoadores de membrana.

O prisma metálico, de aço pintado em cinza, desenha as arestas do volume central do projecto e garante a possibilidade de existirem os dois planos horizontais sem paredes de suporte. Desenhou-se delgado nos seus elementos verticais (15 x 15 cm) e mais expressivo nos elementos horizontais (25 x 15 cm), de forma articulada também com as dimensões desenhadas dos respectivos caixotões modulares das paredes e de pavimento.

CORPOS ACOPLÁVEIS: EXCEPÇÕES DO MÉTODO

Dois corpos acopláveis constituem excepção ao volume que se delimita pela estrutura metálica envolvente: são eles a rampa de acesso e o corpo dos sanitários, cuja presença no projecto se faz apenas na configuração do Momento 4.

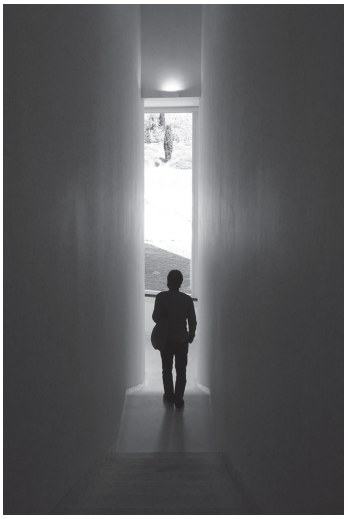
Aplica-se a mesma métrica como referência ao desenho, a mesma altura que o volume central e forma de apoio, o mesmo revestimento de forma a unificar o corpo do edifício. Mas não se usa o módulo, os vários planos são construídos

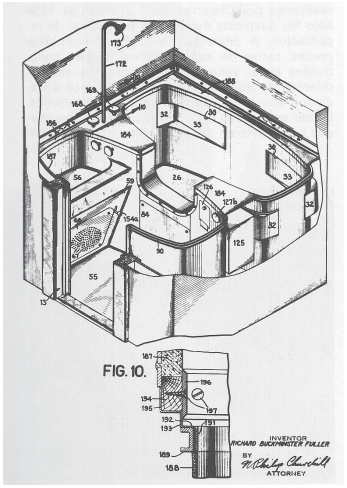
como elementos únicos e não particionáveis

O corpo da rampa de acesso tem dois aspectos construtivos que a caracterizam na sua excepcionalidade ao conjunto: os vários planos, sem qualquer preocupação quanto ao isolamento acústico, são revestidos com folha de chapa metálica no interior — material que maximiza a reflexão do som; e contém o único ponto de contacto com o pavimento exterior, através da porta de grandes dimensões atrás referida.

Na construção dos sanitários optou-se também por um volume encerrado, iluminado zenitalmente por um lanternim, e transportável, mas de construção concluída e não desmontável.

Entre a forma do espaço interior e a estrutura exterior, o corpo dos sanitários carrega um sistema de reservatórios — para água potável e águas negras — em que se suporta para garantir mobilidade do conjunto edificado.

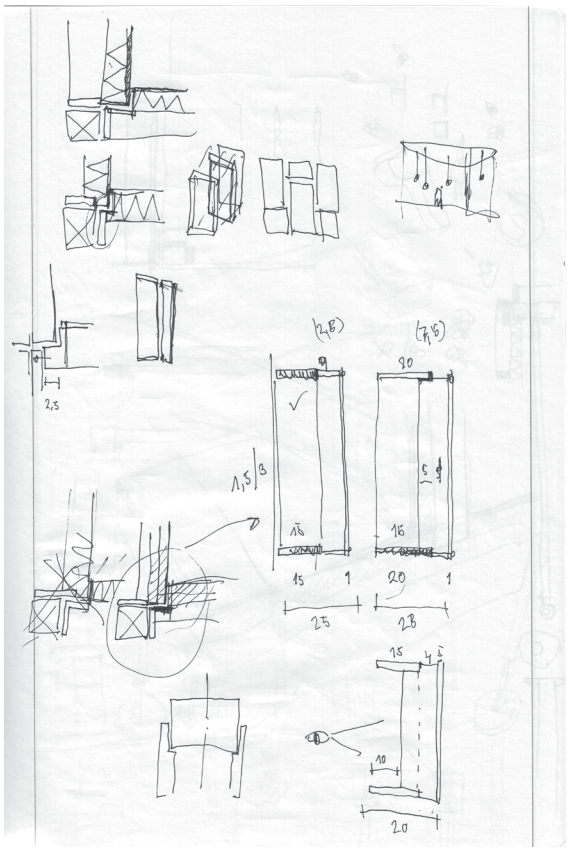


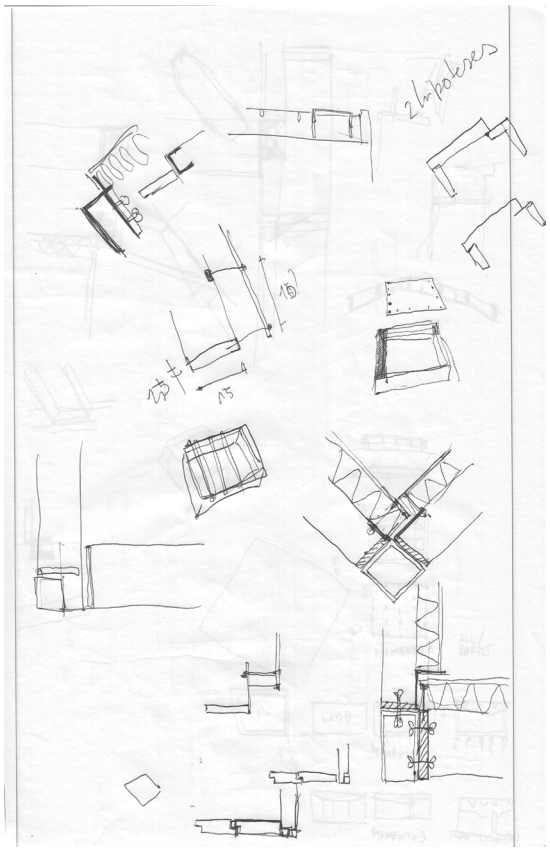


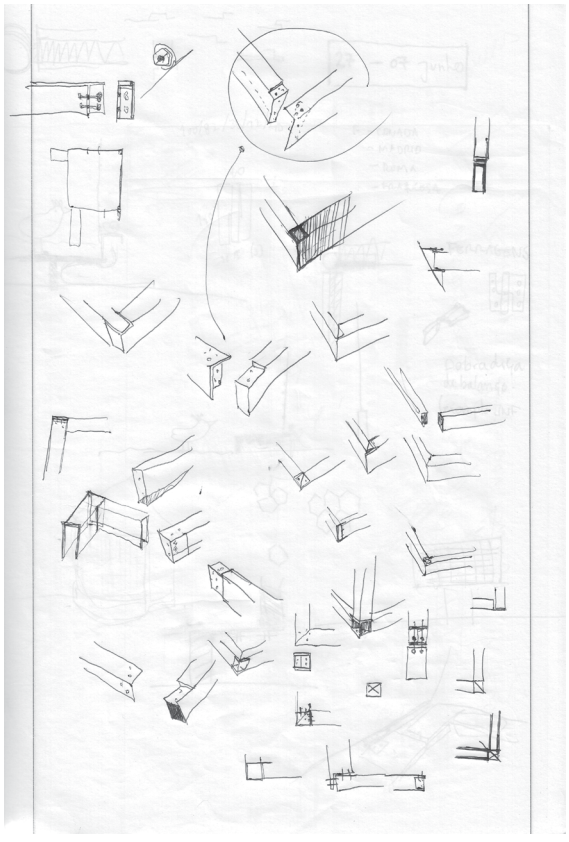
• 61 Siza Vieira, Fundação Serralves, Porto 1999.
• 62 Buckminster Fuller, casa de banho préfabricada, 1938-40.

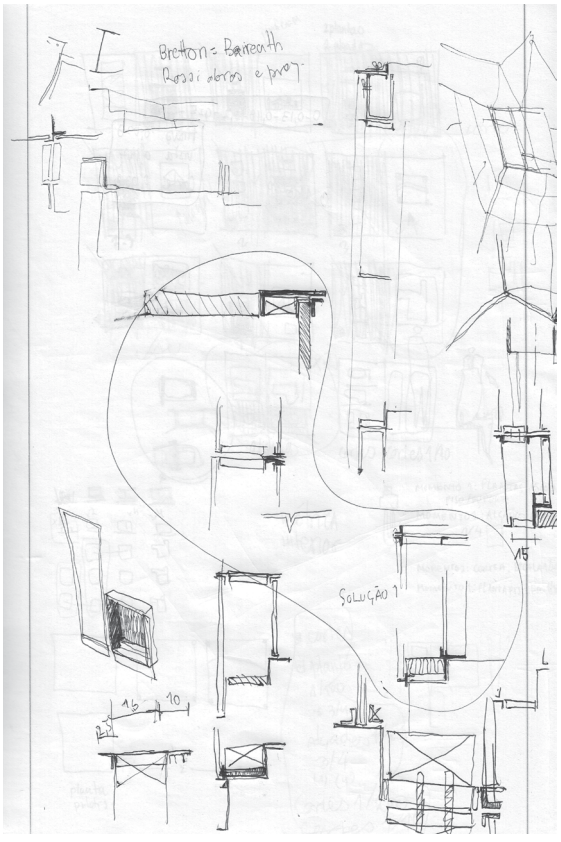
Com todas as partes modulares e o parafuso como elemento atómico, a construção e desconstrução da caixa de música faz-se sem resíduos, todas as partes são reutilizadas a cada reconstrução, e as peças são acondicionáveis para transporte e armazenamento num pequeno volume.

Garante-se assim o momento final, da desmontagem e suspensão do tempo do edifício, até à reedificação noutro lugar.

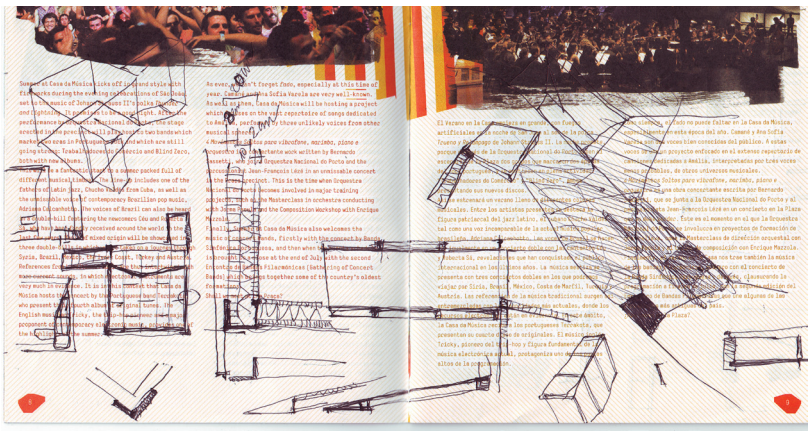


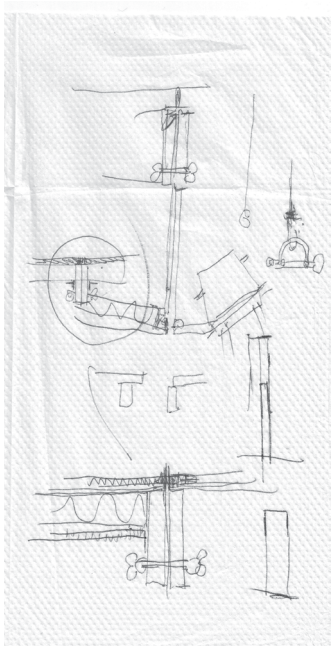


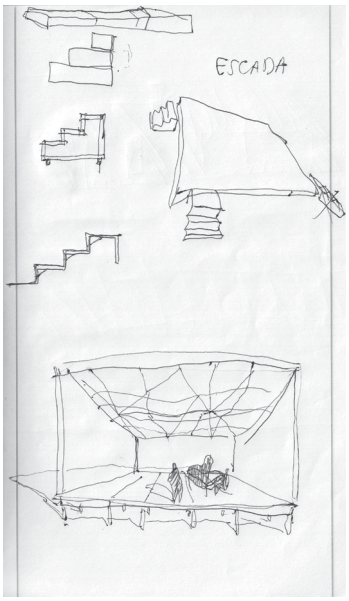


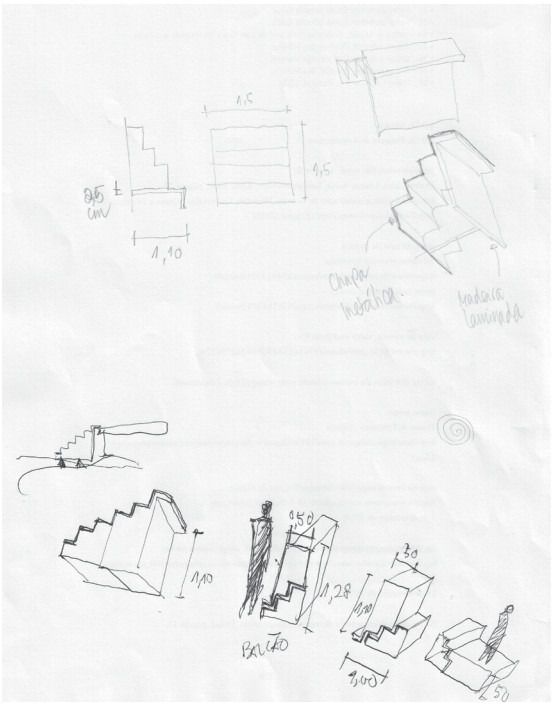


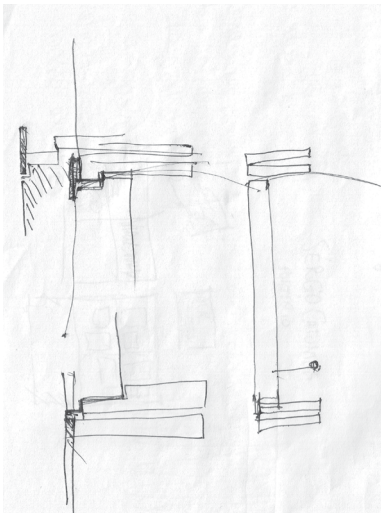
• 63 Desenhos de estudo. Pormenores construtivos: módulo, prisma metálico e janelão.

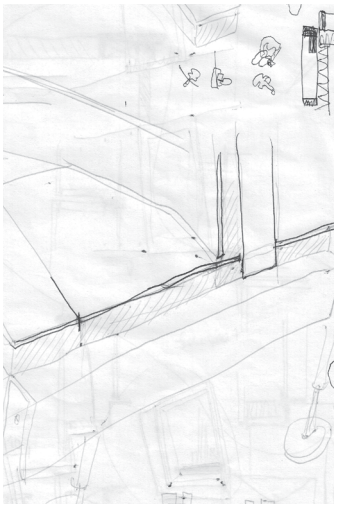


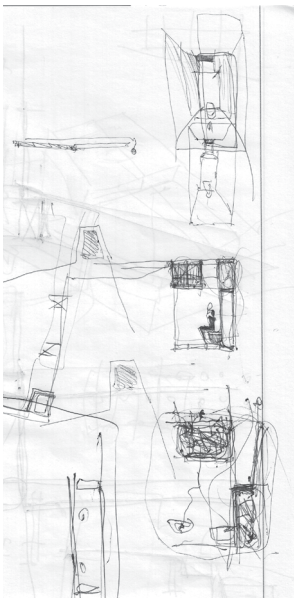


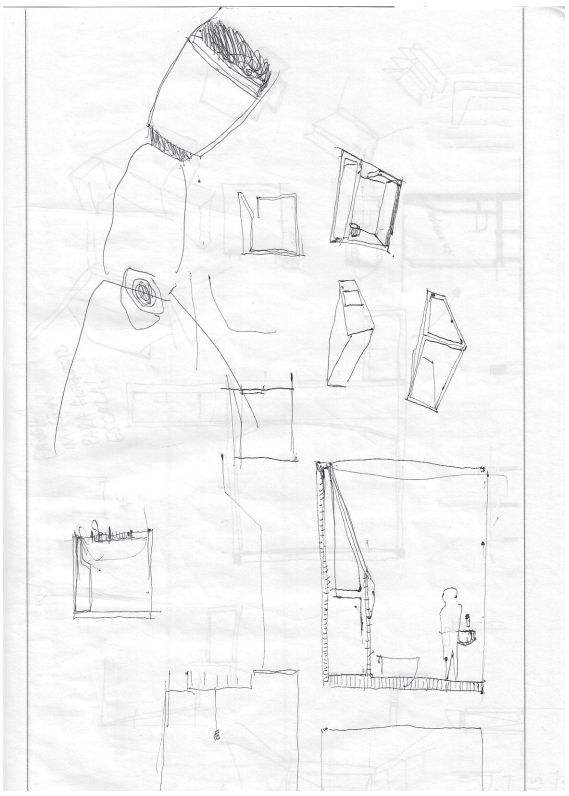




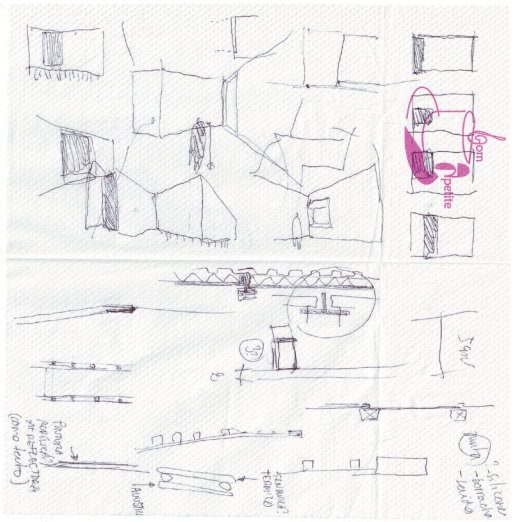


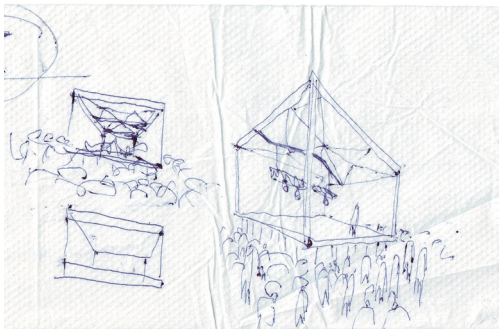


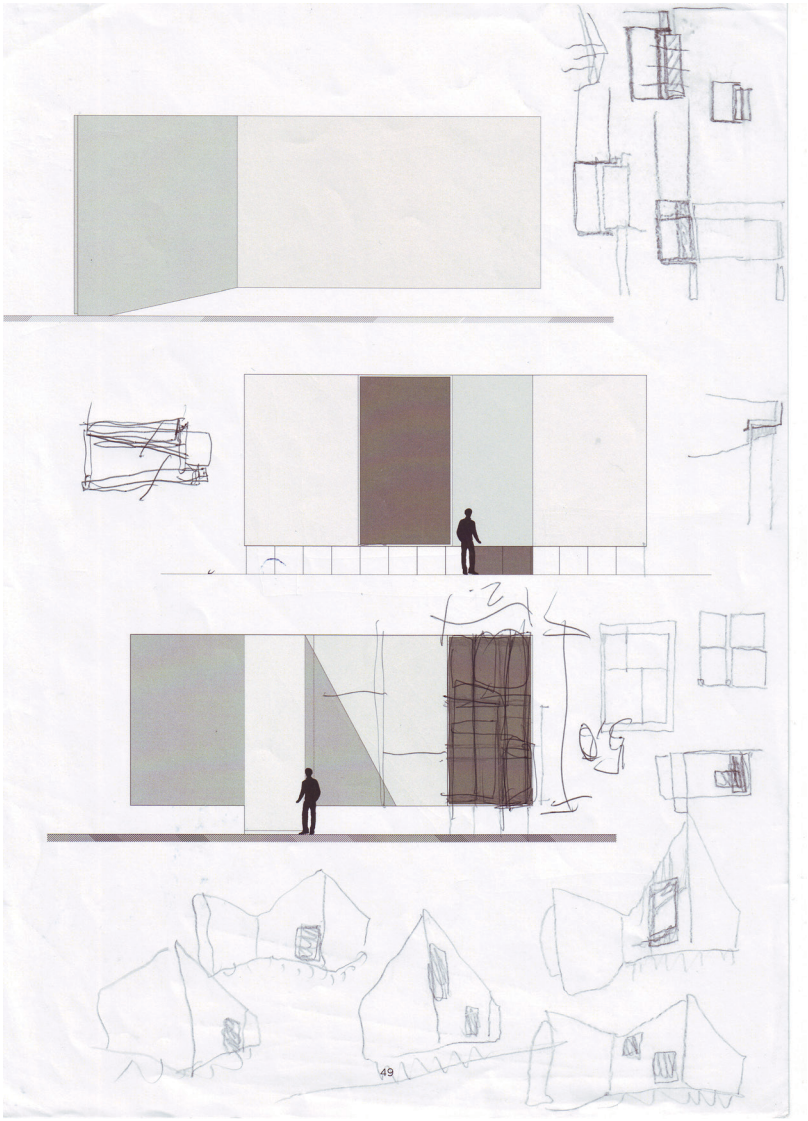




• 64 Desenhos de estudo. Pormenores construtivos.
• 65 Desenhos de estudo. Corpos acopláveis: rampa, escada, wc.

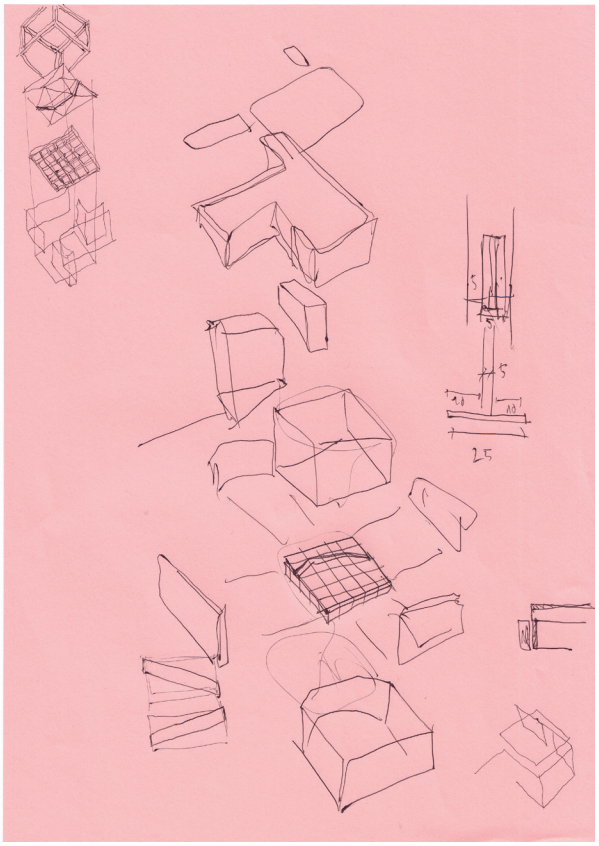




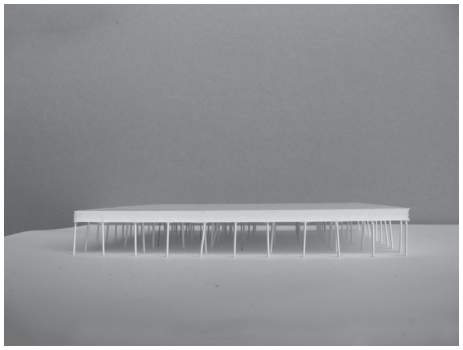


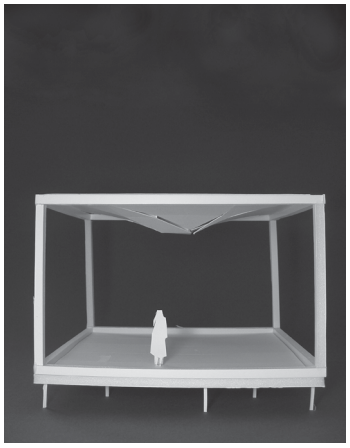
sciplinas, pode apontar-se que "a eventual
isc ásica, é
re ional e
np repre-
os positivos
ur uitectó-
m num ou
o
co e mu-
nto entre
espaço; a
sensoria
elaciona
de nova
stica: uma expressão de contemporaneida

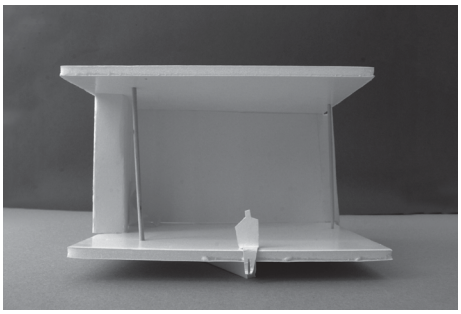
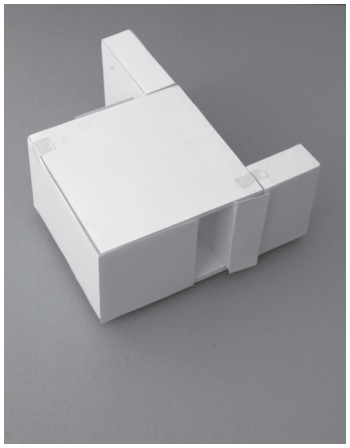
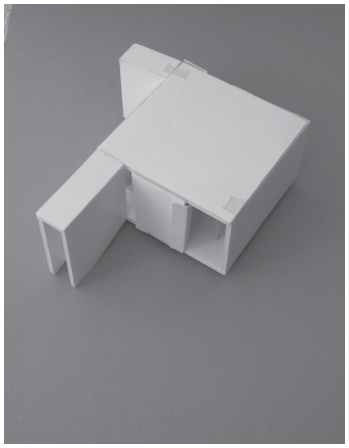
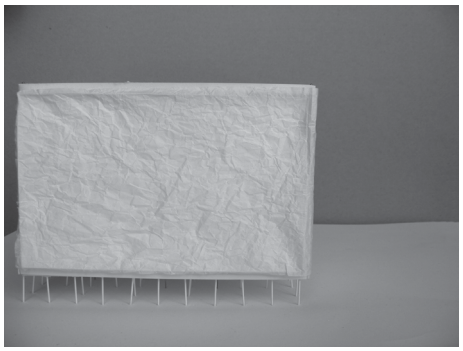








• 67 Maquetas de estudo. Momentos 1—4, efectuadas em diferentes tempos do processo de projecto.

2.6
O PROJECTO

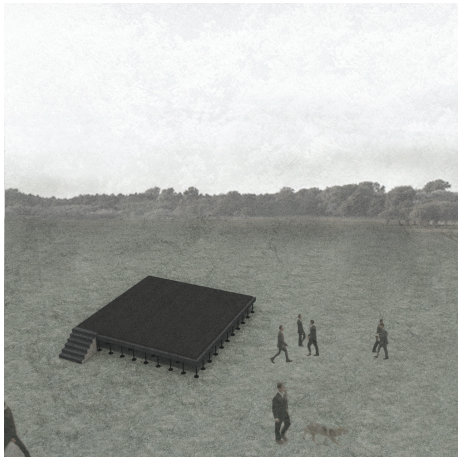
A Caixa de Música abre-se e liberta a música amplificada, democratiza-a. Fecha-se e guarda-a, aconchega-a imperturbável pelo ambiente exterior.

O edifício projectado é uma estrutura temporária, desmontável, reutilizável e desenhada sem um local especificamente definido. Pelos objectivos e programa que se estabeleceram, a sua construção tem quatro momentos, correspondentes a dois usos distintos.

Passos ordenados na construção de uma peça, os três primeiros momentos correspondem à estrutura de palco, um espaço exterior e aberto destinado à prática do espectáculo no exterior e o último momento justifica a utilização de todas as partes desenhadas e corresponde ao edifício com uma sala de música encerrada e espaços adjacentes complementares: é a Caixa de Música.

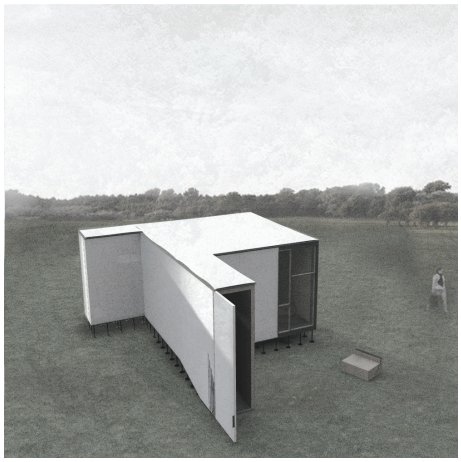
Necessário que é estabelecer a nossa própria regra, o desenho das partes prefabricadas é modulado com base numa métrica de 1,5 m, e os múltiplos e submúltiplos deste — principalmente 75 cm.

Um elemento será repetido no edifício, com diferentes dimensões e materiais, para construir tanto as superfícies horizontais como as paredes: *caixotões* modulares que incluem elementos estruturais em madeira laminada, com 15 cm de comprimento ou 25 cm de altura, quando aplicados na vertical ou horizontal respectivamente, e os materiais de isolamento acústico (e térmico) e de revestimento desejados.









— 1
— 2
— 3
— 4

MOMENTO 1:
O PALCO DESCOBERTO

No primeiro momento define-se a base, num espaço exterior e sem cobertura. Estabelece-se o plano do palco como uma 'laje' quadrada de 7,5 metros de lado, tipicamente a 1,10 m do chão e definida pelo somatório de *caixotões*, o módulo-tipo da estrutura.

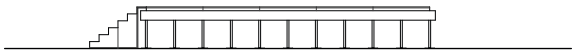
O módulo dos caixotões do pavimento, com 1,5 por 1,5 metros tem 35 cm de espessura e são revestidos em soalho de madeira de pinho nórdico.

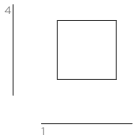
A distância ao chão é vencida com a repetição de pequenos apoios metálicos, que o suportam numa aparente suspensão no ar. De perfil circular, estão distanciados 75 cm entre eles e têm uma altura variável de modo a ultrapassar a pendente ou irregularidades do lugar onde se implanta.

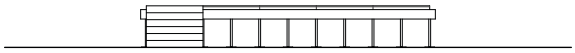
O acesso ao palco é feito por uma escada móvel, também ela construída em madeira de pinho laminada, e os espectadores podem rodear o palco, com grande proximidade aos músicos.



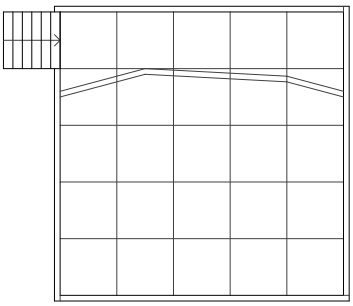


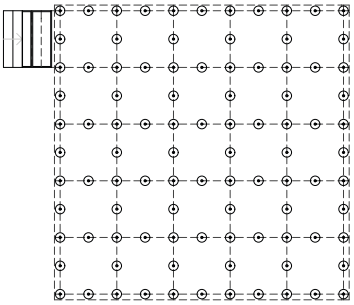






MOMENTO 1: ALÇADOS. ESCALA 1/200
1 / 4



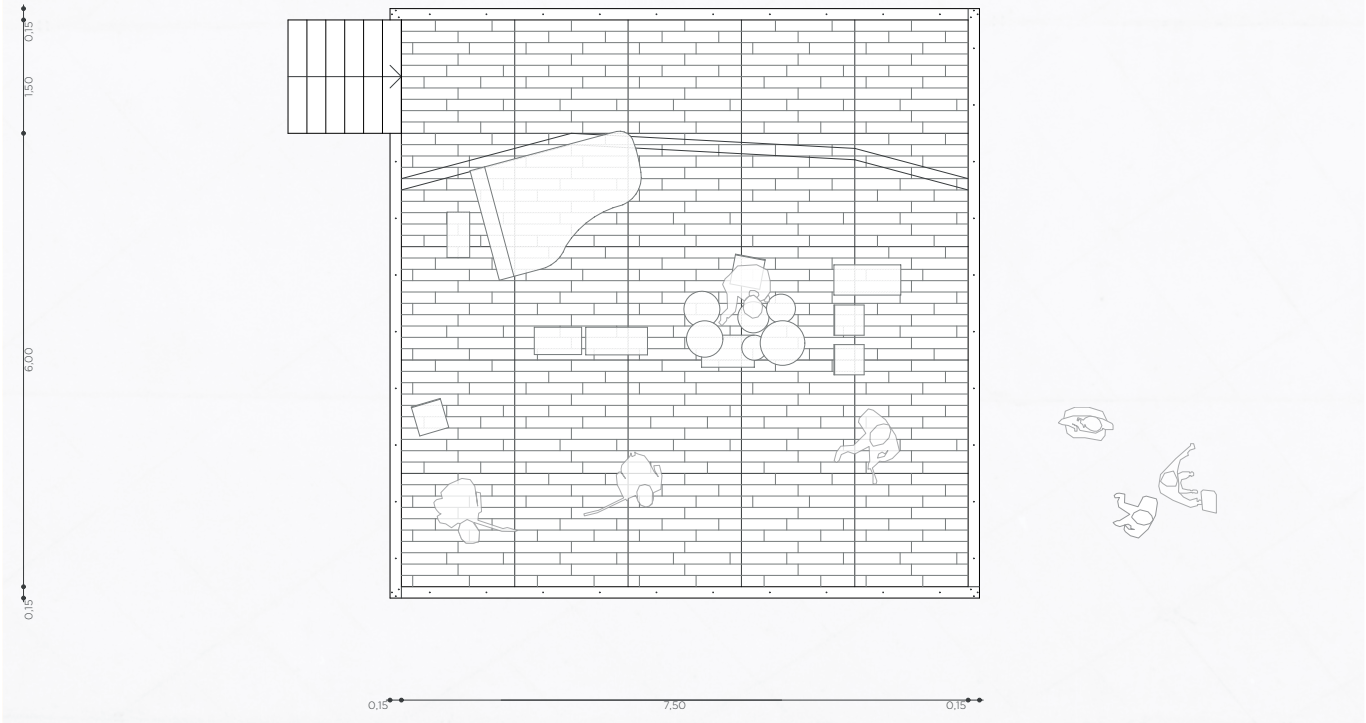


— 7
— 8
— 9
— 10

MOMENTO 1: PLANTAS. ESCALA 1/200
PISO / SUPORTE



MOMENTO 1: ALÇADO 1. ESCALA 1/100



MOMENTO 1: PLANTA PISO. ESCALA 1/100

MOMENTOS 2 & 3:
DO CORETO À CONCHA ACÚSTICA UNIDIRECCIONAL

No segundo momento, ao espaço de palco é sobreposta uma cobertura que é ao mesmo tempo concha acústica. A estrutura repete o uso de caixotões em madeira como elemento estrutural e apoia-se numa estrutura vertical metálica com perfis quadrangulares de 15 cm de lado, que se pretende esbelta e com uma percepção mínima.

A cobertura é revestida pelo exterior com uma tela plástica impermeabilizante e pelo interior com painéis de madeira de pinho laminada e pintada em branco, uma superfície topográfica irregular, resultado da agregação de faces triangulares, de diferentes configurações e suspensa dos elementos estruturais —, com um sentido funcional — acústico — mas também formal/ visual.

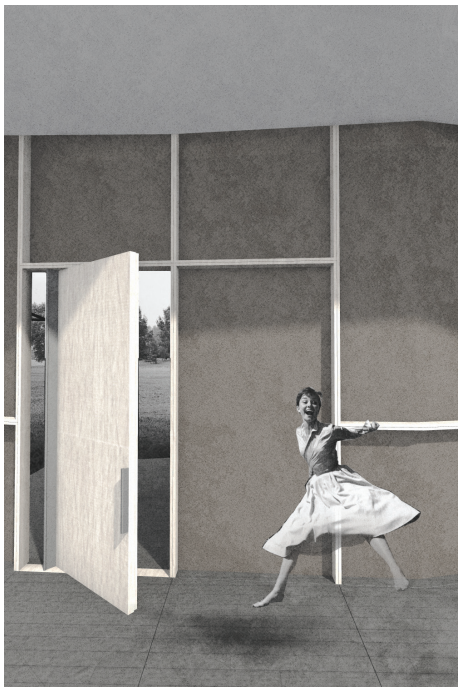
A configuração do tecto reflecte para o público o som musical incidente. É uma concha acústica que reflecte o máximo possível a música que ali é interpretada, potenciando o som recebido pelos espectadores que rodeiam o palco. Simultaneamente, com um certo lirismo cénico centra a atenção dos espectadores nos protagonistas e elementos no palco.

Infraestruturas como a iluminação são previstas como posteriores e apostas ao edifício. Aquela estrutura da cobertura prevê que pendam elementos para iluminação ou estruturas secundárias para o suporte eventual de focos de luz e sistemas de amplificação electroacústica.

No terceiro momento soma-se ao já existente o fechamento dum lado, separando o espaço em dois: um palco com 7,5 m por aproximadamente 6 m e um espaço secundário de *bastidores*, apoio e entrada no palco.

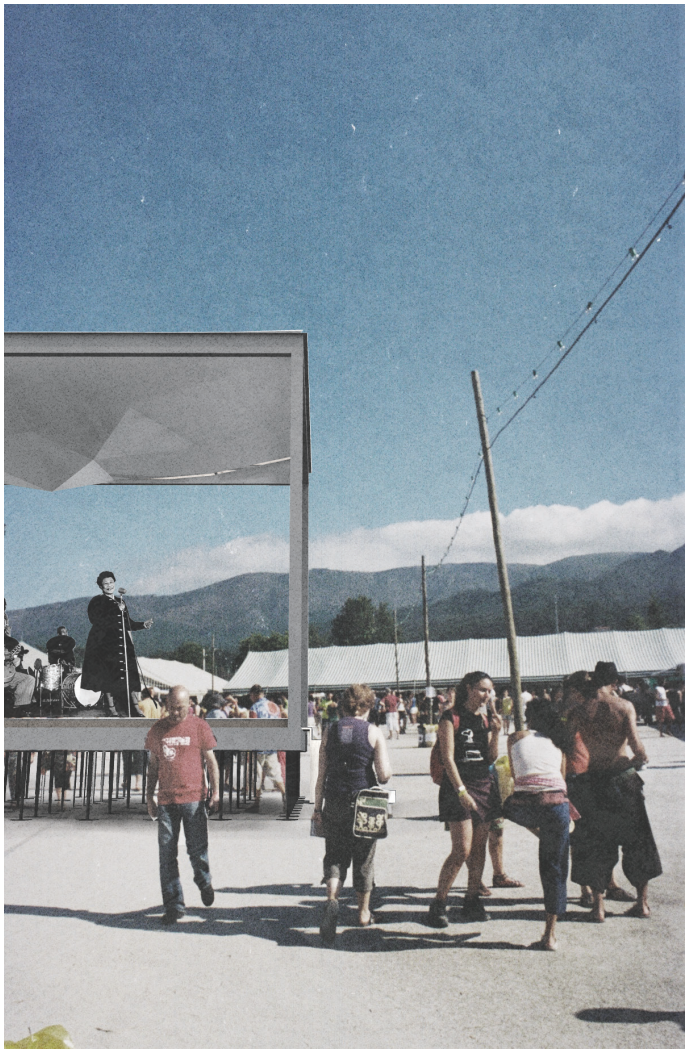
Esta configuração da concha acústica torna o espectáculo unidireccional. Prevê-se a concentração do público numa das frentes do palco, o efeito de reflexão da cobertura é repetido na horizontal, conformando o som na direcção dos ouvintes. Para concretizar este objectivo é também importante o seu desenho não ortogonal.

No momento posterior este elemento constituirá uma das paredes da sala.

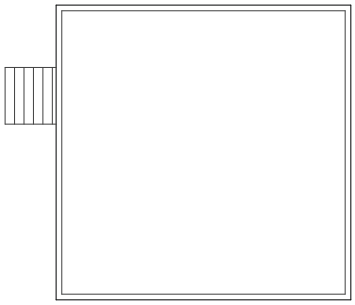


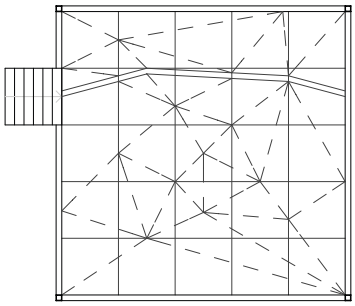


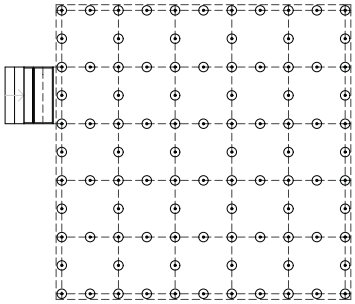




— 13
— 14
— 15
— 16

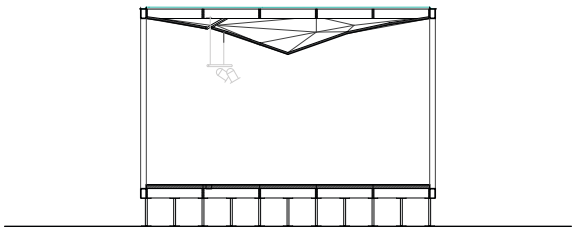


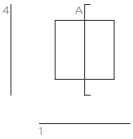




— 17
— 18
— 19 .

MOMENTO 2: PLANTAS. ESCALA 1/200
COBERTURA / PISO / SUPORTE





MOMENTO 2: CORTE A. ESCALA 1/200

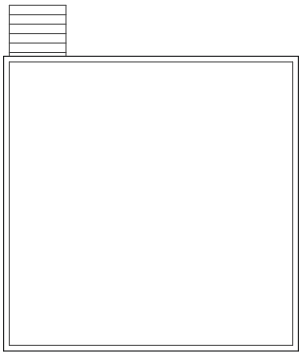


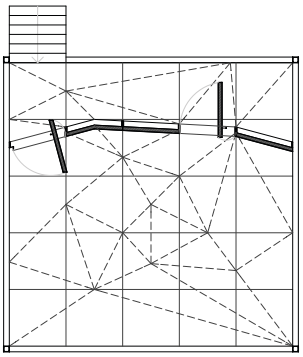
MOMENTO 2: ALÇADO 1. ESCALA 1/100.

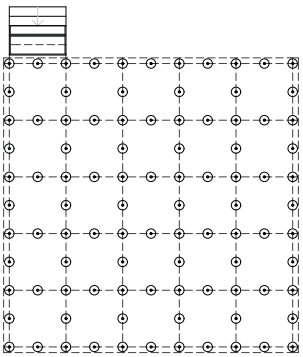


— 20
— 21
— 22
— 23 .

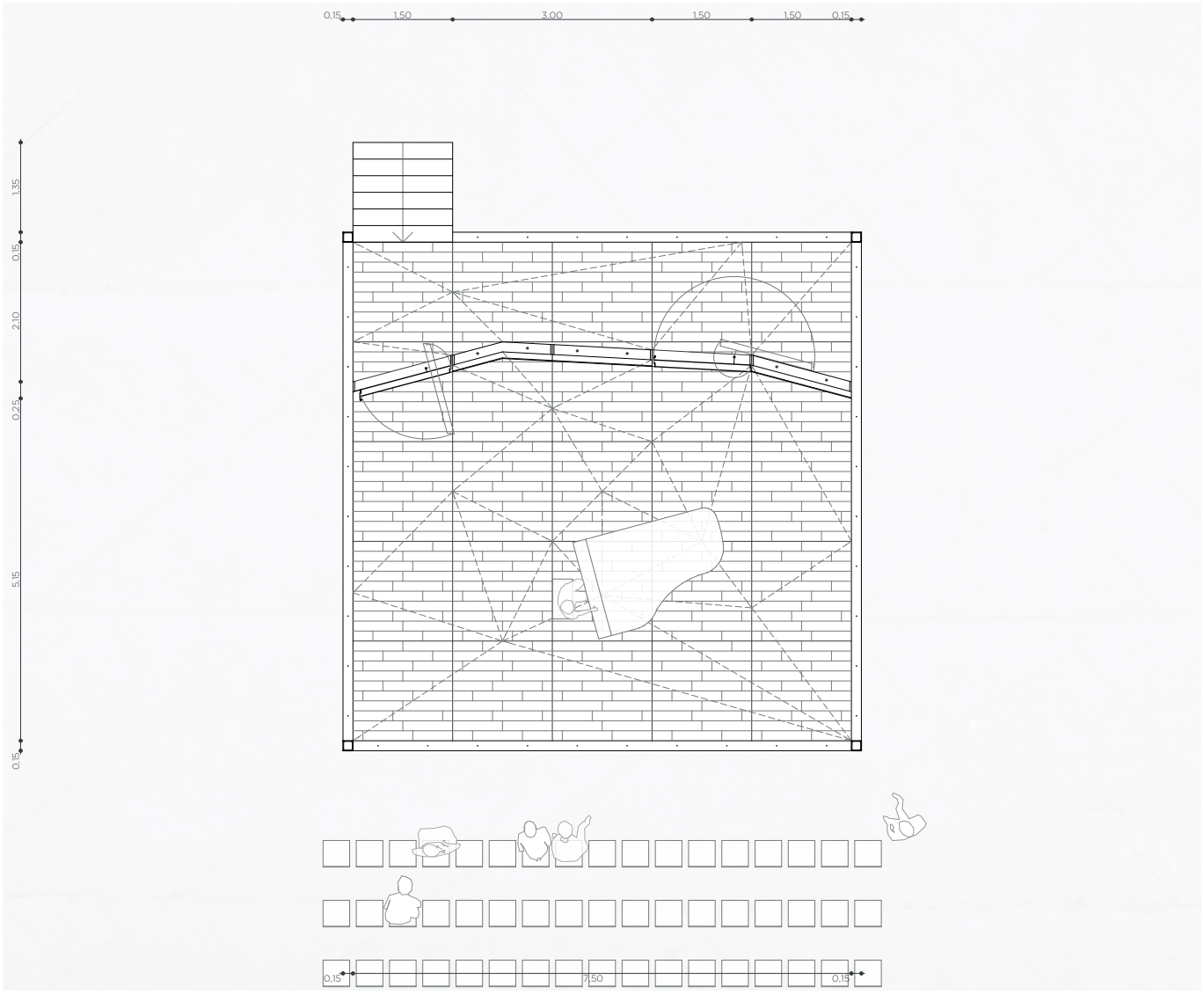
MOMENTO 2: ALÇADOS. ESCALA 1/200



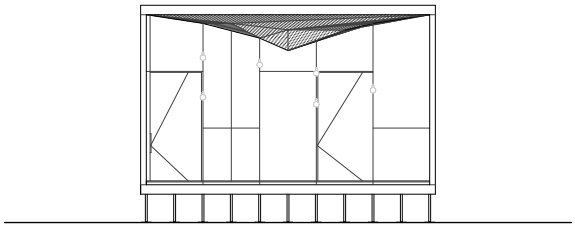


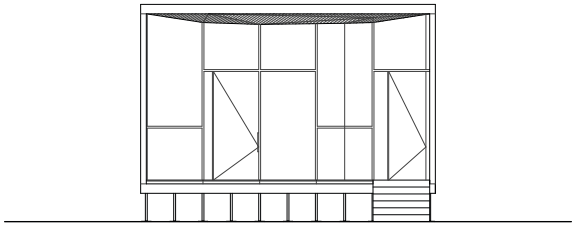


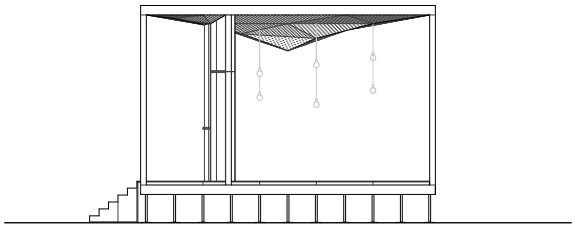
MOMENTO 3: PLANTAS. ESCALA 1/200
COBERTURA / PISO / SUPORTE

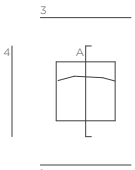


MOMENTO 3: PLANTA PISO. ESCALA 1/100







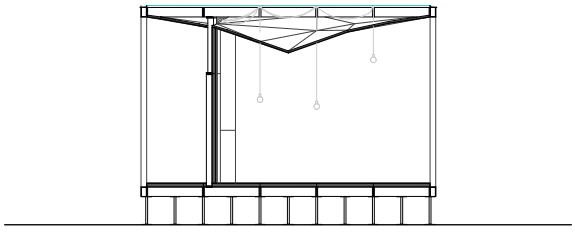


— 28
— 29
— 30 .

MOMENTO 3: ALÇADOS. ESCALA 1/200
1 / 3 / 4



MOMENTO 3: ALÇADO 1. ESCALA 1/100.



MOMENTO 3: CORTE A. ESCALA 1/200

MOMENTO 4:
O PAVILHÃO ENCERRADO

No quarto momento, o último, o pavilhão é fechado para a prática perante um público reduzido, ensino ou estudo. À excepção da escada móvel, todas as partes daquelas fases se mantém aqui presentes. Somam-se paredes que definem uma sala interior, e dois corpos anexos, e a tela exterior impermeável que unirá todos os elementos e definirá o limite interior-exterior.

A planta reflecte algumas das preocupações acústicas que se tiveram presentes. A sala interior desenha-se isolada do exterior acusticamente e, no entanto, com dois grandes janelões que estabelecem o contacto visual com a envolvente variável, atribuindo ao evento o contexto que o edifício despreza.

Os materiais unificam o espaço, a madeira de pinho atravessa todos os planos fechados, e os janelões são de *metacrilato* (Plexiglas) com dupla espessura.

O espaço de *bastidores* desenha-se agora também como antecâmara à sala, um *quasi-foyer*, informal porque mantendo a capacidade de espaço de apoio onde se pausa e se poisam instrumentos ou pequenas peças de mobiliário empilhável.

Anexados ao corpo central, dois corpos completam o funcionamento deste pavilhão fechado.

Um deles substitui a escada e estabelece a entrada no pavilhão, constituindo-se como elemento de transição ao interior que, como atrás foi referido, acompanha e perturba sensorialmente a entrada no edifício. Um espaço em rampa, alto e estreito, com 1,5 m de largura, 4,5 metros de comprimento entre a porta e o *foyer* e a altura a variar entre os 4,40 m e os 5,45 m, onde as paredes são revestidas em folha de metal, muito reflector de luz e som.

O outro corpo é a instalação sanitária e é autónoma à rede pública. O seu volume (1,80 x 3,30 x 5,00 m no exterior) comporta no interior o espaço de casa-de-banho com 1,5 por 2,25 m e os necessários reservatórios. É revestido em pinho laminado e lacado e iluminado por uma abertura zenital.

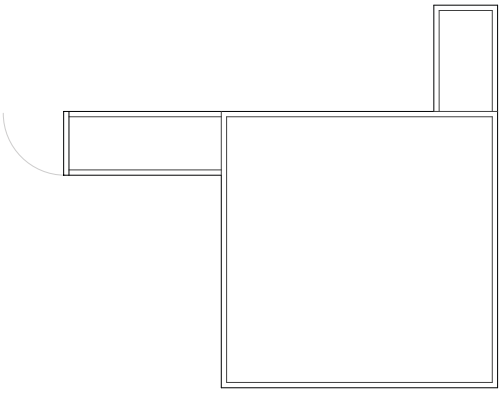


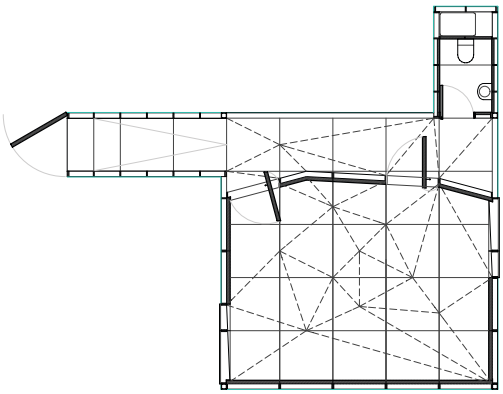


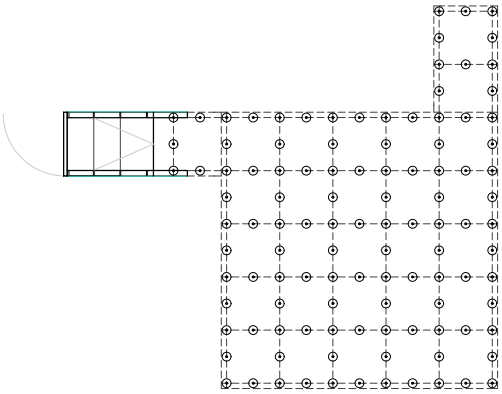




— 33
— 34
— 35
— 36

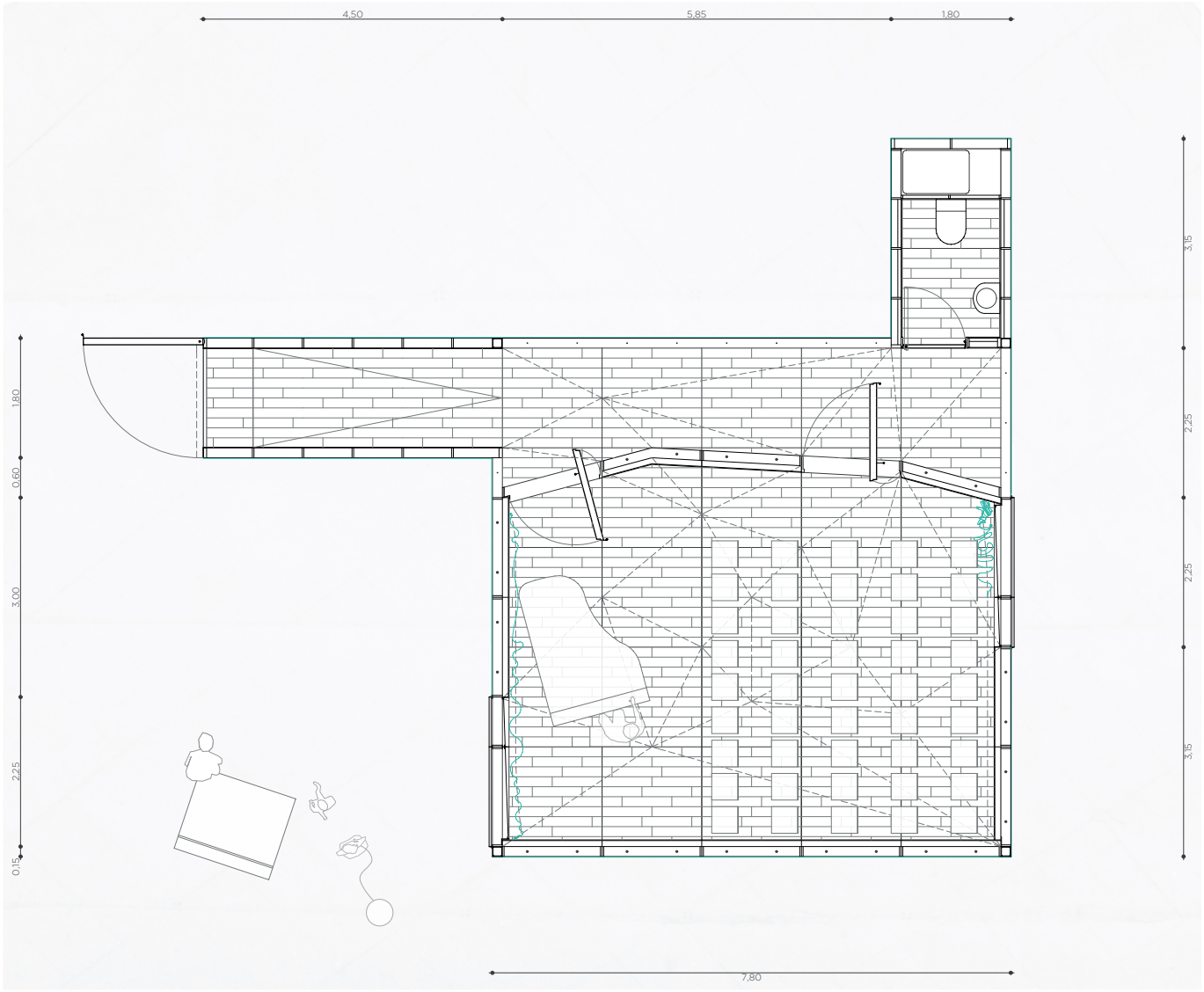




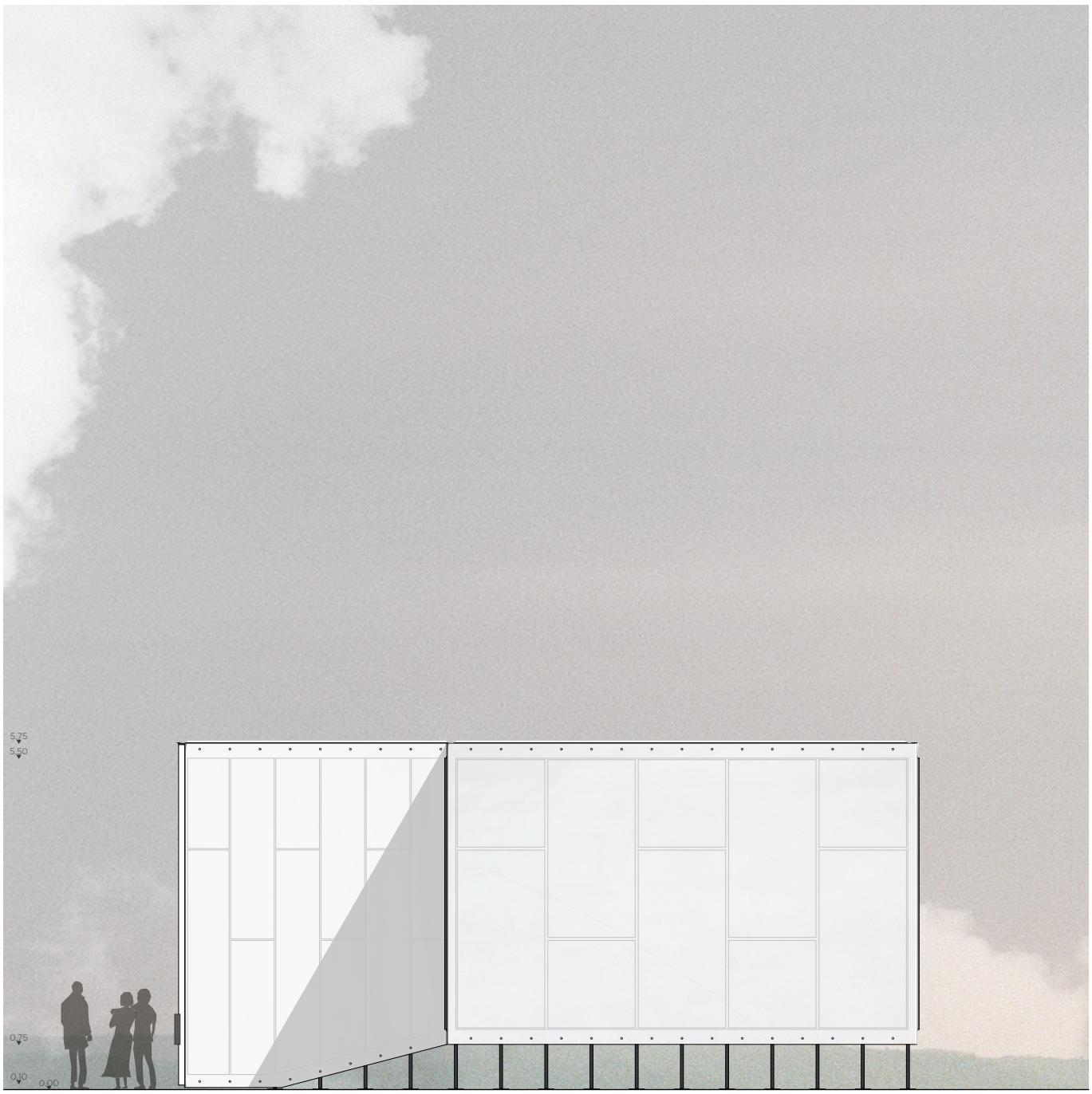


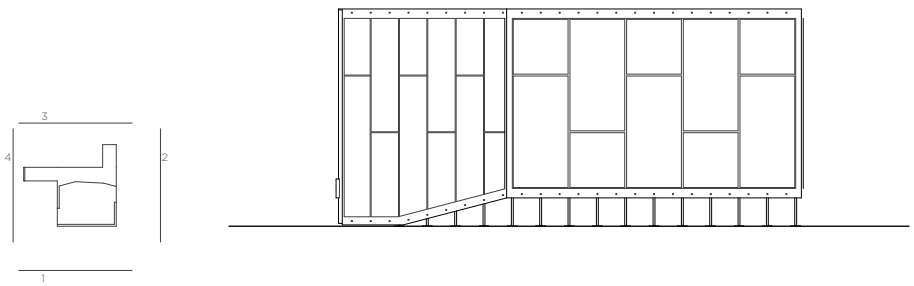
— 37
— 38
— 39

MOMENTO 4: PLANTAS. ESCALA 1/200
COBERTURA / PISO / SUPORTE



MOMENTO 4: PLANTA PISO. ESCALA 1/100

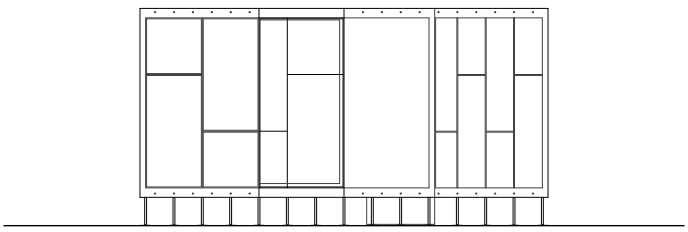




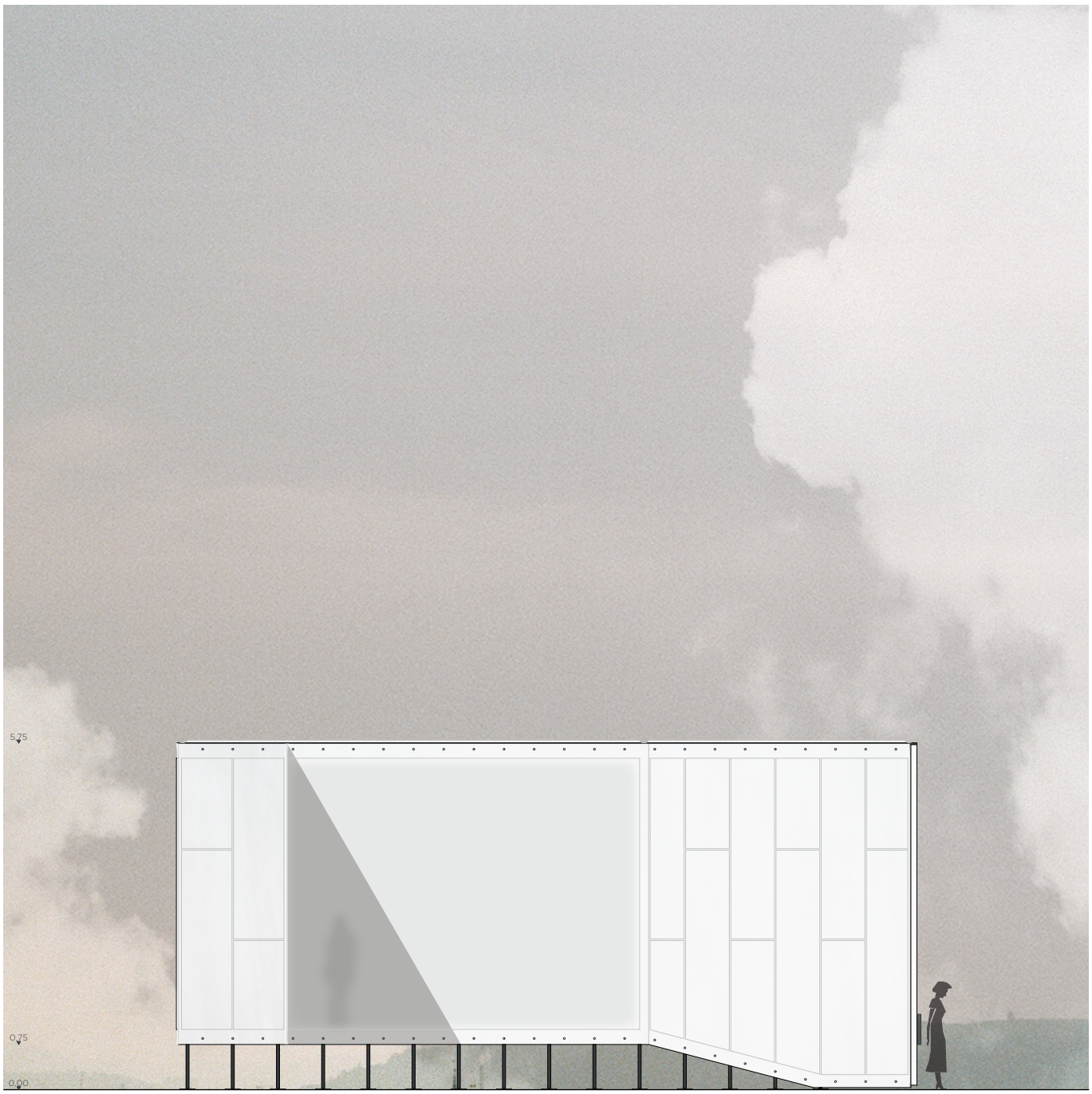
— 41
— 42

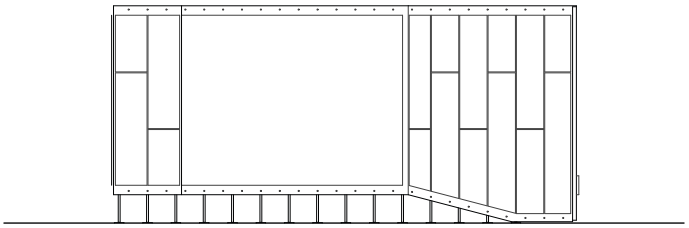
MOMENTO 4: ALÇADO 1. ESCALAS 1/100 + 1/200



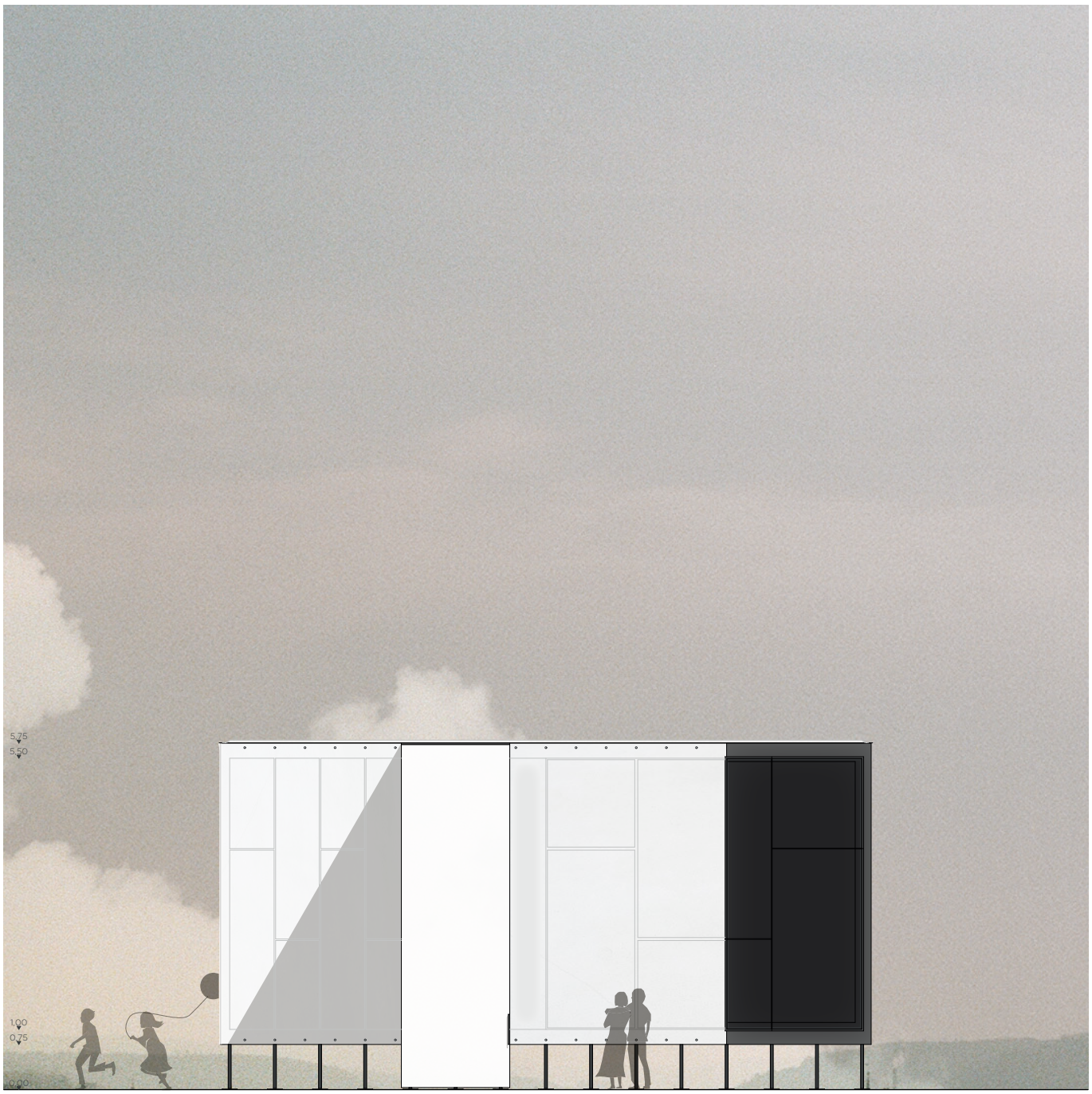


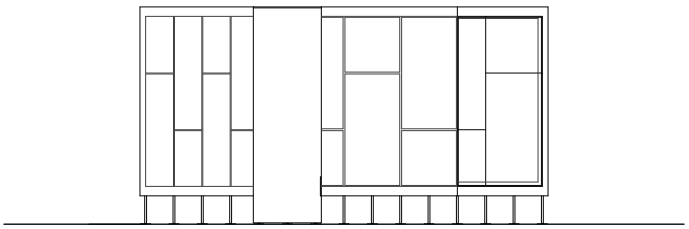
MOMENTO 4: ALÇADO 2. ESCALAS 1/100 + 1/200





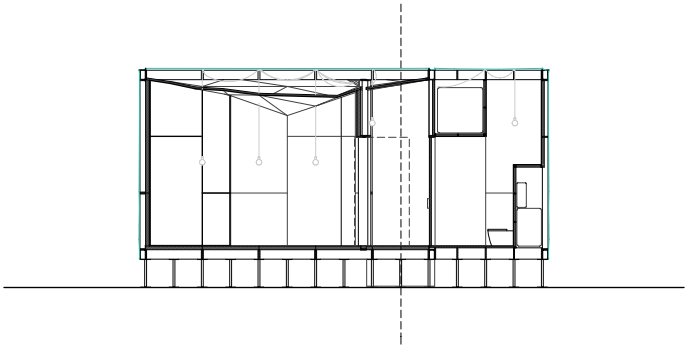
MOMENTO 4: ALÇADO 3. ESCALAS 1/100 + 1/200

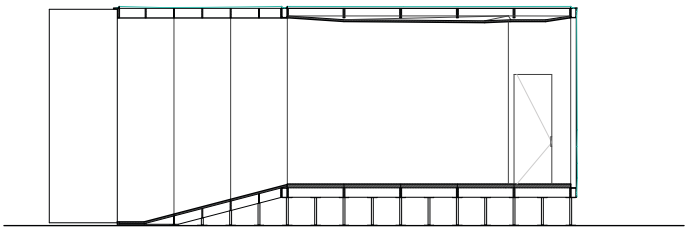


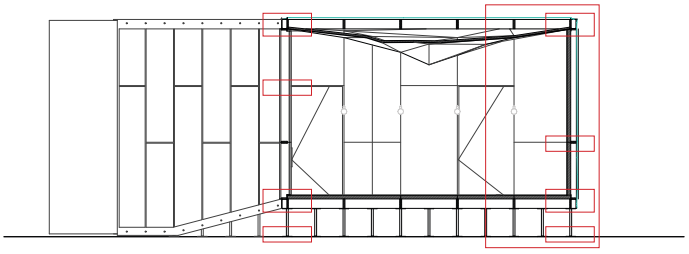


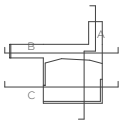
— 47
— 48

MOMENTO 4: ALÇADO 4. ESCALAS 1/100 + 1/200



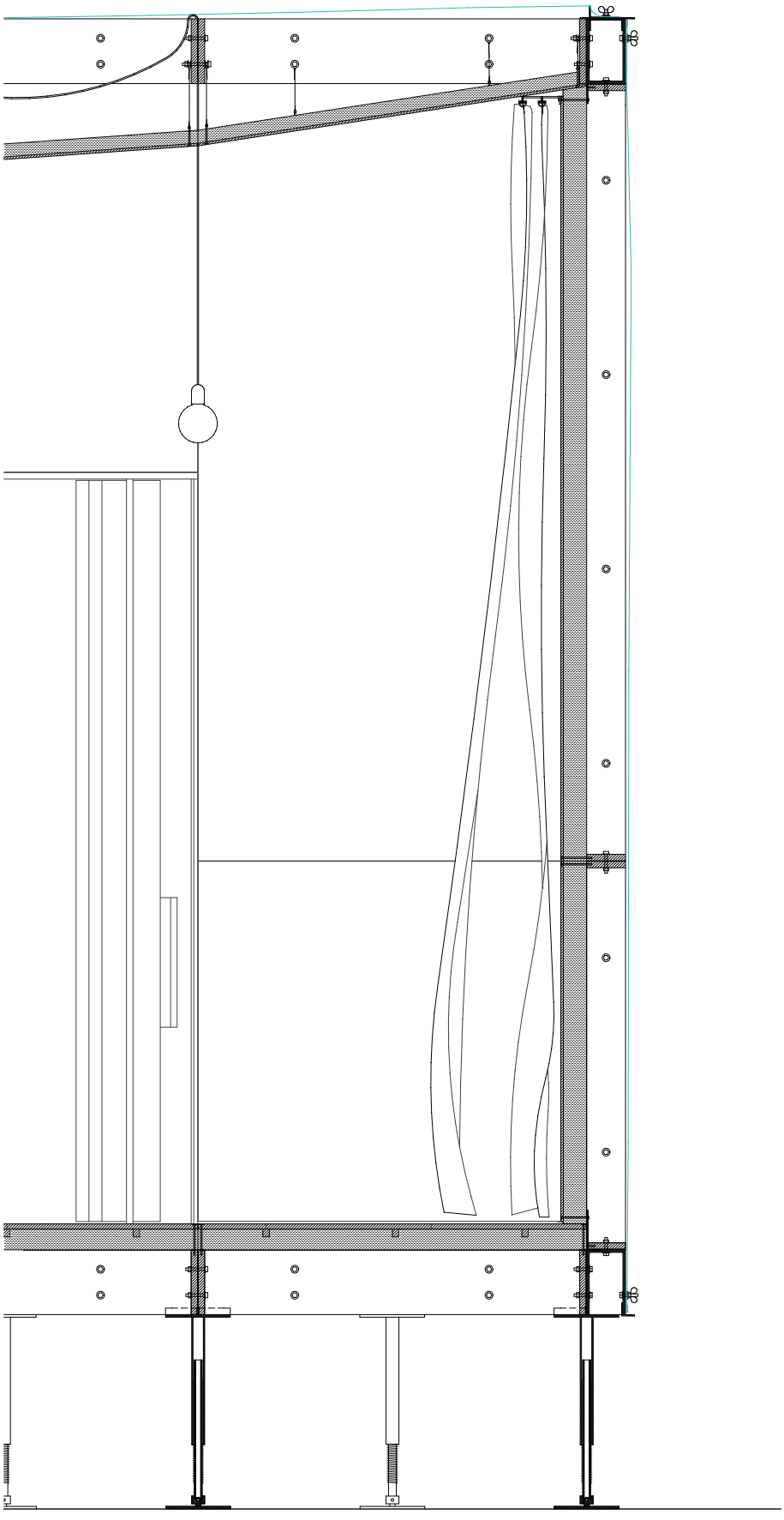




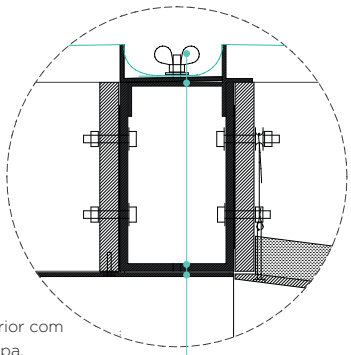


— 49
— 50
— 51 .

MOMENTO 4: CORTES. ESCALA 1/200
A / B / C

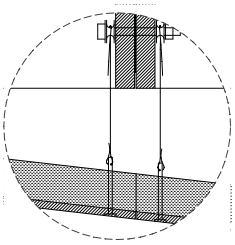


PORMENORES. ESCALA 1/25
MOMENTO 1 2&3 4



Encaixe superior com
corpo da rampa.

Parafuso com aperto tipo borboleta (fixação das membranas em PVC).
Caleira (Pingadeira) em chapa de aço 5 mm.
Perfil U (150x250 mm) em aço 10 mm.
Folha de cobre 5 mm.

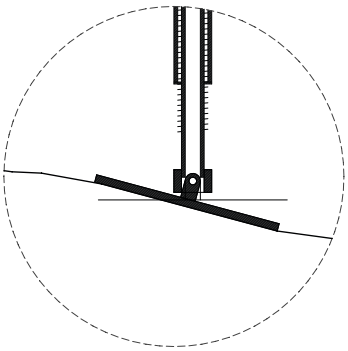


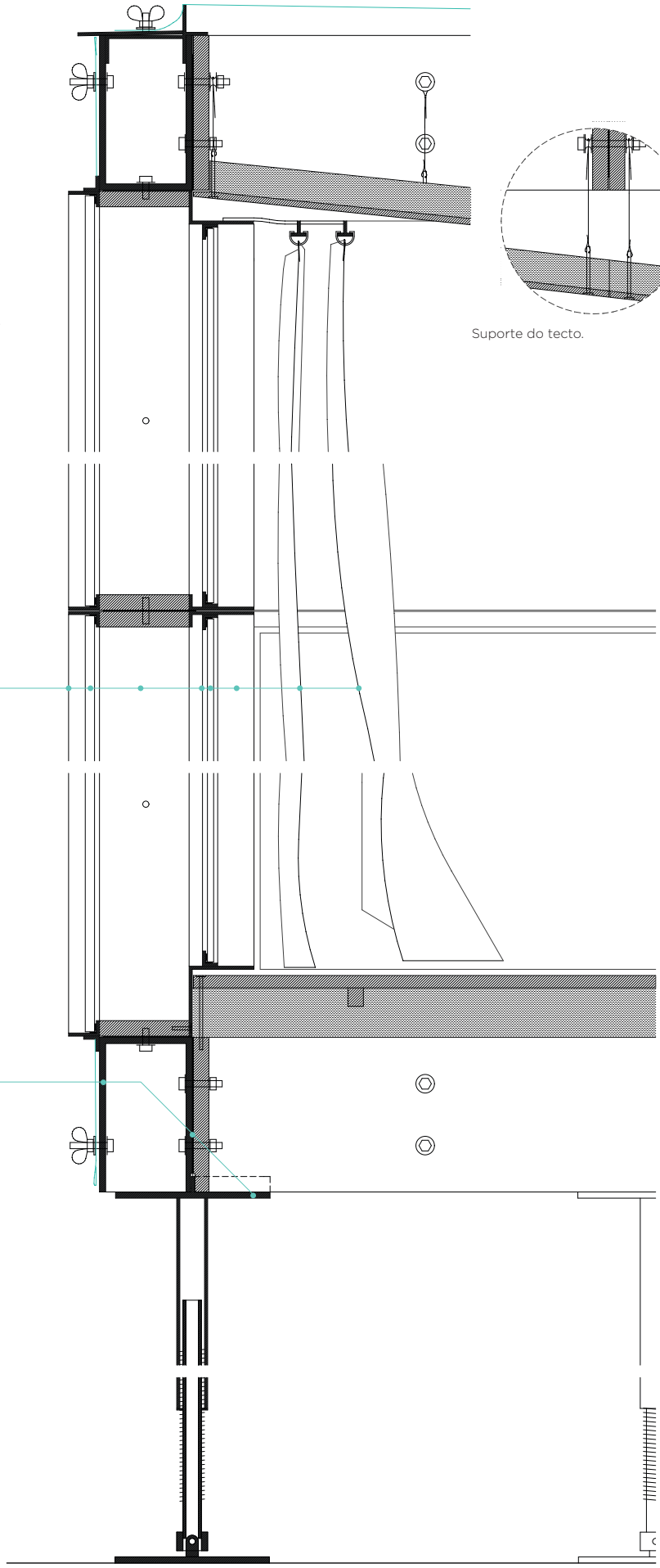
Suporte do tecto.

Cortina acústica translúcida 102 g/m² (ACOUSTICS "WHISPER").
Cortina acústica 4mm 730 g/m² (ACOUSTI-CURTAIN).
Perfil L (25x100 mm) em aço 5 mm.
Painel de polimetil-metacrilato transparente 6 mm (PLEXIGLAS GS).
Perfil L (25x25 mm) em aço 5 mm.
Caixotões (1,5x1,5 m ou 3,0x1,5 m) em madeira laminada 25x150 mm.
Painel de polimetil-metacrilato transparente 10 mm(PLEXIGLAS GS).
Perfil L (25x50 mm) em aço 5 mm.

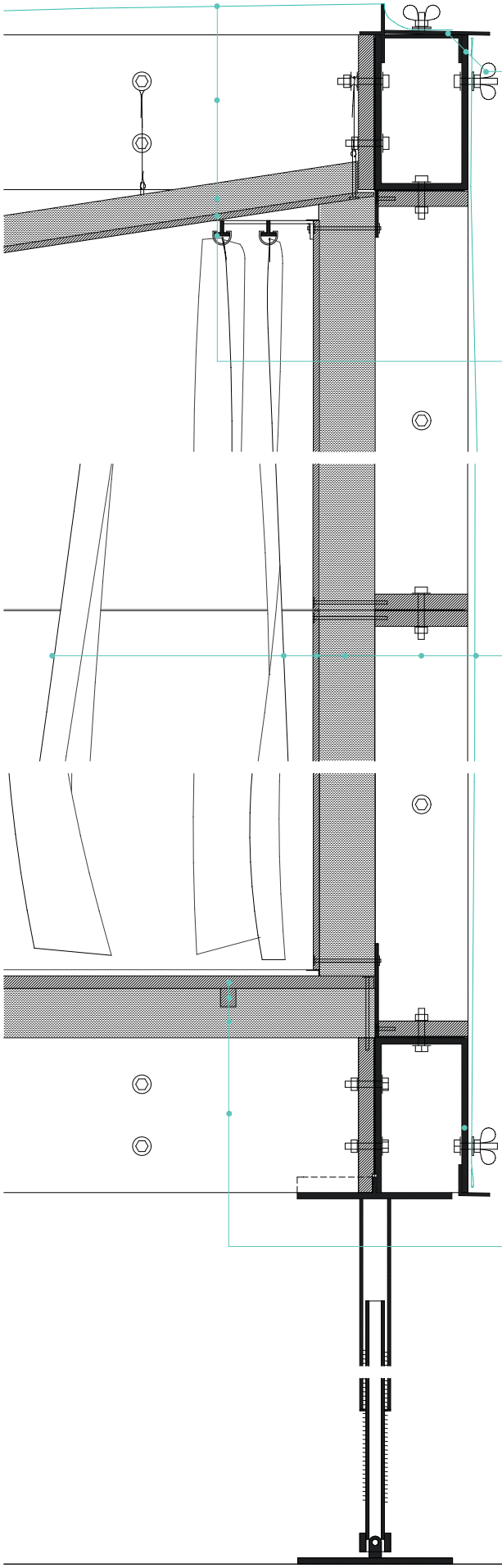
Pilotis de suporte de tubular circular (50 mm) em aço, com base
circular (250 mm) em chapa de aço 10 mm.
Membrana elástica de dessolidarização (entre elementos estruturais).
Perfil U (150x250 mm) em aço 10 mm.

Apoio dos pilotis em terreno inclinado.





JANELÃO
PORMENORES. ESCALA 1/10



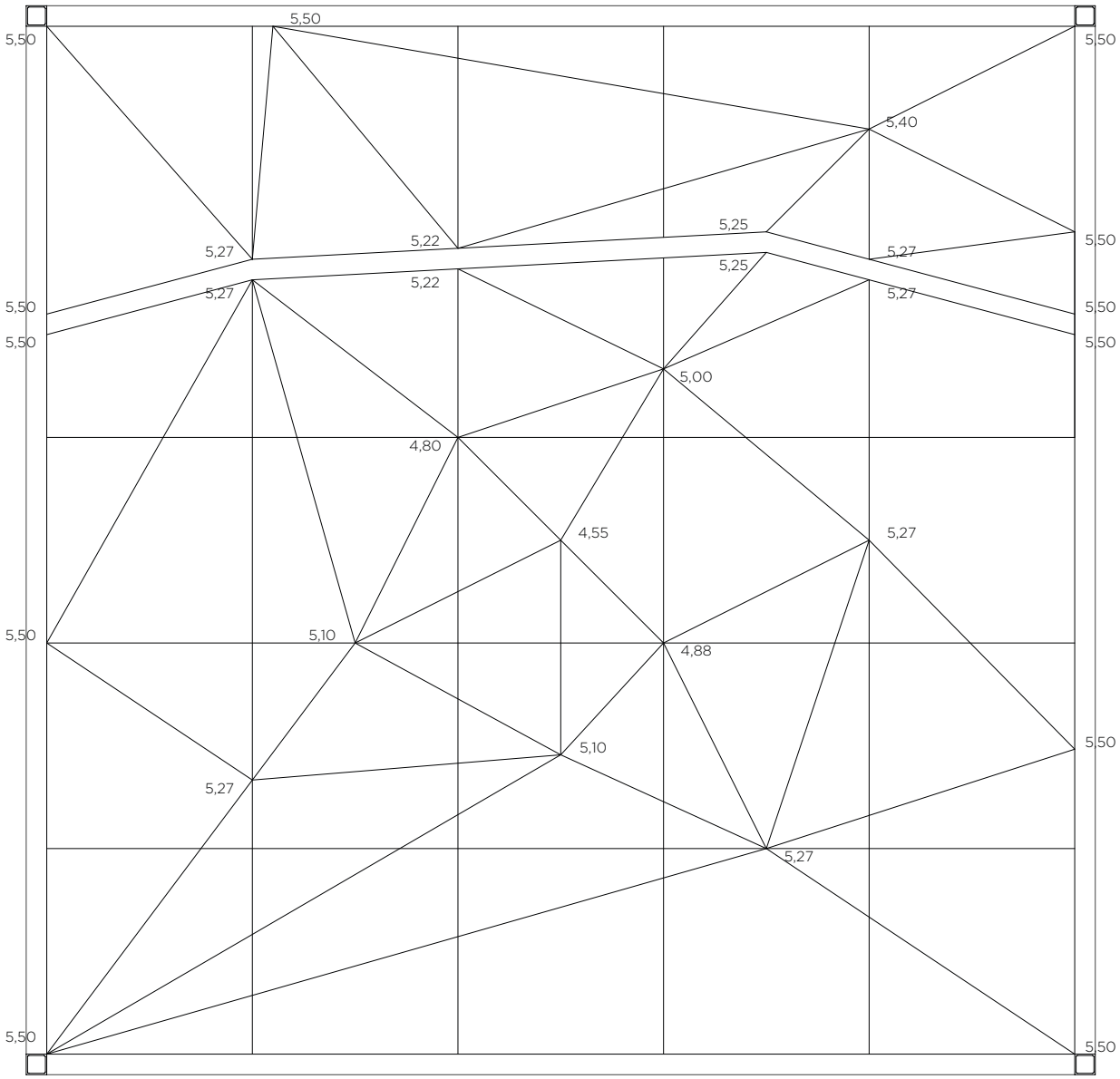
Pingadeira em chapa de aço 5 mm.
Perfil U (150x250 mm) em aço 10 mm.
Parafuso com aperto tipo borboleta (fixação da membrana em PVC).

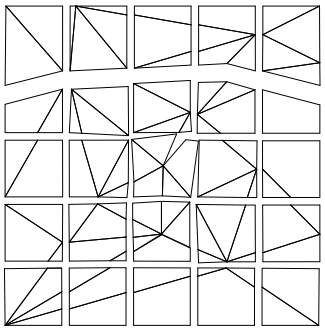
Membrana branca translúcida em PVC 1mm (Dow VIENTO).
Caixotões (1,5x1,5 m) em madeira laminada 25x250 mm.
Aglomerado de cortiça expandida 50 mm.
Painel em madeira laminada de pinho nórdico pintado em branco 10 mm.
Varão de cortina: perfil T (25x25 mm) em aço 5 mm.

Cortina acústica translúcida 102 g/m^2 (ACOUSTICS "WHISPER").
Cortina acústica 4mm 730 g/m^2 (ACOUSTI-CURTAIN).
Painel em madeira laminada de pinho nórdico 10 mm.
Aglomerado de cortiça expandida 90 mm.
Caixotões (1,5x1,5 m ou 3,0x1,5 m) em madeira laminada 25x150 mm.
Membrana translúcida em PVC 1mm (Dow VIENTO).

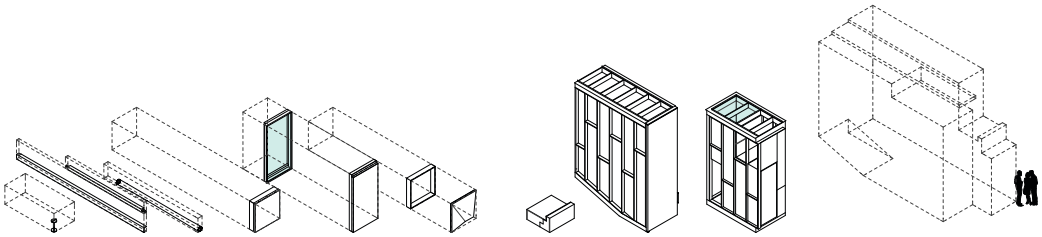
Soalho em madeira de pinho pintado em preto com tinta de água 25 mm.
Ripa de madeira 25x30 mm.
Aglomerado de cortiça expandida 75 mm.
Caixotões (1,5x1,5 m) em madeira laminada 25x250 mm.

PAREDE EXTERIOR
PORMENORES. ESCALA 1/10





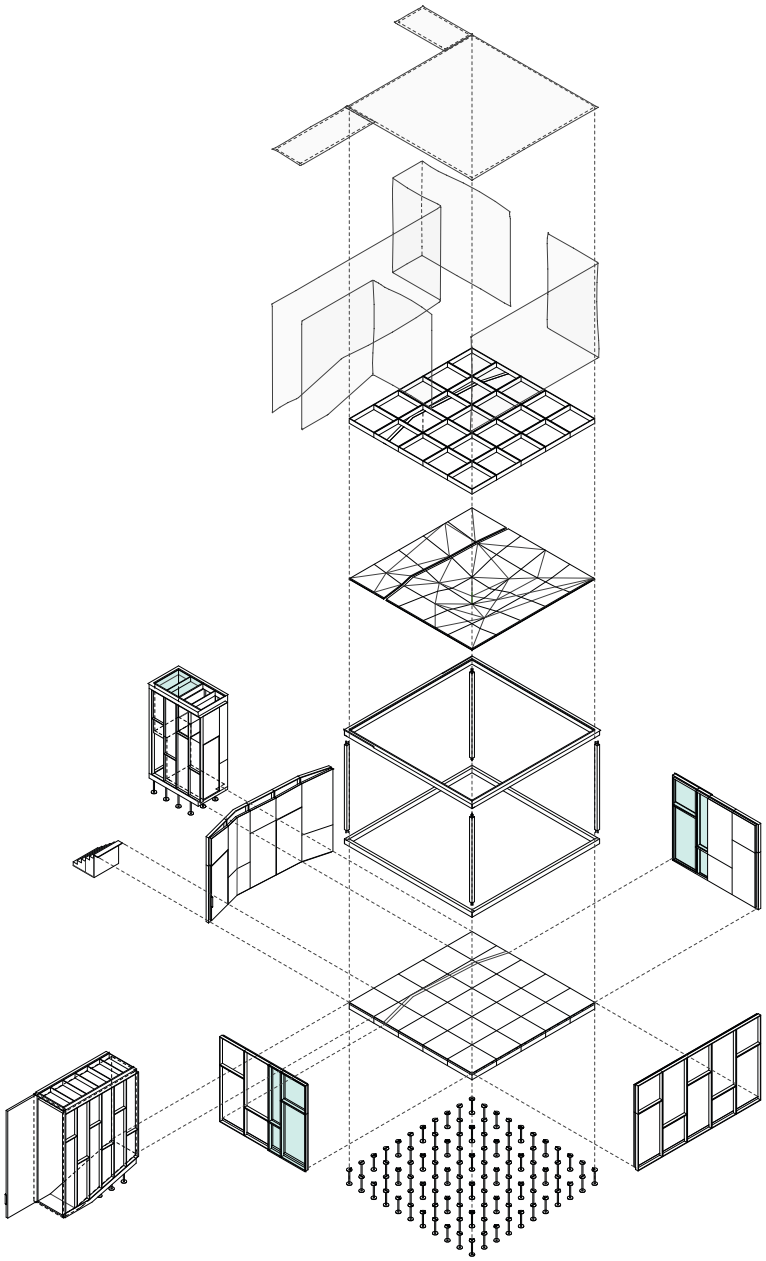
SUPERFÍCIE DE COBERTURA (CONCHA ACÚSTICA)
PLANTA COTADA E MÓDULOS PLANIFICADOS.
ESCALAS 1/50 E 1/200



120 Estacas de suporte + 12 Elementos de estrutura metálica + 3 Membranas de revestimento em PVC + 25 Caixotões de pavimento + [28 Caixotões de parede + 8 módulos de janelões + 2 módulos de portas] + [25 Módulos do tecto + 25 Caixotões de cobertura] + Escada + Corpo de acesso + Corpo de Wc

145 M^3

volume armazenado



ELEMENTOS E AXONOMETRIA
DE CONSTRUÇÃO. ESCALA 1/400

PAUSA. ENTRE CAIXAS DE MÚSICA. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

No momento de fechar este texto, é tempo de fazer uma retrospectiva ao percurso que se tomou e que veio, com o desenvolvimento deste trabalho, antes de mais, confirmar a pertinência das questões inicialmente levantadas e a aprendizagem de algumas respostas à especificidade do tema.

Procurou-se sempre um ponto de vista no equilíbrio entre a compreensão das artes envolvidas, e que se centraram como fundamento, e a necessária abordagem mais técnica que se exigia pelas questões que aqui se levantavam entre a arquitectura e a música. Mas as leituras e referências procuraram-se próximas quanto possível à visão mais artística — a 'poética' do capítulo introdutório — a partir dos campos de trabalho dos arquitectos e dos músicos.

O ponto a que chegámos é resultado de uma investigação muito pessoal e excepcional, cruzando a experimentação no campo arquitectónico e a aprendizagem no campo musical. Sem dúvida que o caminho seguido não era o único possível, nem tampouco se garante como o mais acertado — aliás, como não há silêncio, não há também propostas ideais.

O projecto evoluiu continuamente com o conhecimento do condicionamento oferecido pela física acústica, importantíssima investigação teórica num campo que me era em grande medida desconhecido; mas também com a presente percepção e envolvimento com as diferentes ideias de exposição pública da música; com o realismo do contributo de conversas informais com colegas, músicos, estranhos à proposta e que acreditaram na utilidade da sua existência real; com o diálogo nas reuniões com a Professora Madalena, em que se exploravam as hipóteses e seus sentidos possíveis, desde as mais experimentais e idealizadas às mais reais, orientação preciosa na procura de um programa e uma intenção, de um forma e uma expressão depois, por fim de um método e um sistema construtivo, sempre sem perder de vista o sentido do arquitecto-artista.

O instante presente não é o de uma conclusão mas o fim de um capítulo de trabalho na concepção de um edifício com um carácter e um fim tão específico. O projecto estagna aqui enquanto proposta de projecto de arquitectura, mas estamos convencidos ainda da pertinência do seu programa e da sua exequibilidade real. Pára-se na transição para um passo onde se justificaria a confirmação das opções tomadas num cuidado desenvolvimento do projecto de acústica, antes da sua execução.

Não se aplicam no edifício desenhado as estratégias estudadas em toda a sua expressão, mas enquadradas no contexto e no programa, isto é, conhecem-se as técnicas, as suas características e limites e usam-se quando necessário, adequa-

das perante a condição de projecto.

E, pela dimensão técnica presente, que logo à partida se tinha referido, alguns termos e noções importantes foram abordados mas, no projecto não rigorosamente seguidos. Este cingiu-se a uma abordagem arquitectónica, prática, que careceria agora daqueles estudos técnicos: o arquitecto pode prever o comportamento dos sistemas e materiais mas não medi-lo ao certo.

Mas mais importante que garantir a correcção da dimensão acústica do projecto, ganharam a presença que queríamos, questionando, orientando e limitando o processo de projecto.

Além do mais, a opção por um projecto de construção temporária e desmontável pôs de facto em causa algumas das exigências que se escreviam necessárias num espaço para a prática musical — nomeadamente no que toca ao nível de isolamento sonoro — e que foram atenuadas face à necessária funcionalidade e facilidade construtiva e àquele trinómio exigência/ benefício/ custo.

Parece-nos importante referir neste ponto que durante o desenvolvimento deste trabalho se tomou contacto com uma profusa quantidade de projectos também com uma dimensão experimental, de existência provisória e no contacto com a temática musical — inclusivé com nomes semelhantes ao que aqui se escolheu, mas que não nos demoveram da sua escolha: a sua referência é coincidente e a pertinência manteve-se.

A Caixa Sonora Suíça (Peter Zumthor) não é um espaço para a prática com audiência passiva, mas onde a música participa num jogo com o público e as necessidades acústicas são resolvidas dissimuladamente pelos métodos e materiais escolhidos, as Caixas da Música de Arrigo Barnabé (João Mendes Ribeiro) são instrumentos musicais, separação entre músicos e ouvintes e usadas para mutar propositadamente o som produzido no seu interior[1].

Mas entre a maioria dos projectos neste campo pensa-se que é predominante a Música servir apenas como um contacto de 'inspiração artística', e onde a ausência de cuidado com as questões da acústica predomina, ausência esta poucas vezes justificada.

Quanto à presença do som e da música no desenho do espaço e da arquitectura, e já finalizando, deve ter-se em necessária atenção que o som é material construtivo essencial e que pode alterar substancialmente a percepção (sonora) de um espaço. Pode usar-se para aprazer ou perturbar sensorialmente quem vivencie um espaço, e a ele devemos estar atentos, tanto no estudo e visita a um edifício quanto no seu desenho. Diz Juhani Pallasmaa que "com os nossos ouvidos acariciamos os limites do espaço"[2]:

> *A visão isola enquanto que o som inclui; a visão é direccional enquanto que o som é omnidireccional. (…) Contemplo um objecto, mas o som chega-me; o olho alcança, mas o ouvido recebe. Os edifícios não reagem ao nosso olhar, mas devolvem-nos os nossos sons ao ouvido.*[3]

1 Outros exemplos: JS Bach Chamber Music Hall (Zaha Hadid, Manchester Art Gallery, 2009); Teatro Flutuante Arteplage Mobile du Jura (Didier Fiuza Faustino, Jura 2002); BeatBox (Hella Gerlach e Daniel Rech, 2006); Ba_Lik (Vallo Sadovsky, Bratislava, 2009); Pavillon für Soundart (ModulorBeat, Enschede, em projecto).

2 PALLASMAA, Juhani; *Los ojos de la piel*; Gustavo Gili; Barcelona; 2006; página 52.

3 *idem*; página 50.

A audição merece a mesma atenção que os restantes sentidos, o que é tanto mais importante quanto nos encontramos num momento de primazia da visão, em que a arquitectura erradamente[4] se visita e se aprecia mais pelas imagens de catálogo, revista ou magazine electrónico, que em física e atenta visita[5].

Quando o espaço é dedicado à música, então a análise e compreensão da sua dimensão sonora é delicada e necessária. Os profissionais da música e da acústica devem ser consultados e ouvidos, e respeitadas as suas considerações. O ouvido afinado dos músicos e melómanos e os conhecimentos sobre o som e a matéria acústica dos materiais são preciosos e insubstituíveis para um resultado final de excelência.

Em síntese, deve ter-se sempre em consideração a dimensão sonora da arquitectura, compreendendo a implicação que ela terá na percepção correcta e vivência aprazível de um espaço, especificamente por um intérprete ou ouvinte num espaço dedicado à prática e audição musical, ou globalmente por qualquer pessoa num qualquer espaço arquitectónico.

4 "Uma forma só poderá compreender-se vivendo-a, bem como à sua circunstância e não apenas ouvindo descrições a seu respeito ou consultando suas reproduções". TÁVORA, Fernando; *Da Organização do Espaço*; Faup Publicações; Porto; 2004; página 23.

5 "En lugar de una experiencia plástica y espacial con una base existencial, la arquitectura ha adoptado la estrategia psicológica de la publicidad y de la persuasión instantánea (...) Como consequencia de la avalancha actual de imágenes, la arquitectura de nuestro tiempo aparece a menudo como un simple arte retiniano del ojo (...) la arquitectura se ha convertido en un arte de la imagen impresa fijada por el apresurado ojo de la cámera fotográfica." PALLASMAA; *op. cit.*; página 29.



• 1 Anish Kapur, *Marsyas*, 2002.
Processo de des/montagem.

He wanted me to agree that
the piano tuner and the piano maker have
nothing to do with it (the composition),
The younger ones had said: Whoever makes
the stretcher isn't separate from the painting.
(It doesn't stop there either.)

JOHN CAGE.
Diary: How To Improve The World (You Will Only Make Matters Worse), 1966.

BIBLIOGRAFIA

ALARCÃO, D.; FAFAIOL, C.; COELHO, J. L. Bento; *Acústica de Salas de Aula*; CAPS, DEEC – Instituto Superior Técnico; Lisboa; 2008. Disponível em www.sea-acustica.es; consultado em 17 de Abril de 2010.

ARAU, Higini; "Sonido y Materia en la Arquitectura" in *Fisuras de la Arquitectura Contemporanea,* número 7; Madrid; 1999. Disponível em www.personal.iddeo.es/fisuras/; consultado em 17 de Março de 2010.

ARAU, Higini; "La inmaterialidad creativa del sonido" in *Tectonica: Acústica*, número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002.

ARAU, Higini; *Auditorios del Siglo XXI;* Tecniacustica; Terrasa; 2005. Disponível em www.sea-acustica.es; consultado em 17 de Abril de 2010.

ACKERMAN, James S.; *Palladio*; Xarait Ediciones; Madrid; 1981.

BANDUR, Markus; *Aesthetics of Total Serialism : contemporary research from music to architecture*; Birkhäuser; Basel; 2001.

BAPTISTA, Luís Santiago; "Produções Efémeras — Entre a condição existencial nómada e as práticas de acção urbana" in *Arqa: Produções Efémeras*, número 77; Janeiro/Fevereiro 2010.

BAPTISTA, Luís Santiago; VENTOSA, Margarida; "Perspectivas Críticas — Arquitectos, Artistas, Docentes, Críticos e Comissários" in *Arqa: Produções Efémeras*, número 77; Janeiro/Fevereiro 2010.

BERANEK, Leo L.; "Analysis of Sabine and Eyring equations and their application to concert hall audience and chair absorption" in *Journal of the Acoustical Society of America*, volume 120 número 3; Setembro 2006.

BERANEK, Leo L.; "Concert Hall Acoustics — 2008" in *Journal of the Audio Engineering Society*, volume 56 número 7/8; Julho/Agosto 2008.

CAGE, John; "Diary: How to Improve the World (You Will Only Make Matters Worse)" in *Aspen nº 4, item 4; 1966*. Disponível em www.ubu.com/aspen/aspen4/index.html; consultado em 30 de Junho de 2010.

CAGE, John; *Escritos al Oído*; COAAT; Valência; 1999.

COHEN, Jean-Louis; *Le Corbusier*; Taschen; Köln; 2006.

Conservatório de Música de Vila Real — Concurso de Concepção/ Construção — Programa de Concurso e Caderno de Encargos; Câmara Municipal de Vila Real.

Dicionário de Língua Portuguesa; Porto Editora; Porto; 2011.

DOMÈNECH, Francesc Daumal i; "La Acústica de la sala de asembleas del palacio de las naciones de Ginebra, de Le Corbusier" in *Informes de la Construcción*, Volume 45 número 430; Março/Abril 1994; página 58. Disponível em informesdelaconstruccion.revistas.csic.es; consultado em 29 de Junho de 2011.

DOMÈNECH, Francesc Daumal i; "La arquitectura del sonido" in *Tectonica: Acústica,* número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002.

FERNANDES, Cristina; "A música no Porto, Percursos de uma tradição" in *A Casa abre-se à Música*; suplemento do jornal *Público*; 14 de Abril 2005.

FRAMPTON; Kenneth; *Historia Crítica de la Arquitectua Moderna*; Gustavo Gili; Barcelona; 2002.

FUJIMOTO, Sou; "Primitive Future" in *2G: Revista Internacional de Arquitectura — Sou Fugimoto*, número 50; Gustavo Gili; Barcelona; Julho 2009.

GAUSA, Manuel *et al.*; *Diccionario Metapolis Arquitectura Avanzada*; ACTAR; Barcelona; 2001.

GIL, António; "Licenciatura em Tecnologias da Música" in *Produção Audio*, Março 2010. Disponível em www.paudio.com.pt; consultado em 16 de Junho de 2010.

GUERRA, Fernando; *Centro das Artes/Casa das Mudas — Paulo David — Fotografia de Fernando Guerra*; FG + SG - Livros de Imagem; Lisboa; 2006.

GUTIÉRREZ, Maria Luisa; GUTIÉRREZ, Nieves; "Música y Arquitectura: El caso de Xenakis y Le Corbusier" in *Filomusica* número 71, Dezembro 2005. Disponível em www.filomusica.com/filo71; consultado em 20 de Junho de 2010.

HATTON, Brian; "Intervista con Cedric Price" in *Lotus International* número 79; 1993.

HENRIQUE, Luis; BENTO, Pedro; *Sebenta de Acústica*; Conservatório de Música do Porto; Porto.

HUGUES, Theodor; STEIGER, Ludwig; WEBER, Johann; *Timber Construction*; Institut für International Architektur-Dokumentation & Detail; Munich; 2004.

LAHTI, Louna; *Alvar Aalto*; Taschen; Köln; 2006.

LE CORBUSIER; *Por Uma Arquitetura*; Perspectiva; São Paulo; 1998.

LIBERAL, Ana Maria; PEREIRA, Rui; ANDRADE, Sérgio C.; *Casas da Música no Porto: para a história da cidade — 1º volume: Séculos XVIII e XIX*; Fundação Casa da Música; Porto; 2009.

LUPFER, Gilbert; SIGEL, Paul; *Walter Gropius*; Taschen; Köln; 2006.

MEISS, Pierre von; *De la forme au lieu : une introduction à l'etude de l'architecture*; Presses Polytechniques Romandes; Lausanne; 1986.

MOMMERTZ, Eckard; Müller-BBM, Planegg; *Acoustics and Sound Insulation — Principles, Planning, Examples*; Institut für International Architektur-Dokumentation & Detail; Munich; 2008.

MOTA, Maria do Céu Aguiar da; *Arquitectura, Música e Acústica no Portugal Contemporâneo*; Faup Publicações; Porto; 2011.

NEVES, José Manuel das (editor); *Anuário Arquitectura 8*; Caleidoscópio; Casal de Cambra; 2005.

NEVES, José Manuel das (editor); *Anuário Arquitectura 11*; Caleidoscópio; Casal de Cambra; 2008.

PALLASMAA, Juhani; *Los ojos de la piel*; Gustavo Gili; Barcelona; 2006.

PAULISTA, Ana *et al.*; "Caixa da Música de Arrigo Barnabé" in *Prémio Outros Mercadus '10 — arquitectura/ design/ espaços efémeros*; Outros Mercadus, OA, CPD; Lisboa; 2010.

PLATZER, Frédéric; *Compêndio de Música*; Edições 70; Lisboa; 2006

RAMOS, Paulo Prata; *Conchas acústicas: simplicidade ou complexidade (alguns exemplos)*; Espaço Tempo e Utopia – Arquitectura e Artes do Espectáculo; Coimbra; 2008. Disponível em www.sea-acustica.es; consultado em 17 de Abril de 2010.

Regulamento Geral de Ruído; DECRETO-LEI no 9/2007; D.R. 1ª Série; número 12 de 17 de Janeiro de 2007; página 389-398.

Regulamento dos Requisitos Acústico dos Edifícios; DECRETO-LEI no 96/2008; D.R. 1ª Série; número 110 de 9 de Junho de 2008; página 3359-3372.

"Rem Koolhaas — OMA" (vídeo) in *Dutch Profiles* (site); DutchDFA; 2010. Disponível em www.dutchdfa.com/profiles; consultado em 30 de Agosto de 2010.

SCHMITT, Heinrich; HEENE, Andreas; *Tratado de Construcción*; Gustavo Gili; Barcelona; 1998

SORIANO, Susana Moreno; *Arquitectura y Música en el siglo XX*; Fundación Caja de Arquitectos; Barcelona; 2008.

TAVARES, Domingos; *Andrea Palladio — A grande roma* (resumo); Dafne Editora; Porto; 2008. Disponível em www.dafne.com.pt/catalogo.php; consultado em 8 de Setembro de 2010.

TÁVORA, Fernando; *Da Organização do Espaço*; Faup Publicações; Porto; 2004.

"Teatro del Mondo in Venice, Italy by Aldo Rossi, 1979" in *A Weekly dose of Architecture* (site); 8 de Fevereiro de 1999. Disponível em www.archidose.org; consultado em 20 de Abril de 2011.

VENTOSA, Margarida; "De que falamos quando falamos de efémero? — O efémero enquanto poética emergente" in *Arqa: Produções Efémeras*, número 77, Janeiro/Fevereiro 2010.

VILARROIG, Graciela Roselló; DIEZ, José María Marzo; "Introducción a la acústica arquitectónica" in *Tectonica: Acústica*, número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002.

ZUMTHOR, Peter *et al.*; *Corps Sonore Suisse: Lexique du pavillon de la Confédération hélvetique pour l'Expo 2000 à Hanovre*; Birkhauser Verlag AG; Bâle; 2000.

ZUMTHOR, Peter; *Pensar la Arquitectura*; Gustavo Gili; Barcelona; 2004.

XENAKIS, Iannis; *Musiques Formelles — Nouveaux principes formeles de composition musicale*; Editions Richard-Masse; Paris; 1963.

(provas finais e dissertações faup)
ALMEIDA, A. Catarina Rocha; *Ouvir a Arquitectura: o espaço como último instrumento sonoro*; Dissertação de Mestrado, docente acompanhante Arqt. Teresa Fonseca; FAUP; Porto; 2009.

TOMAZ, Daniela; *Arquitectura e Acústica: o espaço sinestésico*; Prova Final, docente acompanhante Arqt. Carlos Nuno Lacerda Lopes; FAUP; Porto; 2005.

VIEIRA, João César Neto; *Arquitectura e Música: intersecções e afinidades*; Prova Final, docente acompanhante Prof. Manuel Botelho; FAUP; Porto; 2002.

(panfletos, programas e artigos noticiosos)
+ 4'33" (Tributo a John Cage) — Programa de Sala; Casa da Música; Porto; 2010. Disponível em www.casadamusica.com; consultado em 3 de Setembro de 2010.

"A Casa — Outros espaços" in *Casa da Música* (site). Disponível em www.casadamusica.pt; consultado em 3 de Setembro de 2010.

"A Conversation with Yasuhisa Toyota" in *Kauffman Center for the Performing Arts* (site); Agosto de 2006. Disponível em www.kauffmancenter.org; consultado em Julho 2010.

Agenda Casa da Música; Casa da Música; Porto; Outubro de 2010.

Arquitecturas em Palco — João Mendes Ribeiro, Representação Oficial Portuguesa na 11ª Quadrienal de Praga (dossier de imprensa); Instituto das Artes/ Ministério da Cultura; Lisboa; 2007. Disponível em www.iartes.pt/qp07; consultado em 18 de Novembro de 2010.

"Baixa tem níveis de ruído semelhantes a espaço rural" in *Jornal de Notícias*, 24 de Setembro de 2005. Disponível em www.jn.pt; consultado em 8 de Setembro de 2010.

"Barulho do Queimódromo põe moradores a fugir" in *Jornal de Notícias*; 5 de Maio de 2009. Disponível em jn.sapo.pt; consultado em 30 de Agosto de 2010.

CARRAPA, Daniel; "Carrilho da Graça vence Prémio Pessoa"; *A Barriga de um Arquitecto* (site); 18 de Dezembro de 2008. Disponível em www.abarrigadeumarquitecto.blogspot.com; Consultado em 10 de Julho de 2010.

Encontros Arquitectura e Música — Programa, Maio 2007; Trienal de Arquitectura de Lisboa; Lisboa; 2007. Disponível em www.oasrs.org/trienal/a_m1.pdf; consultado em 8 de Outubro de 2009.

"House of Culture" in *Alvar Alto's Architecture* (site). Disponível em www.alvaraalto.fi; visitado em 3 de Setembro de 2010.

Mário Laginha Trio — Concerto de Apresentação do álbum "Espaço" (programa de sala); Culturgest; Lisboa; 26 de Junho de 2007. Disponível em www.culturgest.pt/docs/laginha.pdf; consultado em 19 de Fevereiro de 2011.

"NOVEMBRO, ESCOLAS DO PORTO, Philip Pickett direcção musical; excertos de: Henry Purcell Suite de Dido e Eneias, G. F. Haendel Suite de Música aquática, F. J. Haydn Sinfonia no 104, Londres" in *Casa da Música* (site). Disponível em www.casadamusica.pt; consultado em 20 de Setembro de 2010.

"Parc del Garraf" in *Inclusive Studio* (site). Disponível em www.inclusivestudio.com; consultado em 9 de Junho de 2010.

"Radio 3 plays 'silent symphony'" in *BBC News* (site); 19 de Janeiro de 2004. Disponível em www.news.bbc.co.uk/2/hi/entertainment/3401901.stm; Consultado em 4 de Dezembro de 2010.

ROSE, Steve; "Animal Magic" in *The Guardian* (site); 27 de Junho de 2005. Disponível em www.guardian.co.uk; consultado em 8 de Julho de 2011.

SERVICE, Tom; "The sound of the Musikverein is pure gold" in *Tom Service On Classical Music* (site); Setembro de 2008. Disponível em www.guardian.co.uk/music/tomserviceblog; consultado em 2 de Junho de 2011.

SILVA, Jorge; "Os jardins suspensos de Benfica" in *Politecnia,* número 13; Instituto Politécnico de Lisboa; Lisboa; Outubro 2006. Disponível em www.ipl.pt/politecnia/n13/SaudadesdoFuturo.pdf. Consultado em 2 de Setembro de 2010.

VIEIRA, Álvaro Siza; "Testemunhos sobre projectos para museus e espaços expositivos" in *Álvaro Siza: Expor — Projectos para museus e espaços de exposição* (programa de exposição); Museu Serralves; Porto; Abril/Junho 2005.

ÍNDICE DE IMAGENS

A POÉTICA DA LIGAÇÃO ENTRE MÚSICA E ARQUITECTURA

• 1 Disponível em www.anishkapoor.com/659/Marsyas-and-music.html; consultado em 16 de Maio de 2011.
• 2 Disponível em www.mosteirobatalha.pt/data/fotos/bf1241_pt.JPG; consultado em 9 de Maio de 2011.
• 3 Disponível em www.archdaily.com/59719/ad-classics-the-farnsworth-house-mies-van-der-rohe; consultado em 15 de Maio de 2011.
• 4 Disponível em lbongiovanni.wikispaces.com/file/view/Mies.jpg; consultado em 9 de Maio de 2011.
• 5 *2G: Revista Internacional de Arquitectura — Sou Fugimoto*, número 50; Gustavo Gili; Barcelona; Julho 2009; página 30.
• 6 Disponível em www.archdaily.com/8028/children's-center-for-psychiatric-rehabilitation-sou-fujimoto; consultado em 9 de Maio de 2011.
• 7 Disponível em www.arttattler.com/archivejohncage.html; consultado em 15 de Maio de 2011.
• 8 Disponível em www.gearslutz.com/board/attachments/remote-possibilities-acoustic-music-location-recording/208327d1292210616-so-i-just-recorded-john-cages-433-cage_4_33_score.jpg; consultado em 19 de Março de 2011.
• 9 Disponível em www.sfmoma.org/artwork/25855; consultado em 19 de Março de 2011.
• 10 XENAKIS, Iannis; *Musiques Formelles — Nouveaux principes formeles de composition musicale*; Editions Richard-Masse; Paris; 1963; página 22.
• 11 XENAKIS; *op. cit.*; página 23.
• 12 BANDUR, Markus; *Aesthetics of Total Serialism : contemporary research from music to architecture*; Birkhäuser; Basel; 2001; página 68.
• 13 COHEN, Jean-Louis; *Le Corbusier*; Taschen; Köln; 2006; página 84.
• 14 SORIANO, Susana Moreno; *Arquitectura y Música en el siglo XX*; Fundación Caja de Arquitectos; Barcelona; 2008; página 30.
• 15 Disponível em www.butdoesitfloat.com/105955/I-will-not-make-a-pavilion-for-you-but-an-Electronic-Poem-and-a; consultado em 21 de Fevereiro de 2011.
• 16 COHEN; *op. cit.*; página 85.
• 17 Disponível em www.olats.org/pionniers/pp/xenakis/images/12.jpg; consultado em 15 de Maio de 2011.
• 18 Disponível em www.butdoesitfloat.com/105955/I-will-not-make-a-pavilion-for-you-but-an-Electronic-Poem-and-a; consultado em 21 de Fevereiro de 2011.
• 19 Disponível em www.acousmata.com/post/536583109/the-legend-of-er; consultado em 16 de Maio de 2011.
• 20 Disponível em www.acousmata.com/post/536583109/the-legend-of-er; consultado em 16 de Maio de 2011.
• 21 SORIANO; *op. cit.*; página 19.
• 22 Disponível em www.regonaudio.com/Bayreuth%20Festspielhaus.jpg; consultado em 16 de Maio de 2011.
• 23 Disponível em www.prof-musikwissenschaft.uni-bayreuth.de/ressources/bayreuth_festspielhaus_04__4_.jpg; consultado em 16 de Maio de 2011.
• 24 LUPFER, Gilbert; SIGEL, Paul; *Gropius*; Taschen; Köln; 2006; página 61.
• 25 LUPFER; SIGEL; *op. cit.*; página 58.
• 26 Fotografia do autor. Zumthor, Peter *et al.*; *Corps Sonore Suisse: Lexique du pavillon de la Confédération hélvetique pour l'Expo 2000 à Hanovre*; Birkhauser Verlag AG; Bâle; 2000; páginas 186 e 187.
• 27 Fotografia do autor. ZUMTHOR; *op. cit.*; páginas 58 e 59.
• 28 ZUMTHOR; *op. cit.*; páginas 246.
• 29 Foto: Roland Halbe & Walter Mair. Disponível em www.clubconstruct.com/news/2010/2/12/peter-zumthor-swiss-sound-box.html; consultado em 13 de Janeiro de 2011.
• 30 Foto: Thomas Fletchner. ZUMTHOR; *op. cit.*; páginas 263.

• 31 Disponível em www.inclusivestudio.com/parcnaturaldelg/trompetas-auditivas; consultado em 9 de Junho de 2010.
• 32 Disponível em www.pushpullbar.com/forums/attachment.php?s=de030feaba77c934dd81ed40cb60552f&attachmentid=5069&stc=1&d=1129713425; consultado em 24 de Março de 2011.
• 33 Disponível em www.subtilitas.tumblr.com/post/812011984/the-pavilion-of--sound-is-the-third-and-most; consultado em 15 de Maio de 2011.
• 34 Foto: João Tuna. PAULISTA, Ana *et al.*; *Prémio Outros Mercadus '10 — arquitectura/ design/ espaços efémeros*; Outros Mercadus, OA, CPD; Lisboa; 2010; página 37.
• 35 Foto: João Tuna. PAULISTA; *op. cit.*; página 37.
• 36 Foto: Fernando Guerra, grafismo: R2. Disponível em trienal.blogs.sapo.pt/11430.html; consultado em 19 de Fevereiro de 2011.

1.0 DA MÚSICA

• 1 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ, Eckard; Müller-BBM, Planegg; *Acoustics and Sound Insulation — Principles, Planning, Examples*; Institut für International Architektur-Dokumentation & Detail; Munich; 2008; página 11.
• 2 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 11.
• 3 Desenho do autor.
• 4 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 8.
• 5 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 11.
• 6 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.jlcg.pt/esml.html; consultado em 1 de Julho de 2010.
• 7 Foto: Alexandre Baptista. *Produção Audio*, Março 2010; página 9. Disponível em www.paudio.com.pt; consultado em 16 de Junho de 2010.
• 8 Disponível em www.search.nl; consultado em 21 de Abril de 2010.
• 9 Vídeo: Tiago Pereira, Andarilhos — Chula Andarilha (*A música portuguesa a gostar dela própria*), 2011. Disponível em www.vimeo.com/21129753; consultado em 29 de Maio de 2011.
• 10 Foto: João Messias. Disponível em www.facebook.com/casadamusica; consultado em 29 de Maio de 2011.
• 11 Foto: Inês d'Orey, Palacete Pinto Leite #1, 2010. Disponível em www.inesdorey.com; consultado em 30 de Maio de 2011.
• 12 Desenho do autor.
• 13 Foto: Joshua Griffin (JustJoshin). Disponível em www.flickr.com/photos/justjoshin/1468160052; consultado em 4 de Junho de 2011.
• 14 Foto: Diegogenico. Disponível em www.flickr.com/photos/diegogenico/4464157844; consultado em 21 de Agosto de 2010.
• 15 Disponível em www.arqhoy.blogspot.com/2007/08/casa-da-msica--oporto-portugal.html; consultado em 4 de Junho de 2011.
• 16 Fotografia do autor.
• 17 Disponível em www.royalsoc.org.au/journal_archive/images/hall/fig8.gif; consultado em 4 de Junho de 2011.
• 18 Disponível em static2.unlike.net/system/photos/0025/6293/phil1.jpg?1219868483; consultado em 4 de Junho de 2011.
• 19 Disponível em www.dezeen.com/2008/04/09/opera-house-oslo-by--snøhetta-2; consultado em 4 de Junho de 2011.
• 20 Foto: Helena Binet. Disponível em http://www.snoarc.no/#/projects/15/false/culture/image/677; consultado em 4 de Junho de 2011.
• 21 Disponível em file.alvaraalto.fi/search.php?id=187; consultado em 3 de Setembro de 2010.
• 22 Disponível em file.alvaraalto.fi/search.php?id=187; consultado em 3 de Setembro de 2010.
• 23 NEVES, José Manuel das (editor); *Anuário Arquitectura 9*; Caleidoscópio; Vale de Cambra; 2006; página 103.
• 24 Disponível em www.centrodasartes.com/galeria_de_imagens-242.aspx; consultado em 18 de Setembro de 2010.
• 25 Disponível em www.dysturb.net/2009/oma-fires-50-wins-taipei--competition; consultado em 30 de Maio de 2011.
• 26 Disponível em www.openbuildings.com/buildings/taipei-performing-arts--centre-profile-1335; consultado em 30 de Maio de 2011.
• 27 Disponível em www.igespar.pt/pt/patrimonio/pesquisa/geral/patrimonioimovel/detail/6732350; consultado em 4 de Junho de 2011.
• 28 Disponível em www.flickr.com/photos/rtppt/3252336209; consultado em 4 de Junho de 2011.
• 29 Disponível em www.nmij.jp/~acs--vbr/acs-ultsn/acoustics/anechoic.jpg;

consultado em 4 de Junho de 2011.
• 30 Domènech, Francesc Daumal i; "La Acústica de la sala de asembleas del palacio de las naciones de Ginebra, de Le Corbusier" in *Informes de la Construcción*, Volume 45 número 430; Março/Abril 1994; página 58. Disponível em informesdelaconstruccion.revistas.csic.es; consultado em 29 de Junho de 2011.
• 31 LAHTI, Louna; *Alvar Aalto*; Taschen; Köln; 2006; página 20.
• 32 Foto: Gustaf Welin. LAHTI; *op. cit.*; página 20.
• 33 Desenho do autor.
• 34 Desenho do autor, a partir de VILARROIG, Graciela Roselló; DIEZ, José María Marzo; "Introducción a la acústica arquitectónica" in *Tectonica: Acústica*, número 14; ATC Ediciones; Madrid; 2002; página 14.
• 35 Foto: Michel Denancé. Disponível em www.rpbw.com; consultado em 15 de Março de 2010.
• 36 Disponível em www.tnsj.pt; consultado em 20 de Janeiro de 2009.
• 37 Disponível em www.jlcg.pt/poitiers.html; consultado em 22 de Junho de 2011.
• 38 Desenho do autor.
• 39 Foto: Scozia. Disponível em www.flickr.com/photos/scozia/4361882643; consultado em 21 de Agosto de 2010.
• 40 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.habitarportugal.org/ficha.htm?id=400; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 41 Desenho do autor.
• 42 Desenho do autor, a partir de VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 10.
• 43 Desenho do autor.
• 44 Desenho do autor.
• 45 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 22.
• 46 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 22.
• 47 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 22.
• 48 Infografia do autor, a partir de VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 10.
• 49 Infografia do autor, a partir de VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 13.
• 50 Foto: Philip Vile. Disponível em www.archdaily.com/43371/aldeburgh-music-haworth-tompkins; consultado em 27 de Junho de 2010.
• 51 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 14.
• 52 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 15.
• 53 Infografia do autor, a partir de VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 17.
• 54 KIRCHER, Athanasius; Musurgia Universalis, 1650. Disponível em www.shakespeare-gesellschaft.de/publikationen/seminar/ausgabe2007/luig.html; consultado em 20 de Agosto de 2010.
• 55 Fotografia do autor.
• 56 Foto: Pyu. Disponível em www.flickr.com/photos/55957572@N03/5210017522; consultado em 20 de Junho de 2011.
• 57 Desenho do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 16.
• 58 Desenho do autor.
• 59 NEVES, José Manuel das (editor); *Anuário Arquitectura 11*; Caleidoscópio; Vale de Cambra; 2008; página 92.
• 60 Desenho do autor.
• 61 NEVES; *Anuário Arquitectura 9*; *op. cit.*; página 83.
• 62 Disponível em www.archdaily.com/66716/maison-de-l'architecture--chartier---corbasson; consultado em 1 de Julho de 2010.
• 63 Disponível em www.archdaily.com/66716/maison-de-l'architecture--chartier---corbasson; consultado em 1 de Julho de 2010.
• 64 Disponível em www.archdaily.com/66716/maison-de-l'architecture--chartier---corbasson; consultado em 1 de Julho de 2010.
• 65 Foto: João Messias. Disponível em www.casadamusica.com; consultado em 30 de Junho de 2011.
• 66 Foto: Bruno Carreira Cruz (BrunoCC). Disponível em www.flickr.com/photos/brunocc/5527307377; consultado em 14 de Março de 2011.
• 67 Foto: Joana Maia.
• 68 Disponível em www.designboom.com/weblog/cat/9/view/6883/massimiliano-fuksas-scenography-of-medea-and--edipo-for-the-greek-theatre-of-siracusa--italy.html; consultado em 5 de Janeiro de 2011.
• 69 NEVES; *Anuário Arquitectura 11*; *op. cit.*; página 92.
• 70 *idem*; página 93.
• 71 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.ultimasreportagens.com; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 72 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.jlcg.pt/esml.html; consultado em 2 de Setembro de 2010.

• 73 NEVES; *Anuário Arquitectura 11*; *op. cit.*; página 93.
• 74 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.ultimasreportagens.com; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 75 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.ultimasreportagens.com; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 76 Foto: João Silveira Ramos. Disponível em www.habitarportugal.org/ficha.htm?id=400; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 77 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.ultimasreportagens.com; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 78 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.jlcg.pt/esml.html; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 79 Fotografia do autor.
• 80 Fotografia do autor.
• 81 Infografia do autor, a partir de VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 19.
• 82 Infografia do autor. Fonte: MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*. *Conservatório de Música de Vila Real — Concurso de Concepção/ Construção — Programa de Concurso e Caderno de Encargos*; Câmara Municipal de Vila Real.
• 83 Desenho do autor, a partir de VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 19.
• 84 *Regulamento dos Requisitos Acústico dos Edifícios*; DECRETO-LEI no 96/2008; D.R. 1ª Série; número 110 de 9 de Junho de 2008; páginas 3359-3372.
• 85 Desenho do autor.
• 86 Infografia do autor, a partir de MOMMERTZ; Müller-BBM; *op. cit.*; página 29.
• 87 Desenho do autor.
• 88 Infografia do autor, a partir de VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 22.
• 89 Infografia do autor, a partir de VILARROIG; DIEZ; *op. cit.*; página 23.
• 90 Desenho do autor.
• 91 Foto: Manuela Martin (manuela.martin). Disponível em www.flickr.com/photos/manuelasiener/2376012923; consultado em 6 de Junho de 2011.
• 92 Foto: Xavier de Jauréguiberry. Disponível em www.flickr.com/photos/25831000@N08/5242296158; consultado em 22 de Junho de 2011.
• 93 Fotografia do autor.
• 94 Foto: Mikel Orbegozo Iñurritegui (moimatge). Disponível em www.flickr.com/photos/mikelorbegozo/2073568201; consultado em 6 de Julho de 2011.
• 95 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.ultimasreportagens.com; consultado em 21 de Junho de 2011.
• 96 Foto: Drew Kora (gravitymachine). Disponível em www.flickr.com/photos/gravitymachine/4419347309; consultado em 22 de Junho de 2011.
• 97 Fotografia do autor,
• 98 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.ultimasreportagens.com; consultado em 21 de Junho de 2011.
• 99 Disponível em www.habitarportugal.org/ficha.htm?id=400; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 100 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.habitarportugal.org/ficha.htm?id=400; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 101 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.habitarportugal.org/ficha.htm?id=400; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 102 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.ultimasreportagens.com; consultado em 29 de Maio de 2011.
• 103 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.habitarportugal.org/ficha.htm?id=400; consultado em 2 de Setembro de 2010.
• 104 Infografia do autor.
• 105 Desenho do autor.

2.0 DO PROJECTO DE ARQUITECTURA

• 1 Fotografia do autor.
• 2 Foto: Rui Pinheiro. Disponível em www.flickr.com/photos/politecnicodoporto/3522020270; consultado em 11 de Maio de 2011.
• 3 Foto: António Cruz. Disponível em www.flickr.com/photos/cncporto/3634147998; consultado em 11 de Maio de 2011.
• 4 Desenhos do autor.
• 5 LIBERAL, Ana Maria; PEREIRA, Rui; ANDRADE, Sérgio C.; *Casas da Música no Porto: para a história da cidade — 1º volume: Séculos XVIII e XIX*; Fundação Casa da Música; Porto; 2009; página 87.
• 6 Foto: Ana Pina (Anapinatelier). Disponível em www.flickr.com/photos/kuartzo/3894037630.
• 7 Foto: Sérgio Rolando. Disponível em www.flickr.com/photos/cncporto/4725377705; consultado em 29 de Maio de 2011.
• 8 Vídeo: Tiago Pereira, Excerto B FACHADA T.O.C., 2010. Disponível em www.vimeo.com/16814811; consultado em 29 de Maio de 2011.
• 9 LIBERAL *et al.*; *op. cit.*; página 141.
• 10 Foto: Joana Maia.

• 11 Foto: Mark Griffiths. Disponível em www.flickr.com/photos/35772451@N02/3339711938; consultado em 15 de Junho de 2011.
• 12 Desenho do autor.
• 13 Desenhos do autor
• 14 Desenhos do autor.
• 15 Desenhos do autor.
• 16 Foto: Iqbal Aalam. Disponível em www.flickr.com/photos/iqbalaalam/1324184116; consultado em 11 de Maio de 2011.
• 17 Disponível em www.pavilhaocentroportugal.net/galeria/pavilhao/index.html; consultado em 11 de Maio de 2011.
• 18 Disponível em aftervinex.wikispaces.com/file/view/Teatro_del_mondo_transported.jpg/136595735/Teatro_del_mondo_transported.jpg; consultado em 16 de Junho de 2011.
• 19 Disponível em www.strabrecht.nl/sectie/ckv/10/Postmodern/Architectuur/ZuidEU/CKV-f0007.htm; consultado em 16 de Junho de 2011.
• 20 *Arqa: Produções Efémeras*, número 77; Janeiro/Fevereiro 2010; página 77.
• 21 Disponível em www.raumlabor.net; consultado em 15 de Julho de 2011.
• 22 TAVARES, Domingos; *Andrea Palladio — A grande roma*; Dafne Editora; Porto; 2008; página 83.
• 23 Disponível em www.dezeen.com/2010/01/25/freyas-cabin-by-studio-weave; consultado em 4 de Março de 2010.
• 24 Foto: Rodrigo César, Coreografia: Olga Roriz, A Sesta, 2000. *Arquitecturas em Palco — João Mendes Ribeiro, Representação Oficial Portuguesa na 11ª Quadrienal de Praga* (dossier de imprensa); Instituto das Artes/ Ministério da Cultura; Lisboa; 2007. Disponível em www.iartes.pt/qp07; consultado em 18 de Novembro de 2010.
• 25 Desenhos do autor.
• 26 Desenhos do autor.
• 27 Desenhos do autor.
• 28 Foto: Iwan Baan. Disponível em www.archdaily.com/28865/prada-transformer-position-2-cinema; consultado em 27 de Junho de 2010.
• 29 Foto: Iwan Baan. Disponível em www.archdaily.com/28865/prada-transformer-position-2-cinema; consultado em 27 de Junho de 2010.
• 30 *Arqa: Produções Efémeras*, número 77; Janeiro/Fevereiro 2010; página 58.
• 31 Desenho do autor.
• 32 Instalação: Martin Pfeifle, Notker, 2009. Disponível em www.pfeifle.de/ausstellungen/2009/notker; consultado em 15 de Março de 2010.
• 33 Instalação: Baptiste Debombourg, Turbo, 2007-09. Disponível em www.baptistedebombourg.com/en/works/turbo-0; consultado em 15 de Março de 2010.
• 34 Ilustração: Victoria Haven, Untitled (third), 2008. Disponível em www.vichaven.com; consultado em 21 de Fevereiro de 2011.
• 35 Escultura: Tobias Rehberger, Mário Pedrosa, 2003. Foto: I Love Unicorns. Disponível em www.flickr.com/photos/dulcemdd/2374487681; consultado em 18 de Julho de 2011.
• 36 Desenhos do autor.
• 37 Maqueta/fotografia do autor.
• 38 Maqueta/fotografia do autor.
• 39 Maqueta/fotografia do autor.
• 40 Desenhos do autor.
• 41 Desenhos do autor.
• 42 Desenhos do autor.
• 43 Desenhos do autor.
• 44 Desenhos do autor.
• 45 Disponível em www.casadamusica.com; consultado em 8 de Maio de 2011.
• 46 Foto: João Messias. Disponível em www.facebook.com/casadamusica; consultado em 18 de Maio de 2011.
• 47 Foto: Inês d'Orey, casa da música #2, 2006. Disponível em www.inesdorey.com; consultado em 30 de Maio de 2011.
• 48 Foto: Inês d'Orey, Só Nós e Santa Tecla, 2010. Disponível em www.inesdorey.com; consultado em 30 de Maio de 2011.
• 49 Foto: Cocky Eek, Illumine — Ballondress 01. Disponível em www.cokyeek.com; consultado em 21 de Fevereiro de 2011.
• 50 Disponível em www.archdaily.com/71858/plastique-fantastique-installations; consultado em 6 de Agosto de 2010.
• 51 Foto: Nelson Garrido. Disponível em www.dezeen.com/2010/08/25/casa-areia-by-aires-mateus-architects; consultado em 17 de Março de 2011.
• 52 Fotografia do autor.
• 53 Disponível em www.tectonicablog.com/wp-content/uploads/2011/05/1305324108-2-1-528x469.jpg; consultado em 5 de Julho de 2011.
• 54 Disponível em www.tectonicablog.com/wp-content/uploads/2011/05/6x6-demountable-house.jpg; consultado em 5 de Julho de 2011.
• 55 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.ultimasreportagens.com; consul-

tado em 18 de Julho de 2011.
• 56 Foto: Fernando Guerra. Disponível em www.ultimasreportagens.com; consultado em 18 de Julho de 2011.
• 57 Foto: Christian Richters. Disponível em www.archdaily.com/9165/campus--restaurant-and-event-space-barkow--leibinger-architects: consultado em 1 de Setembro de 2010.
• 58 Foto: Veritably. Disponível em www.flickr.com/photos/veritably/2978244518; consultado em 11 de Setembro de 2010.
• 59 Foto: Iwan Baan. Disponível em www.archdaily.com/66661/kanagawa--institute-of-technology-workshop-junya--ishigami; consultado em 1 de Julho de 2010.
• 60 Foto: Pedro Kok. Disponível em www.archdaily.com/81555/rietveld--pavilion-at-the-kroller-muller-sculpture--garden; consultado em 14 de Outubro de 2010.
• 61 Foto: Enrico Casagni. Disponível em www.flickr.com/photos/31511969@N02/4620994343; consultado em 30 de Junho de 2011.
• 62 Frampton; Kenneth; Historia Crítica de la Arquitectua Moderna; Gustavo Gili; Barcelona; 2002; página 242.
• 63 Desenhos do autor.
• 64 Desenhos do autor.
• 65 Desenhos do autor.
• 66 Desenhos do autor.
• 67 Desenhos do autor.

O PROJECTO

De — 1 a — 58 Desenhos do autor.

PAUSA. ENTRE CAIXAS DE MÚSICA. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

• 1 Foto: Marcus Leith & Andrew Dunkley, Tate Photography. Disponível em www.kaganof.com/kaga-blog/2008/12/07/20774/; consultado em 16 de Maio de 2011.