



UNIVERSIDADE  
**LUSÓFONA**  
DO PORTO

Rodolfo Gigante da Costa

**A FACHADA VENTILADA – EVOLUÇÃO HISTÓRICA**

Trabalho realizado sob a orientação do

Prof. Arquitecto José Manuel dos Santos Gigante

Janeiro 2021





UNIVERSIDADE  
**LUSÓFONA**  
DO PORTO

Rodolfo Gigante da Costa

**A FACHADA VENTILADA – EVOLUÇÃO HISTÓRICA**

Tese de Mestrado em Arquitectura

Tese defendida em provas públicas na Universidade

Lusófona do Porto, no dia 11/01/2021 perante o júri seguinte:

Presidente: Prof. Doutor João Pedro Alves de Guimarães Seródio

Arguente: Prof. Arquitecto João Nuno Pinto Bastos Moreira  
Gomes

Orientador: Prof. Arquitecto José Manuel dos Santos Gigante

Janeiro 2021

É autorizada a reprodução integral desta tese/dissertação apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.

## **Agradecimentos**

À minha família, pelo amor, carinho e esforço proporcionado ao longo da minha vida e que permitiram concluir mais uma etapa.

Ao meu orientador, o Professor José Manuel dos Santos Gigante, pelo suporte, disponibilidade e motivação, ao longo do trabalho, sem os quais não seria possível obter este resultado.

Aos docentes do Mestrado Integrado em Arquitectura, pelo conhecimento transmitido ao longo do curso, que permitiram o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos meus colegas de curso, pela amizade e apoio que me deram todos estes anos.

A todos um muito obrigado.

## **Resumo**

A presente dissertação tem como principal objectivo analisar a evolução histórica do sistema construtivo conhecido como Fachada Ventilada, complementada por uma breve referência ao sistema em si. Para este efeito, o trabalho será dividido em seis capítulos, com o intuito de transmitir a informação de uma forma mais clara e precisa.

No primeiro e segundo capítulo será feita uma pequena introdução ao sistema, descrevendo-o, apresentando os elementos que o constituem, as suas vantagens e alguns dos materiais mais utilizados como revestimento.

O terceiro, quarto e quinto capítulo serão destinados ao desenvolvimento do tema. No terceiro são apresentados alguns antecedentes da fachada ventilada, que levaram à evolução da mesma. No quarto capítulo será realizada a análise da sua evolução histórica, apresentando diferentes obras e conceitos que se destacaram ao longo do tempo, e no quinto capítulo são referidos alguns exemplos de edifícios com fachada ventilada em Portugal.

No sexto capítulo será desenvolvida uma avaliação térmica de uma parede simulada com e sem fachada ventilada, de forma a perceber a importância e especificidade deste sistema.

Palavra chave: Fachada ventilada, Sistema construtivo, Ventilação, Dupla pele

## **Abstract**

The main goal of this dissertation is to analyze the historical evolution of the constructive system known as Ventilated Façade, with an additional brief reference of the system itself. For this effect, this paper will be divided in six chapters, with the intention to transmit the information in a clear and precise way.

In the first and second chapter it will be done a small introduction to the system, describing it, presenting the elements that constitute it, it's advantages and some materials used as coating.

The third, fourth and fifth chapters will be designated to the development of the main theme. On the third, will be presented some ventilated façade's ancestors, that lead to the its evolution. On the fourth chapter there will be an historical evolution analysis, presenting different constructions and concepts that stood out over the time, and on the fifth chapter will be referred some Portuguese buildings with a ventilated façade as examples.

On the sixth chapter it will be made a thermal evaluation of a simulated wall with and without this system, so that it can be determined the importance and specificity of it.

Keyword: Ventilated façade, Constructive system, Ventilation, Double skin

## ÍNDICE

Agradecimentos -----	ii
Resumo -----	iii
Abstract -----	iv
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO -----	3
1.1. Descrição -----	4
1.2. Elementos da Fachada Ventilada -----	5
1.3. Vantagens	
CAPÍTULO 2 – TIPOS DE REVESTIMENTO -----	7
2.1. Cerâmica -----	8
2.2. Paineis Fenólicos -----	10
2.3. Pedra Natural -----	11
2.4. Paineis de Fibrocimento -----	12
CAPÍTULO 3 – ANTECEDENTES -----	14
3.1. Primeiro conceito da Fachada Ventilada -----	15
3.2. Jean-Baptiste Jobard -----	16
3.3. Invenção de Edward S. Morse	
3.4. Estação de Karsplatz -----	18
CAPÍTULO 4 – EVOLUÇÃO HISTÓRICA -----	19
4.1. Steiff Factory, 1903 -----	20
4.2. Post Office Savings Bank, 1906 -----	23
4.3. Villa Schwob, 1916 -----	24
4.4. Mur Neutralisant e Respiration Exacte -----	25
4.5. Tsentrosyuz Building, 1933 -----	27
4.6. Cité du Refuge, 1933 -----	28

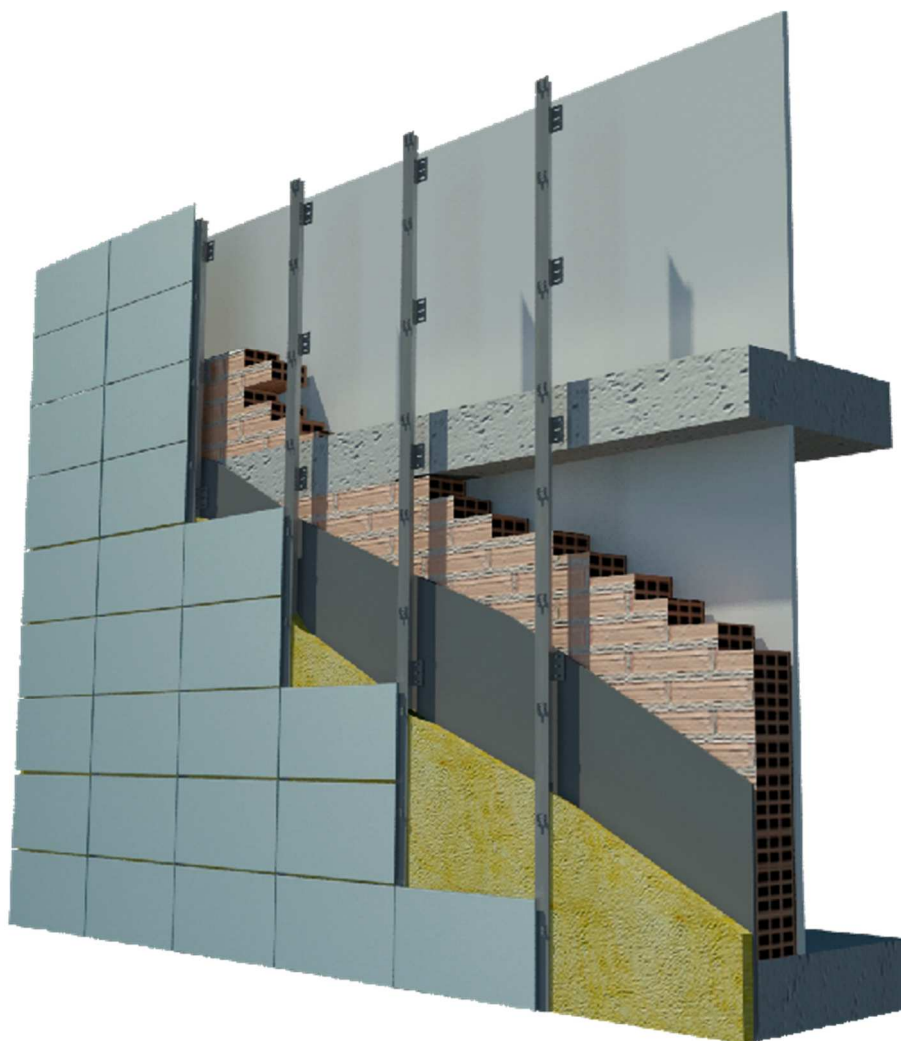
4.7. Narkonfim Building, 1930 -----	30
4.8. Trombe Wall -----	33
4.9. Solar House, 1967 -----	34
4.10. Sistema Rainscreen -----	36
4.11. Occidental Chemical Center, 1980 -----	38
4.12. Renzo Piano -----	42
4.12.1. IRCAM Building, 1977 -----	
4.12.2. Debis Tower, 1998 -----	45
4.12.3. Aurora Place, 2000 -----	50
4.13. Business Promotion Center, 1993 -----	54
4.14. RWE Tower, 1996 -----	58
CAPÍTULO 5 – EXEMPLOS EM PORTUGAL -----	62
5.1. Habitação Colectiva e Comércio, 2001 -----	63
5.2. Habitações em Banda, 2006 -----	67
5.3. Jardins Braço de Prata -----	70
CAPÍTULO 6 – AVALIAÇÃO TÉRMICA -----	74
6.1. Simulação de uma parede ventilada -----	75
6.2. Simulação de uma parede não ventilada -----	77
6.3. Comparação dos dois sistemas -----	78
Considerações Finais -----	79
Bibliografia -----	80
Outras Fontes -----	82
Índice de Figuras -----	83

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

## 1.1. Descrição

A fachada ventilada é um sistema construtivo com a função de proteger e revestir edifícios. Trata-se de uma segunda capa afastada da parede do edifício, criando uma caixa de ar. O que torna este sistema diferente são as aberturas presentes no revestimento, na parte inferior e superior, que vão permitir a entrada de ar no espaço entre o revestimento e a parede do edifício. Assim, haverá uma circulação livre de ar na cavidade que vai permitir a ventilação natural dessa caixa de ar integrante do sistema. Tal ventilação vai ser realizada devido ao chamado “efeito chaminé”. *“O efeito chaminé acontece quando o ar mais quente sobe e, pela diferença de pressão, suga para dentro da cavidade o ar mais fresco. O ar da cavidade muda continuamente e não aquece a face do corpo da edificação, que permanece protegida.”*

(<https://www.archdaily.com.br/br/775512/conheca-as-vantagens-das-fachadas-ventiladas>)



**Fig. 1** – Esquema de fachada ventilada

## **1.2. Elementos da Fachada Ventilada**

Essencialmente, este sistema é constituído por cinco elementos: a parede interior, o isolamento térmico, a caixa de ar, as fixações e o revestimento exterior.

Parede interior – faz parte da estrutura principal do edifício ou complementa-a e é o que separa o espaço interior do exterior.

Isolamento térmico – é aplicado na face exterior da parede interior, de forma a diminuir a transmissão térmica da fachada.

Caixa de ar – vai permitir a circulação livre do ar, garantindo a ventilação natural do sistema e eliminando qualquer calor ou humidade acumulada e evitando condensações internas na parede.

Fixações – estrutura ou conjunto de elementos pontuais, geralmente de metal ou madeira, presos à parede interior, que vai garantir a estabilidade do revestimento exterior e proporcionar o espaçamento necessário para criar a caixa de ar.

Revestimento exterior – é o que vai proteger a estrutura do edifício das condições atmosféricas e permitir a entrada do ar na cavidade. Também é o que define o acabamento da fachada do edifício.

## **1.3. Vantagens**

A seguinte informação baseia-se no livro “Fachada Ventilada” de Vicente Moreno e no estudo “Sistemas para Fachadas Ventiladas – um estudo comparativo” realizado por Sérgio Mendes, Franklim Morais e Daniel Brandão.

Manutenção – O revestimento, sendo independente do edifício, evita patologias de fissurações, geralmente causadas por vibrações ou esforços. Desta forma, o custo de reparações e manutenção é reduzido.

Isolamento Acústico – A transmissão das ondas sonoras para o interior do edifício é dificultada pela separação do revestimento da parede interior, reduzindo o ruído entre 10% a 20%.

Estética – O revestimento pode ser usado para corrigir alguma imperfeição da fachada, como alinhamentos. Também tem mais liberdade na sua expressão, devida à sua separação da estrutura principal da edificação.

Isolamento Térmico – Este sistema permite a aplicação do isolamento em continuidade, sem interrupção em lajes e pilares, evitando pontes térmicas e as consequentes condensações superficiais na face interna da parede.

Ventilação Natural – No verão, o revestimento protege o edifício dos raios solares, absorvendo o calor. Esse calor vai ser reduzido pela circulação do ar na cavidade, através do efeito chaminé. No inverno, o efeito chaminé tem como função reduzir a humidade na caixa de ar, tanto a de infiltração através do revestimento da fachada como a que atravessa a parede proveniente do interior do edifício, evitando condensações na face interna do mesmo revestimento.

Condições Atmosféricas – A estrutura do edifício fica protegida do vento e da chuva pelo revestimento, e qualquer humidade que atravesse o revestimento exterior é removida pela caixa de ar.

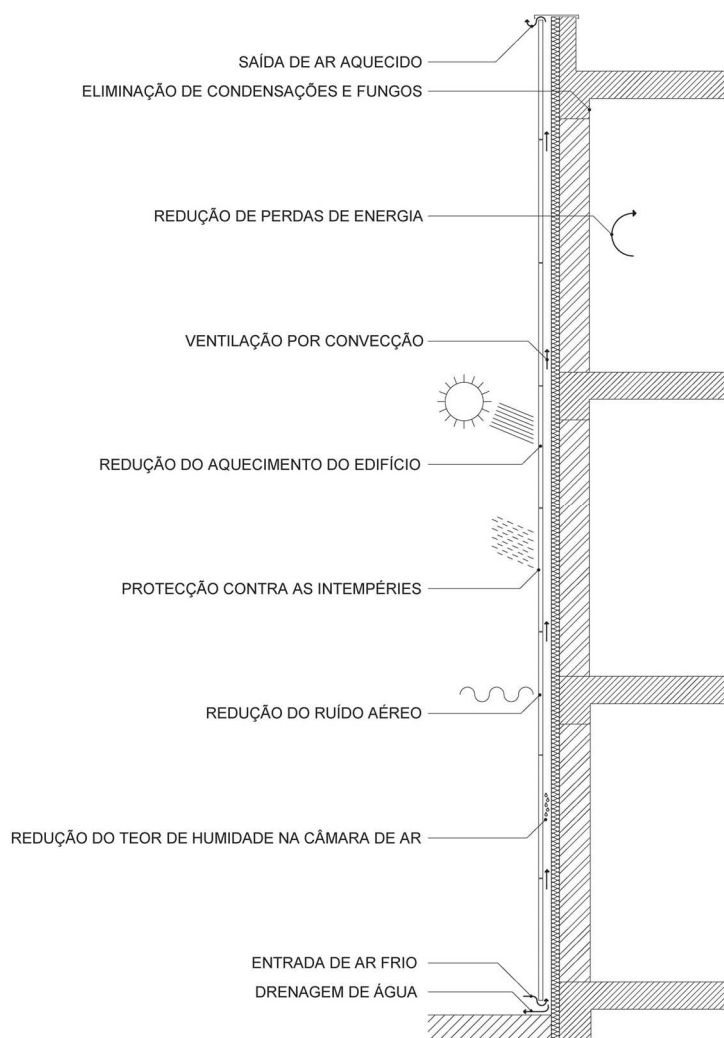


Fig. 2 – Esquema de vantagens da fachada ventilada

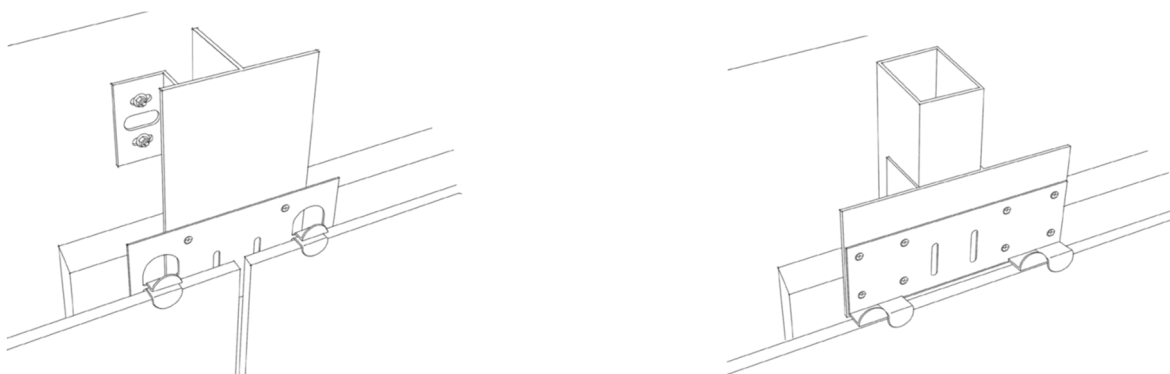
## **CAPÍTULO 2 – TIPOS DE REVESTIMENTOS**

Para a escolha do revestimento de uma fachada ventilada devem ser considerados alguns aspectos que irão influenciar o resultado final no que se refere à forma e materialização do edifício, nomeadamente o sistema de fixação da fachada (visível ou oculto) e a qualidade e geometria do material escolhido. E claro, também o custo do sistema.

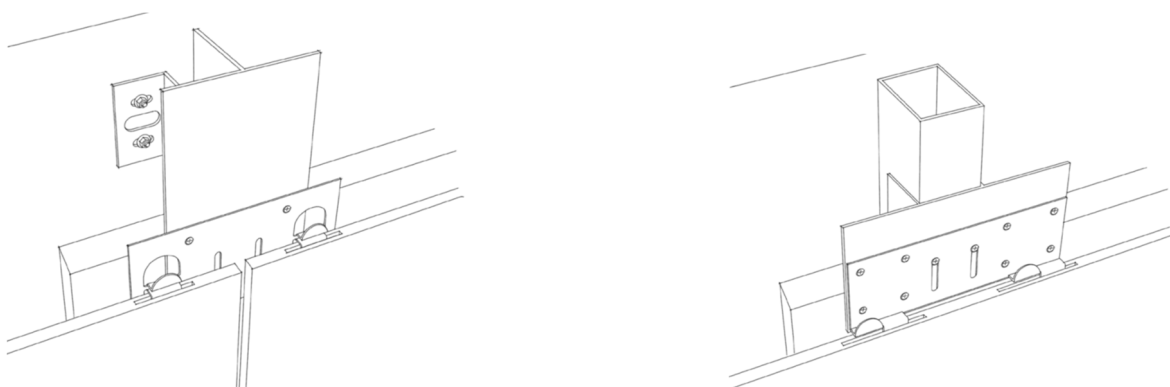
Serão abordados alguns dos materiais mais utilizados na fachada ventilada e alguns exemplos de sistemas de fixação possíveis.

### 2.1. Cerâmica

O Grés porcelânico trata-se de placas de cerâmica prensadas. É um material com grande durabilidade e ampla variedade de acabamentos, de cores e texturas; resistente aos agentes atmosféricos e ao choque térmico. A cerâmica é um dos materiais utilizados mais antigos e as suas características fazem com que seja uma escolha recomendada para revestimento de fachadas ventiladas.



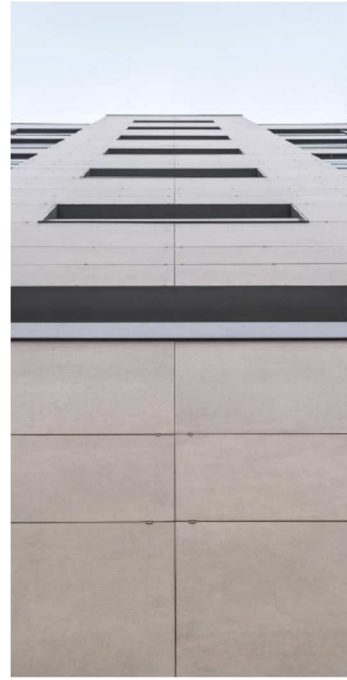
**Fig. 3** – Exemplos de sistema de fixação visível



**Fig. 4** – Exemplos de sistema de fixação oculto

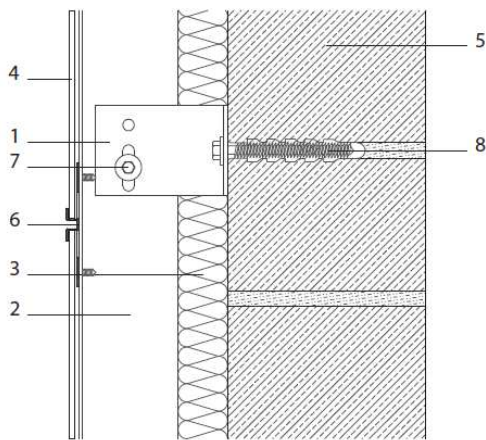


**Fig. 5** – Pormenor de sistema de fixação visível



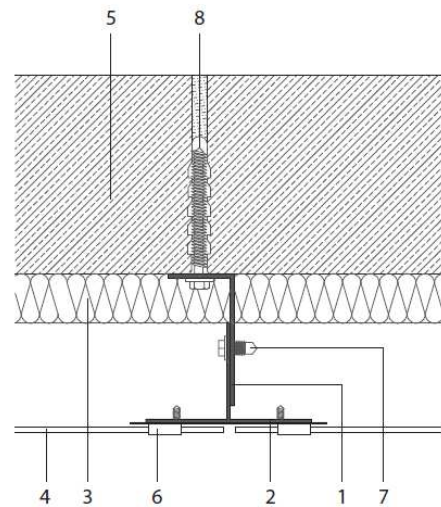
**Fig. 6** – Exemplo de fachada

Secção vertical



1. Separador secundário de alumínio.
2. Perfil vertical em "T" de alumínio.
3. Isolamento térmico.
4. Ladrilho cerâmico STON-KER.
5. Suporte.
6. Grampo de fixação visível em aço inox.
7. Parafuso autorroscante em aço inox.
8. Fixação mecânica.
11. Emboço de argamassa hidrófuga.

Secção horizontal



1. Separador secundário de alumínio.
2. Perfil vertical em "T" de alumínio.
3. Isolamento térmico.
4. Ladrilho cerâmico STON-KER.
5. Suporte.
6. Grampo de fixação visível em aço inox.
7. Parafuso autorroscante em aço inox.
8. Fixação mecânica.

**Fig. 7** – Detalhe construtivo vertical/horizontal de sistema de fixação

## 2.2. Painel Fenólico

O painel fenólico é formado por múltiplas camadas de fibras de celulose, também conhecido como papel Kraft, que são impregnadas com resinas fenólicas, resultando em placas planas e compactas.

É um material manipulável, o que permite apresentar diversas formas e cores. É resistente aos agentes atmosféricos, luz solar e humidade e também ao fogo. A sua relação entre resistência e peso torna este material num produto estável e recomendado tanto para revestimento exterior como interior.

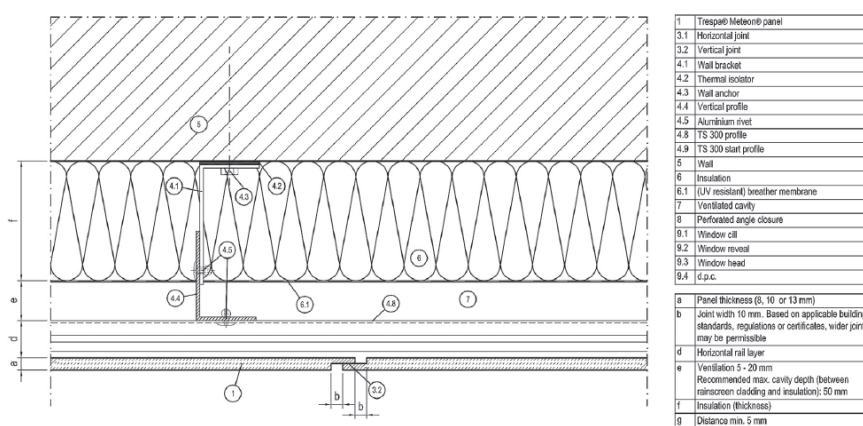


Fig. 8 – Detalhe construtivo



Fig. 9 – Exemplo de fachada

### 2.3. Pedra Natural

Tal como a cerâmica, a pedra é um dos materiais mais antigos utilizados na construção ao longo do tempo. Permite muitas opções relativas ao tipo de pedra e formato, em geral apresenta alta resistência aos agentes atmosféricos, fogo e raios UV, e grande durabilidade. Em termos de estética, é um material que proporciona múltiplos efeitos decorrentes da beleza natural das peças.

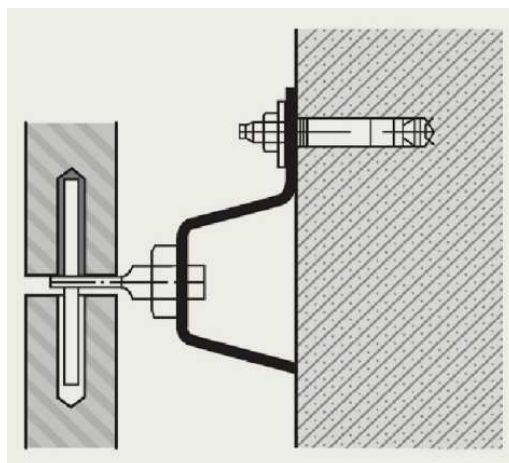
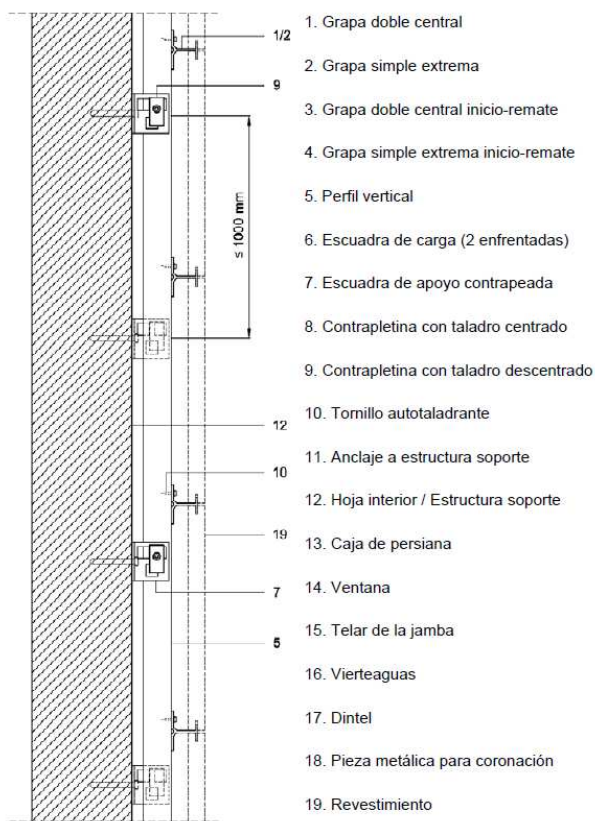


Fig. 10 – Detalhe construtivo

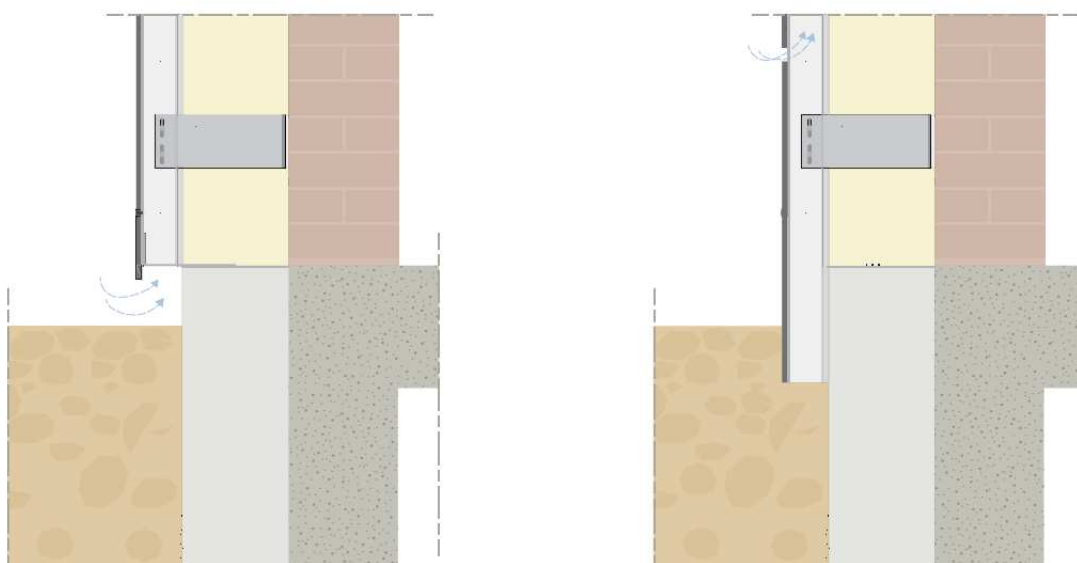
Fig. 11 – Detalhe de fixação



Fig. 12 – Exemplo de fachada

## 2.4. Painel de Fibrocimento

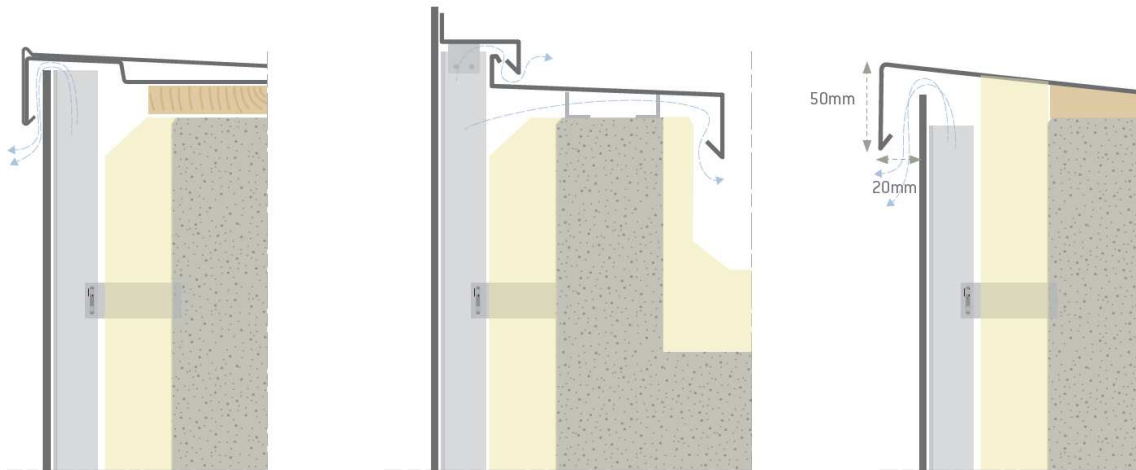
Referindo como exemplo o painel da empresa Equitone, o fibrocimento usado actualmente, sem incorporação de amianto, é um material composto composto por cimento, celulose e minerais. Apresenta-se em painel e é manipulável, podendo variar em tamanho e forma. Com um amplo leque de opções quanto a cores e texturas, trata-se de um material resistente que necessita de pouca manutenção.



**Fig. 13** – Exemplo de solução da fachada na base



**Fig. 14** – Exemplo de solução da fachada nos cantos



**Fig. 15** – Exemplo de solução da fachada no remate com a cobertura



**Fig. 16** – Exemplo de fachada

### **CAPÍTULO 3 - ANTECEDENTES**

### 3.1. Primeiro conceito da fachada ventilada

Registos levam a crer que o antecedente da fachada ventilada surgiu no norte da Europa, mais especificamente na Noruega. Este conceito surgiu com a necessidade de os agricultores protegerem as suas colheitas que estavam constantemente a ser destruídas pelas condições atmosféricas, tais como a chuva, neve e humidade. Com este problema em mãos, resolveram criar um novo tipo de celeiro utilizando uma dupla estrutura de madeira, com um espaçamento entre elas, criando uma caixa de ar. A parede exterior teria aberturas na parte superior e inferior para permitir a entrada e saída de ar. Desta forma, a estrutura exterior teria como função absorver a humidade, da chuva ou da neve, impedindo que esta chegasse à estrutura interior, mantendo-a seca e assim protegendo as colheitas. A função da caixa de ar seria garantir um livre fluxo de ar que permitiria secar a estrutura exterior mais rapidamente.



Fig. 17 – Celeiro

### 3.2. Jean-Baptiste Jobard

Foi em 1849 que foi registada uma das primeiras menções de um sistema semelhante a uma fachada ventilada. “Em 1849, Jean-Baptiste Jobard, na altura director do Museu Industrial em Bruxelas, descreveu uma versão antecipada de uma fachada de dupla pele ventilada mecanicamente. Ele menciona como no Inverno ar quente deveria circular entre dois vidros, enquanto no Verão seria ar frio.” SAELENS, Dirk. *ENERGY PERFORMANCE ASSESSMENT OF SINGLE STOREY MULTIPLE-SKIN FACADES*, 2002

### 3.3. Invenção de Edward S. Morse

Edward S. Morse, um botânico americano, desenvolveu em 1881 o que se regista ser o primeiro exemplar de uma fachada ventilada funcional. “Que seja sabido que eu, EDWARD S. MORSE, de Salem, no condado de Essex e Estado de Massachusetts, inventei um novo e útil Método e Meios de Aquecer e Ventilar Habitações com o Raio Solar (...) A minha invenção refere-se a uma forma de utilizar os raios solares com o propósito de aquecer e ventilar quartos e habitações de edifícios.” MORSE, Edward S. *PATENT ‘Warming and Ventilating Apartments by the Sun’s Rays’*, 1881

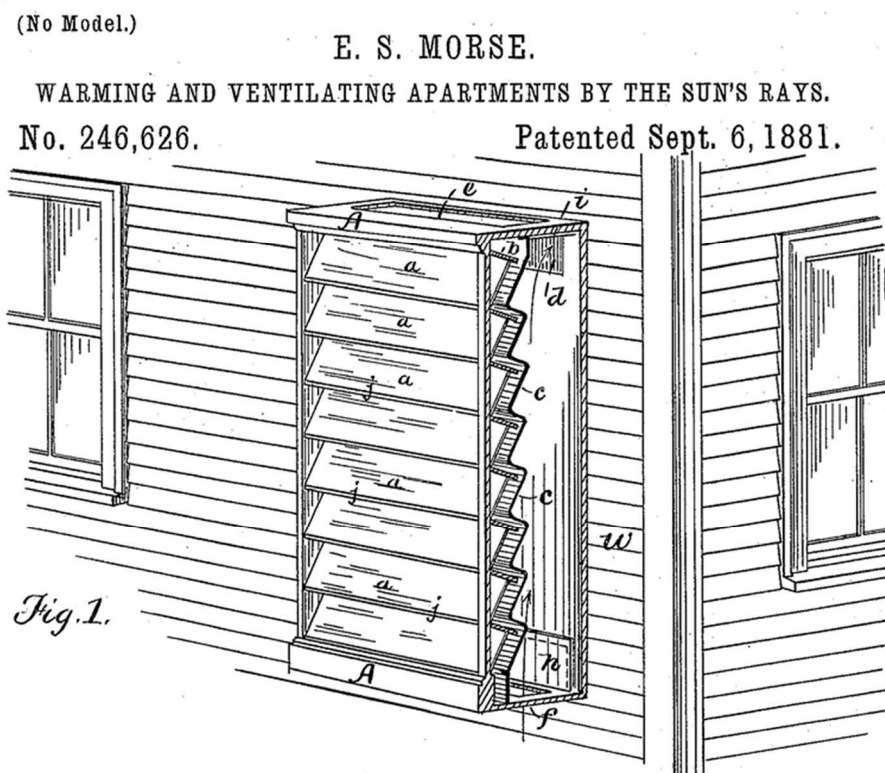


Fig. 18 – Esquema do sistema

Esta invenção consistia numa caixa(A) que era afixada na parte exterior da fachada que estava orientada de acordo com a luz solar. A superfície paralela à fachada era constituída por vidro, que protegia uma série de faixas de vidro(a) e de madeira(j). Atrás, era colocada uma placa(c), em toda a altura, composta por um metal escuro ou qualquer outro material que pudesse absorver rapidamente o calor, seguindo as diversas inclinações das faixas, projectada de forma a aproveitar o máximo dos raios solares. Entre a fachada e a placa, encontrava-se uma caixa de ar, com aberturas tanto para o interior do edifício(d/g) como para o exterior(e/f). A direcção da circulação do ar era manipulada através de duas barreiras na parte superior e inferior da caixa(i/h).

“Durante o dia, a radiação solar atravessa o vidro e aquece a superfície escura no caminho, adicionando calor à sua massa térmica. Durante a noite, a parede emite calor principalmente através da face exterior. No entanto, como o vidro é semi-opaco para radiação infravermelha, mantêm o ar dentro da câmara e pode ser redireccionado para o interior ou exterior do edifício movendo as barreiras da caixa” Hidden Architecture, UNGREEN | Trombe Wall (<http://hiddenarchitecture.net/ungreen-trombe-wall/>)

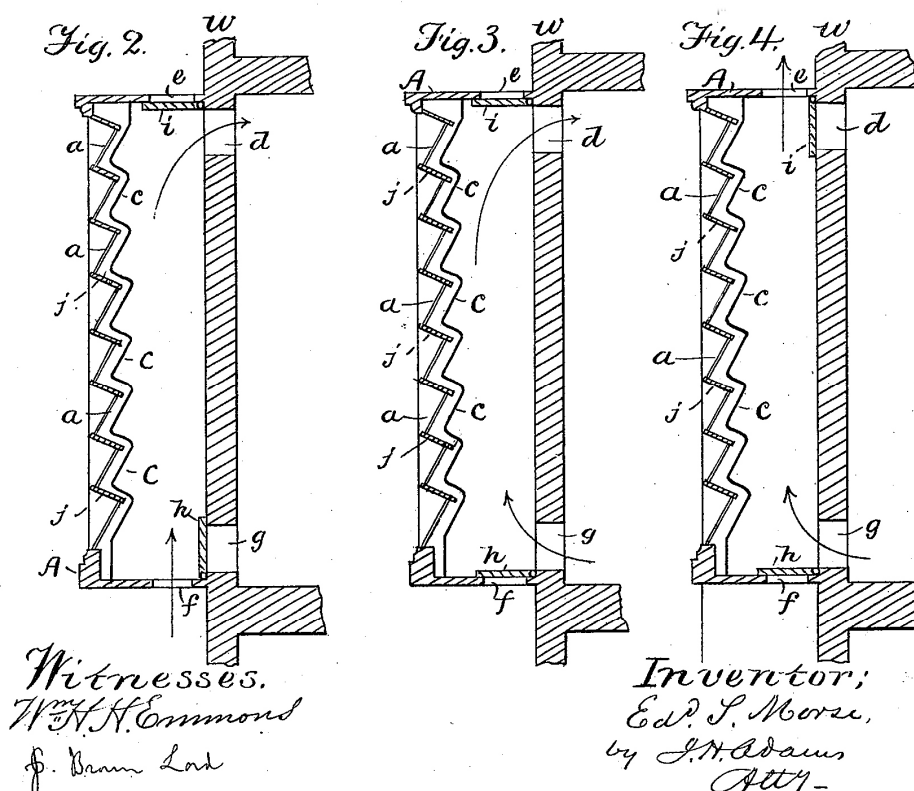


Fig. 19 – Detalhes do sistema

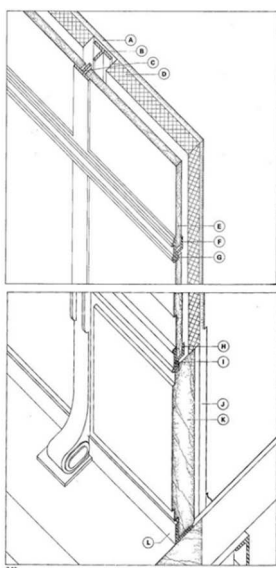
### 3.4. Estação de Karsplatz, 1899

A estação de metro de Karsplatz, em Viena, de Otto Wagner, arquitecto austríaco, construída em 1899, pode ser considerada um antecedente do sistema da fachada ventilada, conforme a seguinte descrição:

*“(…) graças ao conhecimento do trabalho com o aço, é feito com paredes que não são de tijolo, mas de estrutura metálica. No entanto, para ter uma fachada ilustre termina-se com placas de pedra nobre, de pouca espessura para economizar custos, e em vez de estar presa a uma parede (inexistente) com argamassa, segura-se com peças metálicas. Isto significou um avanço tecnológico insólito para a época, que adiante seria a base para as fachadas ventiladas de pedra.”*  
AGUIRREGABIRIA, Benito L. *Evolución histórica de la fachada ventilada*, 2019



**Fig. 20** – Estação de Karsplatz



**Fig. 21** – Detalhe da fachada

## **CAPÍTULO 4 – EVOLUÇÃO HISTÓRICA**

#### 4.1. Steiff Factory, 1903

A Steiff Factory, de Richard Steiff, construída em 1903 em Giengen, na Alemanha, é considerado o primeiro real exemplo de um edifício com fachada ventilada funcional. O projecto consistia numa fábrica de brinquedos, que pertencia ao pai do responsável da obra.

*“As prioridades foram maximizar a luz natural tendo em conta a fria temperatura e os ventos fortes da região. A solução foi uma estrutura de três andares com o piso térreo para armazenamento e os dois andares superiores usados para áreas de trabalho. A estrutura de aço suporta uma estrutura de secções “T” fixados com grampos no lado interior e exterior de cada coluna. Esta estrutura suporta as duas camadas da fachada dupla, deixando um vazio de 25cm. As únicas aberturas no sistema são para a manutenção. O edifício foi um sucesso, e mais duas adições foram construídas de 1904 a 1912 com o mesmo sistema de fachada, mas a usar madeira em vez de aço na estrutura por razões de orçamento.”* CRESPO, Ana Maria Leon, *History of the Double Skin Facade*



**Fig. 22** – Steiff Factory

“A capa externa do edifício foi uma construção inovadora, consistindo numa total fachada dupla de vidro da base ao topo. O envidraçamento interno vai do início do chão até à parte mais baixa do tecto, enquanto a fachada exterior cobre a altura total do edifício. A característica específica desta fachada surge na sua construção para ser uma pura fachada cortina, sendo que está apenas segura por abas de fixação pontualmente fixadas na estrutura.” FISSABE, A., NIETHAMMER, B., *The Invention of Glazed Curtain Wall in 1903 – The Steiff Toy Factory*, 2009

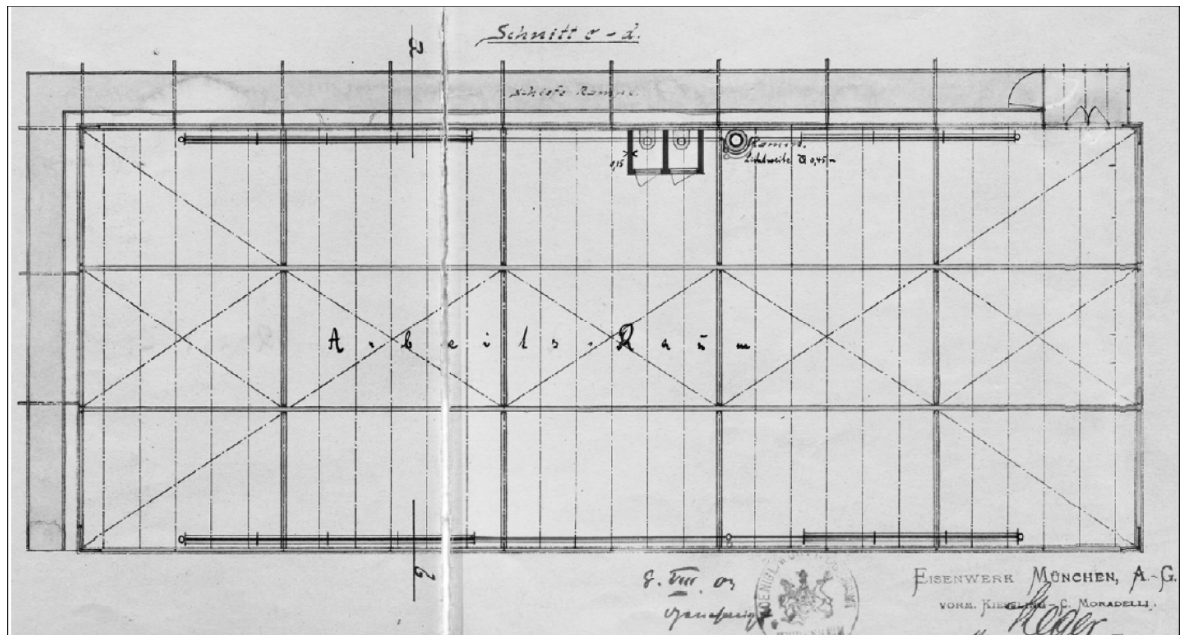
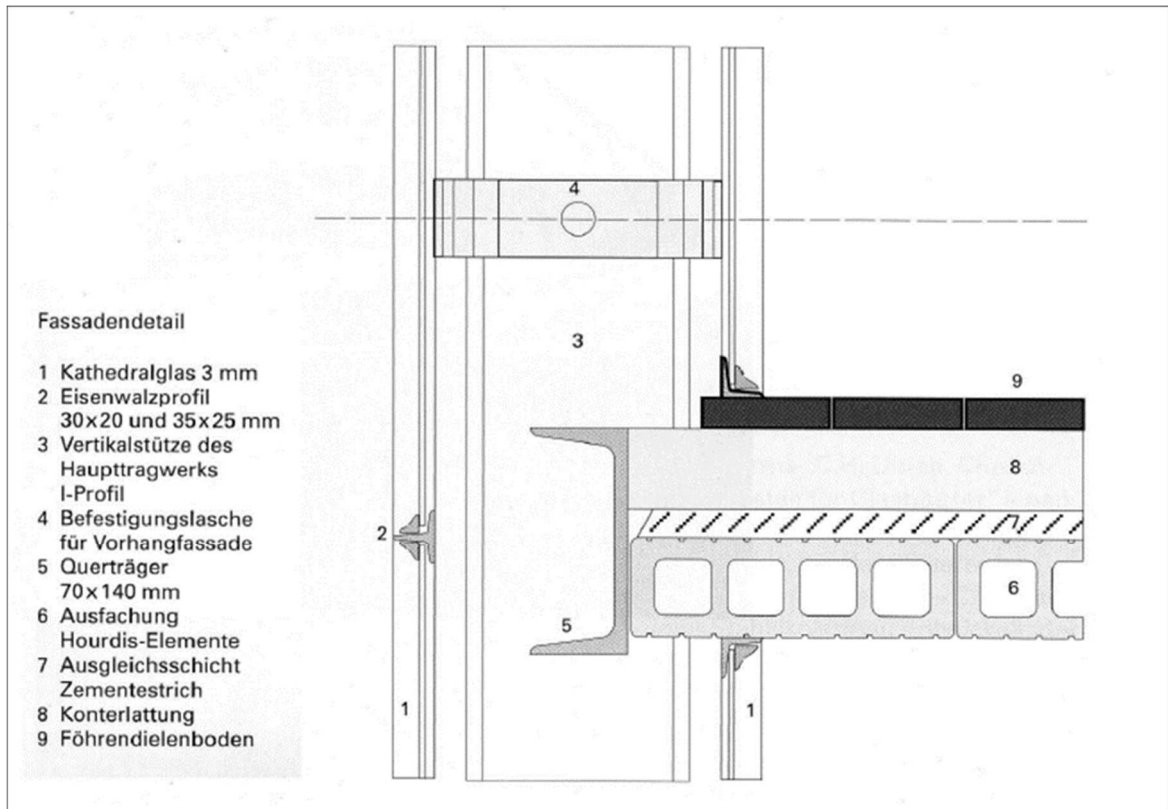


Fig. 23 – Planta da Steiff Factory



Fig. 24 – Pormenor da fachada



**Fig. 25** – Detalhe construtivo da fachada



**Fig. 26** – Aba de fixação (legenda 4)

#### 4.2. Post Office Savings Bank, 1906

No mesmo ano, Otto Wagner ganhou o concurso para o Post Office Savings Bank em Viena, na Áustria. O edifício foi construído entre 1904 e 1906, tendo sido mais tarde adicionada uma extensão entre 1910 e 1912. Contém uma claraboia de pele dupla no salão principal com uma estrutura de aço a segurar o vidro.



Fig. 27 – Post Office Savings Bank



Fig. 28 – Clarabóia de dupla pele

### 4.3. Villa Schwob, 1916

Le Corbusier, em 1916, no projecto Villa Schwob, na sua cidade natal La Chaux de Fonds, na Suíça, usou um sistema de dupla camada de vidro nas janelas, onde coloca um tubo de aquecimento entre ambas. Este sistema foi uma ideia inicial de um conceito desenvolvido anos mais tarde, pelo mesmo, denominado de “Murs Neutralisant”.



Fig. 29 – Villa Schwob

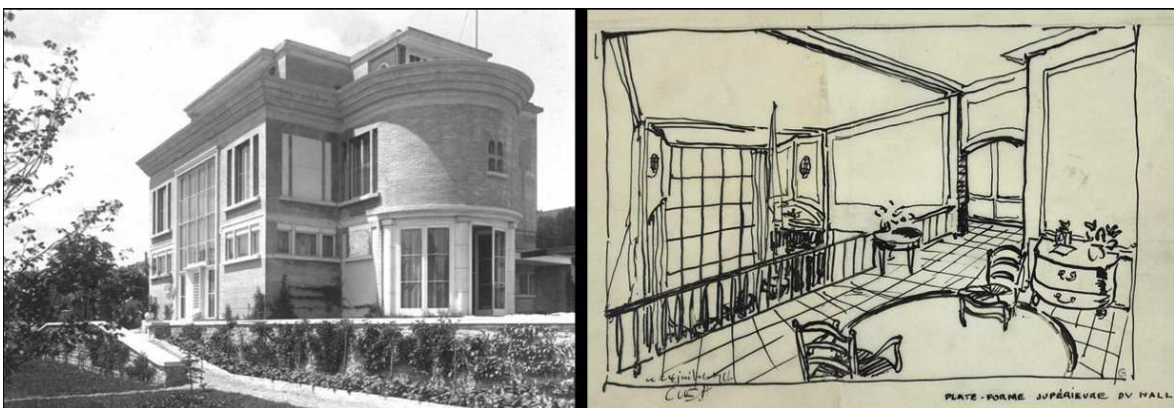


Fig. 30 – Perspectiva da Villa Scwob/ Esquiço do interior

#### 4.4. Mur Neutralisant e Respiration Exacte

Foi em finais dos anos 20 que Le Corbusier desenvolveu dois novos conceitos relacionados com a ventilação de edifícios. “Murs Neutralisants” e “Respiration Exacte”.

“Respiration Exacte” - “Um sistema mecânico de ventilação controlada capaz de ajustar ambas temperatura e humidade do ar – isto é, uma descrição aproximada de um sistema de ar condicionado. (...) parece ser uma versão poética do sistema de ventilação mecânica usado por Gustave Lyon no Pleyel Theatre e em outros auditórios franceses.” SOLLA, Ignacio F., *Le Corbusier: a french lesson on ‘Murs neutralisants’*, 2012

“Mur Neutralisant” – “(...) paredes previstas em vidro, pedra ou misto, consistindo em uma dupla membrana com um espaço de poucos centímetros entre ambas ... um espaço que rodeia o edifício por baixo, sobe as paredes, sobre a cobertura. No espaço entre as membranas dependendo do clima exterior, ar quente ou frio é soprado de forma a que o ar interior se mantenha nos 18°C” YELLAMRAJU, Vijaya, *EVALUATION AND DESIGN OF DOUBLE-SKIN FACADES FOR OFFICE BUILDINGS IN HOT CLIMATES*, 2004

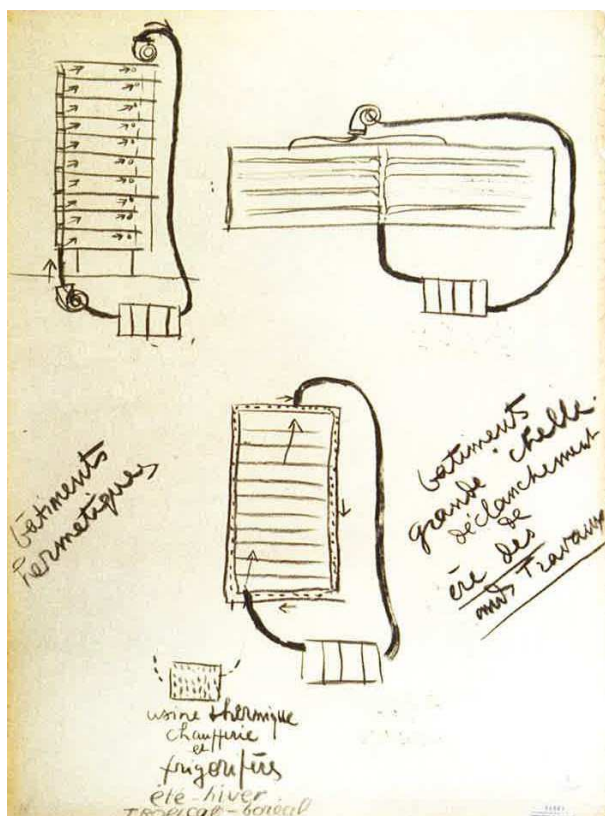


Fig. 31 – Esquízo do sistema de “Respiration Exacte”

Le Corbusier tentou aplicar estes dois sistemas em dois projectos, Tsentrosoyuz Building e Cité du Refuge, embora sem sucesso. Estudos realizados por duas companhias independentes, American Blower Company e Saint Gobain, concluíram que o sistema “Mur Neutralisant” iria necessitar de uma enorme quantidade de energia para fazer alguma diferença na temperatura, tornando-o num sistema dispendioso e impraticável.

“Na minha opinião, Corbu foi claro que ambos eram suposto funcionar juntos porque eram complementares. Corbu tentou implementar-los no Cité de Refuge em Paris e no Centrosoyuz em Moscovo, sem sucesso em ambos os casos. Simplesmente, a sua intenção era obter um ambiente interior confortável o ano inteiro em todos os climas.” SOLLA, Ignacio F., *Le Corbusier: a french lesson on ‘Murs neutralisants’*, 2012

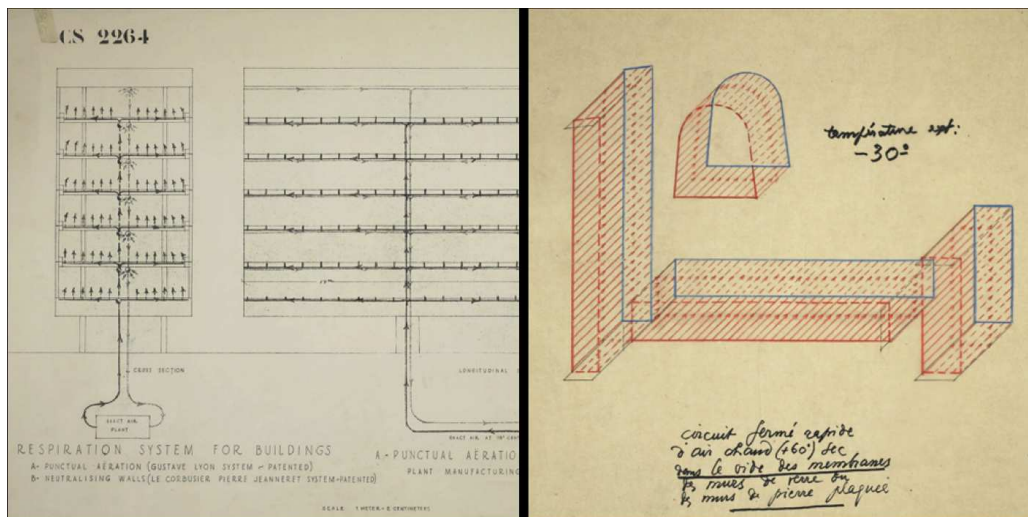


Fig. 32 - Esquema do sistema “Respiration Exacte”

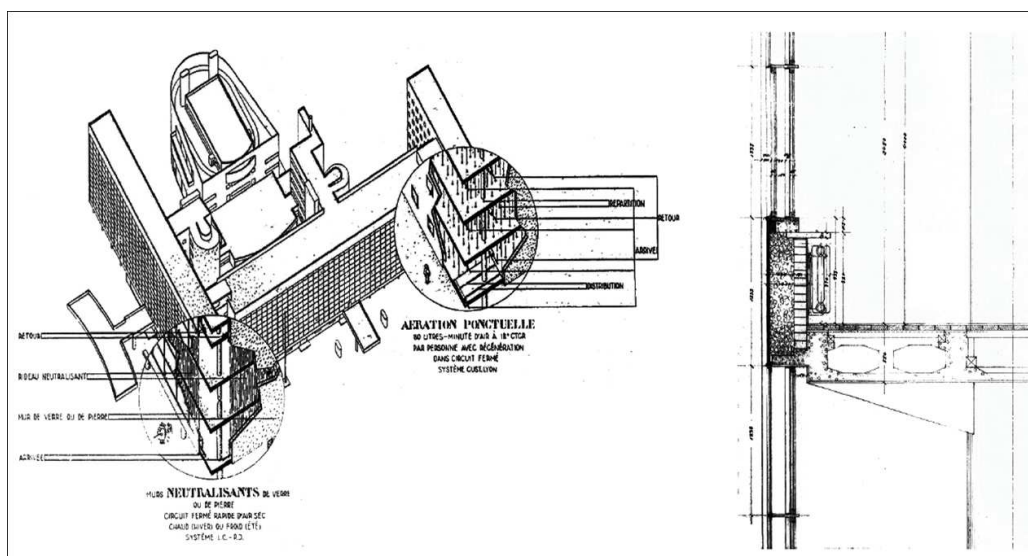


Fig. 33 – Esquema do sistema “Mur Neutralisant”

#### 4.5. Tsentrosoyuz Building, 1933

O Tsentrosoyuz Building foi construído em 1933, em Moscovo. Inicialmente, Le Corbusier propôs fachadas duplas de vidro e de pedra tufa, uma pedra vulcânica, ambas com o sistema “Mur Neutralisant”. Porém, a proposta foi recusada pelo cliente devido à falta de material, consequência do primeiro plano de 5 anos criado por Joseph Staline, com o objectivo de estabelecer prioridades na produção industrial e agrícola do país. Também se deveu ao facto de ser um sistema experimental e já criticado. Assim, apenas se manteve a fachada dupla de vidro e, em vez do “Respiration exacte”, foi utilizado um sistema de radiadores para o aquecimento.

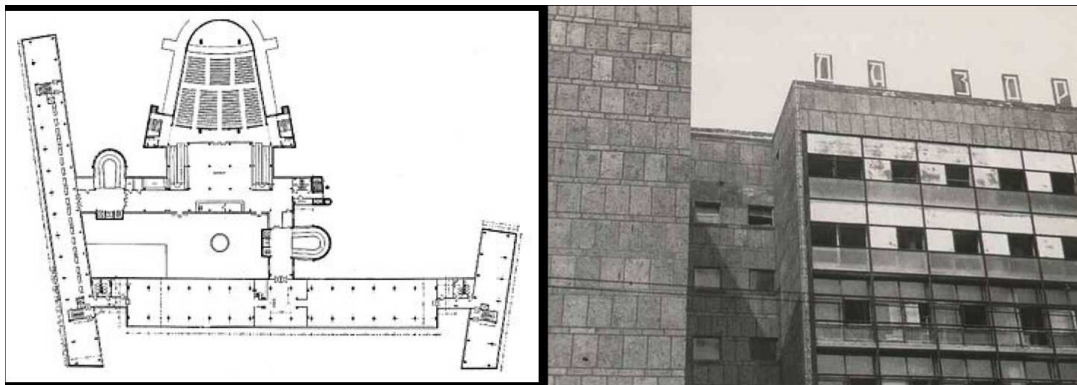


Fig. 34 – Planta do Tsentrosoyuz Building/ Imagem da fachada



Fig. 35 – Fachada do edifício



**Fig. 36** – Fachada do edifício

#### **4.6. Cité du Refuge, 1933**

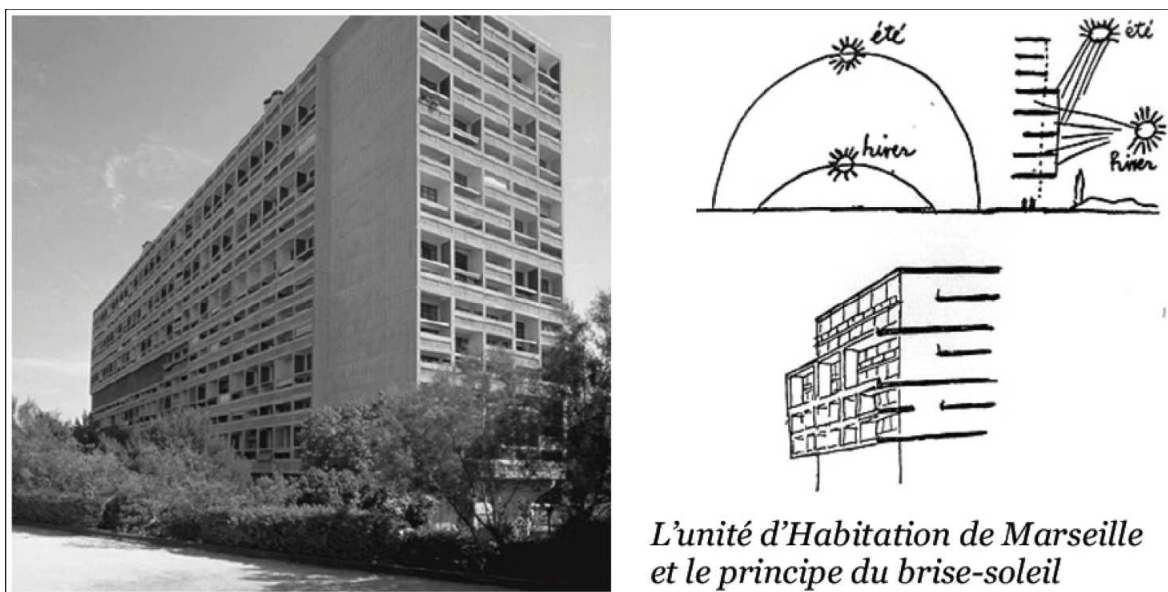
O Cité du Refuge, também construído em 1933, em Paris, foi outro projecto em que Le Corbusier tentou implementar ambos os sistemas, mas neste caso ambos são rejeitados pelo cliente devido ao orçamento. *“Le Corbusier estava tão interessado em seguir com o projecto que se ofereceu para cortar 40% do seu montante. (...) As restrições orçamentais foram severas e o edifício não só acabou com uma fachada única de vidro, mas também sem o ar condicionado que Le Corbusier tinha proposto. Sem ambos o “mur neutralisant” ou o arrefecimento, o ambiente do edifício foi um desastre.”* WIGGINTON, Michael, MCCARTHY, Battle, 2000

*“A fachada de vidro virada a sul de 1,000m<sup>2</sup> era completamente fixa (...) O edifício manteve-se quente durante o inverno, mas mostrou ser um falhanço no próximo verão. Corbu culpou a falta de ar condicionado – verdade, mas caro para um edifício destes – enquanto os habitantes pediam apenas janelas de abrir para providenciar alguma ventilação natural.”* SOLLA, Ignacio F., Le Corbusier: a french lesson on ‘Murs neutralisants’, 2012

*“(…) a solução final apenas surgiu como consequência dos bombardeamentos em Paris. A fachada foi completamente destruída durante a guerra e Le Corbusier recebeu a comissão para reconstruí-la. Desta vez, após as suas viagens a Argélia, Argentina e Brasil ele tinha a resposta final para o problema actual: um protector solar exterior para controlar a radiação solar, ou ‘brise-soleil’ foi adicionado na parte exterior da fachada de vidro.” SOLLÁ, Ignacio F., Le Corbusier: a french lesson on ‘Murs neutralisants’, 2012*



**Fig. 37** – Fachada antes e depois



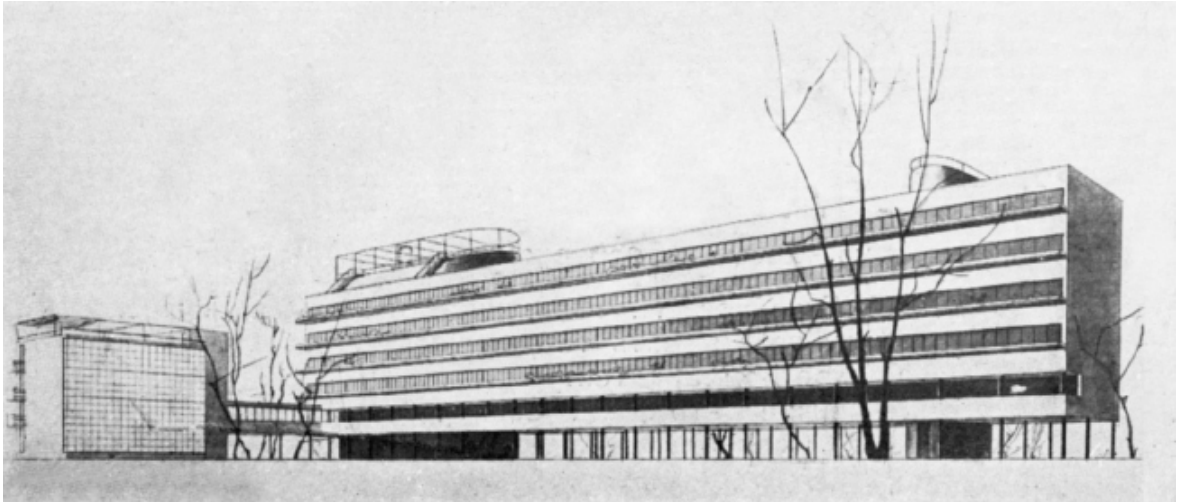
**Fig. 38** – Exemplo e esquema do brise-soleil de Le Corbusier

#### 4.7. Narkomfin Building, 1930

Na Rússia, o arquitecto Moizei Ginzburg, em parceria com Ignaty Milinis, experimentou o uso de duplas janelas na obra Narkomfin Building, concluído em 1930, em Moscovo. Era previsto serem construídos quatro blocos, sendo dois de apartamentos e os restantes um hotel e uma escola, mas acabaram por ser construídos apenas os dois de apartamentos. *“Exemplificando uma experiência nacional com ideais socialistas da vida comunitária, o edifício simboliza a transição da habitação unifamiliar para a habitação colectiva comunitária que ocorreu nos primeiros anos da república soviética.”* (<https://www.wmf.org/project/narkomfin-building>)



**Fig. 39** – Fachada do edifício

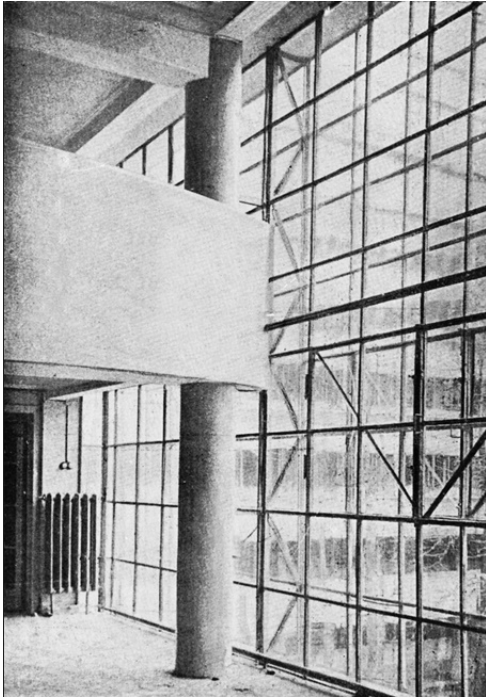


**Fig. 40** – Desenho do edifício

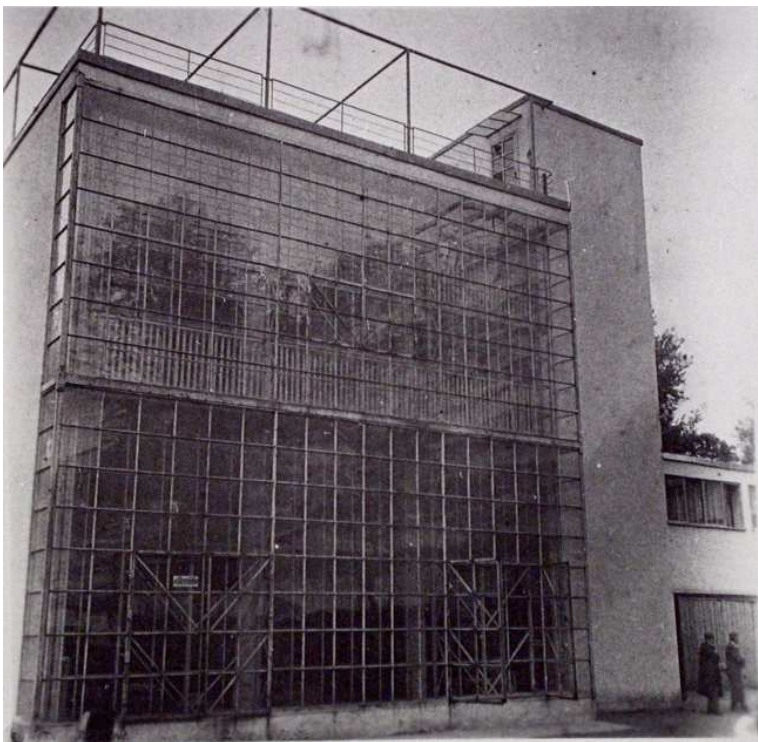


**Fig. 41** – Dupla janela

Apesar das duplas janelas, também foi construída uma dupla fachada cortina de vidro, no bloco de serviços comum, suportada por treliças.



**Fig. 42** – Fachada dupla de vidro – vista do interior

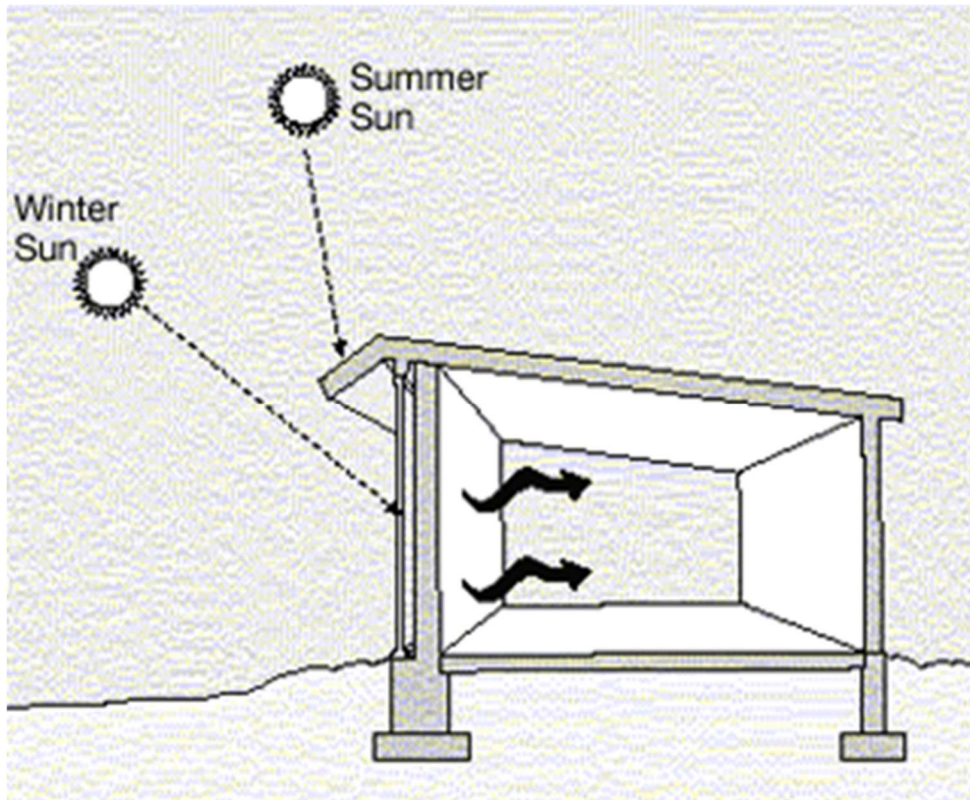


**Fig. 43** – Fachada dupla de vidro – vista do exterior

Este edifício serviu como inspiração para Le Corbusier, que dele teve conhecimento devido às suas visitas ao país e utilizou uma variante nas plantas duplex dos apartamentos da Unidade de Habitação em Marselha, construída em 1952.

#### 4.8. Trombe Wall

A Trombe Wall baseia-se no sistema inventado por Edward S. Morse em 1881. O nome foi dado em honra de Félix Trombe, engenheiro francês, que embora não tenha sido o criador, foi quem popularizou este sistema e, em parceria com o arquitecto Jacques Michel, passou a utilizá-lo como um componente arquitectónico, nos anos 60.



**Fig. 44** – Esquema da Trombe Wall

*“A Trombe Wall é um sistema construtivo de ganho solar passivo constituído pelas seguintes camadas: uma parede espessa que possa absorver calor, uma câmara de ar, um vidro e um sistema de aberturas para controlar a entrada e saída do ar entre o espaço interior, a câmara e o exterior. A função da Trombe Wall é manter um controlo térmico interior no inverno e verão sem usar um sistema mecânico e tendo uma poupança de energia significativa. A Trombe Wall tem que estar virada a ao sol: sul no hemisfério norte e norte no hemisfério sul.” Hidden Architecture, UNGREEN | Trombe Wall*

#### 4.9. Solar House, 1967

Foi com o projecto da Solar House que Félix Trombe e Jacques Michel tornaram este sistema popular. A casa foi construída em 1967, em Odeillo, na França. A prioridade deste projecto foi conservar energia, e não a preocupação da casa ter muita luz natural directa ou uma larga vista para a paisagem.



**Fig. 45** – Solar House (fachada sul)

*“Com uma planta regular, a Solar House tem uma orientação norte-sul. O acesso é feito pelo lado norte através de uma pequena, ligeiramente elevada entrada. Olhando com cuidado para a disposição, é clara a contradição da casa. Com esta orientação, parece que a casa procura abrir-se para sul. No entanto, a Trombe Wall está localizada nessa fachada e impede a casa de receber luz natural directa ou vista para o vale. Félix Trombe e Jacques Michel trazem luz natural para o interior ao criar uma janela horizontal na fachada norte. (...) Além disso, criam aberturas na fachada este e oeste para providenciar luz natural para os quartos localizados nos cantos da casa. A única abertura a sul é uma pequena varanda (...).” Hidden Architecture, UNGREEN | Trombe Wall*



Fig. 46 – Solar House (fachada norte)

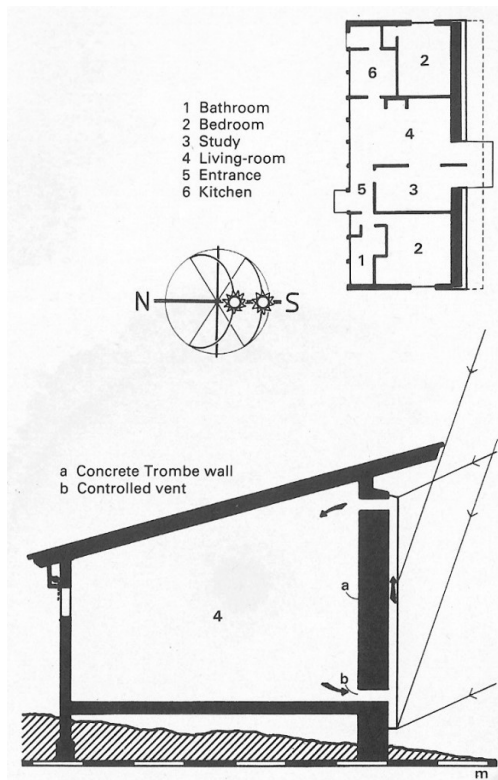
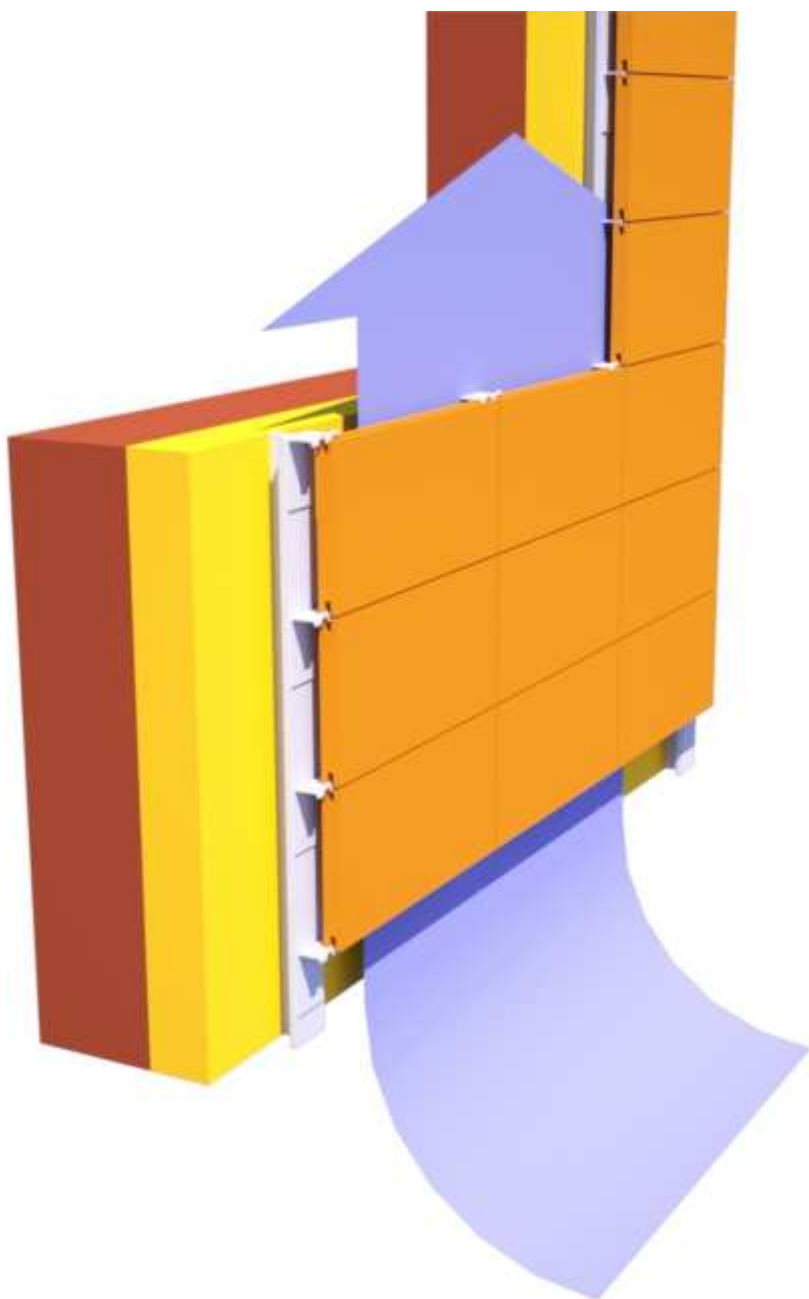


Fig. 47 – Planta e perfil da Solar House

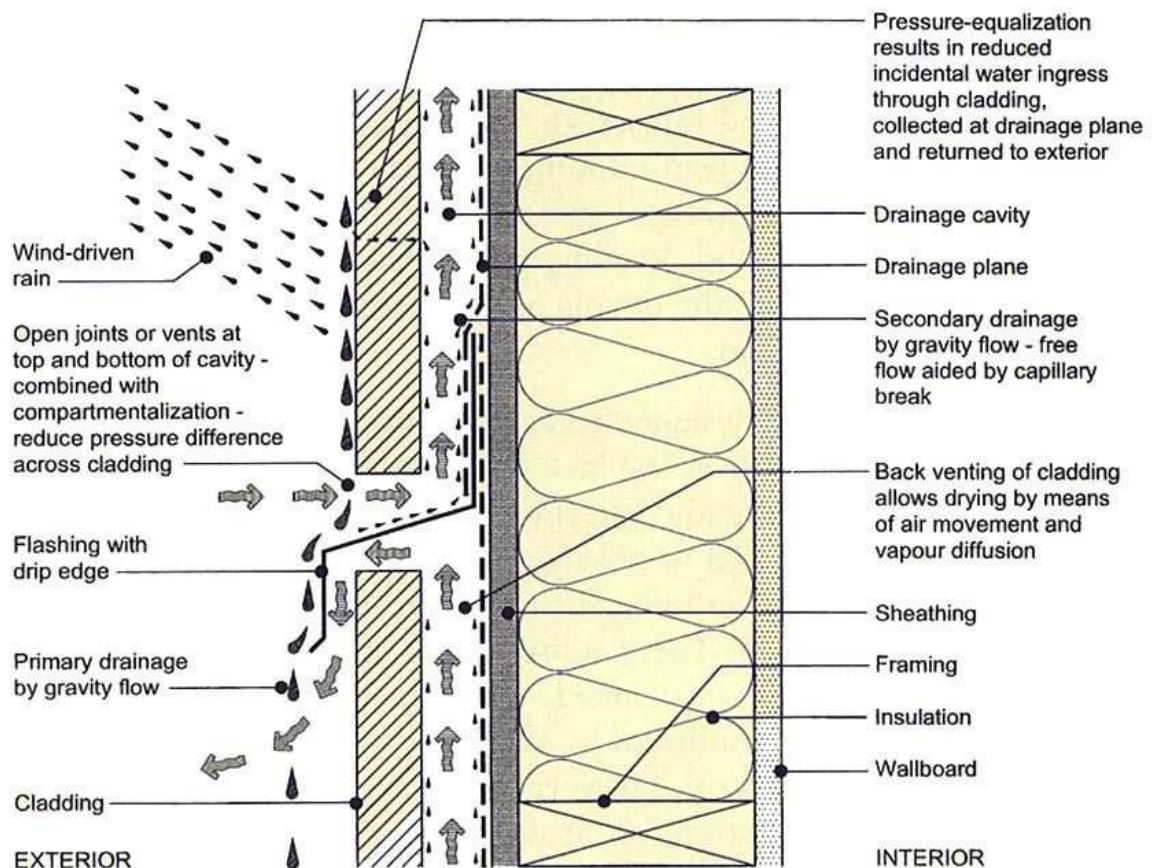
#### 4.10. Sistema Rainscreen

Enquanto até ao momento a preocupação principal era a ventilação dos edifícios, investigadores, nos anos 40, decidiram estudar o sistema “Rainscreen”, que basicamente se trata da fachada ventilada como hoje em dia é conhecida, acreditando ter a ideia surgido na Noruega há centenas de anos atrás. A razão dos estudos então realizados foi arranjar uma forma de impedir que as condições atmosféricas, principalmente a chuva, comprometessem a estrutura dos edifícios, danificando-a ao longo do tempo.



**Fig. 48** – Esquema do sistema

“A ideia de encaixar uma parede de tela externa numa parede de tijolo ou cimento que pudesse repelir água da chuva foi adoptada. Também foi fácil tornar esta tela esteticamente agradável ao mesmo tempo. Só porque a sua função principal era servir como uma protecção da chuva, não há razão para que não possa parecer bonito também. A tela exterior também precisa de ter forte qualidades e precisa de ser económica. O projecto também precisa de, através de uma ventilação adequada, remover qualquer vapor de água que alcance o espaço entre o painel exterior e a parede.” (<https://www.climate-shield.com/european-climate-shield-history>)



**Fig. 49** – Detalhe funcional do sistema

Apesar de começar a ser estudado nos anos 40, este sistema só passou a ser comercializado nos anos 60.

#### 4.11. Occidental Chemical Center, 1980

O Occidental Chemical Center, também conhecido como Hooker Building, foi projectado pelo grupo Cannon Design, em parceria com o grupo HOK. Localizado em Nova Iorque, Estados Unidos, a sua construção foi finalizada em 1980, sendo considerado o primeiro edifício construído na América do Norte com uma fachada dupla de vidro ventilada e elogiado como um dos edifícios comerciais com maior eficiência energética do mundo.

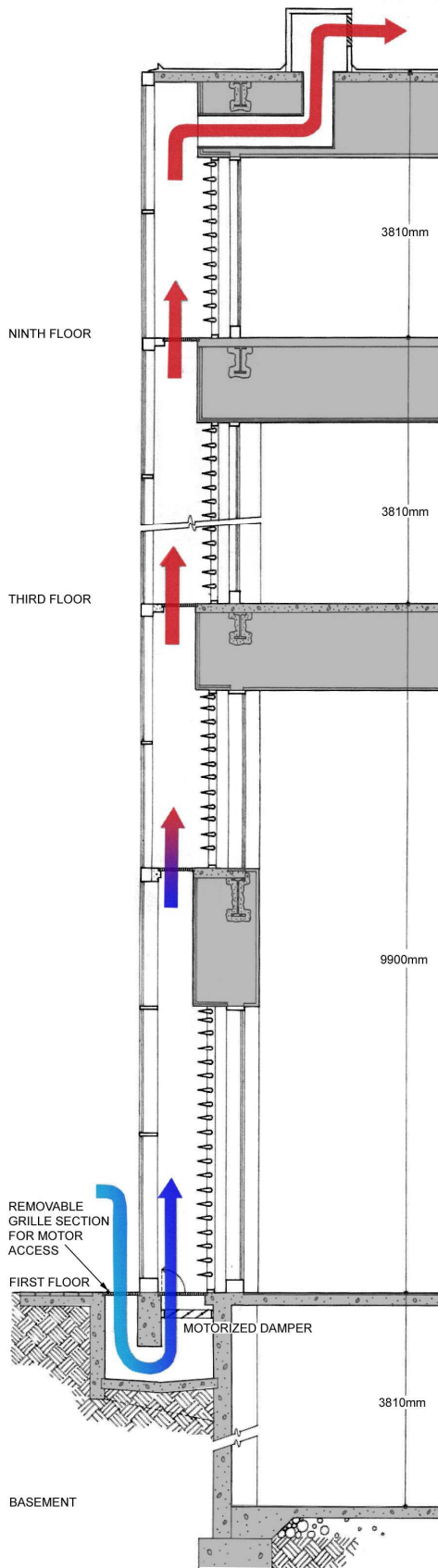


**Fig. 50** – Occidental Chemical Center

*“(...) o cliente, Hooker Chemicals & Plastics Corporation, queria um edifício emblemático não só consciente da energia, mas também que explorasse a localização proeminente à beira do Niagara Gorge pela sua vista (...)” HARRISON, Kate, THE TECTONICS OF THE ENVIRONMENTAL SKIN*

O edifício é composto por nove andares e apresenta uma planta quadrangular, sendo que o primeiro e segundo andares são ocupados por espaço comercial e os restantes pisos são dedicados a escritórios. A circulação vertical está localizada no centro do edifício.

Os arquitectos decidiram utilizar uma fachada com o sistema Buffer, cuja função é manter a luz natural nos edifícios enquanto os isolamentos térmico e acústico são reforçados. Neste caso, o ar entra na caixa de ar por uma grelha motorizada, no piso térreo, e percorre a fachada toda, sem qualquer interrupção, até chegar ao topo superior e sair por condutas.



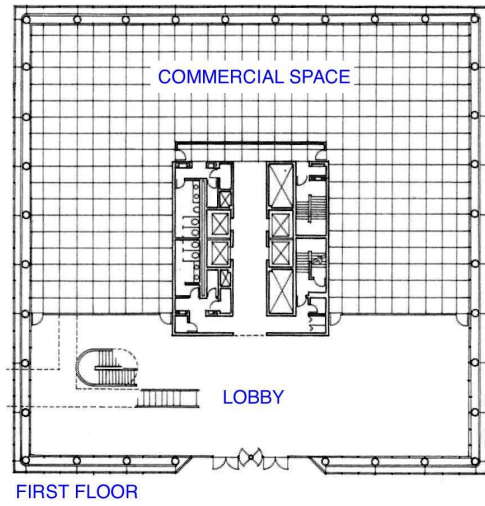
**Fig. 51** – Detalhe construtivo da fachada



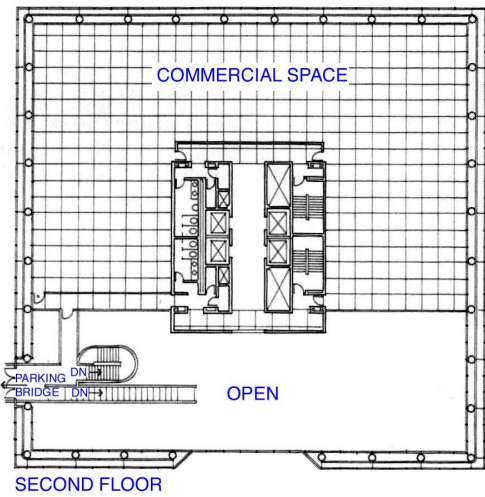
**Fig. 52** – Pormenor da fachada



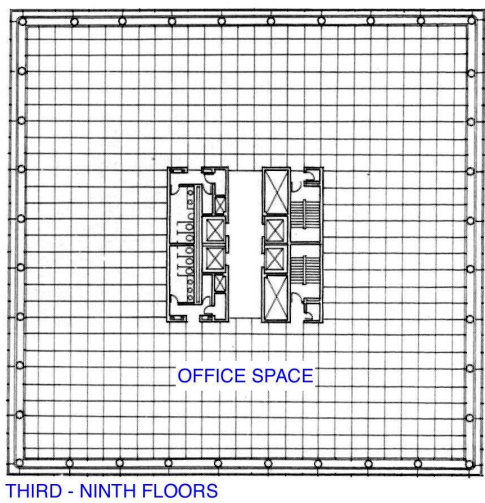
**Fig. 53** – Pormenor da fachada



**Fig. 54** – Planta Piso 0



**Fig. 55** – Planta Piso 1



**Fig. 56** – Planta Piso 8

## 4.12. Renzo Piano

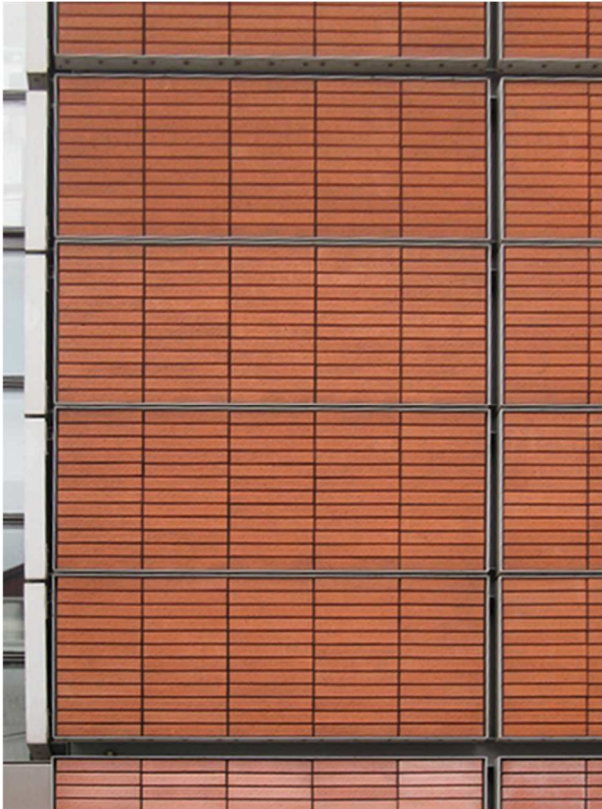
O arquitecto italiano destaca-se na história do sistema da fachada ventilada com três obras: o IRCAM Building, a Debis Tower e o Aurora Place.

### 4.12.1. IRCAM Building, 1977

O IRCAM, ou Instituto de Pesquisa e Coordenação Musical/Acústica, é um edifício dividido em duas fases de construção e está localizado em Paris. A primeira fase, em parceria com Richard Rogers, arquitecto ítalo-britânico, foi iniciada em 1971 e concluída em 1977, sendo composta por três andares subterrâneos, destinados a espaços para pesquisa e experiências. O edifício fazia parte do Centro Pompidou, projectado também pelos mesmos arquitectos. A segunda fase iniciou-se em 1988 e terminou em 1990, sendo acrescentados seis andares, destinados a escritórios, assim passando a marcar a sua presença no local.



Fig. 57 – IRCAM Building



**Fig. 58** – Pormenor da fachada

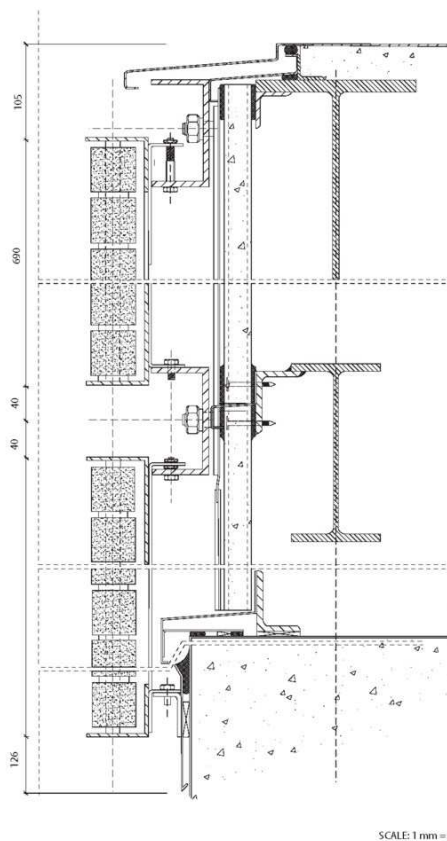


**Fig. 59** – Pormenor da fachada



**Fig. 60** – Pormenor da fachada

Para a fachada, Renzo Piano optou por adoptar o sistema “Rainscreen”, para proteger o edifício da chuva. A fachada é composta por painéis pré-fabricados metálicos preenchidos com peças de tijolo cerâmico.



**Fig. 61** – Detalhe construtivo da fachada

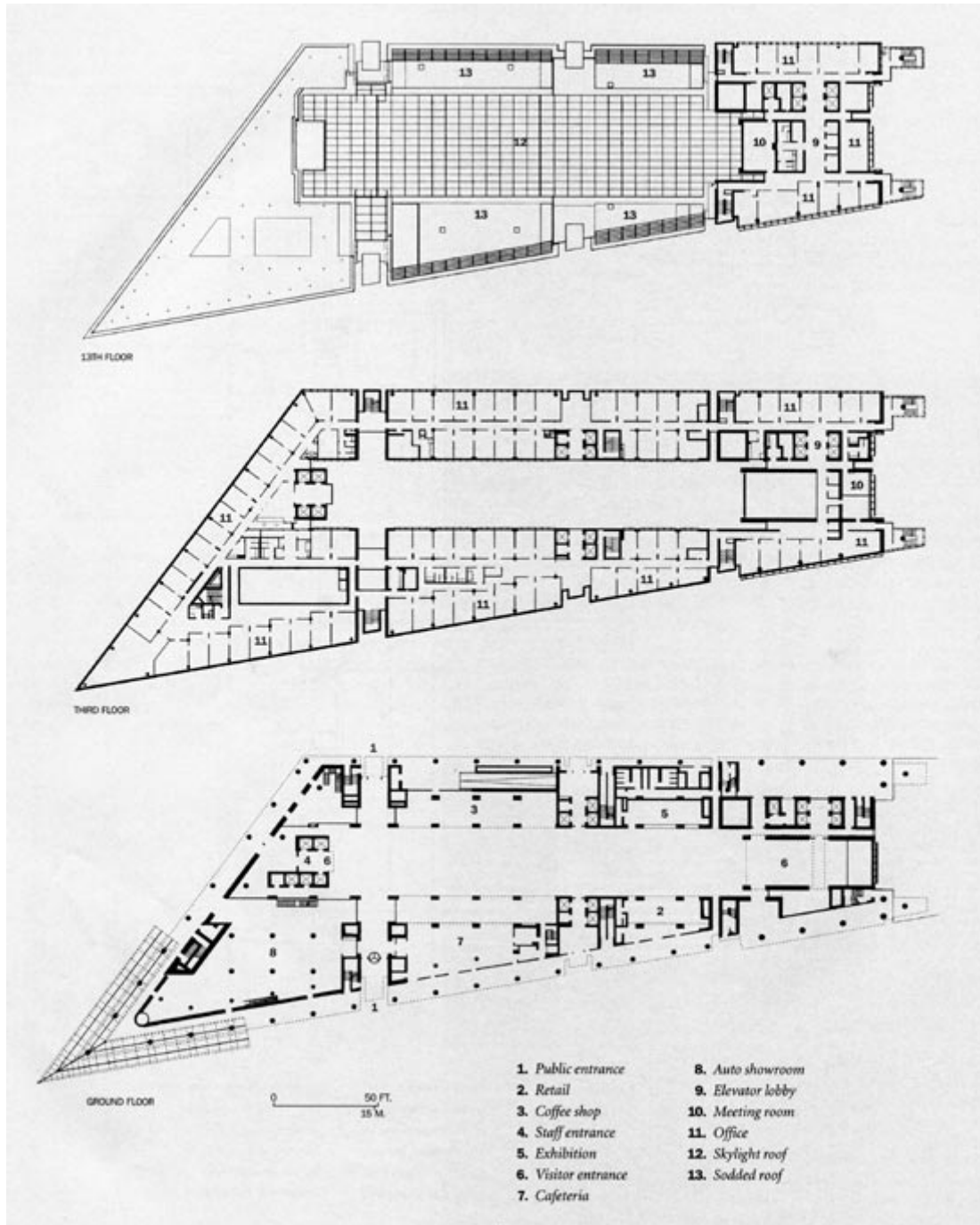
#### 4.12.2. Debis Tower, 1998

A Debis Tower, concluída em 1998, está localizada em Berlim, mais especificamente na Potsdamer Platz, praça que é considerada o centro histórico da cidade “(...) o que significava que preocupações urbanísticas tiveram que ser abordadas. Era crítico manter o canto tradicional da rua e manter a linguagem da cidade.” ([https://www.commercialwindows.org/case\\_debis.php](https://www.commercialwindows.org/case_debis.php))



Fig. 62 – Debis Tower

O edifício ocupa um quarteirão inteiro, o que levou a ser projectado um átrio central aberto, para providenciar luz. Esta escolha pode ter sido devida ao regulamento de construção alemã que refere que “(...) todos os trabalhadores devem estar a menos de “25 feet” (aproximadamente 7.6 metros) de uma janela e luz natural.” ([https://www.commercialwindows.org/case\\_debis.php](https://www.commercialwindows.org/case_debis.php))



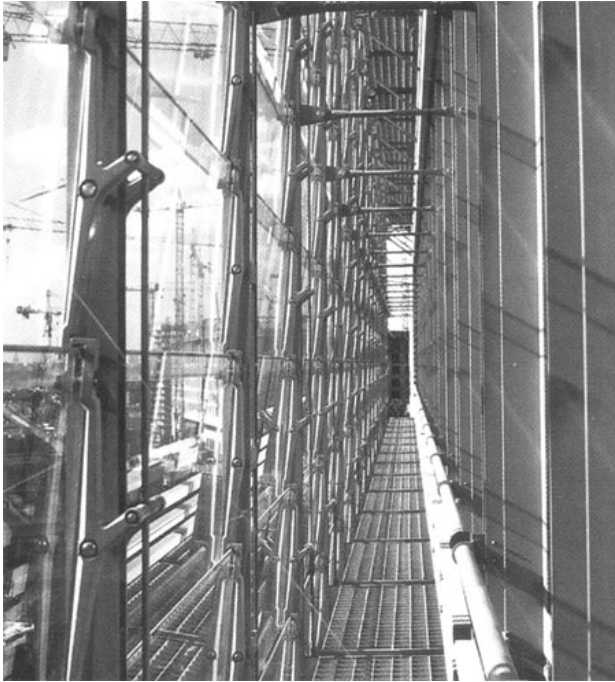
**Fig. 63** – Plantas do edifício

O conjunto é composto por uma torre de 23 andares e, percorrendo a periferia do quarteirão, edifícios mais baixos de 6 e 7 andares.

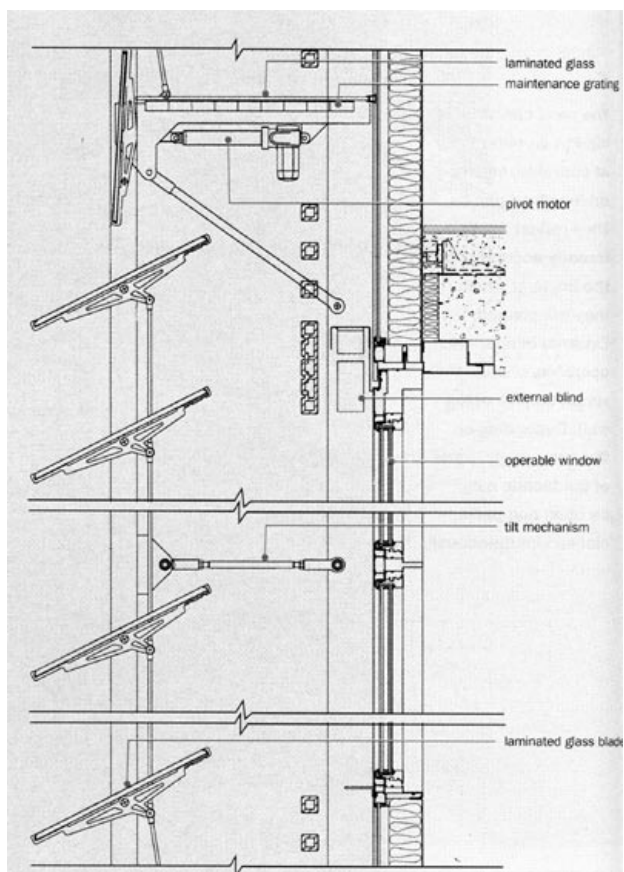


**Fig. 64** – Pormenor da fachada

A fachada da torre é composta por duas camadas. A primeira tem janelas, que podem ser abertas pelos trabalhadores para ventilação. Também integra persianas de alumínio no lado exterior, accionáveis mecanicamente para controlar a luz natural. A segunda distancia-se do edifício cerca de 70cm, sendo composta por painéis de vidro, controlados por sensores, que abrem no verão para melhor ventilação, enquanto no inverno fecham e servem como isolamento. Entre as duas camadas, em cada piso, encontram-se plataformas para a manutenção que também servem como protecção solar, sendo cobertas por vidro laminado resistente ao fogo.



**Fig. 65** – Pormenor da fachada



**Fig. 66** – Detalhe construtivo da fachada

Nos outros edifícios, em vez de ter uma segunda fachada de vidro, são colocadas varas de terracota, com a função de proteger da luz solar.



**Fig. 67** – Fachada do edifício



**Fig. 68** – Átrio central

### 4.12.3. Aurora Place, 2000

O Aurora Place é um conjunto composto por duas torres destinadas a escritórios e apartamentos. Está localizado em Sydney, na Austrália, na zona histórica da cidade e a sua construção foi concluída em 2000. O edifício foi proposto pela empresa australiana Lend Lease Development de forma a celebrar os jogos olímpicos de Sydney em 2000.

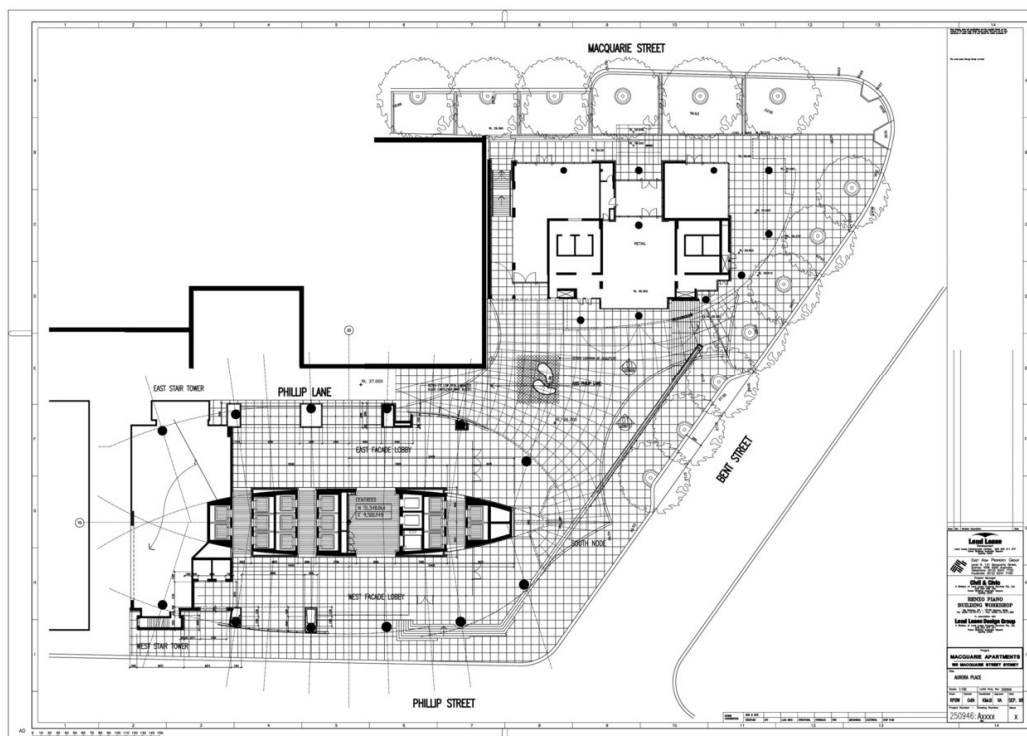


Fig. 69 – Aurora Place



**Fig. 70** – Praça coberta

A torre destinada a escritórios tem 200m de altura, com 41 andares, enquanto a torre destinada a apartamentos é mais baixa, com apenas 18 andares. As torres conectam-se no piso térreo por uma praça, protegida por uma cobertura de vidro suspensa.



**Fig. 71** – Planta do edifício

A fachada do edifício é composta por um vidro incorporado com partículas de cerâmica de tom creme / branco, que ajuda a regular a luz solar e a temperatura. Apresenta uma forma enorme triangular curvada, para se assemelhar à vela de um barco. Também se pode dizer que a forma curva ajuda a articular-se com outro edifício da envolvente, a Casa da Opera de Sydney.



**Fig. 72** – Fachada do edifício

Semelhante à Debis Tower, o sistema de fachada ventilada é composto por painéis de vidro, ligeiramente afastados da fachada principal. Neste caso, devido à sua altura, a caixa de ar é interrompida. “No modelo contínuo, a ventilação da cavidade muitas vezes não é suficiente para evitar o acumular de calor nos andares superiores de edifícios altos.” MAZZAROTTO, Ana, *Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba, 2011*



**Fig. 73** – Pormenor da fachada



**Fig. 74** – Vista do interior

#### 4.13. Business Promotion Center, 1993



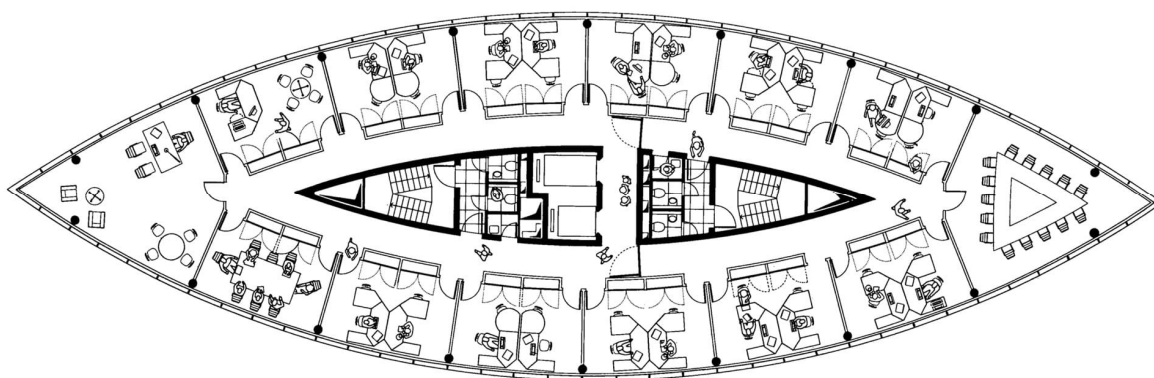
**Fig. 75** – Business Promotion Center

*“A primeira fachada dupla com cavidade naturalmente ventilada, segundo Andreotti (2003), é o edifício do Business Promotion Center, projecto do escritório Foster and Partners, (...)”*  
MAZZAROTTO, Ana, *Uso do sistema de fachadas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba, 2011*



**Fig. 76** – Fachada do edifício

O edifício está localizado na cidade de Duisburg, na Alemanha, e a sua construção foi concluída em 1993. De acordo com os arquitectos, este projecto demonstrou que sistemas sensíveis à energia, podem em alguns casos, ajudar a reduzir o custo do edifício.



**Fig. 77** – Planta do edifício

Esta obra é composta por 7 andares e a planta apresenta uma forma descrita como uma lente. O piso térreo contém uma entrada com pé direito duplo e um hall para exposições. Os pisos superiores são destinados a escritórios e salas de reuniões. A circulação vertical é feita no núcleo central.

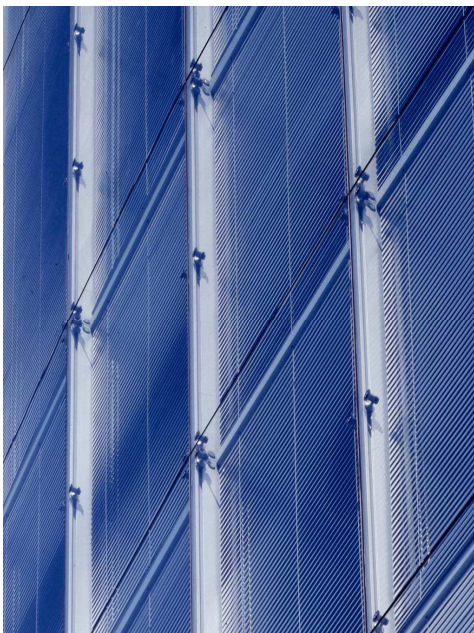


**Fig. 78** – Interior do edifício

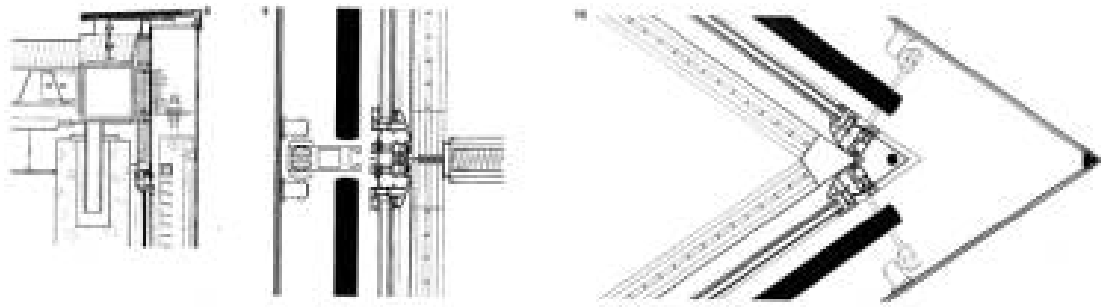


**Fig. 79** – Interior do edifício

Trata-se de uma fachada dupla de vidro, com persianas de alumínio no espaço intercalar controladas automaticamente através de sensores que detectam os níveis da luz solar. Para a ventilação, de acordo com Poirazis (2006), o ar é injectado com uma pressão ligeiramente superior à do ambiente na parte inferior da cavidade, acumulando-se, e por efeito chaminé o ar sobe, removendo o calor acumulado na fachada, sendo extraído por uma abertura no topo superior da fachada.



**Fig. 80** – Pormenor da fachada



**Fig. 81** – Detalhe da fachada

De acordo com os arquitectos, a fachada é tão eficiente que não é preciso nenhum sistema de aquecimento. Quanto ao sistema de arrefecimento, em vez de usar ar fresco, optaram por integrá-lo na estrutura do edifício, ao mover água gelada por tubagens para baixar a sua temperatura.

#### 4.14. RWE Tower, 1996

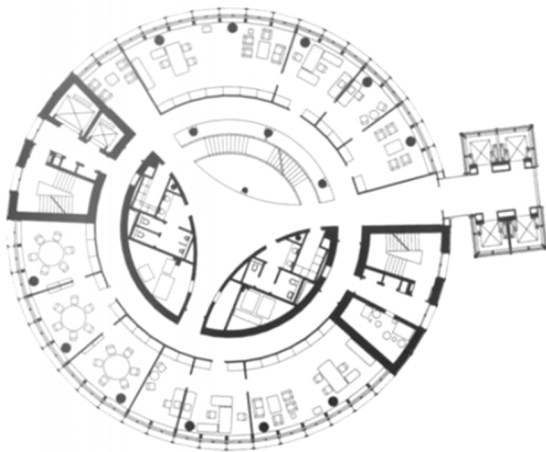
A RWE Tower, também conhecida como Power Tower, foi projectada pelo grupo de arquitectos IOKP, “Ingenhoven Overdiek, Kahlen und Partner”, e está localizada em Essen, na Alemanha. A sua construção foi concluída em 1996 e, de acordo com Arons (2000), é descrita por Ingenhoven como o primeiro edifício de administração orientado ecologicamente construído.



**Fig. 82** – RWE Tower

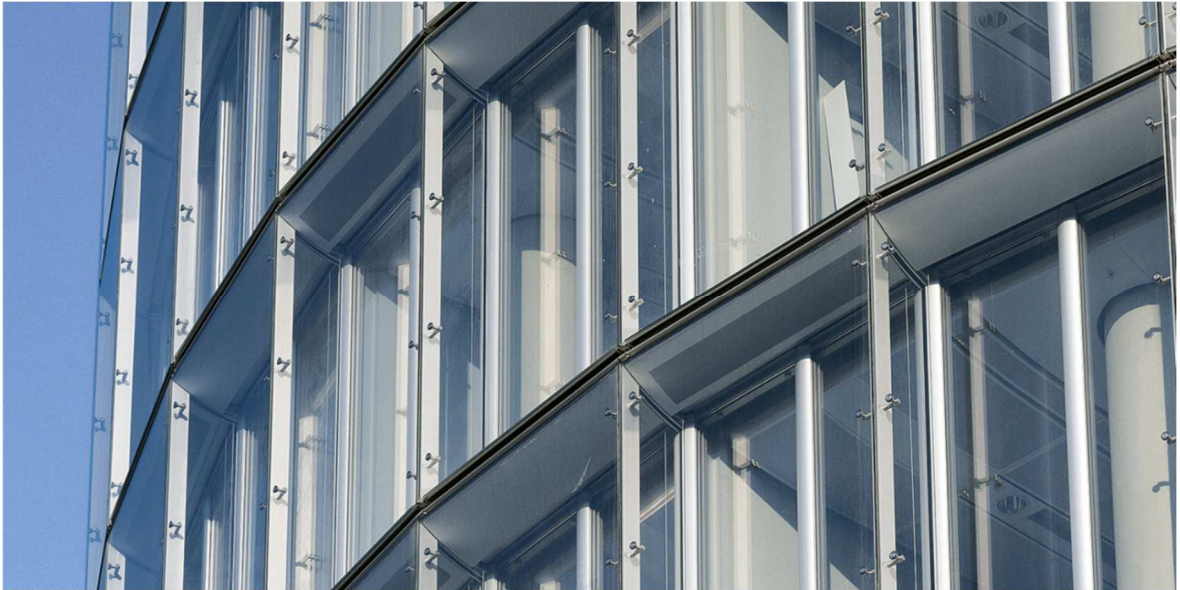
*“O dono do projecto, RWE, um conglomerado de serviços públicos de energia, procurava uma nova tecnologia que não só economizasse eletricidade mas também “beneficiasse os habitantes da torre”, os funcionários da RWE, para desfrutarem o ar fresco, condicionado naturalmente, o controlo individual do ar condicionado e da iluminação, os benefícios da luz natural, e uma vista desimpedida do mundo exterior.” ARONS, Daniel, Properties and Applications of Double-Skin Building Facades, 2000*

O edifício é a sede dos maiores produtores de eletricidade da Alemanha. Apresenta uma planta circular e é composto por 29 andares. Os espaços públicos, como o restaurante para os funcionários e a sala de estar, situam-se no primeiro piso, com uma vista para um jardim e um lago. Os restantes pisos são compostos por escritórios, exceptuando o décimo nono andar, de pé direito duplo, destinado às máquinas, e o último andar, onde se encontra um jardim. A circulação vertical é realizada em dois extremos do edifício, com caixa de escadas e elevadores. Adicionalmente, também estão localizados elevadores num pequeno volume rectangular anexado à torre.

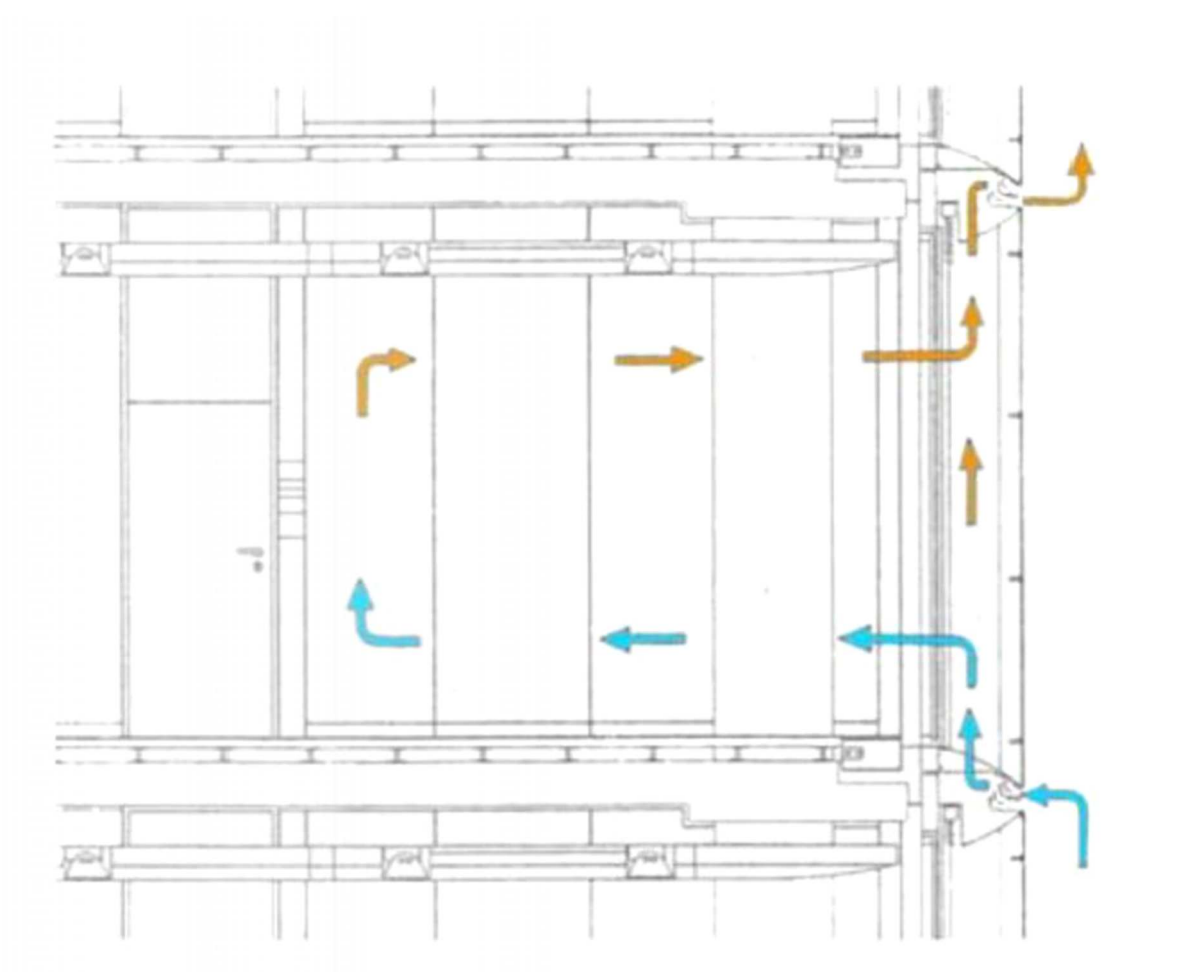


**Fig. 83** – Planta do edifício

A envolvente deste volume consiste numa fachada dupla de vidro, com uma caixa de ar de 50cm, com a função de permitir a ventilação natural do edifício, proteger contra os ventos fortes e melhorar os isolamentos térmico e acústico. Cada escritório tem, na fachada interior, uma janela que é possível abrir uns 15cm para permitir a ventilação durante o verão.



**Fig. 84** – Pormenor da fachada



**Fig. 85** – Detalhe da fachada

Foi utilizado um sistema, chamado “fish-mouth”, (boca de peixe). Cada piso tinha dois, um na base e outro no topo. O da base é o que recebe o ar fresco, que vai ventilar o espaço interior e depois será removido pelo outro elemento no topo. Este sistema ajusta o fluxo do ar, dependendo da velocidade do vento. As aberturas que permitem a entrada e saída do ar foram pensadas de forma a obrigar o ar a subir na diagonal, de maneira a impedir que ar saturado volte a entrar no edifício.

Fig.4 Façade detail<sup>vi</sup>  
Scale 1:10

- 1 “fish-mouth” device
- 2 stainless-steel point fixings
- 3 50/120 aluminum façade post
- 4 airspace: external air corridor diagonally ventilated.
- 5 inner face with thermally insulated double glazing
- 6 outer façade: 10mm toughened flint glass
- 7 fixing head for traveling cradle
- 8 horizontal ventilation slit with natural anodized aluminum air deflectors
- 9 4mm natural anodized perforated sheet aluminum lining (unperforated in adjoining bay.)
- 10 4mm natural anodized aluminum sheet (perforated in adjoining bay), pivoting upwards
- 11 walkway for cleaning and inspection
- 12 panel abutment; construction joint
- 13 aluminum section at edge of floor
- 14 floor convector
- 15 stove-enamelled, sheet metal multi-function ceiling unit, partially perforated
- 16 anti-glare fabric blind
- 17 reinforced concrete floor slab
- 18 aluminum-louvre sunscreen blind

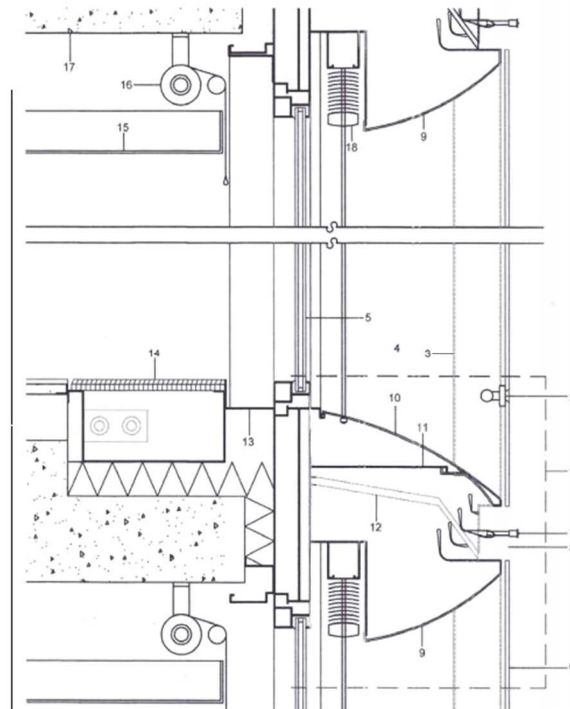


Fig. 86 – Detalhe do sistema “fish-mouth”

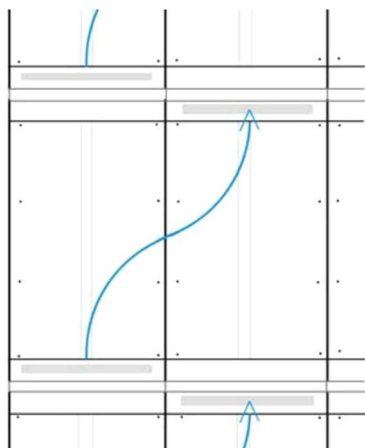


Fig. 87 – Esquema da fachada

## **CAPÍTULO 5 – EXEMPLOS EM PORTUGAL**

#### 4.15. Habitação Colectiva e Comércio, 2001



**Fig. 88** – Habitação Colectiva e Comércio

Em Portugal, também se pode encontrar exemplos de obras com fachada ventilada, sendo um deles a Habitação Colectiva e Comércio, também conhecida como Herreras Village, do arquitecto Eduardo Souto de Moura. Este projecto está localizado na Maia, e a sua construção foi concluída em 2001.

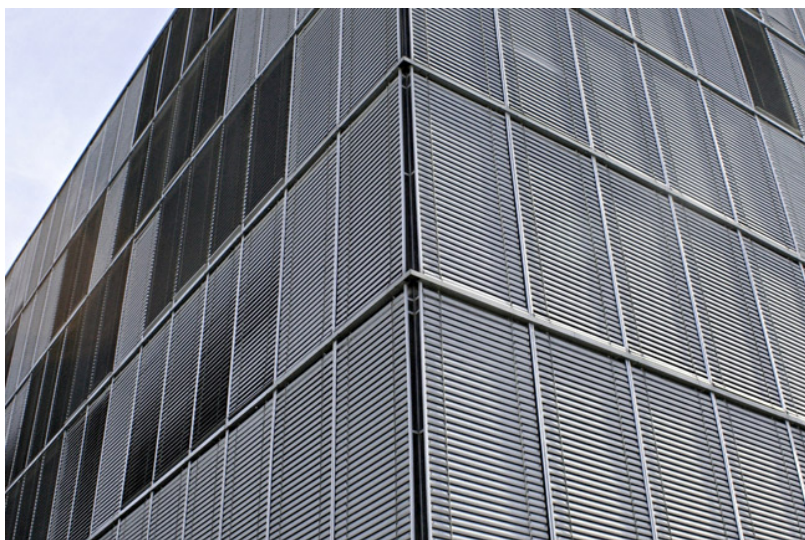


**Fig. 89** – Diferente perspectiva do edifício

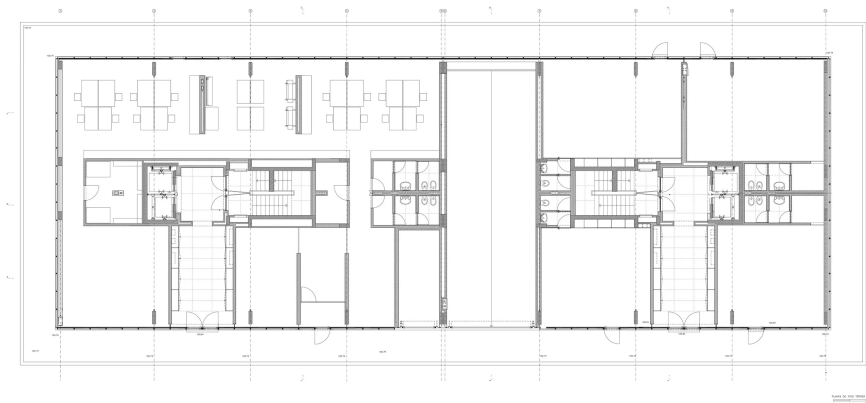
O edifício é composto por 32 habitações e 8 espaços comerciais e apresenta uma planta rectangular, dividida por um eixo central, criando dois blocos simétricos com acessos individualizados. A circulação vertical, escadas e elevadores, tal como as áreas de serviço, estão localizadas num núcleo central.

Trata-se de uma fachada ventilada pois tem estores venezianos de alumínio, com um afastamento da estrutura do edifício, que permite a circulação do ar pela fachada. Estes estores não só conferem uma identidade formal particular ao edifício como também servem de capa protectora contra a intempérie.

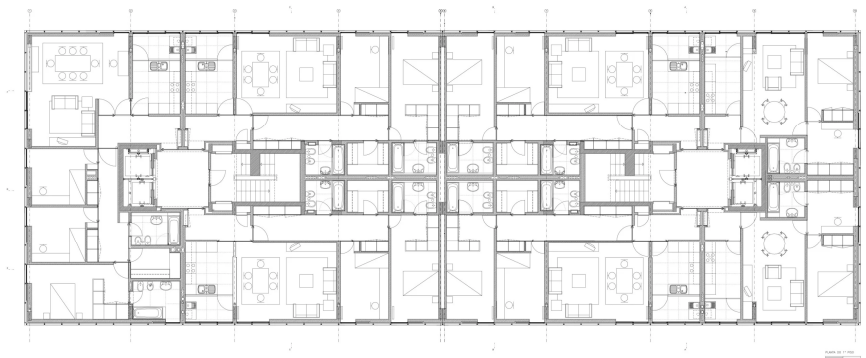
De referir ainda que essa identidade particular do volume decorre não apenas do sistema de revestimento da fachada, mas sobretudo do facto deste ser coincidente com a própria protecção exterior dos vãos envidraçados, já que ambos são constituídos por elementos standard de estores de lâminas metálicas orientáveis. De tal uniformidade decorre um edifício que permanentemente se transfigura pela abertura aleatória das persianas e a própria iluminação que, de noite, vai fazendo surgir as janelas nas fachadas.



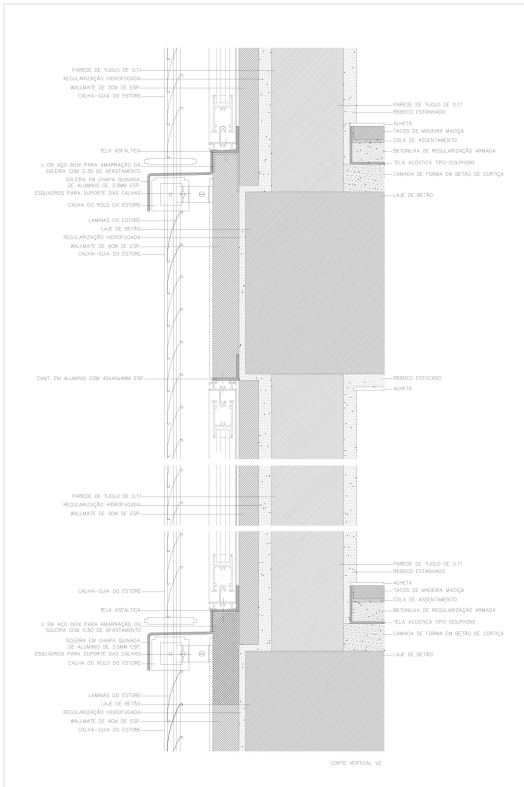
**Fig. 90** - Pormenor da fachada



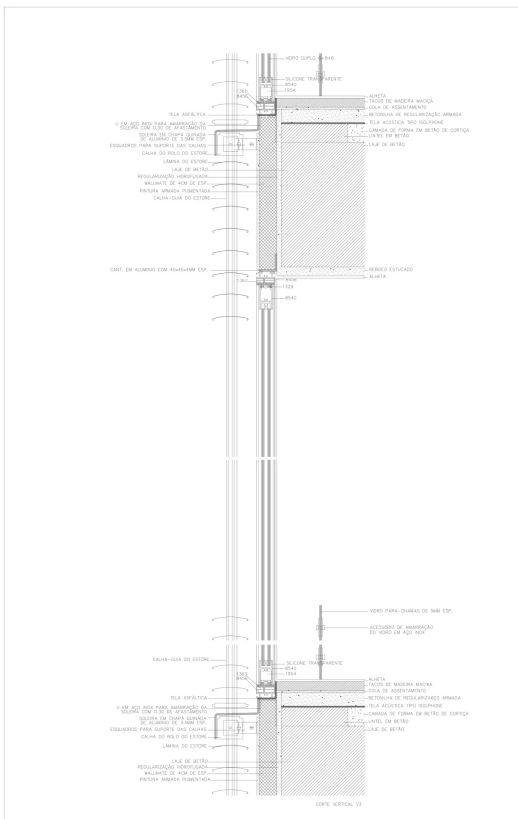
**Fig. 91** – Planta piso 0



**Fig. 92** – Planta piso 1

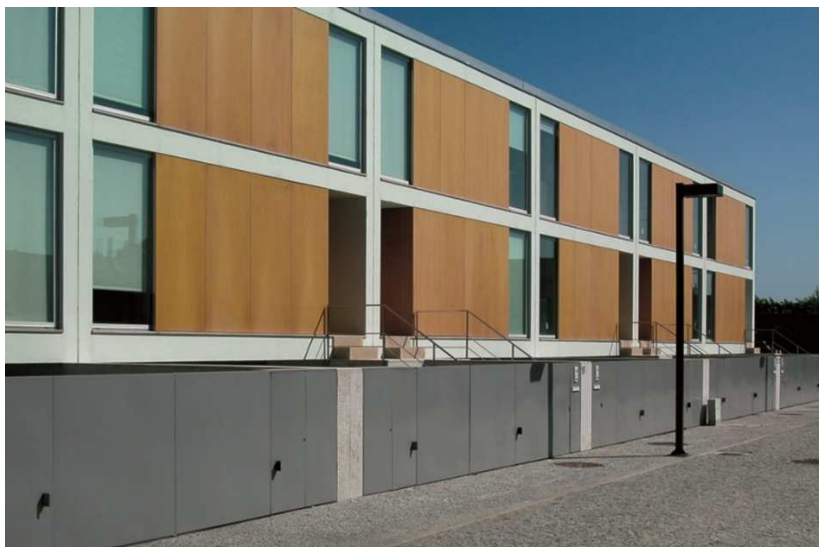


**Fig. 93** – Detalhe construtivo da fachada



**Fig. 94** – Detalhe construtivo da janela

#### 4.16. Conjunto de Habitações em Banda, 2006



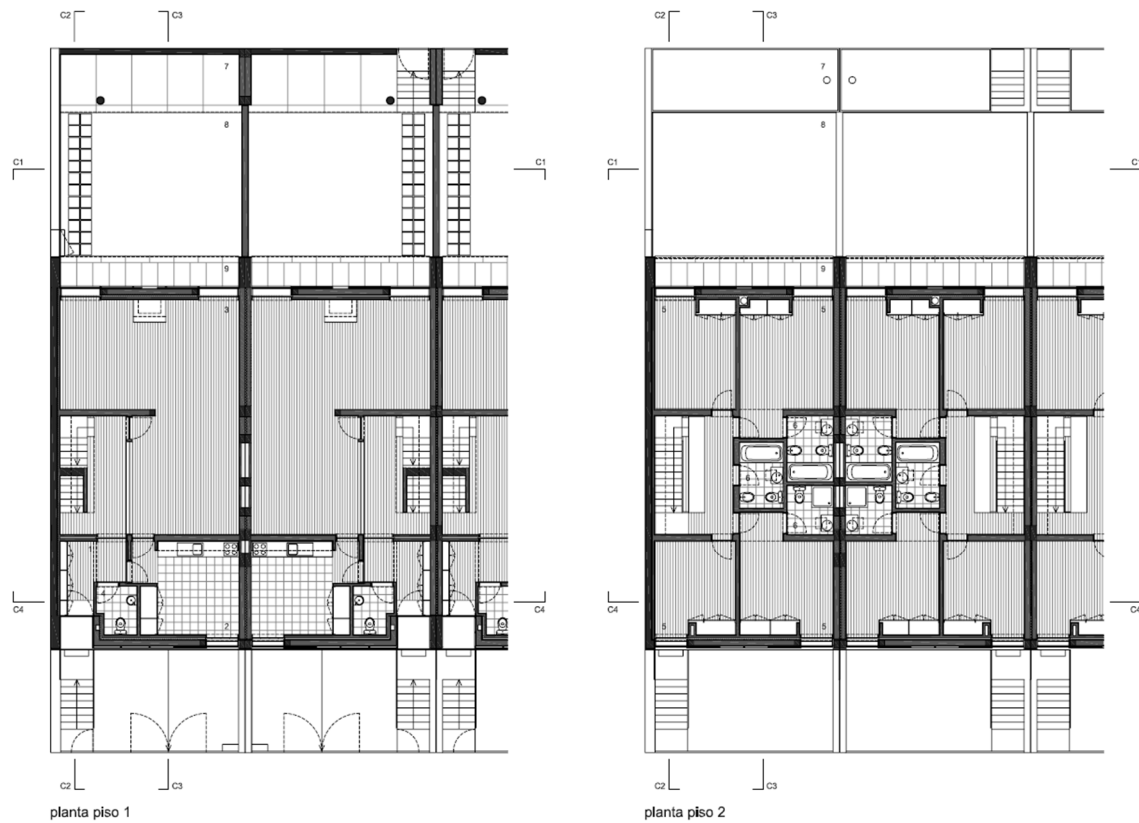
**Fig. 95** – Fachada do edifício

Este projecto, da autoria dos arquitectos José Gigante e Nuno Valentim Lopes, encontra-se em Gavião / Vila Nova de Famalicão. O projecto foi iniciado em 1999, sendo a construção concluída em 2006.

De acordo com os arquitectos, o terreno onde o projecto está inserido apresentava uma envolvente constituída por habitações unifamiliares dispostas de forma descontrolada, sem seguir qualquer regra ou lógica de organização. Dessa forma, desenvolveram um conjunto de volumes em banda, com diferentes plataformas de nível, seguindo a pendente do terreno, estabelecendo um princípio de ordenamento, destacando-se e demarcando-se da envolvente.

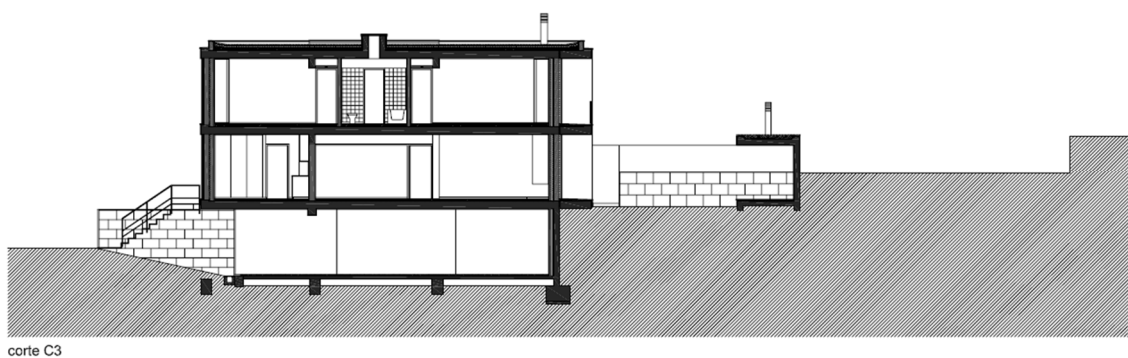


**Fig. 96** – Diferente perspectiva do edifício

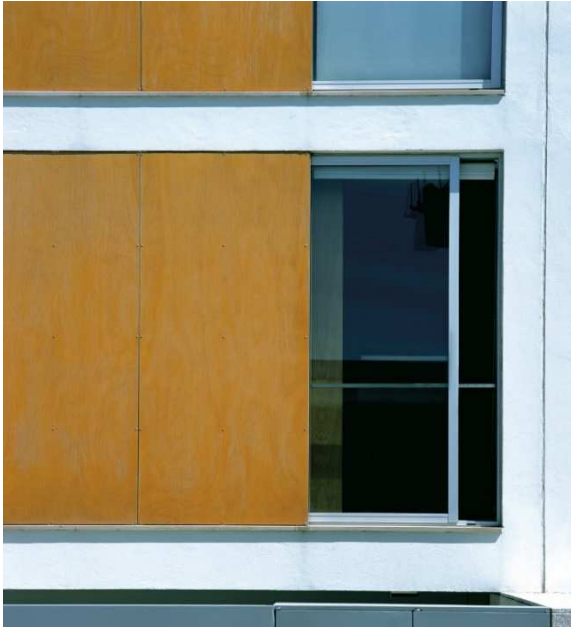


**Fig. 97** – Plantas piso 1/2

Cada habitação é composta por três pisos. A entrada é feita pelo piso 1, onde se encontram a cozinha e a sala de estar, com acesso a um pátio exterior, enquanto no piso 2 se dispõem os quartos, dois deles com acesso a varanda. No piso 0 encontra-se a garagem.

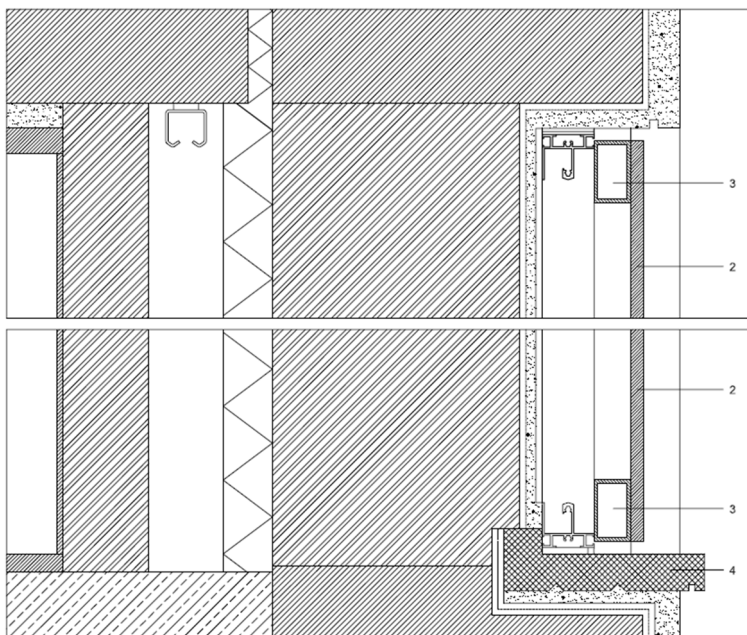


**Fig. 98** - Corte do edifício



**Fig. 99** – Pormenor da fachada

A fachada é composta por um revestimento rebocado na estrutura e por painéis de madeira com núcleo de baquelite tipo “Prodema”. Estes painéis estão separados da fachada de forma a permitir que a janela deslize para dentro da parede, sendo que ao mesmo tempo esta separação cria uma caixa de ar entre a parede e o painel. Este espaçamento e uma pequena abertura no topo e na base do painel vão permitir a entrada e saída de ar, garantindo a sua livre circulação, impedindo que a humidade penetre e proporcionando a secagem do próprio painel de madeira.



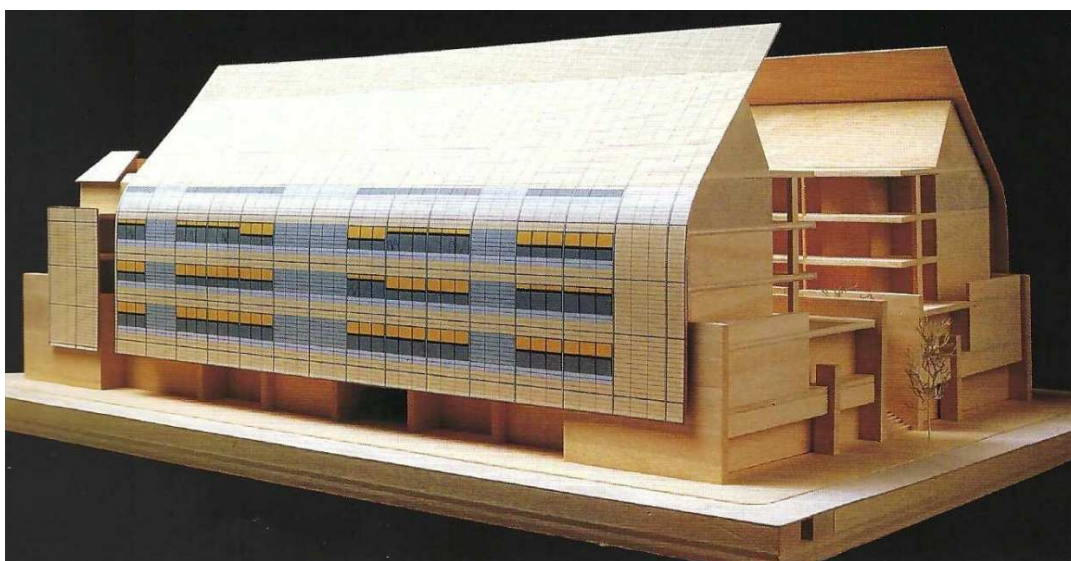
**Fig. 100** – Corte construtivo

#### 4.17. Complexo de Jardins Braço de Prata



**Fig. 101** – Edifício do complexo de Jardins Braço de Prata

O projecto de Jardins Braço de Prata foi desenvolvido pelo arquitecto Renzo Piano em parceria com CPU Urbanistas e Arquitectos. Está localizado em Lisboa, nas antigas instalações da Fábrica de Braço de Prata. Trata-se de um complexo de Habitação, Comércio, Indústria e Serviços.



**Fig. 102** – Maquete do edifício

De acordo com o arquitecto Renzo Piano “o centro residencial e comercial - Braço de Prata - em Lisboa é tanto um projecto urbanístico como um projecto arquitectónico(...) Se o objectivo do projecto é o de transformar este espaço num local animado, a memória industrial será a fonte de inspiração para ele. O local original era ocupado por uma propriedade industrial, cuja grelha era muito forte, composta de várias e densas manufacturas, perpendicular ao rio. A utilização da terra mudou mas a sua trama manter-se-á igual”. MORENO, Vicente S.; *fachada ventilada. Caleidoscópio*\_Edição e Artes Gráficas, S.A., 2008

Actualmente encontra-se apenas um quarteirão edificado, estando o segundo já em fase de construção. De acordo com os arquitectos responsáveis, o quarteirão é o elemento mais caracterizador do projecto, onde se destacam vários usos, tal como habitação e serviços. “A implantação dos edifícios (perpendicular ao Rio Tejo) proporciona uma perspectiva privilegiada sobre o mesmo, a partir dos pátios ajardinados e dos elevadores panorâmicos dos topos.” (<http://www.cpu.pt/BracoPrata.aspx?auxlang=pt>)



**Fig. 103** – Planta de implantação

A fachada ventilada está voltada para a rua e é composta por telhas de azulejo, inspirado pela tradição portuguesa do uso da cerâmica. Trata-se de uma telha resistente “(...) capaz de dar vida à luz solar e transformar as fachadas dos edifícios, como se fosse ‘magia’.” (<https://www.pratariversidevillage.com/en/concept/>)



**Fig. 104** – Pormenor da fachada





**Fig. 106** – Pormenor da fachada



**Fig. 107** – Espaço central aberto

## **CAPÍTULO 6 – AVALIAÇÃO TÉRMICA**

Um dos equívocos vulgarmente associados à fachada ventilada, em publicações menos informadas sobre o tema, é afirmar que este tipo de sistema confere maior isolamento à parede e consequentemente um melhor desempenho térmico.

No entanto, em rigor, isso não é verdade. Confere sim um desempenho higrotérmico mais equilibrado em paredes com revestimentos exteriores de pequena espessura e alta condutibilidade, reduzindo a probabilidade de condensações e assim prolongando a durabilidade dos materiais. Daí o termo higrotérmico, que associa os comportamentos térmico e às humidades.

De um modo simplificado, vamos tentar demonstrar isso com os dois exemplos que se seguem, com aplicação exterior de placas de granito de 30 mm de espessura e ambos constituídos exactamente pelos mesmos materiais, mas em que o primeiro dispõe de uma caixa de ar ventilada e o segundo não.

### 6.1. Simulação de uma parede ventilada



**Fig. 108** - Corte construtivo de parede ventilada

	EXT.			INT.			
	Rse*	Placa de granito	Caixa de ar	Poliestireno Extrudido	Betão Armado	Reboco	Rsi*
Espessura		0,030	0,030	0,060	0,250	0,020	
Condutividade Térmica (k)		3,000		0,037	2,000	1,750	
Resistência Térmica	0,130	0,010		1,622	0,125	0,011	0,130

\*Resistência Superficial Exterior/Interior

**Fig. 109** - Tabela de valores

A Resistência Térmica total de uma parede resulta da soma das resistências térmicas das várias camadas que a compõem (dependentes da espessura e condutividade térmica de cada material) acrescida da resistência térmica superficial interior (Rsi) e da resistência térmica superficial exterior (Rse). Estas últimas (Rsi e Rse) não dependem dos materiais constituintes.

Acontece, porém, que no caso da fachada ventilada, não se considera o efeito da massa/resistência que está colocada no exterior, para além do espaço ventilado, ou seja, neste caso a placa de granito não é considerada no cálculo. Mas, em contrapartida, ao contrário de uma parede não ventilada, a resistência superficial exterior é igual à resistência superficial interior.

Assim sendo, feitas as contas, o resultado é o seguinte:

$$\text{Resistência térmica total (R)} = 0,130 + 1,622 + 0,125 + 0,011 + 0,130 = 2,018 \text{ m}^2\text{C}/\text{W}$$

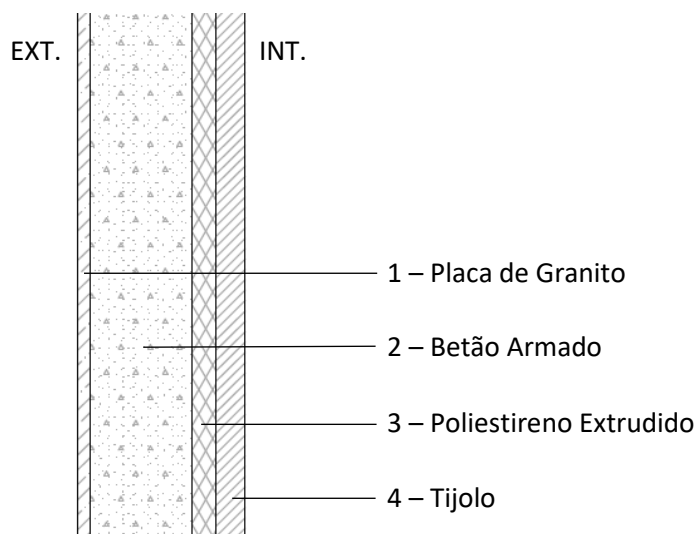
Sendo o Coeficiente de transmissão térmica o inverso da Resistência térmica, dará:

$$\text{Coeficiente de transmissão térmica total (U)} - 1/\text{R} = 0,496 \text{ W}/\text{m}^2\text{C}$$

Dependendo da situação climática e do tipo de edifício, existem valores de referência regulamentarmente fixados que podem também ir variando no tempo com a promulgação de novos diplomas legais.

Por exemplo, actualmente, para um edifício de serviços, no Porto, devem ser cumpridos os recomendados valores de referência que, para paredes de fachada, serão os seguintes: coeficiente de transmissão térmica total (U) inferior a 0,700 e resistência térmica total (R) superior a 1,428. Valores que o nosso exemplo satisfaz.

## 6.2. Simulação de uma parede não ventilada



**Fig. 110** - Corte construtivo de parede não ventilada

	EXT.		INT.			
	Rse*	Placa de granito	Betão Armado	Poliestireno Extrudido	Tijolo	Rsi*
Espessura		0,030	0,250	0,060	0,070	
Condutividade Térmica (k)		3,000	2,000	0,037	1,150	
Resistência Térmica	0,040	0,010	0,125	1,622	0,061	0,130

\*Resistência Superficial Exterior/Interior

**Fig. 111** - Tabela de valores

Este exemplo corresponde a um modo de execução bastante corrente na nossa construção. Consiste em aplicar directamente o revestimento exterior sobre o suporte resistente, colocando o isolamento térmico na face interior do mesmo e acrescentando uma forra de tijolo para acabamento (ou uma forra de gesso cartonado).

Neste caso, como já referido, a Resistência térmica total é o somatório de todas as camadas acrescido das resistências térmicas superficiais interior e exterior, sendo que a interior tem o valor de 0,130 e a exterior 0,040.

Assim sendo, feitas as contas, o resultado é o seguinte:

Resistência térmica total (R) = 0,130 + 0,061 + 1,622 + 0,125 + 0,010 + 0,04 = 1,988 m<sup>2</sup>C/W

Sendo o Coeficiente de transmissão térmica o inverso da Resistência térmica, dará:

Coeficiente de transmissão térmica total (U) - 1/R = 0,503 W/m<sup>2</sup>C

Assim, verificamos que os números são muito próximos da solução de fachada ventilada, não sendo relevante a diferença.

### **6.3. Comparação dos dois sistemas**

Como já referido, a grande diferença entre os dois sistemas não está na Resistência térmica total (praticamente igual), mas sim no equilíbrio higrotérmico da parede.

Com efeito, o facto do revestimento exterior ser constituído por um material (granito) com baixa Resistência térmica e de pouca espessura gera no Inverno temperaturas muito baixas na face interior do mesmo revestimento, com a consequente ocorrência de condensações de humidade nessa superfície.

No segundo exemplo, essas condensações poderão ter como consequência a formação de manchas de humidade na superfície da fachada ou até o descolamento de algumas placas.

Já no primeiro exemplo, a ventilação da caixa de ar promove a secagem dessa superfície e a extracção do vapor de água pelos orifícios ou juntas abertas entre as placas de revestimento, contribuindo para evitar o seu envelhecimento precoce.

## Considerações Finais

A fachada ventilada é um sistema construtivo que surgiu no início do século XX e que permanece numa constante evolução e adaptação ao avanço tecnológico dos tempos actuais.

A análise realizada sobre a evolução histórica deste sistema pretendeu mostrar o quanto se desenvolveu ao longo deste período. Nas décadas iniciais, através das obras referidas, é possível verificar que, à excepção da Steiff Factory, o sistema não se tratava propriamente de uma fachada ventilada, mas sim apenas de uma parede dupla com uma caixa de ar a separar. A intenção inicial era apenas alcançar um isolamento térmico adequado, que levou Le Corbusier a criar os conceitos de “Mur neutralisant” e “Respiration Exacte”, com o propósito de conseguir manter uma temperatura ambiente interior todo o ano, em qualquer clima, sendo que, após algumas experiências, ficou provado que tais conceitos não seriam eficientes.

Foi com o estudo e desenvolvimento do sistema “Rainscreen”, iniciados nos anos 40, que surgiu realmente a fachada ventilada, consistindo numa capa protectora, separada da estrutura do edifício. Com este novo sistema, a preocupação deixou de ser apenas o isolamento térmico, mas também a durabilidade do edifício. As obras referidas mais actuais permitem perceber como a fachada ventilada se adaptou com a tecnologia, como por exemplo na Debis Tower, onde a fachada exterior é composta por lâminas de vidro que funcionam de forma autónoma, através de sensores.

Para tentar chegar a uma conclusão de qual sistema seria mais adequado, foi realizada a simulação de uma parede de fachada convencional e outra de fachada ventilada, com o intuito de determinar qual apresenta um melhor isolamento térmico, através de uma avaliação térmica. Após tal avaliação, determinou-se que a fachada ventilada isola melhor, mas por uma margem mínima que não é significativa. A conclusão a tirar é que o que diferencia este sistema de uma fachada convencional é a durabilidade, sendo que a fachada ventilada, ao ser composta por uma capa protectora separada da estrutura, mantém a integridade do edifício, reduzindo a necessidade de manutenção. Pelo contrário, na fachada convencional, quando revestida com elementos aligeirados, a ausência da caixa de ar vai permitir que surjam mais facilmente patologias associadas à penetração e formação de humidades, comprometendo a integridade da estrutura do edifício e o aspecto visual da fachada.

## **Bibliografia**

- AGUIRREGABIRIA, Benito Lauret; *Evolución histórica de la fachada ventilada*, 2019
- ARONS, Daniel M. M.; *Properties and Applications of Double-Skin Building Facades*, 2000
- BRAHAM, William; *Active Glass Walls: A Typological and Historical Account*, 2005
- CARNEIRO, Luiza Buccini; *O Sistema de Fachadas Ventiladas: Análises e Especificação*, 2015
- CARVALHO, Ana Isabel; *Mecanismos de degradação das fachadas ventiladas*, 2018
- CRESPO, Ana Maria; *History of the Double-Skin Facade*
- CUNHA, Márcio M. F.; *Desenvolvimento de um Sistema Construtivo para Fachadas Ventiladas*, 2006
- DUTRA, Miguel Resendes; *Caracterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas. Análise do Comportamento*, 2010
- FISSABRE, Anke/ NIETHAMMER, Bernhard; *The Invention of Glazed Curtain Wall in 1903 – The Steiff Factory*
- HARRISON, Kate; *The Tectonics of the Environmental Skin – The Occidental Chemical Center*
- KALYANOVA, Olena; *Double-Skin Facade. Modelling and Experimental Investigations of Thermal Performance*, 2008
- KLEIVEN, Tommy; *Natural Ventilation in Buildings. Architectural concepts, consequences and possibilities*, 2003
- KUSHELIEVA, Desislava; *Double Skin Facades*, 2014
- MAZZAROTTO, Ana Carolina E. K.; *Uso do sistema de fachas duplas ventiladas em edifícios em Curitiba*, 2011
- MENDES, Francisco M. V. P.; *Durabilidade das Fachadas Ventiladas. Aplicação da Norma ISSO 15686-1*, 2009
- MENDES, Sérgio/ MORAIS, Franklim/ BRANDÃO, Daniel; *Sistemas para Fachadas Ventiladas. Um Estudo Comparativo*, 2016
- MENDONÇA, Paulo Jorge; *Habitar Sob uma Segunda Pele. Estratégias para a Redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados*, 2005
- MORENO, Vicente S.; *fachada ventilada*. Caleidoscópico\_Edição e Artes Gráficas, S.A., 2008

MORSE, Edward S.; *Warming and Ventilating Apartments by the Sun's Rays*, 1881

OLIVEIRA, Pedro Filipe; *Metodologia de Manutenção de Edifícios – Fachadas Ventiladas*, 2011

ORIA, Anouch Adjemian; *La Evolución de las Fachadas Ventiladas, Nuevos Materiales y Sistemas Constructivos*, 2011

PANAGIOTIS, Koukaroudis; *Properties and Design Guidelines for Double-Skin Facades in Sweden*, 2014

PENIĆ, Milja/ VATIN, Nikolay/ MURGUL, Vera; *Double skin facades in energy efficient design*, 2014

POIRAZIS, Harris; *Double Skin Façades. A Literature Review*, 2006

POYATOS, Miguel; *LA FACHADA VENTILADA, su Estudio y Posibilidades*

SAELENS, Dirk; *Energy Performance Assessment of Single Storey Multiple-Skin Facades*, 2002

SOUSA, Fernando M. F.; *Fachadas Ventiladas em Edifícios. Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento*, 2010

YELLAMRAJU, Vijaya; *Evaluation and Design of Double-Skin Facades for Office Buildings in Hot Climates*, 2004

Catálogo Butech: fachada ventilada- tecnologia, sistemas, formatos y acabados

Catálogo Butech: Technical Book – Sistemas de fachada ventilada

Catálogo Equitone: Fibre cement facade materials

## Outras Fontes

<http://www.kubrelam.com/historia-fachadas.php>

<https://landtechindia.wordpress.com/>

<http://www.arch.mcgill.ca/prof/mellin/arch671/winter2001/orose/drm/thesis/zdebis2.html>

<https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop>

<https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city>

<https://www.facad3s.net/case/prefabricating-use-small-format-ceramic-piece-074>

<http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html>

<http://hiddenarchitecture.net/ungreen-trombe-wall/>

<https://ofhouses.com/post/170443597787/517-jaques-michel-f%C3%A9lix-trombe-solar-house>

<http://www.battlemccarthy.demon.co.uk/research/doubleskin/mainpage.htm>

<https://www.architectural-review.com/essays/making-sense-of-narkomfin/10023939.article>

<https://archi.ru/en/79374/15-faktov-o-dome-narkomfina>

<https://www.climate-shield.com/european-climate-shield-history>

[https://guiasdearquitectura.com/pt/produtos/packs/souto-moura-author/\\_100](https://guiasdearquitectura.com/pt/produtos/packs/souto-moura-author/_100)

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Esquema da fachada ventilada -----	4
Fonte: <a href="http://www.wandegar.com/pt/sistemas-pt/fachada-ventilada/">http://www.wandegar.com/pt/sistemas-pt/fachada-ventilada/</a>	
<b>Figura 2</b> - Esquema de vantagens da fachada ventilada -----	6
Fonte: MENDES, Sérgio/ MORAIS, Franklim/ BRANDÃO, Daniel; Sistemas para Fachadas Ventiladas. Um Estudo Comparativo, 2016	
<b>Figura 3</b> - Exemplos de sistema de fixação visível -----	8
Fonte: Catálogo Butech: fachada ventilada- tecnologia, sistemas, formatos y acabados	
<b>Figura 4</b> - Exemplos de sistema de fixação oculto -----	8
Fonte: Catálogo Butech: fachada ventilada- tecnologia, sistemas, formatos y acabados	
<b>Figura 5</b> - Pormenor de sistema de fixação visível -----	9
Fonte: Catálogo Butech: Technical Book – Sistemas de fachada ventilada	
<b>Figura 6</b> – Exemplo de fachada -----	9
Fonte: Catálogo Butech: fachada ventilada- tecnologia, sistemas, formatos y acabados	
<b>Figura 7</b> - Detalhe construtivo vertical/horizontal de sistema de fixação -----	9
Fonte: Catálogo Butech: Technical Book – Sistemas de fachada ventilada	
<b>Figura 8</b> - Detalhe construtivo -----	10
Fonte: MENDES, Sérgio/ MORAIS, Franklim/ BRANDÃO, Daniel; Sistemas para Fachadas Ventiladas. Um Estudo Comparativo, 2016	
<b>Figura 9</b> – Exemplo de fachada -----	10
Fonte: MENDES, Sérgio/ MORAIS, Franklim/ BRANDÃO, Daniel; Sistemas para Fachadas Ventiladas. Um Estudo Comparativo, 2016	
<b>Figura 10</b> - Detalhe construtivo -----	11
Fonte: POYATOS, Miguel; <i>LA FACHADA VENTILADA, su Estudio y Posibilidades</i>	
<b>Figura 11</b> – Detalhe de fixação -----	11
Fonte: <a href="http://www.sampedras.com/pt/tipos-fixacao.html">http://www.sampedras.com/pt/tipos-fixacao.html</a>	
<b>Figura 12</b> – Exemplo de fachada -----	11
Fonte: <a href="http://www.sampedras.com/pt/tipos-fixacao.html">http://www.sampedras.com/pt/tipos-fixacao.html</a>	

<b>Figura 13</b> - Exemplo de solução da fachada na base -----	12
Fonte: Catálogo Equitone: Fibre cement facade materials	
<b>Figura 14</b> - Exemplo de solução da fachada nos cantos -----	12
Fonte: Catálogo Equitone: Fibre cement facade materials	
<b>Figura 15</b> - Exemplo de solução da fachada no remate com a cobertura -----	13
Fonte: Catálogo Equitone: Fibre cement facade materials	
<b>Figura 16</b> - Exemplo de fachada -----	13
Fonte: Catálogo Equitone: Fibre cement facade materials	
<b>Figura 17</b> - Celeiro -----	15
Fonte: <a href="http://www.kubrelam.com/historia-fachadas.php">http://www.kubrelam.com/historia-fachadas.php</a>	
<b>Figura 18</b> - Esquema do sistema -----	16
Fonte: <a href="http://hiddenarchitecture.net/ungreen-trombe-wall/">http://hiddenarchitecture.net/ungreen-trombe-wall/</a>	
<b>Figura 19</b> - Detalhes do sistema -----	17
Fonte: <a href="http://hiddenarchitecture.net/ungreen-trombe-wall/">http://hiddenarchitecture.net/ungreen-trombe-wall/</a>	
<b>Figura 20</b> - Estação de Karsplatz -----	18
Fonte: AGUIREGABIRIA, Benito Lauret; <i>Evolución histórica de la fachada ventilada</i> , 2019	
<b>Figura 21</b> - Detalhe da fachada -----	18
Fonte: AGUIREGABIRIA, Benito Lauret; <i>Evolución histórica de la fachada ventilada</i> , 2019	
<b>Figura 22</b> - Steiff Factory -----	20
Fonte: <a href="https://landtechindia.wordpress.com/">https://landtechindia.wordpress.com/</a>	
<b>Figura 23</b> - Planta da Steiff Factory -----	21
Fonte: <a href="https://landtechindia.wordpress.com/">https://landtechindia.wordpress.com/</a>	
<b>Figura 24</b> – Pormenor da fachada -----	21
Fonte: FISSABE, A., NIETHAMMER, B., <i>The Invention of Glazed Curtain Wall in 1903 – The Steiff Toy Factory</i> , 2009	
<b>Figura 25</b> - Detalhe construtivo da fachada -----	22
Fonte: <a href="https://landtechindia.wordpress.com/">https://landtechindia.wordpress.com/</a>	

<b>Figura 26</b> - Aba de fixação (legenda 4) -----	22
Fonte: FISSABE, A., NIETHAMMER, B., <i>The Invention of Glazed Curtain Wall in 1903 – The Steiff Toy Factory, 2009</i>	
<b>Figura 27</b> - Post Office Savings Bank -----	23
Fonte: Imagem de Google	
<b>Figura 28</b> - Clarabóia de dupla pele -----	23
Fonte: Imagem de Google	
<b>Figura 29</b> - Villa Schwob -----	24
Fonte: Imagem de Google	
<b>Figura 30</b> - Perspectiva da Villa Scwob/ Esquício do interior -----	24
Fonte: <a href="http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html">http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html</a>	
<b>Figura 31</b> - Esquício do sistema de “Respiration Exacte” -----	25
Fonte: <a href="http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html">http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html</a>	
<b>Figura 32</b> - Esquema do sistema “Respiration Exacte” -----	26
Fonte: <a href="http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html">http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html</a>	
<b>Figura 33</b> - Esquema do sistema “Mur Neutralisant” -----	26
Fonte: <a href="http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html">http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html</a>	
<b>Figura 34</b> - Planta do Tsentrosyuz Building/ Imagem da fachada -----	27
Fonte: <a href="http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html">http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html</a>	
<b>Figura 35</b> - Fachada do edifício -----	27
Fonte: <a href="http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html">http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html</a>	
<b>Figura 36</b> - Fachada do edifício -----	28
Fonte: <a href="http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html">http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html</a>	
<b>Figura 37</b> - Fachada antes e depois -----	29
Fonte: <a href="http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html">http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html</a>	
<b>Figura 38</b> - Exemplo e esquema do brise-soleil de Le Corbusier -----	29
Fonte: <a href="http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html">http://facadesconfidential.blogspot.com/2012/04/le-corbusier-mur-neutralisant-and.html</a>	
<b>Figura 39</b> - Fachada do edifício -----	30
Fonte: <a href="https://www.architectural-review.com/essays/making-sense-of-narkomfin">https://www.architectural-review.com/essays/making-sense-of-narkomfin</a>	

<b>Figura 40</b> - Desenho do edifício -----	31
Fonte: <a href="https://archi.ru/en/79374/facts-about-the-narkomfin-building">https://archi.ru/en/79374/facts-about-the-narkomfin-building</a>	
<b>Figura 41</b> - Dupla janela-----	31
Fonte: <a href="https://archi.ru/en/79374/facts-about-the-narkomfin-building">https://archi.ru/en/79374/facts-about-the-narkomfin-building</a>	
<b>Figura 42</b> - Fachada dupla de vidro – vista do interior -----	32
Fonte: <a href="https://www.architectural-review.com/essays/making-sense-of-narkomfin">https://www.architectural-review.com/essays/making-sense-of-narkomfin</a>	
<b>Figura 43</b> - Fachada dupla de vidro – vista do exterior -----	32
Fonte: <a href="https://archi.ru/en/79374/facts-about-the-narkomfin-building">https://archi.ru/en/79374/facts-about-the-narkomfin-building</a>	
<b>Figura 44</b> - Esquema da Trombe Wall -----	33
Fonte: <a href="https://www.appropedia.org/Trombe_walls">https://www.appropedia.org/Trombe_walls</a>	
<b>Figura 45</b> - Solar House (fachada sul) -----	34
Fonte: <a href="https://ofhouses.com/post/170443597787/517-jaques-michel-f%C3%A9lix-trombe-solar-house">https://ofhouses.com/post/170443597787/517-jaques-michel-f%C3%A9lix-trombe-solar-house</a>	
<b>Figura 46</b> – Solar House (fachada norte) -----	35
Fonte: <a href="https://ofhouses.com/post/170443597787/517-jaques-michel-f%C3%A9lix-trombe-solar-house">https://ofhouses.com/post/170443597787/517-jaques-michel-f%C3%A9lix-trombe-solar-house</a>	
<b>Figura 47</b> - Planta e perfil da Solar House -----	35
Fonte: <a href="http://hiddenarchitecture.net/ungreen-trombe-wall/">http://hiddenarchitecture.net/ungreen-trombe-wall/</a>	
<b>Figura 48</b> - Esquema do sistema -----	36
Fonte: <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Rainscreen">https://en.wikipedia.org/wiki/Rainscreen</a>	
<b>Figura 49</b> - Detalhe funcional do sistema -----	37
Fonte: <a href="https://www.condoinvancouver.ca/rainscreen-systems">https://www.condoinvancouver.ca/rainscreen-systems</a>	
<b>Figura 50</b> - Occidental Chemical Center -----	38
Fonte: HARRISON, Kate; <i>The Tectonics of the Environmental Skin – The Occidental Chemical Center</i>	
<b>Figura 51</b> - Detalhe construtivo da fachada -----	39
Fonte: HARRISON, Kate; <i>The Tectonics of the Environmental Skin – The Occidental Chemical Center</i>	
<b>Figura 52</b> - Pormenor da fachada -----	40
Fonte: HARRISON, Kate; <i>The Tectonics of the Environmental Skin – The Occidental Chemical Center</i>	

<b>Figura 53</b> - Pormenor da fachada -----	40
Fonte: HARRISON, Kate; <i>The Tectonics of the Environmental Skin – The Occidental Chemical Center</i>	
<b>Figura 54</b> - Planta Piso 0 -----	41
Fonte: HARRISON, Kate; <i>The Tectonics of the Environmental Skin – The Occidental Chemical Center</i>	
<b>Figura 55</b> - Planta Piso 1 -----	41
Fonte: HARRISON, Kate; <i>The Tectonics of the Environmental Skin – The Occidental Chemical Center</i>	
<b>Figura 56</b> - Planta Piso 8 -----	41
Fonte: HARRISON, Kate; <i>The Tectonics of the Environmental Skin – The Occidental Chemical Center</i>	
<b>Figura 57</b> - IRCAM Building -----	42
Fonte: <a href="http://www.rpbw.com/project/ircam">http://www.rpbw.com/project/ircam</a>	
<b>Figura 58</b> - Pormenor da fachada -----	43
Fonte: <a href="https://www.facad3s.net/case/prefabricating-use-small-format-ceramic-piece-074">https://www.facad3s.net/case/prefabricating-use-small-format-ceramic-piece-074</a>	
<b>Figura 59</b> - Pormenor da fachada-----	43
Fonte: AGUIRREGABIRIA, Benito Lauret; <i>Evolución histórica de la fachada ventilada</i> , 2019	
<b>Figura 60</b> - Pormenor da fachada -----	44
Fonte: <a href="https://www.facad3s.net/case/prefabricating-use-small-format-ceramic-piece-074">https://www.facad3s.net/case/prefabricating-use-small-format-ceramic-piece-074</a>	
<b>Figura 61</b> - Detalhe construtivo da fachada -----	44
Fonte: AGUIRREGABIRIA, Benito Lauret; <i>Evolución histórica de la fachada ventilada</i> , 2019	
<b>Figura 62</b> - Debis Tower -----	45
Fonte: Imagem de Google	
<b>Figura 63</b> - Plantas do edifício -----	46
Fonte: <a href="http://www.arch.mcgill.ca/prof/mellin/arch671/winter2001/orose/drm/thesis/zdebis3.html">http://www.arch.mcgill.ca/prof/mellin/arch671/winter2001/orose/drm/thesis/zdebis3.html</a>	
<b>Figura 64</b> - Pormenor da fachada -----	47
Fonte: <a href="https://www.commercialwindows.org/case_debis.php">https://www.commercialwindows.org/case_debis.php</a>	
<b>Figura 65</b> - Pormenor da fachada -----	48
Fonte: <a href="http://www.arch.mcgill.ca/prof/mellin/arch671/winter2001/orose/drm/thesis/zdebis3.html">http://www.arch.mcgill.ca/prof/mellin/arch671/winter2001/orose/drm/thesis/zdebis3.html</a>	

<b>Figura 66</b> - Detalhe construtivo da fachada -----	48
Fonte:	
<a href="http://www.arch.mcgill.ca/prof/mellin/arch671/winter2001/orose/drm/thesis/zdebis3.html">http://www.arch.mcgill.ca/prof/mellin/arch671/winter2001/orose/drm/thesis/zdebis3.html</a>	
<b>Figura 67</b> - Fachada do edifício -----	49
Fonte: <a href="https://www.commercialwindows.org/case_debis.php">https://www.commercialwindows.org/case_debis.php</a>	
<b>Figura 68</b> - Átrio central -----	49
Fonte: <a href="https://www.commercialwindows.org/case_debis.php">https://www.commercialwindows.org/case_debis.php</a>	
<b>Figura 69</b> - Aurora Place -----	50
Fonte: <a href="https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop">https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop</a>	
<b>Figura 70</b> - Praça coberta -----	51
Fonte: <a href="https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop">https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop</a>	
<b>Figura 71</b> - Planta do edifício -----	51
Fonte: <a href="https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop">https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop</a>	
<b>Figura 72</b> - Fachada do edifício -----	52
Fonte: <a href="https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop">https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop</a>	
<b>Figura 73</b> - Pormenor da fachada -----	53
Fonte: <a href="https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop">https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop</a>	
<b>Figura 74</b> - Vista do interior -----	53
Fonte: <a href="https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop">https://www.archdaily.com/882963/aurora-place-renzo-piano-building-workshop</a>	
<b>Figura 75</b> - Business Promotion Center -----	54
Fonte: <a href="https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/#gallery">https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/#gallery</a>	
<b>Figura 76</b> - Fachada do edifício -----	54
Fonte: <a href="https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/#gallery">https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/#gallery</a>	
<b>Figura 77</b> - Planta do edifício -----	55
Fonte: Imagem de Google	
<b>Figura 78</b> - Interior do edifício -----	55
Fonte: <a href="https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/#gallery">https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/#gallery</a>	
<b>Figura 79</b> - Interior do edifício -----	56
Fonte: <a href="https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/#gallery">https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/#gallery</a>	

<b>Figura 80</b> - Pormenor da fachada -----	56
Fonte: <a href="https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/">https://www.fosterandpartners.com/projects/business-promotion-centre/</a>	
<b>Figura 81</b> - Detalhe da fachada -----	57
Fonte: <a href="http://www.battlemccarthy.demon.co.uk/research/doubleskin/casestudies/business%20pro%20cen.htm">http://www.battlemccarthy.demon.co.uk/research/doubleskin/casestudies/business%20pro%20cen.htm</a>	
<b>Figura 82</b> - RWE Tower -----	58
Fonte: Imagem de Google	
<b>Figura 83</b> - Planta do edifício -----	59
Fonte: <a href="https://www.yumpu.com/en/document/read/5439773/rwe-ag-tower-essen-germany-ingenhoven-overdiek-kahlen">https://www.yumpu.com/en/document/read/5439773/rwe-ag-tower-essen-germany-ingenhoven-overdiek-kahlen</a>	
<b>Figura 84</b> - Pormenor da fachada -----	60
Fonte: <a href="https://www.ingenhovenarchitects.com/projects/more-projects/rwe/?img=4">https://www.ingenhovenarchitects.com/projects/more-projects/rwe/?img=4</a>	
<b>Figura 85</b> - Detalhe da fachada -----	60
Fonte: <a href="https://www.yumpu.com/en/document/read/5439773/rwe-ag-tower-essen-germany-ingenhoven-overdiek-kahlen">https://www.yumpu.com/en/document/read/5439773/rwe-ag-tower-essen-germany-ingenhoven-overdiek-kahlen</a>	
<b>Figura 86</b> - Detalhe do sistema “fish-mouth” -----	61
Fonte: <a href="https://www.yumpu.com/en/document/read/5439773/rwe-ag-tower-essen-germany-ingenhoven-overdiek-kahlen">https://www.yumpu.com/en/document/read/5439773/rwe-ag-tower-essen-germany-ingenhoven-overdiek-kahlen</a>	
<b>Figura 87</b> - Esquema da fachada -----	61
Fonte: <a href="https://www.yumpu.com/en/document/read/5439773/rwe-ag-tower-essen-germany-ingenhoven-overdiek-kahlen">https://www.yumpu.com/en/document/read/5439773/rwe-ag-tower-essen-germany-ingenhoven-overdiek-kahlen</a>	
<b>Figura 88</b> - Habitação Colectiva e Comércio -----	63
Fonte: <a href="https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city">https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city</a>	
<b>Figura 89</b> - Diferente perspectiva do edifício -----	63
Fonte: <a href="https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city">https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city</a>	
<b>Figura 90</b> - Pormenor da fachada -----	64
Fonte: <a href="https://guiasdearquitectura.com/pt/produtos/packs/souto-moura-author/_100">https://guiasdearquitectura.com/pt/produtos/packs/souto-moura-author/_100</a>	

<b>Figura 91</b> - Planta Piso 0 -----	65
Fonte: <a href="https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city">https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city</a>	
<b>Figura 92</b> - Planta Piso 1 -----	65
Fonte: <a href="https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city">https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city</a>	
<b>Figura 93</b> - Detalhe construtivo da fachada -----	66
Fonte: <a href="https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city">https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city</a>	
<b>Figura 94</b> - Detalhe construtivo da janela -----	66
Fonte: <a href="https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city">https://divisare.com/projects/288533-eduardo-souto-de-moura-luis-ferreira-alves-building-in-maia-city</a>	
<b>Figura 95</b> - Fachada do edifício -----	67
Fonte: Autoria de fotografia - João Nuno Gomes	
<b>Figura 96</b> - Diferente perspectiva do edifício -----	67
Fonte: Autoria de fotografia - Luís Ferreira Alves	
<b>Figura 97</b> - Plantas piso 1/2 -----	68
Fonte: Autoria de José Gigante/ Nuno Valentim Lopes	
<b>Figura 98</b> - Corte do edifício -----	68
Fonte: Autoria de José Gigante/ Nuno Valentim Lopes	
<b>Figura 99</b> - Pormenor da fachada -----	69
Fonte: Autoria de fotografia - Luís Ferreira Alves	
<b>Figura 100</b> - Corte construtivo -----	69
Fonte: Autoria de José Gigante/ Nuno Valentim Lopes	
<b>Figura 101</b> - Edifício do complexo de Jardins Braço de Prata -----	70
Fonte: <a href="https://www.pratariversidevillage.com/">https://www.pratariversidevillage.com/</a>	
<b>Figura 102</b> - Maquete do edifício -----	70
Fonte: MORENO, Vicente S.; <i>fachada ventilada</i> . Caleidoscópio_Edição e Artes Gráficas, S.A., 2008	

<b>Figura 103</b> - Planta de implantação -----	71
Fonte: <a href="http://www.cpu.pt/BracoPrata.aspx?auxlang=pt">http://www.cpu.pt/BracoPrata.aspx?auxlang=pt</a>	
<b>Figura 104</b> - Pormenor da fachada -----	71
Fonte: <a href="https://www.pratariversidevillage.com/en/concept/">https://www.pratariversidevillage.com/en/concept/</a>	
<b>Figura 105</b> - Detalhe construtivo da fachada -----	72
Fonte: MORENO, Vicente S.; <i>fachada ventilada</i> . Caleidoscópio_Edição e Artes Gráficas, S.A., 2008	
<b>Figura 106</b> – Pormenor da fachada -----	73
Fonte: Imagem de Google	
<b>Figura 107</b> - Espaço central aberto -----	73
Fonte: <a href="https://www.pratariversidevillage.com/en/concept/">https://www.pratariversidevillage.com/en/concept/</a>	
<b>Figura 108</b> - Corte construtivo de parede ventilada -----	75
Fonte: Autoria própria	
<b>Figura 109</b> - Tabela de valores -----	76
Fonte: Autoria própria	
<b>Figura 110</b> - Corte construtivo de parede não ventilada -----	77
Fonte: Autoria própria	
<b>Figura 111</b> - Tabela de valores -----	77
Fonte: Autoria própria	