

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ANDRÉ LUÍS AVEZUM

**Arquitetura Ecológica e Tecnologia no Século XX:
Base para o projeto arquitetônico sustentável**

São Paulo
2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANDRÉ LUÍS AVEZUM

**Arquitetura Ecológica e Tecnologia no Século XX:
Base para o projeto arquitetônico sustentável**

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em Arquitetura.

Área de Concentração: Projeto de Arquitetura.
Orientador: Prof. Dr. Dario Montesano.

São Paulo
2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

ASSINATURA:

E-MAIL: andreavezum@terra.com.br

Avezum, André Luís
A956a Arquitetura ecológica e tecnologia no século XX: Base para o projeto arquitetônico sustentável / André Luís Avezum. – São Paulo, 2007. 170 p. : il.

Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Projeto de Arquitetura) - FAUUSP.
Orientador: Dario Montesano

1.Arquitetura ecológica 2.Desenvolvimento sustentável
3.Tecnologia I.Título

CDU 72:504

F O L H A D E A P R O V A Ç Ã O

André Luís Avezum

Arquitetura Ecológica e Tecnologia no Século XX: Base para o projeto arquitetônico sustentável.

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre.
Área de concentração: Projeto de Arquitetura.

Aprovado em: ___/___/_____.

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

D E D I C A T Ó R I A

Ao meu filho Artur.

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Prof. Dr. Dario Montesano, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e acima de tudo pela confiança depositada em minha pessoa.

À minha esposa Eliane, pela paciência e o apoio nos difíceis anos em que realizei este trabalho.

Ao Prof. Dr. Celso Monteiro Lamparelli, pela ajuda durante o processo de definição do tema da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Adilson Macedo, meu primeiro contato nesta universidade.

Ao meu colega de trabalho Prof. Francisco Gimenes, pelos esclarecimentos sobre urbanismo.

À minha amiga Prof^{ra}. Ana Lúcia Machado de Oliveira Ferraz, pela elaboração gráfica do trabalho.

Avezum, André L. **Arquitetura Ecológica e Tecnologia no Século XX: Base para o projeto arquitetônico sustentável.** 2007. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

As atividades humanas no século XX, amparadas pelo rápido desenvolvimento tecnológico e industrial, degradaram o meio ambiente resultando dentre outros problemas, o “aquecimento global”, principal causador das mudanças climáticas que poderão colocar em risco a vida no planeta. O início do século XXI foi marcado por um grande aumento das catástrofes naturais, que são conseqüências diretas desse fenômeno, e, vieram confirmar o que muitos cientistas já haviam previsto.

As cidades são sem dúvida os grandes vilões, pois podem gerar inúmeros impactos ambientais, como, por exemplo, emitir a maior parte do CO₂ produzido, causando o “efeito estufa”. A produção e o funcionamento dos edifícios são responsáveis por grande parte dessas emissões, e portanto, deverão ser repensados, cabendo aos arquitetos, urbanistas e outros profissionais da área, a tarefa de criar um ambiente construído mais sustentável nos próximos anos para tentar reverter este quadro.

Considerando que o caminho para as mudanças necessárias passa pela conscientização ecológica e pelo desenvolvimento tecnológico, que é inerente à existência humana, o objetivo deste trabalho é abordar a tecnologia como importante elemento de transformação e viabilização do projeto sustentável para o século XXI. Essa idéia se estrutura apresentando no primeiro capítulo, as principais mudanças tecnológicas do século XX e suas implicações na produção de alguns arquitetos, que de alguma maneira estabeleceram relações com o meio ambiente. A guerra fria e a corrida espacial proporcionaram uma evolução significativa na tecnologia do pós-guerra com o surgimento da informática, telecomunicações, automação, etc; inspirando novas poéticas tecnológicas e resultando no desenvolvimento de uma arquitetura de alta-tecnologia, permitindo assim outras relações com o meio ambiente nos últimos trinta anos.

Podem-se dizer que a crise do petróleo na década de 70 foi um marco para o início de uma consciência ecológica e o esforço para estabelecer um modelo de desenvolvimento sustentável. Portanto, o segundo capítulo aborda as definições de sustentabilidade, quais são as formas de implantação e os condicionantes para o desenvolvimento do projeto de arquitetura sustentável.

Para finalizar, o terceiro e último capítulo foi dedicado às tecnologias disponíveis atualmente, ou em vias de se concretizar, e o seu papel no desenvolvimento da arquitetura sustentável. Na prática seu resultado é apresentado através de leituras projetuais da produção arquitetônica mais recente, sendo organizadas a partir das várias características inovadoras dessa nova arquitetura, que poderá indicar as possíveis respostas aos novos paradigmas do século XXI.

Palavras-chave: Arquitetura Ecológica, Desenvolvimento Sustentável, Tecnologia.

Avezum, André L. **Ecological architecture and technology in the 20th century: Base for the sustainable architectural project.** 2007. 170 pages. Dissertation (Masters) – Faculty of architecture and urbanism, University of São Paulo, São Paulo, 2007.

Human activities in the 20th century, sustained by rapid industrial and technological development, have deteriorated the environment resulting in, amongst other problems, global warming, the principle cause of climate changes that could put life on our planet at risk. The beginning of the 21st century was marked by a great rise in natural catastrophes, which are direct consequences of these phenomena and they confirm what many scientists have been predicting.

Cities are, without doubt, the main culprits; they can generate innumerable effects on the environment, for example emitting the largest part of CO₂ produced, causing the greenhouse effect. The production and functioning of buildings are responsible for the great part of these emissions and thus should be rethought, the task falling on architects, urbanists and other professionals that work in the area to create a more sustainable constructed environment in the near future to reverse this trend.

Considering that the path to these necessary changes passes through ecological conscientiousness and through technological development, which is inherent to human existence, the objective of this work is to approach technology as an important element in the transformation and viability of the sustainable project in the 21st century.

This idea is structured in the following manner, presenting in the first chapter the main technological changes in the 20th century and their implications in the productions of selected architects who have, in some way, established a relationship with the environment.

The cold war and the space race provided a significant evolution in post-war technology with a rise in information technology, telecommunications, automation etc; inspiring new poetic technologies and resulting in the development of a high-technology architecture, thus permitting other relationships with the environment in the last thirty years.

It could be said that the oil crisis in the 1970's was a catalyst for the start of an ecological consciousness and the effort to establish sustainable development. Hence the second chapter approaches the definitions of sustainability, what are the forms of implementation and what are the conditions for the development of a sustainable architectural project.

To conclude, the third and final chapter is dedicated to currently available technology, or that is being finalized, and its role in the development of sustainable architecture. The results are presented through projects of more recent architectural production, being organized from the various innovative characteristics of this new architecture, which could direct us to the possible answers to the new paradigms of the 21st century.

Keywords: Ecological Architecture, Sustainable Development, Technology.

Figura 01 – Casa “Fallingwater”, Frank L. Wright, 1935-1939.....	33	Figura 26 – Maquete Zed.....	132.
Figura 02 – Ed. Seagram, N. York, Mies van der Rohe, 1954-1958 e Edifícios na av. Paulista, Brasil.....	35	Figura 27 – Planta Zed.....	132
Figura 03 – Assembléia de Chandigarh, Índia – Le Corbusier, 1962.....	44	Figura 28 – Simulação dos ventos.....	133
Figura 04 – Unidade de Habitação em Marselha, Le Corbusier, 1952.....	45	Figura 29 – Nova turbina.....	133.
Figura 05 - Planta da residência Rino Levi, 1944.....	49	Figura 30 – Detalhe simulação.....	133
Figura 06 – Interior da residência Rino Levi, 1944.....	50	Figura 31 – Vista geral Jets	134
Figura 07 – Planta da residência Milton Guper, Rino Levi, 1951.	51	Figura 32 – Painéis solares.....	134
Figura 08 – Interior da residência Milton Guper, Rino Levi, 1951.	51	Figura 33 – Turbinas eólicas.....	134
Figura 09 - Planta da residência Delgado Perez, Rino Levi, 1958.....	52	Figura 34 – Vista geral.....	135
Figura 10 - Interior da residência Delgado Perez, Rino Levi, 1958.....	53	Figura 35 – Painéis fotovoltaicos na fachada.....	135
Figura 11 – Plug-in-city, Peter Cook (1964).....	55	Figura 36 – Frente Ed.RWEAG.....	136
Figura 12 – Walking City, Ron Herron (1964).....	55	Figura 37 – Detalhe caixilho Ed.RWEAG.....	136
Figura 13 – Cápsula Plug-in-city, Peter Cook (1964).....	56	Figura 38 – Detalhe caixilho Ed.RWEAG	136
Figura 14 – Cápsula Plug-in-city, Peter Cook (1964).....	57	Figura 39 – Maquete Endesa.....	137
Figura 15 – Living Pod Project, David Greene (1965).....	58	Figura 40 – Corte esquema de ventilação.....	137
Figura 16 - Corte Living Pod Project, David Greene (1965).....	58	Figura 41 – Detalhe vão central.....	138
Figura 17 - Ed. Lloyds em Londres, Richard Rogers & Partners, 1979-1986.....	61	Figura 42 – Vista Helicon.....	139
Figura 18 – Instituto do Mundo Árabe, Jean Nouvel, 1981	62	Figura 43 – Det. Cortina PVC.....	139
Figura 19 – Ritmo do crescimento Urbano.....	75	Figura 44 – Esq. Ventilação.....	139
Figura 20 – Impactos durante o ciclo de vida de um sistema projetado.....	92	Figura 45 – Det. Esquadria.....	139
Figura 21 – Custo energético dos materiais.....	100	Figura 46 – Vista Commerzbank.....	140
Figura 22 – Fases de reciclagem do aço na construção.....	101	Figura 47 – Planta Commerzbank.....	140
Figura 23 – Frente.....	131	Figura 48 – Corte Commerzbank.....	140
Figura 24 – Lado.....	131	Figura 49 – Área verde interna.....	141
Figura 25 – Fluxo de vento.....	131	Figura 50 – Área verde interna.....	141
		Figura 51 – Insolação.....	141
		Figura 52 – Ventilação.....	141
		Figura 53 – Corte a.verde.....	141
		Figura 54 – Det. Caixilho.....	142
		Figura 55 – Isométrica da fachada.....	142
		Figura 56 – Vista do pavilhão.....	143
		Figura 57 – Jardim interno.....	143

Figura 58 – Distr. da água.....	143
Figura 59 – Corte.....	143.
Figura 60 – Vista Ed. EDIIT.....	144
Figura 61 – Vista Ed. EDIIT.....	144
Figura 62 – Esquema água de chuva.....	145
Figura 63 – Esq. Lixo seletivo.....	145
Figura 64 – Esq. Energia solar.....	145
Figura 65 – Vista Pavilão.....	146
Figura 66 – Membranas.....	146
Figura 67 – Det. Cobertura.....	146
Figura 68 – Corte.....	147
Figura 69 – Vista do pavilhão Britânico.....	147
Figura 70 – Vista da galeria.....	148
Figura 71 – Interior da galeria.....	148
Figura 72 – Esquema da luz natural.....	148
Figura 73 – Corte da galeria.....	149
Figura 74 – Maquete da galeria.....	149
Figura 75 – Corte maquete.....	149
Figura 76 – Isométrica do Shed.....	149
Figura 77 – Det. Cobertura.....	149
Figura 78 – A casa na paisagem.....	149
Figura 79 – Interior.....	150
Figura 80 – Vista por trás da casa.....	150
Figura 81 – Planta.....	150
Figura 82 – A estação na paisagem (verão).....	151
Figura 83 – Croquis.....	151
Figura 84 – No inverno.....	151
Figura 85 – Vista geral.....	152
Figura 86 – Det. Fachada.....	152
Figura 87 – Planta.....	152
Figura 88 – Corte.....	152
Figura 89 – Montagem da estrutura.....	153
Figura 90 – Elementos da estrutura (haste e nó).....	153
Figura 91 – Vista geral.....	154

Figura 92 – Vista.....	154
Figura 93 – Rua interna.....	154
Figura 94 – Det. Esquadria e revestimento.....	155
Figura 95 – Det. fachada.....	155
Figura 96 – Vista aérea.....	156
Figura 97 – Corte.....	156
Figura 98 – Planta.....	156
Figura 99 – Det. Cobertura e brise.....	157
Figura 100 – Integração na paisagem.....	157
Figura 101 – Det. Estrutura.....	157
Figura 102 – interior.....	157
Figura 103 – Vista geral.....	158
Figura 104 – Implantação - fonte: AU, 2004.....	158
Figura 105 – Teto jardim.....	158
Figura 106 – Ventilação e Painéis fotovoltaicos.....	158
Figura 107 – Mini-usina.....	159
Figura 108 – Esq. Ventilação.....	159
Figura 109 – Esq. Água de chuva.....	159
Figura 110 – Sist. Tratamento de água.....	159
Figura 111 – Det. Projeto.....	160
Figura 112 – Projeto geral.....	161
Figura 113 – Perspectiva.....	162

INTRODUÇÃO	12
1 ARQUITETURA E NATUREZA NO SÉCULO XX	26
1.1 Revolução industrial, arquitetura e natureza	28
1.2 A climatização mecânica	34
1.3 O bioclimatismo	37
1.3.1 Variáveis climáticas	39
1.3.2 Variáveis humanas	41
1.3.3 Variáveis arquitetônicas	42
1.4 Elementos do bioclimatismo na arquitetura moderna brasileira	46
1.5 Megaestruturas e o Archigram	53
1.6 Arquitetura de high tech	59
2 ARQUITETURA E SUSTENTABILIDADE	64
2.1 Sustentabilidade: Origens e conceitos	64
2.1.1 Definição do Termo Sustentabilidade	67
2.1.2 Formas de Implantação	70
2.2 Arquitetura sustentável	71
2.2.1 Sustentabilidade e o arquiteto	77
2.2.2 Energia	79
2.2.2.1 A energia renovável	81
2.2.2.2 Energia solar	82
2.2.2.3 Energia eólica	83
2.2.2.4 Energia geotérmica	84
2.2.2.5 Biomassa	84
2.2.3 Água	85
2.2.3.1 Recuperação das águas pluviais	88
2.2.3.2 Reciclagem das águas cinzas	89

2.2.4	A arquitetura sustentável e a construção	90
2.2.4.1	Análise do ciclo de vida	91
2.2.4.2	Definição básica do ACV	94
2.2.4.3	Outras ferramentas de controle ambiental	95
2.2.4.4	Análise de impacto ambiental dos materiais de construção	97
2.2.4.5	Reduzir, reutilizar, reciclar e reabilitar	100
2.2.4.6	Ambientes saudáveis	105
2.2.4.7	Materiais saudáveis	108
2.2.5	O projeto sustentável e a tecnologia	111
2.2.5.1	Considerações para o projeto sustentável	113
2.2.6	Ferramenta para avaliação da sustentabilidade em arquitetura	115

3 ARQUITETURA SUSTENTÁVEL E A ALTA TECNOLOGIA 117

3.1	As novas tecnologias	118
3.2	Critério de seleção das leituras projetuais	127
3.3	Leituras projetuais	130

CONCLUSÃO _____ **163**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____ **166**

GLOSSÁRIO _____ **170**

I N T E R D U Ç Ã O

Nos primeiros anos do século XXI nos deparamos com os sinais de que as mudanças climáticas no nosso planeta, tão discutidas nas últimas décadas, já estão ocorrendo. A previsão, segundo especialistas, é de que nos próximos anos as catástrofes naturais se intensifiquem, em decorrência do aumento da temperatura da atmosfera, causada pelo efeito estufa. O CO₂ é o seu principal causador, pois é o resultado da queima dos combustíveis fósseis nas principais atividades humanas nas nossas cidades. Os meios mais comuns de emissão desses gases são indispensáveis à nossa vida cotidiana, pois se tratam dos meios de transportes, das indústrias e edifícios onde moramos e trabalhamos. Há também,

problemas com a grande quantidade de resíduos que a nossa civilização produz, contaminando o solo e as águas, e, com a iminente possibilidade do esgotamento dos recursos disponíveis na natureza. Corrigir estes problemas possibilitando a preservação da vida, será o grande desafio para a humanidade neste novo século.

A vida nas cidades está associada a um grande consumo de energia, que por sua vez, para ser produzida requer a queima de combustíveis fósseis em grande parte do planeta. Diminuir o consumo energético está relacionado, por exemplo, à melhoria de eficiência de nossos edifícios, criando condições de

iluminação e ventilação naturais, melhorando os sistemas de iluminação e ventilação artificiais e outros equipamentos que são indispensáveis ao funcionamento de qualquer tipo de edificação. Essa tarefa caberá aos arquitetos, engenheiros e tantos outros profissionais dessa área, que deverão trabalhar em conjunto, no sentido de possibilitar novas soluções.

Há muito que se repensar sobre mudanças nos modelos tradicionais de produção de **energia** dos países, buscando fontes alternativas como usinas eólicas, solares e até mesmo no movimento das ondas marítimas e geotérmicas. Alguns cientistas até defendem a expansão do uso da energia nuclear como alternativa, pois esta não emite CO₂ na atmosfera e atualmente as tecnologias para o seu controle são mais eficientes.

Todavia, o armazenamento seguro do lixo nuclear continua sendo o grande obstáculo.

Vale lembrar que mesmo em países como o Brasil, que possuem um extraordinário recurso hídrico, este poderia ser afetado por uma cadeia de acontecimentos provocados por mudanças climáticas, alterando os padrões pluviométricos, ocasionando seca, mudança da vegetação e conseqüente alteração no volume de **água** dos nossos rios. Isso comprometeria não só o abastecimento da população, como também grande parte da produção de energia em nosso país, o que colocaria em risco a vida nas cidades. O anúncio feito pelo governo brasileiro em janeiro de 2007, de um plano

para a construção de seis novas usinas nucleares, pode ser o primeiro sinal dessa preocupação.

Preocupante também é o grande volume de **esgoto** gerado pelos centros urbanos, apesar das políticas de saneamento e consórcios entre municípios para obtenção de recursos econômicos, para a construção de estações de tratamento. Na maioria das vezes, este é despejado “in natura” nos rios e oceanos, prejudicando todo o ciclo de vida nesses ambientes. Tratar o esgoto é uma opção cara, pois significa mais gasto com energia e produtos químicos. Hoje, há bons exemplos de tratamentos naturais como as “wetlands”, que são lagoas com espécies de plantas, que agem como filtros, descontaminando a água. Outros

tratamentos como a compostagem (decomposição natural da matéria orgânica) ou a desidratação são opções bem simples e naturais. Os sanitários por compostagem são bastante utilizados nos países nórdicos e tem desenhos bem evoluídos. Nos países do oriente médio, onde o clima é seco, a desidratação como tratamento faz parte da sua cultura. Esta solução também foi bastante útil na China, pelo seu baixo custo, viabilizando o saneamento de pequenas vilas camponesas. As soluções existem, basta vencer o preconceito e quem sabe esses meios não serão viáveis em grande escala, em um futuro próximo, com o desenvolvimento de novas tecnologias. O esgoto, como se sabe também produz o gás metano na sua decomposição, que já é utilizado em fase experimental,

como combustível nas áreas rurais. Melhor aproveitá-lo para gerar energia do que deixar escapar para a atmosfera, pois também colabora com o efeito estufa.

A nossa sociedade é movida pela economia, baseada na produção industrial desenvolvida ao longo do século XX, e portanto, seus problemas atuais devem ser considerados para a criação de modelos mais sustentáveis. Analisando uma **estrutura produtiva**, os problemas com impactos ambientais se iniciam desde a extração da **matéria-prima** (como minerais, vegetações e a água), que, se retirado em excesso pode causar um desequilíbrio no ecossistema, matando animais ou plantas pela destruição de seu habitat e fonte de água e alimento. Também pode mudar o micro-clima

causando desconforto com o aumento da temperatura, aceleração dos ventos e até mesmo a degradação da paisagem natural. Por todos esses motivos essas explorações são controladas pelos órgãos do governo, que podem conceder autorização, com a aprovação de projetos de exploração dos recursos florestais e de recuperação ambiental no caso das mineradoras. Tudo isso esbarra no que presenciemos no dia a dia, que é a prática ilegal dessas atividades em virtude da corrupção dentro dos órgãos competentes e da falta de fiscalização por sua infra-estrutura deficiente. Existe também o problema social das populações locais, que por valores muito baixos são contratados por empresas extrativistas, devastando assim os recursos naturais de suas regiões.

Na transformação da matéria-prima pela indústria existem dois impactos diretos. O primeiro é o grande gasto de energia com equipamentos e instalações obsoletas, e o segundo é o **resíduo** gerado pelo processo de industrialização, que pode ser devolvido ao meio ambiente na forma gasosa, líquida ou sólida, sendo muito poluentes e nocivos ao meio ambiente. Ao longo dos anos foram criadas normas para o controle e tratamento desses poluentes antes de serem jogados no solo, rios ou na atmosfera, sendo fiscalizados por órgãos competentes desde a aprovação de projetos de instalações industriais até o seu funcionamento adequado. Os resíduos tóxicos que não podem ser assimilados pelo meio ambiente, são destinados para

depósitos monitorados, que são lacrados e construídos de maneira a resistir às adversidades do meio ambiente. Nesses se destinam o lixo atômico e produtos químicos venenosos. Muitas indústrias iniciaram programas de geração da própria energia para o seu consumo através do uso desses resíduos para a combustão (biomassa). As usinas, por exemplo, que produzem o açúcar e o álcool da cana-de-açúcar obtêm dois subprodutos que são o vinhoto, que é um líquido altamente poluente, e o bagaço da cana-de-açúcar. O primeiro representaria um grande gasto energético no seu tratamento, e por isso passou a ser utilizado como um excelente fertilizante para a recuperação de solos. Já o bagaço foi utilizado como combustível para as

caldeiras, gerando energia para o funcionamento da usina, e, o seu excedente pode ser vendido para as concessionárias de energia elétrica.

Após a fabricação de um produto vem a etapa da venda, ou seja, sua colocação no mercado consumidor, que tem os preços regulados através da oferta e da procura. A lógica não é tão simples, pois existem muitos meios de se manipular esta regra. O marketing tem esse propósito, pois cria maneiras de vender um produto, não só pelas suas características e benefícios, mas também pode, por exemplo, estar vinculado a uma imagem de sofisticação, beleza, modismo, etc. Isto é o que faz com que as pessoas consumam cada vez mais, tornando os produtos cada

vez mais descartáveis, e assim, a indústria produz não só coisas importantes para as necessidades humanas, mas também uma grande quantidade de produtos supérfluos. Esta é a **cultura consumista** em que está mergulhada a nossa sociedade, promovida pela mídia que movimenta milhões de dólares, e que nos bombardeiam diariamente, minuto a minuto, com uma quantidade enorme de informações sobre produtos que estão aí para serem consumidos e trarão a “felicidade” e o “bem estar” para todos.

A economia depende das relações comerciais, porém o consumismo deve ser visto não só como um comportamento social indevido, em razão da miséria que assola o mundo, mas também como uma potencial

ameaça ao aumento da pressão sobre o meio ambiente. Depois da utilização ou término da vida útil de um produto, vem a próxima etapa que é o seu descarte. Quanto mais produtos industrializados são consumidos, maior a quantidade de **lixo** que teremos que depositar em aterros sanitários. Muitos desses produtos são contaminantes ou podem levar centenas de anos para serem decompostos naturalmente e se não forem armazenados de maneira correta, poderão contaminar o solo e os lençóis freáticos. Nesse sentido os esforços estão sendo voltados para a utilização de produtos biodegradáveis, ou seja, podem ser assimilados pela natureza sem nenhum risco. Também é incentivada a prática do re-uso, em alguns casos, e da reciclagem principalmente. Esta atividade necessita de

algumas etapas, como educar as pessoas para que coloquem o lixo em compartimentos separados para cada tipo de material, para que posteriormente a limpeza pública faça a coleta seletiva. O material é levado a um centro de triagem onde é processado, sendo limpo, triturado e prensado em fardos, para ser estocado e transportado até as empresas que reutilizarão o material na fabricação de novos produtos, sem o uso de matéria-prima nova. Vale lembrar que o Brasil é considerado o país que mais recicla o alumínio em função do crescimento da atividade informal do coletor de material reciclável, e que vem garantindo a sobrevivência de muitas famílias sem renda fixa. Proporcionou a criação de novos empregos e cooperativas que organizam e dão apoio aos coletores.

Pode-se dizer que esta atividade tem função social e ecológica.

Sem dúvida, a introdução de um modelo de desenvolvimento baseado na sustentabilidade deverá nortear as nações de agora em diante. Isto vem sendo discutido pela ONU (Organização das Nações Unidas), cientistas e ONGs (Organizações Não Governamentais), há mais de uma década, com o objetivo de criar ferramentas e metas para a sua implantação. Esta forma de desenvolvimento é bastante complexa e, portanto, deverá ser implementada com a participação de todas as áreas da sociedade, pois só assim poderá ser concretizada.

Outro fator importante é a utilização das novas tecnologias como meio de atingir nossos objetivos de maneira mais rápida e eficiente. O homem desde os primórdios aprendeu a transformar a natureza, de maneira que pudesse habitar ambientes hostis. A técnica possibilitou que sua vida se tornasse mais fácil e confortável. É quase que impossível falar da história da evolução do homem sem mencionar seu desenvolvimento tecnológico paralelamente. A tecnologia foi e sempre será um importante fator de transformação social, atingindo todas as áreas da sociedade, inclusive na produção da arquitetura e urbanismo.

“... o avanço das técnicas é tão irreversível quanto a própria evolução humana e, doravante, exige ser considerado como um de seus fatores determinantes” (Scheps, 1996).

Sem dúvida a revolução industrial, iniciada em meados do século XIX, foi um marco nesse sentido. Sua produção baseada na reprodução serial e nos novos materiais, foi o advento que mais provocou mudanças na nossa sociedade e de forma muito rápida. Foi responsável pelo surgimento dos grandes centros urbanos e de seus problemas como os conhecemos até hoje. Representou também o surgimento de uma cultura progressista, que tinha a máquina como instrumento para proporcionar seu conforto e bem estar. Para se ter uma idéia desse poder de transformação, basta dizer que o homem surgiu há cinco milhões de anos, e, em

pouco mais de cem anos de existência das indústrias, conseguimos alterar o equilíbrio natural do planeta, ou seja, os impactos causados pelas nossas atividades são muito rápidos e em grandes proporções, não podendo ser mais assimiladas ou neutralizadas pelos ecossistemas. Com isso, as características ambientais do nosso planeta estão em processo de alteração, podendo afetar todas as formas de vidas existentes de como às conhecemos hoje.

Fica evidente pelos fatos históricos, que à medida que o homem se desenvolve tecnologicamente, suas relações com a natureza vão gradualmente se distanciando. Nesse sentido é possível identificar a revolução industrial como o marco de um rompimento rápido e brusco

dessas relações. Este foi o principal motivo que me levou a definir o século XX como importante período de referência para este trabalho, contextualizando as relações entre natureza, homem e arquitetura através de uma visão tecnológica.

No entanto, é necessário ressaltar que ao contrário do que muitos pensam, não foi a tecnologia em si a causa de tanta degradação ambiental, mas sim a maneira como foi utilizada pelo homem para atingir seus objetivos, não levando em consideração os limites naturais do planeta. Muito mais que a falta de conhecimento sobre a complexidade da ecologia, as principais razões para estes erros estão no modelo econômico que se desenvolveu no século XX. Este foi

justificado por uma equivocada visão de desenvolvimento, baseada no progresso a qualquer custo e em "benefício" da humanidade. Hoje, estamos testemunhando os efeitos contrários desse discurso, que na verdade servia muito mais aos interesses políticos e econômicos.

Existem, porém, as exceções, e na produção arquitetônica deste período encontramos vários exemplos. O desenvolvimento tecnológico proporcionou meios para que houvesse inovações na arquitetura, porém foi a consciência e a sensibilidade de alguns arquitetos para com a natureza, que proporcionaram os primeiros passos para um "projeto ecológico". Souberam aplicar as tecnologias disponíveis

nos seus vários estágios de desenvolvimento, tirando partido das diferentes possibilidades oferecidas, criando novas relações espaciais. Essas exceções também justificam este trabalho pela comprovação de que a tecnologia sempre teve papel fundamental na inovação arquitetônica, e se utilizada com critérios, poderá criar novas relações entre nossos edifícios e a natureza neste novo século.

Se o século XX representou o rompimento das relações entre arquitetura e natureza, a arquitetura para o século XXI será marcada pela sua reaproximação. Deverá responder às nossas novas necessidades de maneira mais ampla e complexa, estabelecendo relações com o ecossistema natural, e, utilizando as novas

tecnologias. Assim esta arquitetura poderá ser legitimada como verdadeira expressão de nossa época.

Nesse contexto, essa dissertação de mestrado aborda como **objeto de pesquisa** a alta tecnologia enquanto fator indispensável para viabilizar o projeto arquitetônico sustentável para o século XXI. Tomando como referência a arquitetura e as suas relações com as tecnologias industriais do século passado, o **problema** da pesquisa é identificar como as novas tecnologias estão influenciando o projeto sustentável, tornando mais eficientes as relações entre arquitetura e natureza. O **objetivo** principal deste trabalho é mostrar as complexidades das novas estratégias de projeto,

considerando a influência dos vários setores ligados à produção arquitetônica, e ainda, indicar os possíveis caminhos para se alcançar a sustentabilidade na arquitetura desse novo século.

A **estrutura** desse trabalho foi dividida em três capítulos, e organizados da seguinte maneira. O primeiro capítulo tem como referência o século XX, e busca a produção arquitetônica com algum tipo de referência ao ambiente natural, estabelecendo novas relações entre arquitetura e natureza. Como contexto, explora-se a tecnologia em suas várias etapas de desenvolvimento neste período.

Em um primeiro momento estão as propostas dos arquitetos e urbanistas preocupados com as cidades transformadas pelas atividades industriais na Europa, buscando ambientes mais saudáveis pela integração com a natureza. Também, os estudos sobre o conceito de bioclimatismo, a importância do movimento moderno e em particular a contribuição da produção arquitetônica brasileira na criação de novos elementos e espacialidades, a mecanização do conforto ambiental, etc.

Outro período importante representou a guerra fria e a corrida espacial, acelerando o desenvolvimento tecnológico daquela época, que acabaria por influenciar a criação de novas poéticas tecnológicas, o

surgimento das mega-estruturas e das cápsulas de habitação no final dos anos 60. Esta possibilitou uma produção baseada na alta tecnologia da informática, eletrônica e automação nos anos 70 e 80. Foi assim que surgiu o conceito de edifício inteligente.

O início da década de 70 foi particularmente importante no desenvolvimento de uma visão ecologista. A crise do petróleo, provocada pelos conflitos no Oriente Médio e pelo fortalecimento da união dos países membros da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), pela utilização do petróleo como instrumento de pressão na política internacional, seria o primeiro motivo. O segundo foi o estudo de um grupo de cientistas, chamado de "Clube

de Roma", que alertava sobre o esgotamento desse recurso natural. Nessa década surgiu também o ativismo ecológico de grupos como o "Green Peace", alertando sobre a degradação do meio ambiente. Todos esses fatos foram importantes e ajudaram a clavar o desenvolvimento do conceito de sustentabilidade nas últimas décadas.

Nos anos 90, o aumento do interesse pelos problemas ambientais, fez surgir estudos sobre a aplicação da sustentabilidade na área da arquitetura e urbanismo. O segundo capítulo aborda as definições da sustentabilidade e dos vários aspectos que envolvem sua aplicação na arquitetura, formando conhecimentos

específicos e dando subsídios para a aplicação em projeto.

O terceiro capítulo trata mais especificamente dos últimos anos da década de 90 e os primeiros anos desse século. Muitos creem que a salvação do planeta está na utilização das tecnologias de última geração. Portanto, sua primeira parte é dedicada à caracterização das novas tecnologias da atualidade e das que estão em desenvolvimento, como a Informática Quântica e a Nanotecnologia. Segundo os especialistas, estamos na iminência de uma nova revolução tecnológica que trará novas transformações para a civilização. É por esse aspecto que a segunda parte desse capítulo conta com leituras de projetos

produzidos nesse período, que tem como finalidade servir de referência para esta prática projetual específica. Os projetos foram selecionados pelo tipo de abordagem em relação aos aspectos da sustentabilidade e também pela utilização da ciência e tecnologia da atualidade como meios para se atingir uma melhor qualidade e eficiência nas relações entre o edifício e o ecossistema.

1 A R Q U I T E T U R A E N A T U R E Z A N O S É C U L O X X

Desde o início, para sobreviver o homem precisou se proteger das intempéries. Para isso, utilizou materiais disponíveis no local onde vivia, tanto para criar suas ferramentas e utensílios como também para a construção de abrigos. As técnicas de construção foram criadas através dos tempos apresentando variações conforme o clima, materiais e outras condicionantes locais. Esse conjunto de técnicas artesanais fazia parte da cultura de cada povo e eram repassadas de geração em geração. Conhecida como arquitetura espontânea ou vernacular, nesse tipo de

construção são encontrados os fundamentos da arquitetura bioclimática.

Para Lúcia Mascaró (1983), a compreensão das determinantes climáticas, o bom uso dos recursos materiais disponíveis, os critérios econômicos aplicados na edificação, a sensibilidade para associar causa e efeito, e, tudo isso relacionado à cultura de cada povo, é o que caracteriza a arquitetura espontânea típica de cada região.

Voltando um pouco na história da arquitetura, é possível verificar que havia o reconhecimento de que a

arquitetura era o produto da expressão de uma determinada cultura local, e não poderia ter os mesmos efeitos se reproduzida em outro lugar. Na antiguidade, por exemplo, encontramos descritas regras de como levar em conta o clima, na construção de edifícios e cidades. “Os Dez Livros de Arquitetura”, escritos por Vitrúvio na Roma antiga, constam as seguintes observações:

“Os edifícios estarão dispostos adequadamente se for levado em conta todas as orientações e as inclinações do sol no lugar onde se deseja construí-los; não devem ser construídos da mesma maneira no Egito e na Espanha, ou da mesma forma no Reino de Pont e em Roma, porque alguns estão próximos do curso do sol, e outros afastados do mesmo, e outros que se encontram entre os dois extremos...é necessário dispor os edifícios em razão da diversidade dos países e dos climas”
(livro Sexto, cap. 1)

A construção espontânea foi se alterando aos poucos em razão da substituição do modo de produção artesanal pelo industrial. É muito importante notar que o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais permite que o homem desenvolva padrões de vida mais confortáveis, porém, dominando a natureza pela técnica, faz com que a arquitetura perca gradualmente sua relação com o ambiente, tornando-a cada vez mais independente.

Analisando o bom desempenho do conforto ambiental e outras qualidades como sua adaptabilidade econômica e técnica, autores como W. Acosta defenderam a utilização do conhecimento deste tipo de construção, pois carrega um grande conhecimento

cultural, respondendo assim de maneira eficaz às dificuldades climáticas. Porém essa utilização, explica ele, deveria atuar em conjunto com as novas tecnologias disponíveis, permitindo assim uma contínua evolução da arquitetura, conectando-a a cultura local.

“A conjunção de técnica moderna com tradição, permitiria conservar materiais e estruturas essencialmente populares, úteis e baratas, sem diminuir as exigências de higiene e confortos da atualidade”. (Acosta, 1976).

Diferente de outros autores da época, que viam a tecnologia como algo negativo, Acosta defende que só alcançaremos uma eficiente arquitetura bioclimática pelos meios tecnológicos. Isso foi perceptível durante todo o século XX, e, atualmente, as novas tecnologias são imprescindíveis para potencializar a climatização

dos edifícios, sem alterar as necessidades e padrões de conforto da sociedade contemporânea.

1.1 Revolução industrial, arquitetura e natureza

Com o desenvolvimento da ciência e o domínio de formas de energia como o vapor, a indústria é implantada nas cidades, de origem na idade média ou moderna, ocasionando diferentes impactos. O crescimento da população urbana em virtude do êxodo de trabalhadores vindos do campo para atuar como força de trabalho nas indústrias, passava a gerar um grande déficit habitacional e problemas sanitários. O traçado antigo da cidade gerava problemas para o escoamento da produção industrial e também para o

controle da cidade pelas instituições de segurança pública. A degradação foi o quadro corrente nas grandes cidades no final do séc. XIX. A resposta para o problema veio com a criação das leis urbanísticas e sanitárias que regulavam as construções. Essas foram implantadas através de grandes intervenções urbanas em cidades como Paris e Barcelona. A mais importante sem dúvida foi a intervenção feita pelo então prefeito de Paris, o Barão Haussmann, citado abaixo por K. Frampton.

“Era preciso conferir unidade e transformar em um todo operativo o enorme mercado de consumo. Na reconstrução de Paris, destacou-se a importância dos sistemas de comunicação rápidos e eficientes. Converteu Paris em uma metrópole regional, cortando o tecido existente com ruas cuja finalidade consistia em unir pontos cardeais e distritos

opostos, através da tradicional barreira do Sena” (Frampton, 1983).

A ciência e a indústria daquela época geraram novos materiais de construção como o concreto, aço e vidro, proporcionando sua aplicação de maneira inovadora na arquitetura, respondendo assim às novas necessidades da sociedade industrial, como a de edifícios industriais mais seguros e moradia para a grande massa de trabalhadores.

Mas foi só no período da chamada “segunda revolução industrial”, marcado pela eletricidade (como forma de energia), pelas novas ligas metálicas (em substituição ao ferro) e pela ampliação dos mercados, que se formularam novos modelos que buscavam uma aproximação com a natureza, estabelecendo pré-

condições necessárias à boa salubridade da cidade e da sociedade. Propostas como a de Tony Garnier para a "cidade industrial", já vislumbram uma organização salubre da cidade e do edifício como resultante de uma perfeita articulação com o território natural; ou as proposições de Ebenezer Howard para "as cidades-jardins de amanhã", aplicadas por arquitetos como Raymond Unwin e Barry Parker em projetos, antes e depois da primeira guerra. Neles se aplicava uma nova organização morfológica onde a natureza, e todos os seus benefícios, desempenhavam um papel equilibrador da ordem física e social.

A Primeira Guerra Mundial e seus efeitos subsequentes, representaram um momento de inflexão entre a cultura

moderna e a máquina. A facilidade com a qual as inovações tecnológicas do período foram utilizadas como instrumento de guerra, industrializando a morte, termina por provocar efeitos dos mais diversos. A despeito do fim da ilusão de que a máquina portava um devir próprio, a favor da humanidade, há um grande avanço nas pesquisas de novos métodos de racionalização produtiva obedecendo ao esforço de guerra em busca de maior rendimento na relação investimento/performance. Estas pesquisas acabam por incorporar-se nas soluções arquitetônicas e urbanísticas no pós-guerra, aproximando os métodos da arquitetura aos métodos da indústria que, influenciados pela Revolução Russa de 1917, lançam as bases de uma nova arquitetura que pode se colocar como resposta à

urgência dos déficits habitacionais, passando a ser vista ideologicamente como instrumento de transformação social.

Na arquitetura, a influência da industrialização fica evidente em vários aspectos, tais como, materiais de construção, processo construtivo, linguagem, etc. Quando o aspecto da relação entre edifício e natureza é analisado, é possível verificar que em alguns momentos a produção arquitetônica do movimento moderno permite bons resultados. O desenvolvimento de materiais como o aço e concreto, dentre as inovações, proporcionou o esqueleto estrutural com grandes vãos, possibilitando aberturas maiores nas fachadas e consequentemente integrando os espaços

internos e externos. Lucia Mascaró (1983) contextualiza as novas possibilidades da arquitetura do início do séc. XX, com a seguinte frase de Scheerbart (1914):

"...a maioria de nós habitamos em espaços fechados... suprimamos o sentido de fechado dos espaços que vivemos. Isto só será conseguido com a arquitetura do vidro que, permitirá que a luz da lua e das estrelas brilhem nos quartos não através de um par de janelas, senão, tanto como seja possível, através de paredes inteiras de vidro"(Mascaró, 1983).

Na arquitetura moderna da primeira metade do século XX, o racionalismo levado às últimas conseqüências, no uso da linguagem da máquina, foi questionado sobre sua falta de relações com a natureza. Assim surgiu a arquitetura orgânica, encabeçada pelo arquiteto americano Frank Lloyd Wright, contrapondo-se à corrente racionalista, que usava volumes simples que se destacavam na paisagem, materiais industrializados e composição arquitetônica baseada no tipo Standard e na modulação. Em seus trabalhos adota outras características mostrando reação a uma civilização dominada pelo mito da máquina. A escolha dos materiais é feita dando prioridade aos materiais locais, mas muitas vezes misturado ao aço, concreto e vidro,

por serem de melhor qualidade. A integração ao entorno era facilitada com a utilização da pedra, madeira e tijolos tradicionais, pela coloração e textura que se harmonizavam com o solo e a vegetação. A volumetria era resultante da concepção dos espaços internos, que tinham como prioridade dar ao homem proteção adequada às suas atividades. Pouco importava se havia certa confusão na aparência externa, pois a clareza dos volumes não era mais sinônimo de qualidade, dissociando-se do rigor geométrico e dando assim mais espaço à flexibilidade de articulação. (Bruand, 1981)

A casa “Fallingwater” é o melhor exemplo dessa produção. No centro da construção está o eixo vertical organizador dos espaços internos. Ao mesmo tempo, estrutura os volumes de concreto que avançam sobre a mata, diluindo-se na paisagem. O material utilizado é a pedra, que confunde o eixo estruturador com as rochas que afloram do solo, dando a impressão de continuidade entre terreno rochoso e estrutura central.

Apesar de surgirem outras formas de se pensar a arquitetura moderna, durante todo o século XX a produção arquitetônica foi muito influenciada pela especulação imobiliária. Esta visava o aproveitamento máximo de área construída, através da sobreposição de andares, e isolando o edifício do seu entorno



Fig. 01 - Casa “Fallingwater”, FRANK L. WRIGHT, 1935-1939.
fonte: C. Little

aglomerado e caótico. Isso foi possível não só com o aprimoramento dos materiais de construção da época, mas também com o desenvolvimento de tecnologias para a climatização mecânica de grandes ambientes.

Essas soluções geraram o consumo maciço de energia elétrica. Os edifícios tornaram-se cada vez maiores, com grandes ambientes de trabalho fechados, sendo climatizados através das grandes centrais de ar condicionado. A enorme volumetria desses edifícios gerou também problemas no entorno, alterando o microclima, pois passava a cobrir grandes áreas com sombras e aumentava a pressão do vento nas ruas (Mascaro, 1983).

Com a utilização em larga escala do vidro como fechamento das fachadas, passamos a conhecer um dos maiores problemas para esse tipo de edifício. O vidro protegia o edifício do vento e da chuva, permitindo a passagem da radiação solar, iluminando e

1.2 A climatização mecânica

O desenvolvimento de equipamentos eletromecânicos para a climatização artificial dos edifícios, permitiu que os arquitetos mudassem seus critérios de projeto em relação às condicionantes naturais. Na arquitetura moderna, inovações como equipamentos para calefação, refrigeração, iluminação fluorescente e sistemas de forros foram amplamente utilizados dando ao edifício independência em relação ao clima local.

aquecendo o ambiente interno. O calor armazenado dentro do edifício, sobretudo nos países de clima quente, gerava o **efeito estufa**, ocasionando maior consumo de energia para a sua climatização adequada. Nos países de clima frio, o efeito estufa colabora com a economia de energia durante o inverno, porém durante o verão passa pelo mesmo problema, mas com menor intensidade.

A independência do edifício em relação ao clima, proporcionada pelo uso dessas tecnologias, teve reflexo imediato na **forma** adotada pelos arquitetos da época. A caixa de vidro foi a configuração mais utilizada para edifícios na arquitetura moderna, e nem sempre era adequada às condicionantes técnico-econômicas da

região onde foram construídos (Mascaró, 1983). A mesma forma arquitetônica poderia ser vista em Nova York, Londres ou São Paulo, em razão das técnicas de climatização artificiais e dos materiais industrializados.



Fonte: Gössel (1996)

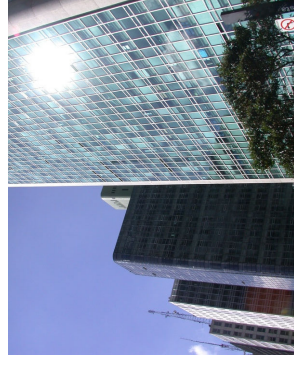


Fig. 02 - Ed.Seagram, N. York, MIES VAN DER ROHE, 1954-1958 e Edifícios na av. Paulista, Brasil.

Este tipo de solução ainda é muito utilizado em todo o mundo, em países ricos e pobres, sendo que foram desenvolvidas nas últimas décadas do século XX, soluções mais complexas com o estudo de materiais que proporcionavam melhor desempenho térmico. Assim surgiram outros tipos de vidros, com diversas texturas, cores e películas especiais que reduziram a penetração da radiação solar.

Críticas a este modelo foram feitas desde o início da década de 70. No livro do arquiteto Vladimiro Acosta (Vivenda e Clima, 1976), está expressa a sua preocupação com os efeitos da internacionalização da arquitetura, que simplesmente era repetida na América do Sul, sem se importar com as condicionantes climáticas da região. Isso gerou um grande número de

edifícios que respondiam muito mal às necessidades de conforto ambiental. Em seu trabalho, passou a estudar a geografia física e humana, as características, as tecnologias da época, astécnicas de construção e os modos de habitar de culturas locais, tentando encontrar respostas não só para uma arquitetura mais apropriada ao lugar, mas também uma nova arquitetura.

“As formas evoluem de acordo com o progresso técnico e o desenvolvimento de novos conceitos de habitação, libertando-se cada dia mais das antiquadas tradições estéticas e preconceitos coletivos... A reforma estética não é o fim da nova arquitetura, mas a resultante da firme disciplina intelectual pelas claras tendências científicas e sociais do arquiteto contemporâneo” (Acosta, 1976).

1.3 O bioclimatismo

Segundo a definição de R. Serra (1989), arquitetura “bioclimática” é aquela que otimiza suas relações com o meio ambiente do entorno, mediante seu próprio desenho arquitetônico. Esta é a arquitetura consciente do lugar e do clima. A palavra “bioclimática” pode ser decomposta em “bio”, que está relacionada ao habitante, e “clima” ao ambiente externo.

Uma **arquitetura bioclimática** pode-se dizer, é aquela que permite que o edifício se beneficie do ambiente em sua zona de conforto, dentro de uma margem de variações das condições exteriores, sem a utilização de recursos artificiais. Quando as condições exteriores são extremas ultrapassando os limites citados, a arquitetura

bioclimática utiliza meios artificiais com reduzido consumo de energia. (Guyot, 1983).

Para a **concepção** de uma arquitetura bioclimática, atendendo aos objetivos citados, é preciso colocar em prática, métodos de projeto e técnicas construtivas distintas. Para a utilização desses métodos e técnicas, é preciso levar em conta alguns parâmetros como: Os **elementos climáticos** para o tratamento específico da arquitetura, o conhecimento dos **elementos de conforto térmico**, ou seja, poder garantir o mesmo conforto no verão e no inverno, e, por último, é necessário conhecer a resposta térmica dos **elementos da arquitetura**, tais como as janelas, jardins de inverno, paredes simples ou compostas, paredes divisórias, pisos, etc.

Wladimiro Acosta foi de grande importância para o desenvolvimento da arquitetura bioclimática sul americana. Era russo e iniciou seus estudos em 1914, terminando-os em 1919 na cidade de Roma onde também trabalhou até 1922. Depois exerceu a profissão em Berlim e Frankfurt até 1928. Seguiu para a América Latina onde se estabeleceu na Argentina. Chegou a ficar no Brasil durante um ano (1930) e nos EUA três anos (de 1954 a 1957).

Dedicou sua vida ao estudo das condições geometeorológicas, ao bem estar climático no nosso continente e à criação de uma arquitetura coerente ao local. Ao lado do Dr. Walter Knoche, criador da bioclimatologia e do geofísico Dr. Vladimir Borzacoff,

desenvolveu seu trabalho, no período de 1938 a 1945, chegando a uma clara compreensão dos processos fisiológicos, termo reguladores do homem e dos determinantes físicos da sensação de conforto climático. Esses estudos foram muito importantes para a elaboração de seu único livro, onde expõe a aplicação dos princípios que fundamentaram a criação dessa forma arquitetônica e a construção de diversos tipos de edifícios em distintas latitudes e climas (Acosta, 1976).

O exercício de concepção da arquitetura bioclimática permite a conciliação entre forma, matéria e energia, pois estavam sendo tratadas separadamente por especialistas distintos. Esta interação só pode ser feita pelos arquitetos mediante instrumentos de síntese, tais

como **diagramas solares energéticos** e **diagramas**

bioclimáticos. Estes ajudam na escolha de elementos a partir das características do clima local, das experiências de conforto térmico e do que se conhece sobre a resposta de certos tipos de estruturas. (Guyot, 1983).

A seguir, serão abordadas mais detalhadamente cada uma das variáveis citadas acima. Estas foram exaustivamente estudadas nas últimas décadas, e interferem diretamente na eficiência de um bom projeto que utiliza os princípios bioclimáticos.

1.3.1 Variáveis climáticas

A primeira variável a ser levada em consideração antes do início do primeiro estudo para uma arquitetura bioclimática é o clima. **Clima** é a condição média do **tempo** (variação diária das condições atmosféricas) em uma dada região, baseada em medições geralmente num período de 30 anos. As variações climáticas acontecem devido a fatores como a proximidade com a água, altitude, barreiras montanhosas e correntes oceânicas. Roberto Lamberts (1997) para facilitar a análise dessas variáveis climáticas que atuam diretamente sobre a arquitetura, divide o clima em três escalas distintas: macroclima, mesoclima e microclima.

Macroclima é a descrição das características de uma determinada região através de elementos como sol, nuvens, temperatura, ventos, umidade e precipitações. Conhecer cada uma dessas variáveis é imprescindível para a escolha dos elementos da arquitetura.

O **mesoclima** está numa escala mais próxima ao nível dos edifícios, por exemplo: o litoral, o campo, as florestas, os vales, as cidades e regiões montanhosas. São elementos naturais e artificiais que influenciam as condições locais do clima.

Bem próximo ao edifício está o **microclima**, que pode ser concebido ou alterado pelo arquiteto, gerando soluções arquitetônicas mais adequadas ao conforto dos usuários. Um bom exemplo são as intervenções

paisagísticas de modo a proteger ambientes com insolação direta ou com alterações na topografia. Com a vegetação também é possível criar anteparos para barrar a velocidade dos ventos em certas áreas, ou ao contrario, direcioná-los onde é necessário ventilar. Outros elementos como espelhos d'água, fontes e lagos podem ser úteis umedecendo e refrescando regiões com umidade relativa do ar muito baixas e quentes. (Lamberts, 1997).

Tendo o conhecimento das variações climáticas durante todo o ano em uma certa região, o arquiteto pode trabalhar elementos que possam colaborar com a melhoria do conforto em determinados períodos.

1.3.2 Variáveis humanas

Nosso planeta possui variados climas, em regiões muito diferentes em seus aspectos físicos, porém o ser humano é biologicamente parecido em todo o mundo. A capacidade de adaptação do homem aos diferentes climas está na cultura de cada povo, nas roupas, arquitetura e tecnologia. Para projetar os ambientes é necessário conhecer a relação do ser humano com o conforto térmico e visual.

Através do **metabolismo** o homem queima a caloria dos alimentos que ingere, transformando-as em energia, que gera o calor interno do corpo humano. Esse calor é trocado com o ambiente através da condução, convecção, radiação e evaporação.

A **atividade física** faz com que o metabolismo aumente gerando muito calor. É importante que em ambientes onde se desenvolva esportes ou outras atividades intensas sejam bem ventiladas para o resfriamento.

Através da condução, convecção e radiação, a pele pode traçar calor com as **roupas**, e essa com por sua vez com o ar. Por isso quanto maior a resistência térmica da vestimenta, menor a troca de calor.

Sempre que se projeta um espaço é necessário saber que tipo de atividade será desenvolvida naquele ambiente, para que se possa prever em projeto uma iluminação adequada, natural ou artificial. A boa

iluminação tem direcionamento adequado, intensidade suficiente para determinado trabalho, proporciona boa definição de cores e evita o ofuscamento. A deficiência na qualidade da iluminação pode causar problemas como irritabilidade, dores de cabeça, fadiga, provocando erros e acidentes.

Para desenvolver um ambiente com boa qualidade visual é necessário atender alguns itens como: Observar se o nível da iluminação está de acordo com o tipo de atividade e idade das pessoas. Distribuir as luminâncias proporcionando um bom contraste na visualização de objetos. Evitar o ofuscamento através de mudanças bruscas de intensidade de iluminação. (Lamberts, 1997).

1.3.3 Variáveis arquitetônicas

Uma das mais importantes condicionantes ao desempenho térmico do edifício é a **forma**. Trabalhando-a o arquiteto pode controlar fluxos de vento no entorno ou até criar uma barreira. Pode voltar fachadas menores para uma posição de maior radiação solar e também evitar transparências. Em circunstâncias de nevasca, a forma pode evitar o acúmulo de neve na cobertura ou simplesmente evitar os ventos frios em campo aberto. A casa Fallingwater, já citada, do arquiteto Frank Lloyd Wright é um magnífico exemplo de volumetria completamente integrada à topografia do terreno e à paisagem. Seus volumes se diluem penetrando na vegetação e gerando grande harmonia ao conjunto. Edifícios sobre pilotis

proporcionam liberdade para a circulação de pedestres e melhor fluxo de vento no térreo.

Outro fator importante é a definição dos **materiais** de fechamentos das fachadas. Essa escolha vai definir o desempenho térmico das fachadas e a qualidade da iluminação.

A **função** do edifício é outro determinante importante. Com a escolha de elementos de iluminação natural para shoppings e edifícios de escritórios, por exemplo, poderia significar redução do consumo de energia. Em uma biblioteca, por exemplo, a luz natural daria melhor definição das cores.

Os **fechamentos** externos protegem o ambiente externo. A escolha certa deste fechamento poderá significar mais ou menos ganho de calor dentro do espaço habitado. Esses fechamentos podem ser opacos ou transparentes, sendo que os materiais **opacos** têm a característica de transmitir o calor da superfície mais quente para a mais fria. Um exemplo clássico é a fachada externa com muita incidência de radiação solar e que num determinado período transmite o calor para o ambiente interno. O material e a cor também podem influenciar no comportamento térmico. Já os **transparentes** trocam calor através da condução e convecção, também presentes nos materiais opacos. O diferencial é a radiação direta dentro do ambiente, que poderia ser evitada ou minimizada com a escolha de

um vidro com menor transmissividade, com orientação adequada, com tamanho da abertura e uso de proteções solares internas (persianas) ou externas (brise-soleil). (Lamberts, 1997).

Na segunda metade da década de 30, o trabalho do arquiteto Le Corbusier trouxe novamente o clima como determinante do projeto arquitetônico. Uma de suas mais importantes criações foi o “**brise-soleil**”, uma inovação estrutural criada para o controle ambiental dos edifícios. Com esta invenção era possível ter um grande fechamento de vidro, cumprindo seu papel de proteção contra a chuva, mas impedia a penetração dos raios solares através de uma trama externa, sem barrar a vista do exterior e ao mesmo tempo criando um

elemento que foi muito utilizado na arquitetura moderna (Mascaró, 1983).

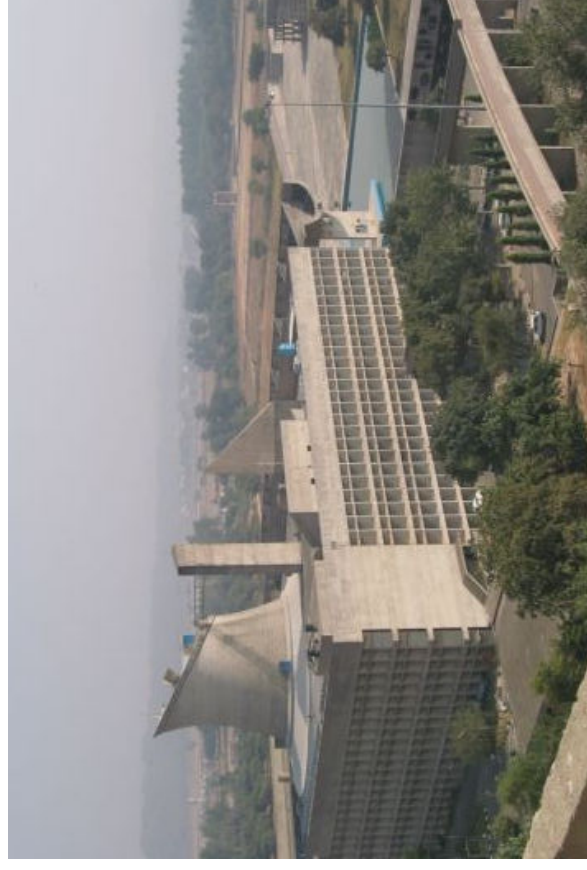


Fig. 03 - Assembléia de Chandigarh, Índia – LE CORBUSIER, 1962
fonte: a+u (nov. 1987)

À este, também se somaram outros elementos como pergolados, cobogós e macharabis, que viabilizaram a utilização das fachadas envidraçadas, valorizando ainda mais nossa arquitetura, através dos mais variados modelos desenhados pelos arquitetos brasileiros.

O **aquecimento da água** é uma das coisas que mais consomem energia em uma casa. A opção mais viável é o aquecimento solar. Basta que o arquiteto deixe um circuito paralelo de tubulações de cobre e tenha um espaço na cobertura para o boiler e as placas solares, voltadas para o norte.

A **iluminação artificial** deve antes de tudo ser adequada ao tipo de atividade desenvolvida no ambiente, com a escolha certa do tipo de lâmpada,



Fig. 04 – Unidade de Habitação em Marselha, LE CORBUSIER, 1952.
fonte: a+u (nov. 1987)

O brise-soleil foi muito utilizado na arquitetura moderna brasileira, pois resolvia de maneira muito eficiente o problema da insolação, no clima tropical. Através dos anos foi estudado e aperfeiçoado para melhor desempenhar seu papel nas diversas regiões do Brasil.

disposição e intensidade. Alguns recursos para a economia do consumo energético podem ser usados, como o controle da luz elétrica por sensores de ocupação, sistema por controle foto elétrico e sistema de programação de tempo.

Mesmo com a posterior influência do neoclássico, muitos desses elementos da cultura local permaneceram em uso, proporcionando um melhor conforto ambiental. (Bruand, 1981).

O rompimento com os elementos tradicionais, só veio com a chegada da arquitetura moderna. Pela influência do arquiteto Le Corbusier, foram introduzidos na nossa arquitetura grandes aberturas, permitindo a

O clima quente e a forte luminosidade do Brasil foi um dos fatores físicos que mais influenciaram a sua arquitetura moderna. No período colonial as edificações utilizavam paredes muito grossas, janelas estreitas com veneziana ou postigos, grandes beirais e vastas varandas no sentido de combater a insolação.

entrada de ar, luz e integrando o espaço interno à natureza. Isso trazia a necessidade de se utilizar novos elementos arquitetônicos, adequando-a melhor às nossas condições climáticas. Depois que foi inventado por Cobusier, para o projeto de urbanização de Argel, o **brise-soleil** foi gradativamente desenvolvido para

melhor atender nossas necessidades através de estudos da movimentação do sol, nas diversas estações e nas várias latitudes do nosso país. Foram então concebidas as seguintes regras para a utilização do brise-soleil, conforme a orientação da fachada: No sul não haveria incidência de sol e no leste seria parcialmente necessário o uso do brise, pois era a posição do sol nascente. No norte era indispensável o brise horizontal no inverno, e, no oeste o vertical o ano todo. Estes se tornaram uma grande expressão plástica na arquitetura moderna brasileira, sendo concebidos em uma grande variedade de modelos, e muitos até móveis. (Bruand, 1981).

A utilização em larga escala do brise-soleil não desapareceu com os elementos tradicionais citados mais acima. As varandas foram substituídas por grandes áreas livres cobertas, e terraços ou sacadas protegidas por lajes em balanço, graças à utilização do concreto armado. As persianas e venezianas também foram redesenhadas proporcionando novos efeitos nas fachadas. Embora os procedimentos técnicos tenham mudado, o princípio dessas proteções continuaram os mesmos. (Bruand, 1981).

Outro fator importante para combater o calor foi a utilização da **ventilação cruzada** que foi desenvolvida e muito utilizada. A ventilação cruzada consistia em atravessar o edifício de lado a lado livremente de

maneira a ventilar todos os ambientes. Para isso os arquitetos não encostavam as paredes até no teto, possibilitando a colocação de elementos como venezianas, grades ou rótulas, permitindo a ventilação permanente e preservar a intimidade. Outras vezes as tradicionais bandeiras em cima das portas foram utilizadas com o mesmo propósito. O melhor aproveitamento dos ventos deve ser feito através da devida orientação conforme sua direção predominante em cada região específica.

O regime de chuvas de nosso país foi determinante na continuação do uso do **telhado**, porém o colonial de quatro águas foi redesenhado ganhando novas formas e materiais. Com a introdução no mercado das telhas

de cimento amianto, foi possível fazer grandes planos de uma água com pouquíssima inclinação, muitas vezes invertendo-se as quedas para o meio da construção, com a criação de uma calha central. Foram muito usadas também **platibandas** e **beirais com laje** para arrematar o telhado de forma mais geométrica e dando maior leveza, evitando-se assim o aspecto tradicional.

Dentre os arquitetos que mais se dedicaram à aproximação entre arquitetura e natureza no Brasil, sem dúvida este foi Rino Levi. Sua obra foi reconhecida internacionalmente, pelo caráter introvertido de suas residências urbanas, porém com um grau de integração jamais visto entre interior e exterior. O primeiro projeto

com estas características foi sua casa. Foi elaborado em um lote urbano de esquina, onde sua implantação já se diferenciava do que era feito normalmente. A casa foi implantada de maneira a criar dois pátios fechados, sendo os cômodos com as aberturas voltadas para esses espaços. O desejo do arquiteto de priorizar a intimidade sem romper o contato com a natureza fica evidente.

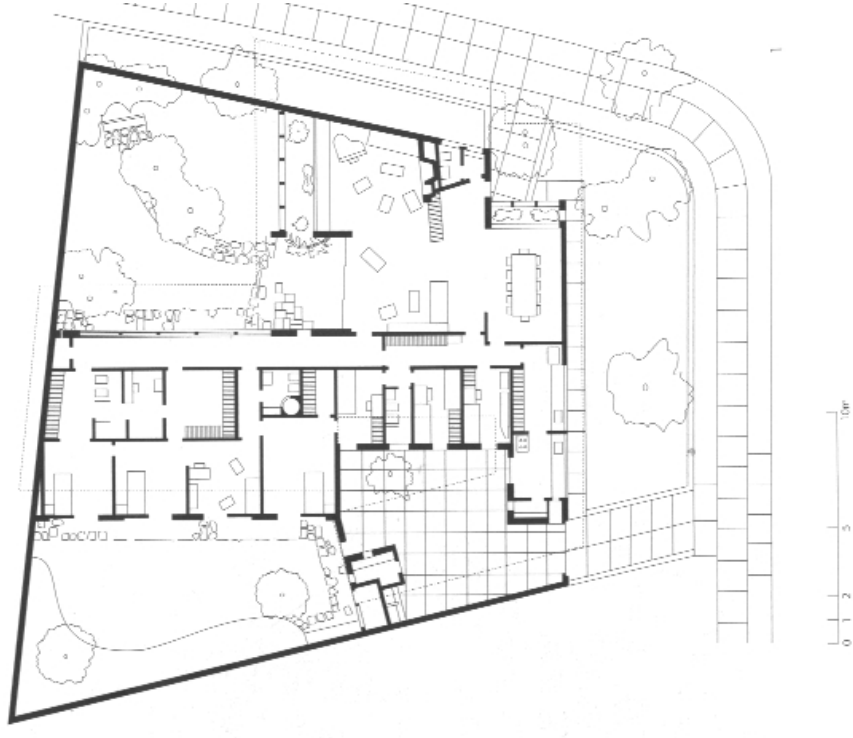


Fig. 05 - Planta da residência RINO LEVI, 1944. 46 fonte: ANELLI (2001)

implantação foi feita de maneira a criar espaços abertos para jardins sendo os cômodos da área social e dormitórios voltados para estes, porém dessa vez um pergolado em toda a lateral da sala de estar ampliava o sentido de integração com a área externa, possibilitando a entrada de ar, luz e chuva.



Fig. 06 - Interior da residência RINO LEVI, 1944

fonte: Anelli (2001)

A segunda casa projetada com as mesmas características da primeira foi para Milton Guper, e contou com a participação de seu sócio Roberto Cerqueira César. Era outro lote de esquina e a

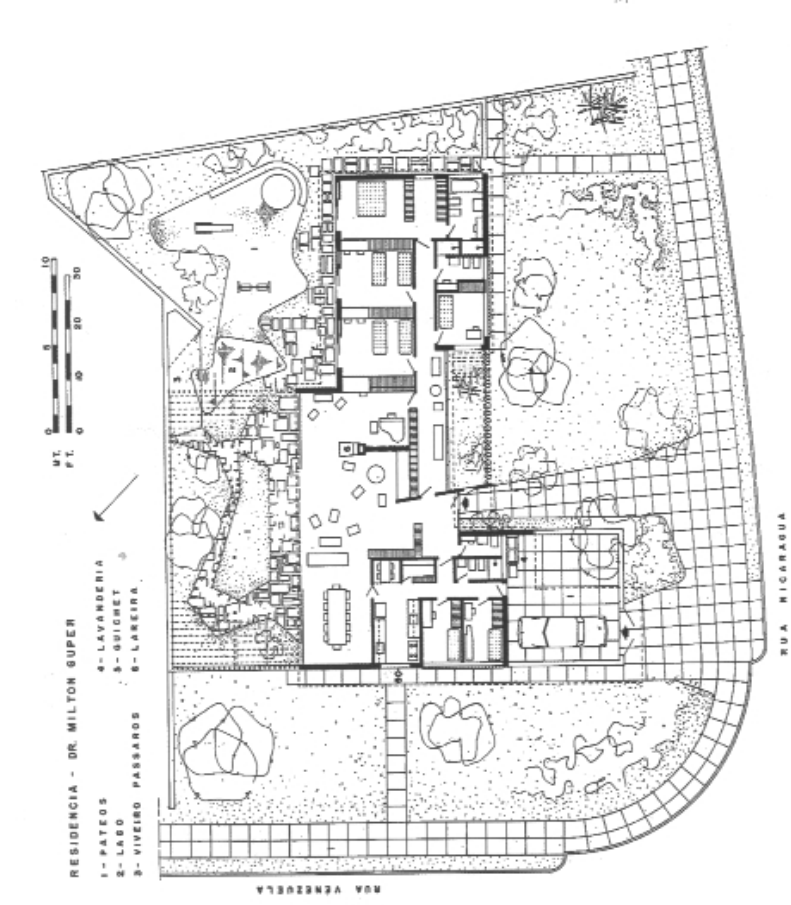


Fig.07- Planta da residência Milton Guper, RINO LEVY, 1951 – fonte: ANELLI (2001).



Fig. 08 – Interior da residência Milton Guper, Rino Levi, 1951. fonte: ANELLI (2001)

Segundo Bruand (1981), a casa de Castor Delgado Peres é a síntese mais perfeita de todas as outras tentativas. Mais uma vez o pátio de influência mediterrânea está presente, mas desta vez nas duas laterais da sala de estar.

“Jamais a integração entre arquitetura e natureza disciplinada tinha sido levada tão longe, jamais a continuidade interior-exterior realizada em proveito exclusivo de uma concepção intimista tinha sido levada até suas últimas conseqüências antes dessa experiência, que marca o término de uma evolução”. (BRUAND, 1981).

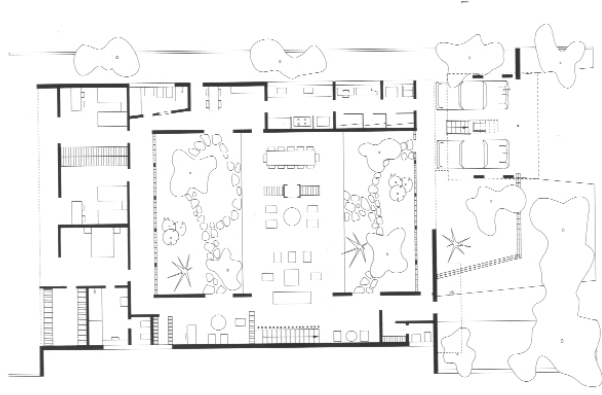


Fig. 09 – Planta da residência Delgado Perez, Rino Levi, 1958.
fonte: ANELLI (2001)



Fig. 10 – Interior da Residência Delgado Perez, Rino Levi, 1958.
 fonte: ANELLI (2001)

1.5 Megaestruturas e o Archigram

No início dos anos 60, um grupo de jovens arquitetos ingleses questionaria a produção arquitetônica da época, através de propostas inovadoras, que enfocavam o desenvolvimento econômico e

tecnológico do pós-guerra como o caminho para esta transformação. Seriam estabelecidas novas relações entre arquitetura e o ambiente natural.

Este grupo fora denominado Archigram e era formado por estudantes de arquitetura recém graduados. Seus componentes eram Peter Cook, Ron Herron, Warren Chalk, Dennis Crompton, David Greene e Mike Webb. Tinham como objetivo publicar uma revista de arquitetura com caráter crítico e provocativo. Empunhavam a bandeira da inovação elevada às últimas conseqüências frente à arquitetura tradicional. Suas referências eram os novos sistemas de transporte, as novas tecnologias da eletrônica, a corrida espacial, o surgimento das redes de telecomunicações, a

robótica, a informática, os novos eletrodomésticos e principalmente a televisão. Esta última era o principal meio de comunicação disseminador da cultura do bem estar e desenvolvimento proporcionado pelas novas tecnologias da época (Silva, 2004).

Propuseram objetos e espaços futurísticos que eram produtos de uma realidade presente com a ficção científica, inspiradas na ciência e tecnologia espacial. Acreditavam em profundas mudanças sociais e nas diversas áreas do conhecimento, incluindo a arquitetura, pelo contínuo e cada vez mais rápido desenvolvimento tecnológico. A arquitetura que antes era pensada a partir de princípios fundamentais como a rigidez, a estaticidade, a estabilidade e a durabilidade,

foram repensadas através de uma nova realidade, que levava em consideração as grandes mudanças econômicas, sociais e culturais do momento. Tinham a necessidade de novas alternativas para planejamento espacial, fundamentadas agora em princípios como a mobilidade, a flexibilidade, a instabilidade, a mutabilidade, a instantaneidade, a efemeridade, a obsolescência e a reciclagem (Silva, 2004).

Em 1964, Peter Cook propôs a “Plug-in City”, ou “Cidade Interconexa”. Tratava-se de uma megaestrutura espacial pré-fabricada, formada por nós e tubulações que geravam uma grande rede (network), com vias de comunicação e de acesso que ligavam todos os pontos. Nessa estrutura eram conectados os

elementos arquitetônicos, que eram formados por habitações e todo o tipo de serviços para suprir as necessidades dos moradores. Apresentava uma característica diferente e interessante, pois seu crescimento era completamente independente da configuração física local. Mais surpreendente foi a criação de “Walking City” em 1964. Era uma arquitetura sem fundações e sem raízes, mas possuía pernas tubulares que se deslocavam sobre o solo e as águas em movimentos constantes. Não tinha lugar fixo e poderia se locomover pelo território como um organismo vivo a procura de condições ambientais mais favoráveis.



Fig. 11 - Plug-in-city, PETER COOK (1964).
Fonte:WWW.ARCHIGRAM.NET

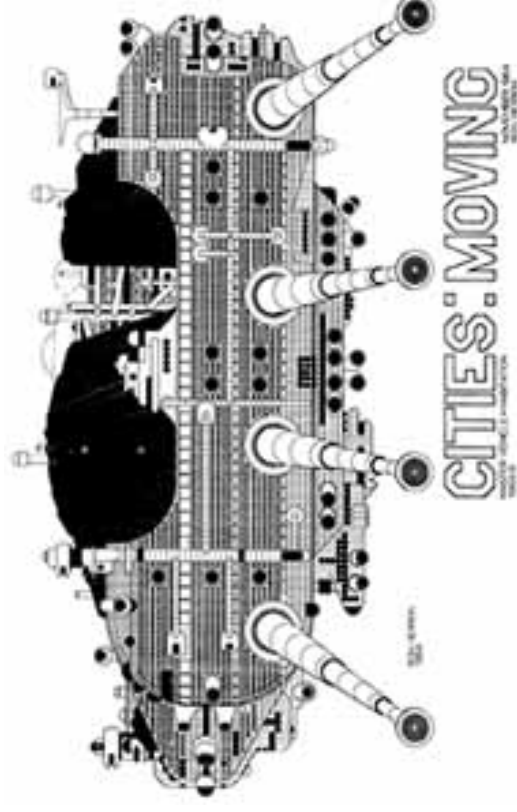


Fig. 12 - Walking City, RON HERRON (1964)
Fonte:WWW.ARCHIGRAM.NET

Suas pesquisas apontavam para uma construção diferente da tradicional, que era muito rígida e feita para durar muito tempo. Além disso, a sociedade daquele momento tinha outras necessidades. As cápsulas espaciais influenciaram muito o projeto da habitação, no que diz respeito ao desenho ergonômico dos espaços, proporcionando conforto e praticidade, e também pela utilização da tecnologia de ponta nos seus equipamentos e eletrodomésticos. A preocupação com a obsolescência influenciou de maneira decisiva na escolha do partido adotado. Todas as unidades eram cápsulas unitárias conectáveis pré-fabricadas, muito leves, pois eram feitas de plástico reforçado com lâminas de aço. Criaram unidades flexíveis, compostas por partes menores que podiam ser articuladas

proporcionando uma série de composições, o que o tornava um sistema construtivo dinâmico e mutante. Era possível acrescentar um quarto ou simplesmente eliminá-lo, ou ainda trocar uma parede de lugar conforme a mudança de necessidade do morador (Rouillard, 1994).



Fig. 13 - Cápsula Plug-in-city, PETER COOK (1964).
Fonte:WWW.ARCHIGRAM.NET

arquitetura que tenha a capacidade de se adaptar a novos usos e estar em constante renovação tecnológica pode responder melhor à nossa principal questão que é diminuir o impacto ambiental. Evitando a degradação arquitetônica e urbana, se reduziria o gasto de energia e a quantidade de resíduos do término da vida útil do edifício.

Outro interesse de suas pesquisas foi a unidade habitacional autônoma que tinha como característica a máxima flexibilidade, praticidade e adaptabilidade. O mais importante é que essas unidades poderiam existir independentemente das mega-estruturas ou qualquer outro sistema de suporte permanente. O melhor exemplo é o “Living Pod Project”, que se tratava de



Fig.14 - Cápsula Plug-in-city, PETER COOK (1964).
Fonte:WWW.ARCHIGRAM.NET

Responder às questões da obsolescência e flexibilidade na arquitetura é um fator cada vez mais necessário na sociedade contemporânea. As tecnologias da informação e comunicação, proporcionam relações mais dinâmicas nas atividades humanas. O espaço arquitetônico e urbano tende a tornar-se obsoleto se não acompanhar essas mudanças. Sem dúvida uma

uma casa cápsula que poderia ser conectada a uma estrutura urbana do tipo plug-in ou ainda ser transportada e implantada em uma região não habitada, como florestas, desertos e até o fundo do mar. Isto é possível, pois tratava-se de uma unidade autônoma e nômade. Era essencialmente uma cápsula hermética, pequena e confortável, com compartimentos internos planejados para o múltiplo uso. A arquitetura era a estrutura principal, com máquinas e equipamentos de última geração anexados a ela, tornando-o um ambiente descrito como uma verdadeira “máquina de morar” (Silva, 2004).

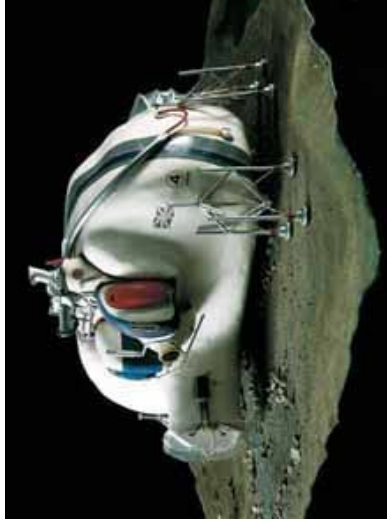


Fig.15 - Living Pod Project, DAVID GREENE (1965)
Fonte:www.archigram.net

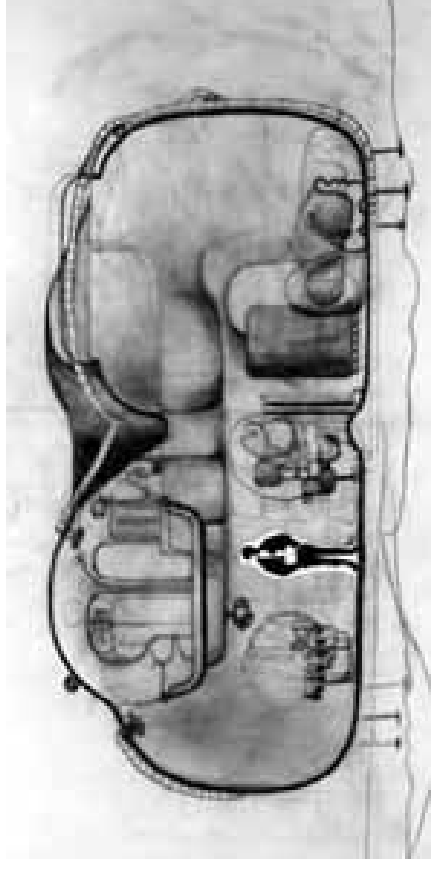


Fig. 16 - Corte Living Pod Project, DAVID GREENE (1965)
Fonte:www.archigram.net

Alem disso, sua característica de mobilidade podia proporcionar outro tipo de relação com a paisagem, pois a arquitetura tradicional oferecia sempre a mesma vista e nem sempre agradável. Com a mobilidade era possível escolher a vista ou o micro-clima que mais agradasse ao usuário.

A mobilidade e a autonomia da arquitetura foram temas recorrentes no século XX. Tinham como objetivo criticar os problemas dos grandes centros urbanos, com seu ambiente caótico e opressor. Estas propostas também serviram de referência para a criação de unidades autônomas e sustentáveis mais recentemente em experiências do grupo XCO2 e Richard Rogers.

1.6 Arquitetura de high tech

Na década de 70 surgiram os primeiros exemplos da arquitetura high tech, influenciada sobre tudo pelas poéticas tecnológicas dos anos 60, evidenciando em seus edifícios a estética da alta tecnologia. Era baseada nas contribuições da ciência, da indústria e da técnica, e, foi desenvolvida explorando as possibilidades formais de novos materiais e novas tecnologias. Os edifícios exteriorizavam máquinas, equipamentos, tubulações, elevadores, etc... tudo o que era necessário para o seu funcionamento, muitas vezes tornando-o completamente isolado do ambiente que estava inserido. Apesar de terem um custo de construção e manutenção muito elevados, em virtude da alta tecnologia da informática e automação que estava em

desenvolvimento, as questões energéticas foram logo tratadas como temas a serem incorporados a este tipo de arquitetura.

problema que poderia influenciar o funcionamento dos edifícios.

O início da década de 70 foi marcado pelos conflitos entre árabes e israelenses. A vitória de Israel, apoiada pelos EUA fez com que os países produtores de petróleo se unissem, transformando o petróleo em um instrumento de pressão política, com o objetivo de obter apoio do ocidente. A falta do produto no mercado internacional e o grande aumento dos preços foi a primeira experiência do mundo moderno sem o seu principal combustível. O racionamento de energia e a busca por novas fontes alternativas, tornava-se um

O Lloyd's of London (1979), projetado pelo arquiteto inglês Richard Rogers, foi um dos primeiros edifícios a considerar essas novas questões. Possuía sistemas de conservação de energia, proporcionava iluminação natural, sistema de ventilação natural, janelas reguláveis e conservação de água e re-uso.



Fig. 17 - Ed. Lloyds em Londres, RICHARD ROGERS & PARTNERS, 1979-1986. fonte: GÖSSEL (1996)

Outro projeto importante foi o Instituto do Mundo Árabe (1981), em Paris, projetado por Jean Nouvel. Foi construído com a utilização da tecnologia de ponta daquela época: estrutura de concreto, fachadas envidraçadas e revestimento de alumínio nos elementos estruturais. Mas sua principal contribuição está no controle da insolação, através de um “brise-soleil” de última geração que pode se abrir ou fechar automaticamente, por células foto-elétricas, que acionam motores elétricos independentes de cada módulo. Este projeto explorou as possibilidades tecnológicas para o controle inteligente das condições ambientais internas do edifício.

naturais e adaptando-se muito mais a trama urbana inserida. Muitos dos arquitetos representantes dessa arquitetura passaram a rechaçar a simples qualificação de “alta tecnologia” buscando uma arquitetura ecológica, de tecnologia suave e humana. (Montaner, 1993).

A produção arquitetônica de alta tecnologia dos anos 90, trouxe novas experiências no sentido da economia de energia e da melhora da interação entre o edifício e o ecossistema. Utilizando o conceito de sustentabilidade aliado a alta tecnologia e materiais de última geração, foi possível inovar o desenho dos edifícios e potencializar o desempenho de equipamentos ligados ao conforto climático, redução de resíduos, geração e economia

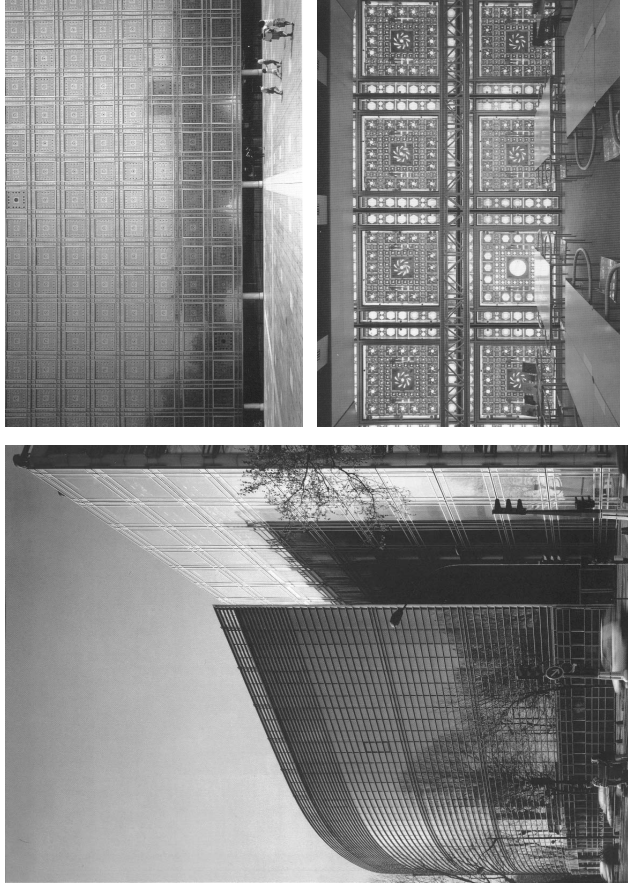


Fig. 18 – Instituto do Mundo Árabe, JEAN NOUVEL, 1981 fonte: AD (1996)

Grande parte da arquitetura de alta tecnologia na década de 70 foi depurando suas expressões maquinistas agressivas, duras e anti-humanas. A arquitetura tecnológica foi aos poucos sendo suavizada, no sentido do respeito às preexistências

de energia. Tornou-se necessária a discussão sobre as novas estratégias projetuais, que ajudariam a adequar os edifícios às novas exigências e preocupações ambientais da nossa sociedade.

O próximo capítulo abordará as definições da sustentabilidade e sua aplicação na arquitetura. Após os esclarecimentos sobre esse conceito, que se desenvolveu na segunda metade do século passado, o último capítulo tem como objetivo mostrar sua aplicação na arquitetura nas obras da década de 90 e início do século XXI.

2 A R Q U I T E T U R A E S U S T E N T A B I L I D A D E

2.1 Sustentabilidade: Origens e conceitos

Na antiga Grécia, Platão foi o primeiro a pensar a relação do homem com a natureza de maneira equilibrada. Dizia:

*“Tudo faz parte de um mesmo organismo, nada pode ser avaliado isoladamente. O homem e a natureza fazem parte de um mesmo sistema”
(PLATÃO, 427 – 347 AC).*

As megalópoles do império romano significavam “próximas de esgotar os limites de se sustentarem” (KRONKA, 2002). Tinham, portanto, o conhecimento de que a população de uma cidade precisaria de uma determinada área onde pudesse extrair os recursos básicos para sua sobrevivência. Se os recursos fossem menores que a população, certamente haveria algum tipo de impacto, podendo até inviabilizar a vida no local. Esse conhecimento foi retomado na dec. de 70 por William Rees, e foi chamado de “**pegada ecológica**”. Este estudo relaciona a cidade ao espaço necessário para a sua sobrevivência.

A crise do petróleo na década de 70, decorrente dos conflitos no oriente médio, foi importante no sentido de despertar as nações para os problemas da dependência de recursos energéticos não renováveis como o petróleo. A posterior comprovação científica de que este um dia se esgotaria, fez surgir o interesse por políticas de racionalização do uso dos recursos naturais e pesquisas que buscavam outras fontes naturais de energia. Essa época também foi marcada pelo crescimento dos movimentos ecológicos em função dos graves problemas ambientais que começavam a surgir nos países industrializados. Foi uma forma eficaz de pressionar a criação de leis ambientais e o controle sobre as atividades humanas que contaminassem o meio ambiente.

Criado na Austrália em 1974 por Bill Mollison e seu colega David Holmgren, a “**permacultura**” é um sistema que combina a agricultura com a arquitetura; a silvicultura com o cuidado dos animais; as relações entre o mundo vegetal e os assentamentos humanos, a economia e a política; as tecnologias apropriadas e a saúde com a educação, a arte e a espiritualidade. Uma tentativa de criar uma cultura permanente com um modo de vida saudável e harmonioso com o meio ambiente. A permacultura é o desenho consciente e holístico de sistemas produtivos que possuam a biodiversidade, estabilidade e resistência de um ecossistema natural. É também uma forma de integração, que permite ao ser humano obter seus alimentos, abrigos, saúde, energias, e desenvolver uma

série de valores éticos, ecológicos e espirituais de uma maneira sustentável, justa e respeitosa por todas as nossas relações (MOLLISON, 1998).

É possível resumir os principais objetivos do permacultor como sendo:

- Preservar e restaurar os ecossistemas do planeta.
- Trabalhar com a natureza e não contra ela.
- Mudar o mínimo possível o ambiente, para obter o máximo efeito.
- Perceber os dois lados de uma situação, de como a podemos ver para que se torne benéfica para nós ou não.

- Perceber as muitas formas de funcionamento que os elementos tem num sistema. O único limite está em nossa própria criatividade e conhecimento.

- Enfocar as soluções e não os problemas.
- Cooperar e não competir.
- Minimizar a demanda de energia e manutenção de seu sistema, maximizando o ganho.
- Trazer a produção de alimentos de volta as cidades.
- Criar sistemas que sejam ecologicamente corretos e economicamente viáveis, os quais cubram suas próprias necessidades, não

contaminem, não destruam, e assim sejam auto-sustentáveis e duráveis.

Todos esses fatos e conceitos citados mais acima contribuíram para uma melhor definição da sustentabilidade. É importante ressaltar que a sustentabilidade é colocada como uma condição desejável a ser alcançada, mas nunca definitiva. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento definem a sustentabilidade da seguinte forma:

“O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades”. (CMMAD, 1991)

2.1.1 Definição do Termo Sustentabilidade

Esta é uma tarefa complexa e difícil, pois ainda é considerado um termo bastante recente e vem sendo aplicada em diferentes áreas de conhecimento. Primeiro foi utilizado na esfera ambiental. Depois foi aplicado nos campos econômico, social e político, tornando sua conceituação ainda mais complexa. Segundo Sandra Silva (2000), “Não possui um respaldo científico, ou seja, a sua noção está mais relacionada a uma tendência, a um processo norteador de reflexões, e ações determinadas por ações humanas em face ao seu relacionamento com o meio envolvente em circunstâncias específicas”.

A autora Ignacy Sachs classifica sustentabilidade em cinco dimensões:

- Sustentabilidade social: Entende-se pela criação de um processo de desenvolvimento sustentável com melhor distribuição de renda e redução do abismo entre classes ricas e pobres.

- Sustentabilidade econômica: É possível através de um gerenciamento mais eficiente dos recursos e maiores investimentos tanto nos setores públicos como privados, além de se procurar maior eficiência econômica em termos macro-sociais e não apenas através do critério macroeconômico do empresariado.

- Sustentabilidade ecológica: É a utilização dos recursos naturais, quando possível, renováveis,

com maior eficiência, redução da utilização de combustíveis fósseis, redução do número de resíduos e de poluição, promovendo a autolimitação do consumo, intensificação nas pesquisas para obtenção de meios mais eficientes e menos poluentes para o desenvolvimento do espaço urbano, rural e industrial, desenvolvimento de normas adequadas para proteção ambiental com elementos de apoio econômico, legais e administrativos necessários para seu cumprimento.

- Sustentabilidade espacial: Configuração urbana-rural mais equilibrada entre os assentamentos urbanos e atividades econômicas, redução da concentração excessiva nas metrópoles, exploração racional das florestas e

da agricultura através de técnicas modernas e regenerativas, exploração da industrialização descentralizada, criação de uma rede de reservas naturais e da biosfera para proteção da biodiversidade.

- Sustentabilidade cultural: Procurando manter as raízes em todos os processos de modernização, agricultura, indústria, preservando as características locais e particulares de cada região.

Sandra M. Silva (2000) identifica três características básicas da sustentabilidade:

- Caráter Progressivo – sustentabilidade como algo a ser atingido indefinidamente, ou seja, suas

metas devem ser continuamente construídas e permanentemente reavaliadas.

- Caráter holístico – pluridimensional, envolvendo os aspectos ambientais, econômicos, sociais e políticos. Estes aspectos são indissociáveis tanto nas formulações teóricas como práticas.

- Caráter histórico – abrange aspectos espaciais, que contemplam os aspectos do impacto ambiental com o projeto. Os temporais, que fazem com que as medidas propostas sejam avaliadas de acordo com seu histórico, aspectos relacionados com o presente e com o futuro da comunidade envolvida. Por último os aspectos participativos, onde o envolvimento da comunidade é de extrema importância.

2.1.2 Formas de Implantação

Foi muito importante o apoio e a participação das esferas governamentais na busca por formas de implantação do desenvolvimento sustentável. Verificamos a criação de formas de se conduzir à discussão do problema entre as nações, por exemplo, com a criação pela ONU em 1972 do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas. O principal objetivo era aproximar países pobres e ricos com a finalidade de se promover o desenvolvimento sustentável.

Em 1983 na Suécia, foi criada a Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, onde foram propostas estratégias de longo prazo para atingir o desenvolvimento sustentável até por volta do ano 2000.

Este ficou conhecido como Relatório Brundtland. (CMMAD, 1991)

Foi realizada no Rio de Janeiro em 1992 o encontro conhecido como Rio 92, onde foi elaborada pelos representantes das nações presentes, a Agenda 21. Nela encontram-se as diretrizes para a implantação do desenvolvimento sustentável, levando-se em conta todas as atividades humanas. A partir deste documento, cada país poderá viabilizar sua própria Agenda 21.

Em 1996, foi realizado o encontro Habitat II (Habitação Adequada para todos e desenvolvimento de Assentamentos Humanos no Mundo em Urbanização), em Stambul. A Agenda 21 foi tomada como referência

para os princípios, metas e compromissos até os primeiros anos do século 21.

O próximo passo foi a criação do Protocolo de Kyoto, que é um conjunto de medidas para combater o efeito estufa e o aquecimento global, em razão das emissões de gases poluentes na atmosfera. Os EUA e a Rússia foram os únicos a não assinar o protocolo pelas suas necessidades na produção industrial. Em 2004 a Rússia acabou por concordar com o tratado mediante pressões internacionais e pelos seus interesses comerciais com esses países. Apenas no início do ano de 2007, depois de um aumento significativo das catástrofes naturais, o governo dos EUA reconheceram a

necessidade de se implantar formas de um desenvolvimento sustentável.

2.2 Arquitetura sustentável

Na literatura, são muitas as definições para a arquitetura que se relaciona com o meio ambiente. São encontradas arquitetura sustentável, arquitetura verde, arquitetura ecológica, arquitetura bioclimática, etc. Porém, as três primeiras se relacionam com o meio ambiente, e a última, com o clima. Na tabela a seguir estão relacionadas à arquitetura convencional, bioclimática e ecológica, e como devem são abordados alguns aspectos em cada uma delas:

Tabela 01 – Tipo de projeto

	TIPO DE PROJETO		
	Outros	Bioclimático	Ecológico
Configuração Do edifício	Outras influências	Influído pelo clima	Influído pelo meio ambiente
Orientação do edifício	Relativamente intrascedente	Crucial	Crucial
Fachada e janelas	Outras influências	Sensível ao clima	Sensível ao meio ambiente
Fonte energética	Gerada	Gerada/ambiente	Gerada/ambiente/local
Perda de energia	Relativamente intrascedente	Crucial	Crucial/reutilizada
Controle ambiental	Eletromecânico Artificial	Eletromecânico/manual Artificial/natural	Eletromecânico/manual Artificial/natural
Grau de bem estar	Uniforme	Variável/uniforme	Variável/uniforme
Funcionamento com baixa energia	Eletromecânico	Passivo/eletromecânico	Passivo/eletromecânico
Consumo de energia	Geralmente alta energia	Baixa energia	Baixa energia
Fonte de materiais	Relativamente intrascedente	Relativamente intrascedente	Impacto ambiental baixo
Produtos materiais	Relativamente intrascedente	Relativamente intrascedente	Reutilização/reciclagem/reintegração
Ecologia de implantação	Relativamente intrascedente	Importante	Crucial

Fonte: YEANG (2001)

Abaixo estão resumidas as principais premissas para o desenvolvimento de um projeto ecológico (YEANG, 2001):

- A base para um futuro sustentável é aceitar que, para o bem da humanidade, é preciso manter o funcionamento e as condições viáveis da ecologia local e global. Isto implica em limitar, na medida do possível, os efeitos destrutivos dos sistemas e projetos humanos sobre os ecossistemas.
- O ritmo atual da destruição dos ecossistemas globais por parte dos seres humanos é totalmente inviável, razão pelo qual, de agora em diante, as ações humanas (inclusive o projeto arquitetônico) tem que ser sensíveis ao ecossistema.

- Os recursos naturais são limitados. Os resíduos, uma vez produzidos, não são facilmente recicláveis. O projeto deve orientar-se pela conservação dos recursos.
- A humanidade faz parte de um sistema fechado na biosfera, e os processos do meio ambiente, por ser unitários, devem ser considerados holisticamente como parte do processo de projeto e planificação na criação do entorno edificado.
- Existem inter-relações e interconexões entre o entorno construído e o meio ambiente, tanto local como globalmente. Assim, toda mudança que se produza em uma parte qualquer desse sistema, afetará o todo. O projeto deve enfatizar a função

da conectividade dos processos e recursos ecológicos locais e globais.

Para Kean Yeang, a arquitetura ecológica deve não só minimizar os impactos na natureza, mas principalmente criar efeitos positivos no meio ambiente, integrando-o aos ciclos naturais da biosfera, ou seja, sendo elemento gerador de benefícios ao meio em questão (YEANG, 1999).

“Podemos definir o projeto ecológico como a gestão prudente das conexões holísticas de energia e materiais usados no sistema construído, com os ecossistemas e recursos naturais na biosfera, conjuntamente por um esforço comum para reduzir os impactos negativos desta gestão, conseguindo assim uma integração positiva do entorno construído e natural” (YEANG, 2001).

Seria necessário, portanto, não só rever a produção da arquitetura desde o projeto até sua construção, mas também rever o papel do arquiteto na sociedade e discutir suas novas qualificações e atribuições, no sentido de desenvolver uma arquitetura, que inove e responda aos problemas ambientais desse século.

Segundo Brian Edwards (2001), os seres humanos realizam suas atividades como morar, trabalhar, laser, transporte, etc, em uma infinidade de tipos de construções. A indústria da construção civil consome 50% de todos os recursos energéticos mundiais, tornando-a a atividade menos sustentável do planeta. Portanto, o autor coloca como prioritário que este quadro seja mudado, e que, os principais agentes

destas mudanças seriam os arquitetos e projetistas de edifícios. Como projetistas criativos e inovadores, poderiam implantar formas alternativas de cidades garantindo assim um futuro mais sustentável e lançando estratégias de projeto mais responsáveis para os edifícios.

Há muito tempo que a população mundial é caracterizada como predominantemente urbana. A metade da população mundial reside em zonas urbanas, e a metade mora em grandes centros urbanos como Tóquio, Cidade do México e São Paulo. Isto significa que estas mega-cidades são responsáveis por um grande conjunto de impactos, gerando uma quantidade altíssima de resíduos que não são

assimilados pelo meio ambiente. Para Edwards (2001) as soluções para diminuir as pressões sobre o meio ambiente precisam atender vários aspectos. Ressalta a importância do uso da alta-tecnologia, a conscientização de que é necessário respeitar o meio ambiente e deixar de explorar recursos não renováveis substituindo-os por práticas renováveis e auto-suficientes.

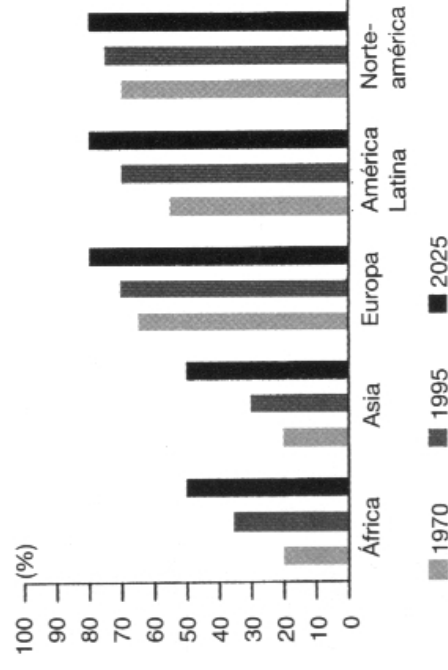


Fig. 19 – Ritmo do crescimento Urbano.
Fonte: YEANG (2001)

É imprescindível uma relação de maior simbiose entre cidade e território. Sendo assim, o autor valoriza a importância do edifício nesse contexto. Ele é parte integrante da cidade, de maneira que a melhoria no seu desenho, o aumento de seu ciclo de vida, a geração de sua própria energia, a captação e a reciclagem da própria água e utilização de materiais fabricados com resíduos, pode contribuir para diminuir os efeitos no meio ambiente.

É necessário, portanto, dizer que a arquitetura por si só não resolverá os problemas ambientais do planeta. A mudança no estilo de vida da sociedade contemporânea se faz extremamente necessária. O modo de produção capitalista alimenta o consumismo

desenfreado, e quanto mais próspera é a população, maior o consumo. Conseqüentemente será maior o uso de recursos naturais e maior ainda o aumento da produção de resíduos. Só a conscientização para o problema pela sociedade poderá alterar a estrutura da produção capitalista.

Outro fator importante é como a indústria de materiais de construção se encaixa nessa questão. Sabemos que as técnicas e tecnologias para o desenho sustentável da arquitetura estão em avançado desenvolvimento na Europa e EUA, porém se faz necessário um maior engajamento dos arquitetos nas questões ecológicas, para que estes novos valores sejam assimilados e colocados como questão de base para o

desenvolvimento de novos materiais e equipamentos (EDWARDS, 2001).

- Terra: 60% da melhor terra para cultivo e que deixa de ser utilizada para a agricultura, são utilizadas para construção.

Como já foi colocado, os edifícios são grandes consumidores de matérias-primas e, portanto, o capital ambiental na sua produção é enorme. Veja os valores a seguir (EDWARDS, 2001):

- Madeira: 70% da madeira extraída no mundo é para a construção.

- Materiais: 50% de todos os recursos naturais mundiais são destinados à construção civil.

- Energia: 45% da energia gerada é utilizada para aquecer, iluminar e ventilar edifícios, sendo que 5% é utilizado na sua construção.

- Água: 40% da água utilizada no mundo se destina a abastecer as instalações sanitárias e outros usos dos edifícios.

2.2.1 Sustentabilidade e o arquiteto

Se a sustentabilidade é um conceito que deve ser incorporado na área da construção civil, é inevitável que se criem normas para regular a indústria da construção e nossa profissão, assegurando leis que dêem igualdade de condições dos arquitetos e dos clientes, promovendo um mercado competitivo. No Reino Unido, por exemplo, segundo Paul Hyett

(EDWARDS, 2001), A RIBA (Real Instituto de Arquitetos Britânicos), o CIC (Conselho da Indústria da Construção) e o BRE (Centro de Investigação da Construção) desempenham um importante papel na introdução de mudanças na legislação sobre a construção.

A dificuldade em se produzir uma arquitetura mais ecológica, está no ensino das universidades, que ainda não instrui o futuro profissional de maneira adequada. As limitações de caráter físico, social, político e econômico dificultam extremamente a valorização dos aspectos humanos e a aplicação dos conceitos de arquitetura de baixo impacto ambiental em nossa profissão como um todo (YEANG, 1999).

É necessário que o conceito de sustentabilidade extrapole o aspecto de novidade ou possibilidade, e passe a integrar o plano de curso das faculdades, passando assim a integrar de maneira consistente e sendo aos poucos incorporado ao trabalho intelectual dos alunos (EDWARDS, 2001).

O RIBA é citado pelo autor como um bom exemplo nesse sentido, pois converteu a sustentabilidade como assunto obrigatório da educação dos arquitetos britânicos, e está se esforçando em envolver outras profissões associadas, a indústria, os clientes e o público em geral.

“ É de responsabilidade dos arquitetos proporcionar alternativas para o futuro, que permitam à humanidade viver em harmonia com seu anfitrião, o meio ambiente” (HYETT; EDWARDS 2001).

2.2.2 Energia

redução na fonte, ou seja, a mudança no padrão de consumo das pessoas, e sua valorização como fonte de energia, por exemplo, utilizando biodigestores ou como matéria prima para a indústria através da reciclagem. Evita-se assim o seu acúmulo em aterros sanitários.

O aquecimento global acredita-se, deverá gerar instabilidades climáticas regionais, de maneira que mudará o índice das precipitações pluviométricas, os ventos e as estações, comprometendo assim a produção agrícola. A calota polar deverá derreter, aumentando os níveis dos mares, o que resultará em cidades costeiras alagadas, colocando em risco toda sua infra-estrutura urbana. Segundo Edwards (2001) as temperaturas deverão variar de 1,5 a 4,0°C.

Como já é de conhecimento de todos, as atividades humanas em geral são as causas do aquecimento global. Os edifícios são responsáveis pela metade das emissões desses gases na atmosfera. A produção do CO₂ nos edifícios é muito alta principalmente nos países que possuem inverno rigoroso através da calefação, da iluminação, e da refrigeração, mediante o uso de combustíveis fósseis (gás, carvão e petróleo) ou pela eletricidade, que em muitos países é gerada pela queima de combustíveis (EDWARDS, 2001).

O metano é outro gás que colabora com o efeito estufa, e está relacionado diretamente ao aumento dos resíduos domésticos. A principal estratégia é sua

Os principais efeitos do aquecimento global, segundo a ONU (Painel Intergovernamental de Mudança

Climática) serão:

- Aumento do nível do mar.
- Aumento das tempestades.
- Aumento da temperatura.
- Expansão dos desertos.
- Aumento das canículas, especialmente onde não eram habituais.
- Aumento da ação conectiva, causando aridez ao solo.
- Pressão sobre os bosques mundiais.

O grande desafio para os arquitetos de hoje, segundo Edwards (2001), será como construir edifícios que

estarão em pleno uso nos anos em que se prevêem essas instabilidades climáticas. Ele coloca três princípios básicos que deverão ser respeitados:

- O entorno e a superfície ocupada pelo edifício são fundamentais para sua sobrevivência em longo prazo, adaptabilidade e eficiência energética.
- Deve ser melhorada a qualidade da construção (melhor isolamento e materiais de melhor qualidade).
- Procurar meios de melhorar o acondicionamento dos edifícios, principalmente na refrigeração de ambientes e no consumo de energia renovável.

2.2.2.1 A energia renovável

O fácil acesso aos combustíveis fósseis como o carvão e o petróleo dificultaram um maior desenvolvimento na exploração das fontes de energia renováveis. As consideradas viáveis para aplicar na arquitetura e urbanismo são as energias solar, eólica, geotérmica e a das ondas do mar. Esta última é a que dispomos em grande escala, porém, é a que foi menos desenvolvida tecnologicamente.

Essas fontes são abundantes e podem gerar energia suficiente para as necessidades humanas. No Brasil, por exemplo, o sol é abundante em todo o território, e os ventos são viáveis para produção de energia eólica nas regiões norte e nordeste, sem falar da extensão da

costa brasileira para gerar energia pelo movimento das ondas.

O grande problema ainda é como armazenar, transformar, distribuir e utilizar estas formas de energia, de maneira que possa ser utilizada nas inúmeras tarefas que hoje são realizadas pelo uso dos combustíveis fósseis (EDWARDS, 2001).

A aplicação dos princípios das energias renováveis na arquitetura depende da disponibilidade das fontes de energia e como serão exploradas no projeto. É conveniente que a opção por determinada energia seja considerada antes das decisões chave do projeto,

pois ao contrário poderá prejudicar seu rendimento (EDWARDS, 2001).

É muito comum hoje em dia, que o cliente ou o próprio arquiteto só dêem conta dos problemas na implantação de coletores solares, por exemplo, apenas quando o projeto já esta sendo detalhado ou a obra encontra-se em andamento, o que prejudica a implantação do sistema de maneira ideal. Ter o conhecimento prévio desses conceitos, tecnologias e a localização das fontes de energias renováveis disponíveis é imprescindível para a realização de um projeto eficiente nesse sentido.

2.2.2.2 Energia solar

A energia solar pode ser utilizada de forma passiva nos edifícios, para aquecer, ventilar e iluminar os espaços.

De forma ativa pode ser utilizada para aquecer água através de coletores solares e também para gerar eletricidade mediante células fotovoltaicas.

A forma mais simples de utilização da radiação solar é o seu aproveitamento na iluminação natural, proporcionando a redução de energia elétrica gasta com iluminação artificial. Isto significa a metade da eletricidade gasta em um edifício. Para isso é necessário que a distância da janela até o fundo do ambiente tenha no máximo 7m. Para intensificar o efeito da luz natural é conveniente o uso de placas horizontais refletindo a claridade para o teto das salas. Podem ser

utilizadas também como anteparos para evitar a incidência direta dos raios solares dentro do espaço e elementos para facilitar o acesso e manutenção das janelas (EDWARDS, 2001).

pode ser usado nos radiadores para aquecimento dos ambientes.

Os painéis fotovoltaicos são outra forma de exploração da radiação solar. Sua utilização esta se tornando viável à medida que seu custo se reduz e a confiança na sua eficiência aumenta (EDWARDS, 2001).

Os coletores solares são uma tecnologia bastante difundida no Brasil, sendo seu custo bastante viável, já que o investimento é recuperado em pouco tempo. As placas solares são colocadas inclinadas na cobertura do edifício e orientadas para o norte, de maneira que receba a luz solar na maior parte do dia. A água armazenada em um boiler circula constantemente através do encanamento até as placa, de maneira que se conserva quente. Nos países muito frios também

2.2.2.3 Energia eólica

Com a utilização dos ventos é possível gerar energia elétrica através de um gerador eólico. Pode ser instalado nas imediações do edifício ou até em sua cobertura. Apesar de ser pouco utilizado no Brasil, nas

regiões do norte e nordeste são bastante indicadas. Como seu custo é alto, pode ser explorada através de centrais e fornecer energia para as grandes redes de distribuição, tornando-se um investimento viável. Também é possível alimentar redes locais, edifícios e comunidades. Uma pequena turbina doméstica pode gerar 5W e as maiores são capazes de gerar 1,5MW. A maioria das turbinas comercializadas tem capacidade para 400KW. Nos parques eólicos ou em edifícios é mais eficiente a utilização de várias turbinas de 300 a 500KW (EDWARDS, 2001).

2.2.2.4 Energia geotérmica

A energia geotérmica é abundante, porém é necessária perfuração muito profunda (de até 2.000m), para alcançar a energia calorífica armazenada no aquífero geotérmico. Por esta razão não é muito utilizada em edifícios. É muito utilizada para alimentar sistema de caldeiras, o que reduz até em 40% o consumo de energia em edifícios com calefação (EDWARDS, 2001).

2.2.2.5 Biomassa

É proveniente de cultivos específicos ou resíduos vegetais das cidades, agrícolas ou florestais. Os combustíveis vegetais podem produzir energia através

2.2.3 Água

da fermentação aeróbica (que gera gás metano) ou da combustão (que gera calor). Como a geração de resíduos locais é o combustível para gerar eletricidade, este sistema é bastante viável para fornecer eletricidade a comunidades através de uma central ou diretamente em um edifício (EDWARDS, 2001).

Um bom exemplo desta aplicação fica na região de Ribeirão Preto, pois várias usinas de açúcar e álcool são auto-suficientes em energia elétrica. O produto para a combustão é o bagaço da cana de açúcar, que antes era usado apenas como adubo e por isso tinha um custo para ser processado. Isso prova que a biomassa é um processo viável.

Segundo os cientistas do mundo, o aquecimento global causará mudanças climáticas que afetarão os padrões pluviométricos de várias regiões do planeta. É urgente a necessidade de se racionalizar o uso da água, pois a previsão é de escassez para as próximas décadas. A economia de água é tão importante quanto a energia, pois está diretamente vinculada à saúde e à agricultura para a produção de alimentos. Há ainda quem afirme que a água, que já é um problema grave em muitas regiões da África, será o motivo guerra em um futuro próximo.

A mudança no clima já se faz perceber pelos últimos acontecimentos, como aumento dos furacões no

Caribe, secas prolongadas na Amazônia, frio intenso fora do período ou até sua menor intensidade, como aconteceu em Nova York e Europa no inverno de 2007. Regiões antes chuvosas poderão ter uma diminuição no seu índice pluviométrico, afetando a produção agrícola e a vida das pessoas.

Poderiam ser listados abaixo alguns pontos importantes para justificar a importância da água para o século XXI (EDWARDS, 2001):

- É fundamental para a saúde pública.
- É fundamental para a agricultura.
- A mudança do clima está alterando os padrões pluviométricos.

- O crescimento da população humana aumenta a pressão sobre os recursos hídricos.
- A melhoria na qualidade de vida aumentou o tempo de vida das pessoas, influenciando a demanda por água.

Tabela 02 – Consumo médio de água em uma residência no Reino Unido.

Atividade	% do total
Higiene pessoal	40
Descarga	30
Lavagem de roupas	12
Lavagem de pratos	6
Rega de Jardins	4
Beber	3
Outros	5

fonte: EDWARDS, 2001.

No Brasil, por exemplo, onde está localizado o maior recurso hídrico do mundo, vemos poucas campanhas

para educar a população para racionalizar o uso da água. Presenciamos diariamente seu desperdício pela falta de manutenção na rede pública ou pelo seu uso na lavagem de calçadas diariamente. Isso sem falar no esgoto doméstico e industrial que ainda é jogado nos rios sem nenhum tratamento.

Esbarramos também no fator custo na utilização de alguns recursos alternativos. A instalação dos equipamentos necessários para a recuperação e reciclagem da água, mais o espaço adicional e as obras, ainda têm um custo muito elevado. A água é abundante na maioria das regiões do nosso país, e por isso custa muito barato em comparação com outros países. Na visão imediatista da administração pública e

da população, o baixo custo da água ainda torna essas medidas inviáveis.

Tabela 03 - Medidas para a preservação dos recursos hídricos.

Tecnologia	Torneiras com limitador de fluxo Torneiras automáticas Vasos sanitários com descarga reduzida Vasos sanitários de compostagem ou sucção Urinóis sem água Urinóis com descarga por sensores Utilizar duchas e não banheiras Eletrodomésticos com baixo consumo de água
Águas cinzas	Recuperação de águas residuais (água reciclada) Recuperação de águas pluviais locais
Engenharia	Pavimentos permeáveis que permitam recarga dos aquíferos Desenho paisagístico que permita a infiltração de água de chuva Retenção das águas de chuva em áreas permeáveis para prevenir enchentes
Gestão	Controle de consumo Detecção de vazamentos Educação

fonte: EDWARDS, 2001.

2.2.3.1 Recuperação das águas pluviais

Para utilizar as águas pluviais são necessárias sua captação e armazenamento. Para a execução dessas etapas é preciso levar em conta três problemas (EDWARDS, 2001):

- O armazenamento da água de chuva ocupa um espaço grande e é pesado. Nem sempre há espaço disponível nos edifícios, e, no caso dos já existentes, a sobrecarga na estrutura é um outro empecilho. O ideal é a consideração desses elementos desde o estudo preliminar de novos edifícios.

- A água da chuva nem sempre está apta para o consumo humano, pois deve obedecer a leis sanitárias existentes no país. A qualidade da

água depende também de outros aspectos, como os materiais da superfície da captação (que podem oferecer riscos), o método de armazenamento e o tratamento biológico. O consumo dessa água só pode acontecer após ser fervida ou submetê-la ao tratamento por raios ultravioletas, fazendo elevar os custos. Outra opção é sua utilização para outros fins como, rega de jardins, lavagem de calçada, descarga nos vasos sanitários, etc.

- Os custos para a implantação desses sistemas são altos, porém serão amortizados ao longo do tempo da vida útil do edifício. Um fator importante para a redução nos custos é considerar este tipo de recurso como sendo

prioridade desde o início dos projetos da nova obra.

sistemas domésticos, é necessário que esta água passe primeiro pela fossa séptica.

2.2.3.2 Reciclagem das águas cinzas

A reciclagem das águas cinzas (sem resíduos sólidos) pode ser feita através de um processo natural, que consiste em deixar fluir a água por lagoas contendo plantas com características filtrantes ou outros processos biológicos de depuração. A água tem que passar lentamente pelas lagoas para que ocorra a decomposição bacteriológica, proporcionada pelo oxigênio produzido pelas plantas, matando assim qualquer patogênico existente na água. No caso dos

Como esta água é rica em nutrientes, que são provenientes da decomposição de resíduos e coliformes fecais, pode servir como habitat natural ou criadouro de peixes (EDWARDS, 2001).

Depois de tratada, essa água pode voltar a ser utilizada em irrigação, jardinagem, fontes, limpeza, descargas nos sanitários, sistemas de refrigeração de edifícios, etc.

Considerando que os edifícios geralmente têm vida útil de 50 a 150 anos, seria prudente que medidas necessárias fossem tomadas para enfrentarmos

futuramente o problema da falta de água. Os edifícios que conseguirem superar este desafio, terão respondido a uma das principais questões de projeto para o século XXI.

2.2.4 A arquitetura sustentável e a construção

A humanidade através dos tempos tornou-se essencialmente urbana e perdeu o contato com as atividades que eram vitais para sua sobrevivência. Perdeu o contato com as estações do ano. Não é mais necessário nenhum esforço para caçar a própria comida ou fazer fogueiras para seu aquecimento. Ao contrário disso, desenvolvemos interesse pela cultura, esportes, telecomunicações, etc. Na arquitetura também houve um distanciamento na utilização de

materiais e técnicas construtivas vernaculares, perdendo sua integração com o entorno. Nossas cidades também perderam as relações de dependência dos recursos naturais locais necessários para a nossa sobrevivência, sendo que agora podem até ultrapassar em muito sua capacidade (EDWARDS, 2001).

Os diversos meios de transportes rápidos e eficientes, e os meios de comunicação, permitiram que muito do que fosse consumido em grandes cidades como São Paulo, por exemplo, possam vir de diferentes partes do mundo. Inclusive, o que mais impulsiona o comércio internacional é a capacidade de podermos construir, com certos materiais que não possuímos a matéria-

prima e nem as tecnologias necessárias para sua produção.

de sua construção, uso e posterior eliminação no final de sua vida útil. Suas principais vantagens são servir de guia para arquitetos e administradores de edifícios em funcionamento. Pode também, proporcionar economia adiantando-se às futuras leis que protegem o meio ambiente e facilitando sua manutenção (EDWARDS, 2001).

2.2.4.1 Análise do ciclo de vida

Na Inglaterra já está sendo utilizada a **ACV** (Análise do Ciclo de Vida), que é uma ferramenta de avaliação global do desempenho ecológico do edifício. Os materiais de construção podem ser analisados individualmente em todo o ciclo de sua produção, medindo seu custo ecológico, através do consumo de energia utilizado, impacto ambiental na exploração da sua matéria-prima, etc. Quando se analisa o edifício, são levados em consideração os complexos impactos

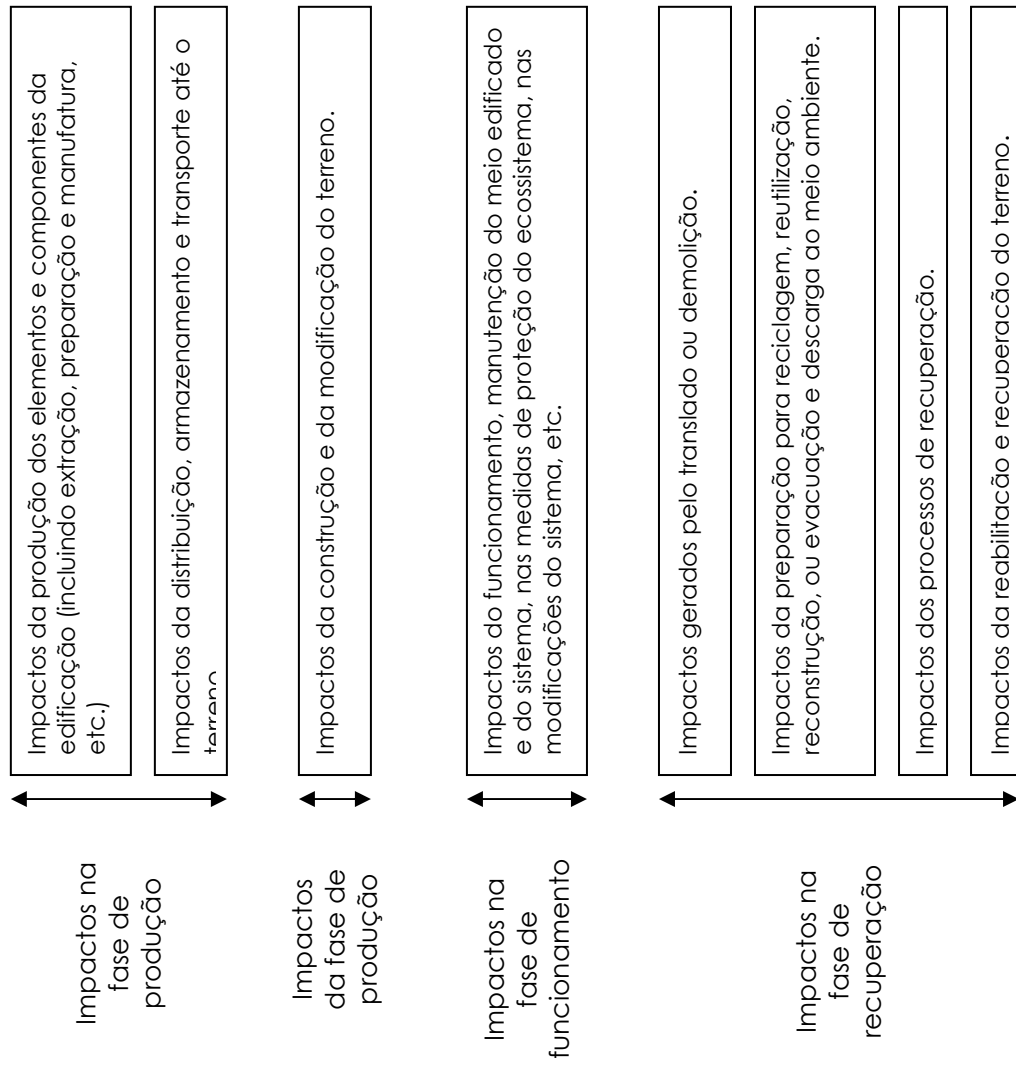


Fig. 20 - Impactos durante o ciclo de vida de um sistema projetado - YEANG (2001).

Na verdade o ACV pode servir como um meio de viabilizar a construção de edifícios mais sustentáveis, pois proporciona informações sobre o custo do edifício não somente na construção, mas do seu custo global no tempo. Isso significa que o custo do edifício é calculado em função do seu custo inicial, o valor ambiental, a manutenção, a reciclagem e a reutilização. São levadas em consideração, as utilizações do edifício ao longo de sua vida útil e os custos com contaminação, resíduos e danos ecológicos (EDWARDS, 2001).

Nos próximos anos, as leis ambientais deverão ficar mais rígidas e os usuários e clientes mais exigentes quanto aos aspectos ecológicos do edifício. A viabilidade

econômica é uma condição bastante importante na aceitação de novas idéias ou produtos. Sem dúvida, o ACV será cada vez mais utilizado como referência de projeto e como um recurso mais eficiente para demonstrar aos empreendedores a complexidade do cálculo do custo real do edifício.

Pelo fato de um edifício possuir ao mesmo tempo muitos materiais, que tem diferentes propriedades e comportamentos ao longo do tempo, os holandeses pensaram sua ACV (Eco-Quantum) não dos materiais independentes, mais pelo conjunto dos componentes de cada subsistema (Edwards, 2001). Por exemplo, uma janela é composta pelo caixilho, vidro e massa de

vedação. Em uma parede Drywall seria analisado o conjunto gesso cartonado, trama estrutural e pintura.

Uma análise pela Eco-Quantum, consta de quatro etapas (EDWARDS, 2001):

- Extração de matérias-primas ou resíduos.
- Impacto sobre a saúde, toxidade, aquecimento global.
- Análise do ciclo de vida das instalações e eletrodomésticos.
- Impacto do transporte e do uso dos materiais.

2.2.4.2 Definição básica do ACV

O ACV tem a função de identificar os fluxos de materiais, energia e resíduos produzidos por um edifício durante toda a sua vida útil, determinando os impactos ambientais com antecedência. Os fluxos analisados englobam a extração dos materiais, o uso, a reutilização, a reciclagem ou a eliminação. Escolher reutilizar é mais barato que reciclar, pois esta consome energia para transformar o material, e, é melhor reciclar do que eliminar. Este último recurso necessita de local específico para a eliminação dos resíduos, contribuindo com o crescimento e multiplicação dessas áreas (EDWARDS, 2001).

As opções ao término da vida útil de um edifício são (EDWARDS, 2001):

- Reutilizar partes do edifício em uma nova construção.
- Reciclar o material (por exemplo como agregado para concreto novo).
- Demolir o edifício e enterrar os escombros em um aterro controlado.

O ACV é importante na fase de projeto, pois ajuda a considerar as várias opções que existem para o destino dos resíduos ao final da vida útil do edifício, podendo o arquiteto decidir já no início do processo (EDWARDS, 2001).

2.2.4.3 Outras ferramentas de controle ambiental

EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) – É a ferramenta genérica para análise ambiental, muito utilizada na União Europeia, bastante similar ao ACV. A diferença é que a análise deve ser feita por uma empresa externa e seus resultados devem se tornar públicos.

SEAM – É a ferramenta específica para a análise em edifícios escolares que aborda uma série de questões ecológicas. Consiste em um sistema de pontuação com o máximo de 45 pontos, atribuindo valores à diversos aspectos como consumo de energia, economia de água, a origem da madeira empregada e a reciclagem.

ISO 14001 – É a ferramenta genérica que não permite analisar o impacto ecológico de um projeto, porém, é uma boa maneira de aplicar os princípios ecológicos.

avaliam desde a contaminação atmosférica mundial até os impactos locais.

EMS (Environmental Management Systems) – Suas etapas são: Desenvolvimento de uma política ambiental, estabelecimento de objetivos mensuráveis, realização dos objetivos, seqüência e tomada de medidas corretivas, quando necessárias, e a revisão sistemática da política.

Selo Ecológico – Seu objetivo é conseguir que tudo o que as fábricas afirmam sobre questões ambientais, sejam analisadas respondendo aos mesmos critérios. As etiquetas ecológicas auxiliam compradores e encarregados da especificação de materiais. Na União Européia os selos já são usados em alguns produtos da indústria da construção, como pinturas, produtos cerâmicos, lâmpadas, etc.

BREEAM – Este é um sistema de auditoria muito usado pelos britânicos nos edifícios de escritórios. Sua utilização se baseia em uma tabela de pontuação, que permite comparar distintas estratégias de projeto. Os resultados

O objetivo de todos estes tipos de auditorias é reduzir o impacto ambiental diretamente ou através de contratados e fornecedores. O ACV e o selo ecológico

ajudam os fabricantes de produtos e materiais de construção, a identificar áreas onde é possível economizar energia, reduzir resíduos, evitar contaminação e conseqüentemente economizar nos custos ou prevenir futuras responsabilidades. Sem dúvida, ser aprovado nessas auditorias pode melhorar muito a imagem de escritórios de arquitetura e fabricantes (EDWARDS, 2001).

Os principais benefícios para arquitetos, engenheiros, clientes e indústria são (EDWARDS, 2001):

- Os promotores podem utilizar a alta qualidade ambiental dos edifícios para aumentar as vendas, respondendo aos crescentes interesses dos consumidores por questões ecológicas.

- Os projetistas podem demonstrar os benefícios ambientais das suas obras de forma quantificada.
- Os proprietários podem avaliar suas propriedades desde o ponto de vista ambiental com o objetivo de economizar nos custos.
- Os empresários podem garantir aos seus funcionários um ambiente de trabalho saudável, proporcionando maior produtividade.

2.2.4.4 Análise de impacto ambiental dos materiais de construção

Os materiais utilizados na construção de edifícios podem causar impactos ambientais desde sua extração, processamento, transporte, uso e eliminação. Para que

o trabalho do arquiteto ou engenheiro seja qualificado como sustentável, é necessário que se leve em conta toda a estrutura produtiva desses materiais. A análise da “energia incorporada” dos materiais de construção, leva em conta três princípios importantes (EDWARDS, 2001):

- **Aprovisionamento local de materiais pesados** – Os materiais de construção pesados (areia, pedra, etc), na medida do possível deveriam ser de procedência local ou até num raio de 10 Km, do contrário, pode gerar gastos com o transporte e conseqüentemente ruído, poluição, etc. O emprego de materiais da região pode gerar empregos e manter vivas as técnicas locais.

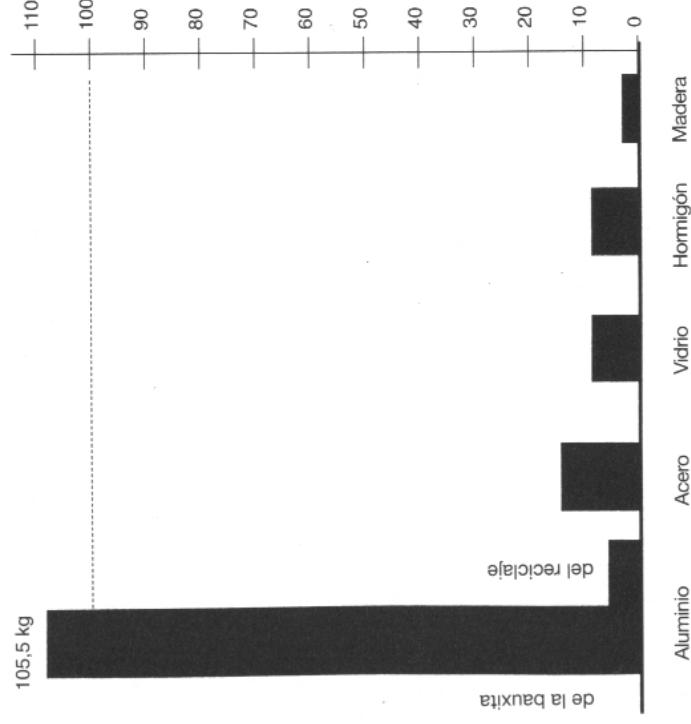
- **Aprovisionamento global de materiais leves**
 - Para este tipo de material o gasto com transporte não é muito importante e sim a energia gasta na sua fabricação, como é o caso do alumínio e do PVC. No caso da sua reutilização ou reciclagem depois da demolição do edifício, isto pode representar a liberação de uma reserva de capital. Utilizar estes materiais de maneira que ajudem a captar ou economizar energia, pode viabilizar sua elevada energia incorporada. É muito importante compreender esta equação energética, pois deve ser considerada toda a sua vida útil e características do edifício para que se estabeleça a relação de custo e benefício.

- **Potencial de reciclagem** – Não deve ser considerada somente a energia incorporada no princípio do processo, mas também a que será necessária para a sua demolição. Por isto é importante que os projetistas considerem a especificação de materiais que se possa reutilizar ou reciclar. Também deve ser considerada a possibilidade de se extrair energia incorporada residual antes do material ser descartado, através da sua combustão ou decomposição, por exemplo.

O consumo de energia é um critério útil para se determinar o grau de sustentabilidade, porém, há outros fatores importantes a considerar, como a contaminação da água e o ar, danos ao patrimônio

paisagístico, ecológico e cultural, e também, o esgotamento dos recursos naturais. Poderão surgir também métodos similares ao citado acima, que contabilizem a água incorporada no processo de fabricação dos materiais de construção, devido à sua contaminação e às previsões de sua escassez (EDWARDS, 2001).

Fig. 21 – Custo energético dos materiais.



Fonte: VON WEIZSACKER; YEANG (2001).

O futuro pode estar na utilização de materiais naturais e abundantes na escala local (areia, pedra, terra, madeiras de reflorestamento, etc) com os materiais

leves, de alta-tecnologia (como painéis fotovoltaicos e fachadas inteligentes de vidro), trazidos de todo o mundo e que poderão ser a base para a construção do século XXI. Segundo Edwards, as tecnologias high tech e low tech coexistiram em um mesmo edifício, em lugar de manter suas diferenças irreconciliáveis.

2.2.4.5 Reduzir, reutilizar, reciclar e reabilitar

Hoje, a população mundial é de seis milhões, e, até o ano de 2050 estima-se que chegará a 10 milhões, o que provocará um aumento da pressão sobre os ecossistemas. Para se evitar um desastre ecológico e melhorar as condições de vida no mundo, serão

necessárias as adoções de estratégias que levem em consideração quatro medias: reduzir, reutilizar, reciclar e reabilitar (EDWARDS, 2001).

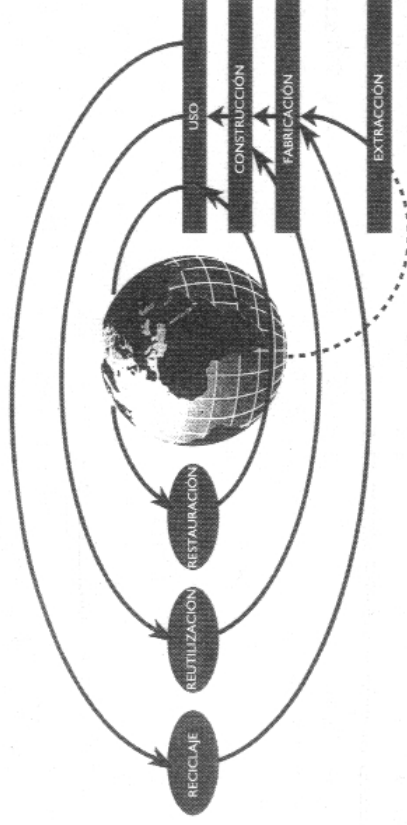


Fig. 22 - Fases de reciclagem do aço na construção.
Fonte:EDWARDS, (2001)

A sociedade deve **reduzir** a demanda de recursos naturais não renováveis, e investir na criação de recursos alternativos, diminuindo os conflitos entre o

capital econômico e o natural. Os arquitetos e engenheiros precisam alcançar um equilíbrio entre consumo de recursos e benefícios proporcionados pelos edifícios. A criação de estratégias baseadas na redução, apoiadas por normas de construção mais restritas para edifícios existentes e novos, é a condição necessária para o bem estar ecológico mundial (EDWARDS, 2001).

É preferível **reutilizar** do que demolir ou reciclar, pois não se produzem resíduos e não há consumo de energia. No entanto para que seja possível reutilizar partes de um edifício demolido em outra construção, é necessário um aumento na qualidade e durabilidade destes elementos. É necessário também que este objetivo seja

pensado desde o projeto para que se torne mais fácil a reitada destes elementos (EDWARDS, 2001). Por exemplo, uma estrutura de aço poderia ser parafusada e não soldada. Se estas idéias forem incorporadas ao projeto, poderia surgir um grande mercado de componentes usados para a construção civil.

Outra opção mais vantajosa é readaptar o edifício para outra função. Vivemos em uma época de intensas mudanças tecnológicas, econômicas e sociais, que podem tornar um edifício com espaços muito específicos a uma determinada função, obsoletos de um dia para o outro. Geralmente quando isto acontece o edifício é demolido, mas se forem tomados os

seguintes cuidados durante o projeto, aumentam as possibilidades da sua reutilização (EDWARDS, 2001):

- Projetar edifícios com características que permitam soluções funcionais flexíveis.
- Aproveitamento de luz e iluminação naturais.
- Acesso a infra-estruturas como transporte público e serviços.
- Ausência de materiais tóxicos.
- Preferir materiais naturais.
- Interesse e caráter dos espaços.
- Acesso às fontes de energia renováveis (solar, eólica).

Se não houver possibilidade de reutilização, o correto seria **reciclar**. Este processo se baseia em recuperar a parte útil de um material através de sua extração e reprocessamento. Existe a desvantagem de se consumir energia na transformação do material, porém é melhor do que perdê-lo por completo. A maioria dos metais geralmente é reciclada, e no caso do aço, metade da sua produção na Europa vem de produtos reciclados. Se o aço tem essa característica, sua utilização em grandes estruturas, no lugar do concreto armado é bastante viável. Já o concreto, pode ser triturado e usado como agregado na construção de outros edifícios. As madeiras podem ser usadas como combustível (EDWARDS, 2001).

A construção em concreto armado tem quase a mesma quantidade de energia incorporada do aço, mas é bem menos reciclável no fim de sua vida útil. O aço tem a vantagem de poder ser reciclado ou reutilizado na sua forma original. Isso não acontece com o concreto armado, na maioria das vezes é necessário triturá-lo para ser usado na produção de um novo concreto como agregado (YEANG, 2001). O grau de reciclagem depende muito do mercado, porém, se os projetistas começarem a exigir materiais com alta porcentagem de conteúdo reciclado, a tendência seria aumentar essa produção (EDWARDS, 2001).

Uma ação conjunta entre arquitetura, paisagismo e urbanismo, pode resgatar as cidades da contaminação, do caos e alienação. O habitat do ser humano é agora predominantemente urbano, e, os arquitetos são a chave para a criação de cidades civilizadas, limpas e produtivas. Muitas cidades modernas foram contaminadas durante o século XX pela atividade industrial desenvolvida ao redor dos centros urbanos. Aos poucos foram transferidas para setores industriais, deixando contaminados o solo, rios e ar de grandes áreas, que permaneceram abandonadas. Para poder reabilitar essas áreas, é necessária a sua descontaminação, que pode ser realizada através de um dos métodos abaixo

- Retirar o material tóxico.
- Tapar e selar a fonte de contaminação.
- Sanar o terreno por meio de método biológico.
- Sanar o terreno por meio de método químico.

O método biológico é o menos nocivo, pois se baseia em plantas que neutralizam as toxinas e decompõem naturalmente a contaminação ou a absorvem. Depois são cortadas e transportadas para locais onde são tratadas por compostagem ou incineradas. Já no tratamento químico, são utilizados agentes sintéticos que decompõem a fonte de contaminação ou

(EDWARDS, 2001):

reduzem seus efeitos para que possa ser incinerada ou reirada para um local adequado (EDWARDS, 2001).

na arquitetura trouxe uma nova filosofia, onde tenta equilibrar, por exemplo, a eficiência energética com a saúde humana, ao invés de priorizar a primeira. Para se construir um ambiente saudável, é necessário proporcionar três características (EDWARDS, 2001):

2.2.4.6 Ambientes saudáveis

O espaço construído tem a capacidade de influenciar de maneira positiva ou negativa a saúde do ser humano. A OMS (Organização Mundial da Saúde) define a saúde como “um estado de completo bem estar físico, mental e social”. Portanto, cabe aos arquitetos e engenheiros, construir edifícios que não coloquem em risco a saúde dos seus usuários.

- Conforto.
- Livre de contaminação.
- Estimulante e sensível às necessidades humanas.

Para aplicar cada um desses aspectos, é necessário não só conhecer suas leis, definições, técnicas e métodos construtivos, mas também levar em consideração, que estes poderão mudar conforme a cultura local.

As dimensões físicas ou psicológicas da saúde não eram abordadas na construção ecológica. A sustentabilidade

O item **conforto** deve englobar o conforto térmico, umidade, ventilação e iluminação. Essas condições devem ser atendidas priorizando-se sempre os sistemas e tecnologias naturais, e, possibilitando sua flexibilização com equipamentos mecânicos que possuem tecnologias mais sustentáveis (EDWARDS, 2001).

contaminação acústica e pela contaminação espacial. A última pode ser interpretada como o efeito psicológico produzido pela massificação, como por exemplo, o stress gerado em grandes espaços de trabalho.

A contaminação do ar no interior dos edifícios é muito comum, e pode ser proveniente:

- Espaços que não respondam adequadamente a estas características, podem desenvolver mofos e bactérias, favorecendo a proliferação de ácaros. As conseqüências serão as enfermidades, como problemas respiratórios e vários tipos de alergias (EDWARDS, 2001).
- Da entrada de ar contaminado do exterior.
 - Da combustão controlada de instalações previstas no edifício, como fogões e caldeiras.
 - Da fumaça dos cigarros.
 - Das emanações produzidas por produtos químicos, que se utilizam nas construções.

A **contaminação** do ambiente pode se apresentar de muitas formas: Pela baixa qualidade do ar, pela

Sem dúvida, o maior risco se encontra na mescla de produtos químicos, e podem resultar em alergias e intoxicações. São um subproduto dos processos de fabricação, e são emitidas lentamente para a atmosfera durante toda a vida útil do edifício, através de desgastes devido ao uso dos materiais, da sua manipulação e de mudanças de temperatura (EDWARDS, 2001).

O mercado de materiais de construção apresenta uma variedade de novos materiais que ainda não conhecemos seus efeitos ao longo do tempo, por isso, são aconselháveis cuidados no seu uso. Já os materiais naturais, como cerâmicas, pedras e madeiras, são mais saudáveis que os sintéticos, e por isso, são mais

indicados. Sua utilização, no entanto, deve prever detalhes construtivos visando sua conservação e durabilidade (EDWARDS, 2001).

Outro produto perigoso no interior dos edifícios é o clorofluorcarbono (CFC), utilizado em equipamentos de condicionamento de ar. Sua fabricação foi proibida em 1989 pelo protocolo de Montreal, porém, ainda é muito utilizado em países sem uma norma de controle específico. É muito prejudicial para a saúde das pessoas e também é responsável pela destruição da camada de ozônio que nos protege dos raios ultravioletas, causando como consequência o câncer de pele (EDWARDS, 2001).

Considerando a importância da dimensão psicológica na saúde das pessoas, os projetistas têm a responsabilidade de criar **ambientes estimulantes**, que reduzam o stress e ao mesmo tempo, sejam **adaptados** de maneira que respondam às necessidades dos usuários. O stress pode ser decorrente do excesso de trabalho, do ambiente opressivo ou da perda de contato com os ciclos naturais. A presença da luz solar, ventilação natural, de vegetação no interior e do contato com árvores e arbustos no exterior, são bons exemplos de fontes naturais de estímulos aos nossos sentidos. Variar as fontes de estímulos, como, por exemplo, o som do vento ou o odor das plantas, pode criar um espaço estimulante ainda mais completo (EDWARDS, 2001).

Outro fator importante é proporcionar ao usuário um fácil controle tecnológico das condições ambientais, possibilitando adaptações às suas necessidades. Controles muito complexos causam stress e isolam as pessoas do entorno.

2.2.4.7 Materiais saudáveis

Não há dúvidas de que os materiais retirados da natureza são mais saudáveis do que os materiais sintéticos. Porém, seu baixo desempenho técnico e resultado estético têm colaborado para que os arquitetos continuem a utilizar os materiais artificiais. Mais recentemente os materiais tradicionais estão sendo

reexaminados por pesquisadores, que buscam desenvolver diferentes formas de utilização, através de novas técnicas (EDWARDS, 2001).

A engenharia de materiais tem tido avanços consideráveis com cerâmicas e sílicas. Buscam criar materiais inteligentes que possam reagir e mudar suas características, proporcionando um melhor desempenho na sua durabilidade, impermeabilidade, isolação térmica e acústica, etc.

Os **materiais orgânicos** foram usados em nossa cultura desde os primórdios, e, ainda são muito utilizados em regiões remotas do Brasil, África e Ásia, mantendo vivas as antigas técnicas construtivas locais.

A utilização de blocos de **terra**, tijolos de adobe secos ao sol e a taipa de pilão, são exemplos da utilização da terra para construção. Estes possuem baixíssima energia incorporada, não são tóxicos e tem boa durabilidade se executados corretamente.

A **pedra**, utilizada em construções antigas como paredes ou elemento estrutural tem suportado por séculos o desgaste do tempo em construções por todo o mundo. É um material de origem natural, saudável, resistente, porém, apresenta três desvantagens. Na sua extração pode produzir um grande impacto paisagístico e, seu pó, se inalado, pode causar problemas de saúde. A última desvantagem está no seu peso, que eleva os

custos do transporte. A preferência deve ser por pedras extraídas na região (EDWARDS, 2001).

A **madeira** sempre foi um material de construção bastante usado, porém hoje existe a necessidade de seu controle de procedência devido aos desmatamentos das florestas tropicais. O correto é a utilização de madeira de reflorestamento ou de extrações controladas.

O **concreto de cal** foi empregado por muito tempo na construção até surgir o cimento no final do século XIX. Era o principal aglomerante naquela época e foi muito utilizado para assentamento de tijolos, ou em forma de pasta, como revestimento externo e interno. Neste tipo

de alvenaria os tijolos são facilmente recuperados para sua posterior reutilização (EDWARDS, 2001).

Os **isolantes orgânicos** são utilizados em tetos e paredes externas, e, podem incluir fibra de celulose, fibra vegetal e lã de ovelha. Ao contrário dos isolantes artificiais, eles contêm pouca energia incorporada e não são tóxicos (EDWARDS, 2001).

Hoje existem opções de **tintas e vernizes a base de água**, que não trazem nenhum risco para a saúde de operários e usuários dos edifícios. Uma alternativa do mercado, é o uso de óleo de resina natural como solução.

O mercado de materiais naturais vem crescendo anualmente nos países europeus, porém é necessário um maior empenho dos pesquisadores e das indústrias, para colocar novos materiais nas lojas e desenvolver novas técnicas de construção. Este poderia se desenvolver rapidamente, pela conscientização das pessoas sobre as questões ambientais, que podem pressionar o mercado pela exigência de materiais mais saudáveis e eficientes.

2.2.5 O projeto sustentável e a tecnologia

“A sustentabilidade é vista cada vez mais como o principal argumento do projeto arquitetônico no século XXI. O motivo é tanto espiritual como prático. No plano físico, o ecossistema terrestre tem se submetido a uma grande pressão devido ao aquecimento global. Toda arquitetura que descartar este problema, e não for ambientalmente sustentável, carecerá de validade moral. Como temos visto, a sustentabilidade tem sem dúvida uma dimensão social e estética. A função da tecnologia é servir de ponte entre ambas, gerando melhora social e harmonia ecológica. Deste acordo, surgirá uma nova ordem arquitetônica, com novas tipologias para todo tipo de edifícios e novas tecnologias para equipá-los. Trata-se em definitivo de um novo paradigma arquitetônico, que reconciliará finalmente o habitat humano e a natureza” (EDWARDS, 2001).

“Só mediante a tecnologia poderá obter-se uma arquitetura sustentável”. Todos os esforços estão sendo aplicados no desenvolvimento de células solares mais

eficientes, fachadas inteligentes, envolventes transparentes, massa térmica, na ventilação natural, etc. que estão sendo estudadas e testadas de maneira exaustiva pelos projetistas. O novo paradigma, levado a todos os níveis, influi em cada decisão. Três são os vetores chave que impulsionam o novo enfoque emancipador da arquitetura "(EDWARDS, 2001)":

- O manejo da ecologia como um sistema.
- A ampliação do âmbito da sustentabilidade mais além da mera economia de energia.
- A interação entre os seres humanos, o espaço e a tecnologia no marco de um modelo sustentável.

Yeang coloca que é extremamente importante que o profissional tenha em mente que as soluções

encontradas nem sempre serão perfeitas, mas afirma que do desenvolvimento tecnológico sempre surgiram soluções mais eficientes, proporcionando a busca de uma arquitetura cada vez mais sustentável (YEANG, 1999).

"A tecnologia é o mais importante motor do desenho. A chave do desenvolvimento sustentável não é o que são os edifícios, mas o que fazem e como fazem. A técnica e a funcionalidade tem sido as duas forças dominantes na geração de formas durante ao menos um século. Dado que no mundo das rápidas mudanças sociais e econômicas a função se torna obsoleta, o espaço se tem tornado mais flexível e indeterminado. Os edifícios estão se convertendo em um grande volume sem função concreta. A técnica permite, em essência, transformar recursos em artefatos úteis. O processo combina tecnologia e desenho: incorporar uma dimensão humana é a função dos responsáveis de imaginar o futuro. O projetista insufla valor cultural ao seu desenho dando forma à técnica. O ideal consiste em fazer que este processo

seja ecologicamente mais respeitoso, ou seja, considerar os edifícios não só como uma combinação de uso e tecnologia, mas também de biologia e forma. Neste sentido, os arquitetos recorrem à ecologia para dar legitimidade e expressão a um estilo, uma ordem elementar que cada edifício adapta de forma única” (EDWARDS, 2001).

2.2.5.1 Considerações para o projeto sustentável

Os próximos anos trarão muitas incertezas sobre o clima e o acesso aos recursos naturais, impondo aos arquitetos a tarefa de se adequarem a uma nova forma de projetar. Para a concepção de edifícios integrados ao meio ambiente deveremos considerar as seguintes regras (EDWARDS, 2001):

- **Evitar a exclusividade funcional** – A função de um edifício é relativamente curta em relação

à vida útil de sua estrutura. Edifícios com capacidade de flexibilizar suas funções poderão ser usados por muito mais tempo, evitando assim perdas de energia, dinheiro e geração de resíduos.

- **Maximizar o acesso à luz diurna e ventilação natural** - Devem-se evitar plantas muito profundas (máximo 15m), altura excessiva (máximo seis andares) e irregularidade na forma. Criar átrios pode aumentar o acesso à luz diurna e criar ventilação natural pelo efeito estufa.

- **Promover a simplicidade funcional do projeto** – Os controles das instalações e equipamentos devem ser simples, permitindo ao usuário interagir com o edifício, e, portanto,

proporcionando a criação de condições ambientais ideais ao longo do dia.

- **Aumentar a durabilidade** – Os edifícios têm vida útil maior do que o ser humano, e, portanto, serão utilizados pelas gerações futuras. Proporcionar durabilidade e baixa manutenção tem um custo inicial maior, porém será o inverso em longo prazo, economizando energia e reduzindo os resíduos.

- **Maximizar o acesso à energia renovável** – é muito importante que se facilite a instalação de elementos para a geração de energia renovável, como solar e eólica. No Brasil o sol é abundante e em algumas regiões do norte e nordeste, os ventos podem oferecer outra fonte de energia.

Os edifícios que geram sua própria energia poderão eventualmente vender o excedente para a rede pública. Para maximizar a exploração dessas fontes de energia é necessário orientar corretamente o edifício pelas cartas solares e ventos predominantes da região específica. No caso da captação da energia eólica, é necessário evitar obstáculos ao fluxo de vento, como a topografia acidentada, árvores e outros edifícios. Deve também dar condições técnicas para a instalação de geradores eólicos na cobertura dos edifícios.

- **Prever a possibilidade de substituir partes** – é necessário que se considere o ciclo de vida da estrutura, dos componentes e instalações dos

edifícios. As manutenções e substituições desses elementos podem aumentar a vida útil e também melhorar o desempenho do edifício com equipamentos mais modernos. A construção deve ser flexível e desmontável, utilizando recursos como parafusos e argamassas de cal.

não sendo úteis nas tomadas de decisões iniciais do projeto. O ideal seria o desenvolvimento de ferramentas que direcionassem as decisões importantes do projeto, minimizando os impactos causados ao meio ambiente.

Abordando essa questão, Brian Edwards (2001)

concebeu o quadro abaixo, abordando algumas questões importantes para o projeto, destinada aos alunos de arquitetura. O aspecto mais interessante

2.2.6 Ferramenta para avaliação da sustentabilidade em arquitetura

Criar ferramentas que dêem subsídios nas fases iniciais para os projetos sustentáveis são fundamentais. As poucas existentes não têm a complexidade necessária que aborde detalhadamente todos os aspectos que influenciam o projeto desse tipo de edifício. Algumas são aplicadas posteriormente aos estudos preliminares,

desse quadro foi a criação de valores multiplicativos de 1 a 3, definindo assim a menor ou maior importância do item específico. Esses valores são flexíveis, sendo estipulados pelo arquiteto, dependendo das necessidades do cliente, do clima, da função do edifício, das necessidades dos ocupantes, etc.

Tabela 04 – Ferramenta para avaliação da sustentabilidade para estudantes de arquitetura.

TEMA	ASPECTO	PT	FATOR	SUBTOTAL
Energia	Orientação		X3	
	Abrigo		X3	
	Isolamento		X3	
	Área envidraçada		X3	
	Ganho solar passivo		X3	
	Refrigeração solar passivo		X3	
	Energia renovável		X3	
	Recuperação de calor		X3	
	Outros		X3	
Materiais	Minimização de resíduos		X2	
	Proveniência local		X2	
	Reutilização		X2	
	Reciclagem		X2	
	Energia incorporada		X2	
	Manutenção		X2	
	Outros		X1	
Recursos (solo)	Área industrial obsoleta		X2	
	Densidade		X2	
	Biomassa		X1	
	Outros		X1	
Recursos (água)	Eletrodomésticos de baixo consumo		X1	
	Reciclagem de águas cinzas		X1	
	Armazenar águas pluviais		X1	
	Outros		X1	
acessibilidade	Portadores de deficiência		X2	
	Transporte público		X2	
	Bicicletas		X2	
	Pedestre		X1	
Saúde	Materiais naturais		X2	
	Ventilação natural		X2	
	Luz natural		X2	
	Stress		X1	
	Contato com a natureza		X1	
		total		

fonte: EDWARDS, 2001

3 A R Q U I T E T U R A S U S T E N T Á V E L E A A L T A T E C N O L O G I A

Este capítulo aborda as novas tecnologias, que tiveram importância fundamental nas mudanças da produção de edifícios mais sustentáveis. Aborda também uma série de outras tecnologias que estão sendo estudadas pela nanociência, e que, deverão mudar os rumos da nossa civilização nas próximas décadas, principalmente pela certeza de que ajudarão a solucionar os problemas ambientais do planeta.

Em seguida, serão destacados os critérios para as leituras projetuais apresentadas na última parte deste capítulo. Esta deverá expor a produção mais recente de uma arquitetura que busca a sustentabilidade,

através das mais variadas formas que envolvem este tema. Essas leituras têm por finalidade exemplificar o uso dos conceitos abordados neste trabalho, através de projetos que mostram uma clara evolução na aplicação do desenho sustentável, pelo aprofundamento no conhecimento ecológico do arquiteto e pelo desenvolvimento tecnológico. Estas soluções de projeto poderão indicar as possíveis respostas aos novos paradigmas do século XXI.

3.1 As novas tecnologias

Estamos passando por uma transição, como indicam alguns especialistas e estudiosos das tecnologias. Presenciamos nas últimas décadas um desenvolvimento muito rápido das aplicações das novas tecnologias, que ajudaram a criação de instrumental para a descoberta de outras, que ainda não foram aplicadas na prática.

“Talvez ainda não tenhamos tempo suficiente de pensar sobre a época em que vivemos para qualificar o tempo presente, mas todos os sinais indicam a vinda de uma outra revolução industrial fundamental, pelo fato de que a inteligência humana foi substituída pela inteligência artificial nos sistemas de produção, de organização do trabalho ou de gestão do tempo da vida humana. A fantástica contração dos espaços pela velocidade e pela miniaturização transforma radicalmente os nossos ritmos mais íntimos (SCHEPS, 1996).”

Isso fica evidente quando tomamos as tecnologias da **informática** como exemplo. Esta foi desenvolvida a partir da década de 60 com o surgimento dos primeiros computadores pessoais, e em pouco mais de trinta anos, se desenvolveu criando microcomputadores infinitamente mais poderosos, e em uma série de outras aplicações práticas, como na medicina, telecomunicações, engenharias, etc.

A revolução digital causou impactos significativos em várias atividades humanas, e, também surgiram novas possibilidades nunca antes experimentadas, como a conexão em rede, tempo real, cyber-space e a simulação.

A conexão em rede que antes era entre computadores locais, hoje se apresenta como uma rede mundial através da conexão via cabos de fibra ótica ou via satélite. A velocidade proporcionada por esses supercondutores e satélites geo-estacionários possibilitou ao ser humano o conhecimento do **tempo real**, que é a contração da relação entre espaço x tempo. Tal característica possibilitou um fenômeno chamado globalização.

O tempo real, inventado pelos informatas, resume bem o espírito da informática, como mostra a citação abaixo.

“Hoje, graças aos satélites, a tela catódica leva às pessoas toda a

informação em tempo real. O espaço não impede mais que tudo esteja no mesmo lugar. O esgotamento das distâncias de tempo achata toda localização e posição. Assim como os acontecimentos retransmitidos ao vivo, os locais tornam-se intercambiáveis a vontade. A instantaneidade da informação resulta em uma interface única. Depois das distâncias de espaço e de tempo, a distância-velocidade abole a noção de dimensão física” (VIRILIO, 1993).

A antiga aglomeração desaparece na intensa aceleração das telecomunicações para gerar um novo tipo de concentração, chamado por Virilio (1993) de “domiciliarização”. Há sinais de uma iminente desurbanização “pós-industrial”, que deverá atingir cada um dos países desenvolvidos.

Pode-se verificar os fundamentos desta reorganização do espaço construído quando se fala em “telelocal”, e

até mesmo em redução dos espaços dos escritórios tradicionais, em reagrupamento de funcionários em certos pólos de atividades não centradas, de onde há diminuição dos custos de investimentos e de funcionamento, uma harmonização das obrigações profissionais e familiares, há uma economia no tempo de transporte, etc. Isto influencia diretamente em qualidade de vida das pessoas e na redução dos impactos ambientais pela economia de energia e menor geração de resíduos.

A possibilidade de um conhecimento por **simulação** é sem dúvida um dos novos gêneros de saber que a ecologia cognitiva informatizada transporta. O modelo digital é geralmente explorado de forma interativa. É

essencialmente plástico, dinâmico, dotado de uma certa autonomia de ação e reação. Os cientistas de todas as disciplinas recorrem cada vez mais à simulações digitais para estudar fenômenos inacessíveis à experiência ou simplesmente para avaliar de forma menos custosa, mesmo quando a experimentação é possível. Os programas de inteligência artificial podem ser considerados como simuladores de capacidades cognitivas humanas: visão, audição, raciocínio, etc. (VIRILIO, 1993).

A tecnologia da informática é o caminho para a revolução do processo para projetar edifícios de baixo consumo energético. Cada vez mais são utilizados programas de computador provenientes da indústria

automobilística e aeronáutica, como importantes ferramentas que auxiliam a fase de projeto. Estes podem gerar modelos que prevêem o movimento do ar, os níveis de luz e o ganho de calor. São utilizados, por exemplo, para analisar e desenhar o fluxo de ar através e ao redor do edifício. Desta maneira é possível entender a dinâmica dos fluxos de ar, o que ajudará a definir a forma e as superfícies do edifício. Conseqüentemente melhor será o aproveitamento dos ventos dominantes no caso da utilização da ventilação natural e da geração de energia eólica (ROGERS, 2000). A **automação** é um recurso cada vez mais usado como forma de permitir uma arquitetura mais sustentável. Integrando aos edifícios sistemas eletrônicos sensíveis, capazes de registrar as condições internas ou externas

adaptando as condições ambientais às necessidades específicas. Trabalham em conjunto com novos materiais capazes de gerar energia, mudar de um isolamento sofisticado para um mais simples, ou até reagir organicamente com as condições do entorno, transformando-se e respondendo aos diferentes períodos do dia (ROGERS, 2000).

Através de uma rede local, todos os pontos importantes do edifício podem ser conectados até uma central informatizada, facilitando o controle operacional e gerenciamento do edifício. Todas as informações coletadas pelos sensores dos ambientes são processadas e analisadas, podendo quase que imediatamente enviar a informação para um ajuste

necessário, melhorando a qualidade no conforto ambiental e minimizando o gasto de energia. Dentre as principais funções estão, o controle da iluminação com sensores de presença, controle do índice de CO2 no ambiente, renovação do oxigênio, ar condicionado, calefação, controle da circulação vertical como elevadores e escadas rolantes, etc. Esta última pode gerar economia de energia diminuindo a quantidade de elevadores fora do horário de pico.

Mal exploramos todas as possibilidades dessas tecnologias e já estamos à beira de uma nova revolução baseada na miniaturização e desenvolvida pela nanociência. A **nanotecnologia** é a capacidade de ver e manipular átomos através de instrumentos

específicos desenvolvidos na década de 80, porém a idéia foi apresentada pela primeira vez no final da década de 50 pelo físico americano Richard Feynman. Para se ter idéia da escala dessa atividade basta imaginar que o nanômetro é a bilionésima parte do metro. O prefixo "nano" vem do grego e significa "anão".

A nanotecnologia não é uma tecnologia específica, mas todo um conjunto de técnicas, baseadas na Física, na Química, na Biologia, na ciência e Engenharia de Materiais, e na Computação, que visam estender a capacidade humana de manipular a matéria até os limites do átomo (SILVA, 2002).

Já somos capazes (inclusive no Brasil) de pegar átomos e colocá-los onde bem entendermos, com o devido cuidado para não violar as leis da natureza. Com isso, materiais com propriedades inteiramente novas, podem agora ser criado. Não precisamos mais aceitar os materiais com que a natureza nos provê, como os únicos possíveis no universo. Da mesma maneira que a humanidade aprendeu a manipular o barro para dele fazer tijolos e com esses construir casas, agora é possível manipular diretamente os átomos e a partir deles construir novos materiais, que não ocorrem naturalmente, e também desenvolver novos produtos e processos (SILVA, 2002).

Algumas das aplicações previstas são: aumentar espetacularmente a capacidade de armazenamento e processamento de dados dos computadores; criar novos mecanismos para a administração de medicamentos, mais seguros e menos prejudiciais ao paciente; criar materiais mais leves e mais resistentes do que metais e plásticos, para prédios, automóveis, aviões; e muito mais inovações em desenvolvimento ou que ainda não foram sequer imaginadas. E ainda, economia de energia, proteção ao meio ambiente, menor uso de matérias primas escassas, são possibilidades muito concretas dos desenvolvimentos em nanotecnologia que estão ocorrendo hoje e podem ser antevistos (SILVA, 2002).

A nanotecnologia já tem tido efeito na área ambiental aqui no Brasil. Cientistas da UNB desenvolveram nanopartículas magnéticas capazes de atrair contaminantes da água, podendo ser utilizado para tratamento de efluentes. Também foram desenvolvidos nanocatalizadores para a indústria petrolífera, que tem a capacidade de diminuir a quantidade de poluentes emitidos pelos motores à combustão. Há quem defenda a nanotecnologia como a garantia de que o mundo atingirá, enfim, o desenvolvimento sustentável (NANI, 2002).

A fabricação molecular deverá mudar em muito o comportamento de muitos materiais, melhorando consideravelmente seu desempenho. Tomando como exemplo os nanotubos de carbono (forma tubular do

átomo de carbono com diâmetro tão pequeno quanto um nm), que possuem extraordinárias propriedades mecânicas. Este apresenta tensão de ruptura de 2000 GPa (Giga) contra MPa (Mega) em aços (DURAN, 2002).

Os próximos 20 anos serão muito revolucionários para a informática, visto o desenvolvimento da **computação quântica**, ou seja, que trabalha na escala atômica e que, portanto, deixa de obedecer as leis da mecânica de Newton e passa a obedecer as leis da mecânica quântica (a teoria física que governa o comportamento de átomos e moléculas).

“Cada bit em um computador clássico só pode adquirir um dos valores, “0” ou “1”, que são, por sua vez, mutuamente excluídos. Acontece que no mundo dos átomos,

a Mecânica Quântica nos ensina que os bits (que no caso quântico são chamados de quantum-bits, ou qubits) podem simultaneamente adquirir os valores "0" e "1"! Esta propriedade é chamada de superposição de estados quânticos" OLIVEIRA, 2002).

Esta nova propriedade representa um descomunal ganho de velocidade de processamento, pois todas as seqüências de bits possíveis em um computador poderiam ser manipuladas simultaneamente (OLIVEIRA, 2002).

Tudo indica que o que utilizamos com a mais alta tecnologia no nosso dia a dia, mudará radicalmente para melhor em todos os aspectos até o ano de 2020. A nanotecnologia hoje está dentro dos laboratórios nas universidades, em fase de testes, sendo aprimorada e viabilizada tecnicamente e economicamente para sua

utilização na industrialização de toda uma gama de produtos nas várias atividades humanas. Na arquitetura contaremos com materiais mais resistentes, com melhor desempenho térmico, vidros mais resistentes e translúcidos, e talvez uma geração de novos materiais ainda não conhecidos e que poderão colaborar para a produção de uma arquitetura mais sustentável. Obviamente os sistemas de automação e equipamentos dos edifícios também se tornaram mais eficientes. Conseqüentemente haverá mudanças na forma de conceber o edifício, da mesma maneira que todas as mudanças tecnológicas provocaram na história da arquitetura.

É necessário ressaltar alguns importantes aspectos colocados com relação ao uso da alta tecnologia na arquitetura sustentável. Richard Rogers, por exemplo, exalta sua crença na alta tecnologia como um caminho a seguir, e, na medida em que os edifícios voltarem a fazer parte dos ciclos da natureza, a arquitetura voltará a suas autênticas raízes (ROGERS, 2000).

Já o arquiteto Ken Yeang, acredita que o êxito em atingir os objetivos da arquitetura sustentável não estão apenas na utilização de novas tecnologias e no conhecimento dos princípios ecológicos. Em grande parte, está relacionado à sensibilidade e criatividade do projetista em colocar em prática as soluções mais

acertadas às limitações e possibilidades do local e ao próprio projeto em si (YEANG, 2001).

Para Katherine Slessor, o debate sobre as mudanças necessárias na arquitetura é bastante complexo. Alternativas desenvolvidas por arquitetos e engenheiros estão sendo lentamente introduzidas, pois seus feitos são amplamente influenciados por interesses sociais, políticos e econômicos. Devemos ser conscientes de que a tecnologia não trará a resposta para todos os nossos problemas. Existe também o perigo de que os benefícios dos avanços tecnológicos possam ser anulados, se não forem aplicados de maneira benéfica para a sociedade. Arquitetos, engenheiros, planejadores e políticos estão aprendendo lentamente

a superar a dificuldade de equilibrar as necessidades do presente com as responsabilidades futuras (SLESSOR, 1997).

3.2 Critério de seleção das leituras projetuais

Vários arquitetos influenciados pelo grupo Archigram, como Richard Rogers, Nicholas Gimshaw e Michael Hopkins, foram responsáveis por uma produção arquitetônica em alta tecnologia nas últimas décadas. Estavam conscientes da necessidade de uma maior integração entre arquitetura e meio ambiente, desenvolvendo formas de aplicar o conceito de sustentabilidade ao desenho dos edifícios. Determinar se

um edifício é ou não sustentável, pode ser interpretado de várias formas. Primeiro por que nem sempre uma obra é completamente sustentável, devido ao número de tópicos que devem ser considerados, e também pelo caráter experimental nesse tipo de nova abordagem na arquitetura. Em segundo lugar muitos autores não consideram apenas os aspectos mais óbvios, como os energéticos e ecológicos, mas também a qualidade ambiental do espaço construído e características subjetivas, que estão mais relacionadas à criação.

Levando em conta todas essas questões, os temas para as leituras projetuais foram escolhidos pelos seguintes critérios:

tratamento das águas servidas e sua reutilização.

- **Energia (geração e conservação)** – Este critério está relacionado ao uso racional de energia através de elementos que minimizam seu consumo. A geração de energia alternativa e renovável (eólica, solar ou geotérmica), são cada vez mais objetos de estudo dos arquitetos. Este é um critério de muita influência no desenho do edifício, podendo caracterizar sua implantação, forma, materialidade, altura, etc.

- **Água** – O uso racional da água é um fator de muita importância para as próximas décadas. Portanto, tornam-se necessárias as soluções de projeto que levem em consideração a redução do seu consumo, captação das águas pluviais,

A diminuição do volume dos esgotos e tratamentos biológicos, são outras alternativas também importantes para a conservação da água e economia de energia.

- **Iluminação natural** – Este aspecto está relacionado a um ambiente saudável e à economia de energia. São solucionados por novos tipos de vidros e sistemas de caixilhos com diferentes recursos, que minimizam a insolação diretamente no ambiente, sem perder a luz natural.

- **Ventilação natural** – São cada vez mais usados recursos que possibilitam a ventilação natural, criando ambientes mais saudáveis, sem o uso do

ar condicionado, possibilitando a economia de energia. Uma nova geração de caixilhos são os responsáveis pela flexibilização da ventilação natural em períodos do dia, proporcionando mais economia de energia.

- **Materiais** – Necessitamos de novos materiais, que não representem risco à saúde dos usuários ou a geração de mais resíduos. O uso de matérias-primas naturais, com o desenvolvimento de novas tecnologias, está tomando esses materiais mais eficientes que os tradicionais.

- **Paisagem** – Muitas vezes a interferência da arquitetura na paisagem pode vir a descaracterizá-la, gerando conflitos e degradação. A delicadeza e sensibilidade do

arquiteto nessas intervenções podem conservar a natureza mantendo-a intocada.

- **Estrutura** - Está relacionada aos projetos que são concebidos pelo estudo de novas formas e ordens provenientes do mundo natural, influenciando diretamente sobre a arquitetura. Essas inspirações são possíveis atualmente graças às tecnologias da informática (CAD) que podem simular esses elementos e também estarão presentes em toda a cadeia produtiva do edifício.

- **Contexto cultural** – Esse tema mostra a preocupação com o respeito às tradições culturais, sem que isto interfira na arquitetura, como o reflexo de nossa contemporaneidade.

3.3 Leituras projetuais

- **Auto-suficiência** - Uma outra característica bastante radical é a possibilidade de se pensar uma arquitetura auto-suficiente, leve e versátil, e que se adapte ao entorno (MONTANER, 1997). Esta seria o resultado de uma arquitetura industrial, capaz de substituir elementos, de gerar um mínimo de resíduos e ser auto-suficiente.
- **Futurista** – São os projetos visionários, refletidos pelas previsões de mudanças climáticas desse milênio. O mais interessante é a idealização de novas possibilidades tecnológicas, como um meio de tornar possíveis esses objetos futuristas. São importantes, na medida em que lançam novas idéias, impulsionando o desenvolvimento tecnológico. i

ENERGIA EÓLICA

Projeto: Ventiform
Arquiteto: Foster and Partners
Ano: 2001

Este edifício, como o próprio nome diz, parece ter sido moldado pelo vento. Utiliza uma turbina eólica Enercom E66, projetada pelo próprio escritório, com a capacidade de gerar energia para 1.500 casas. A figura com o fluxo de vento mostra como a forma do edifício ajuda a captar o vento de maneira a aumentar sua velocidade e melhorando o desempenho da turbina.



Fig.23 – Frente fonte: GISSEN, 2002.

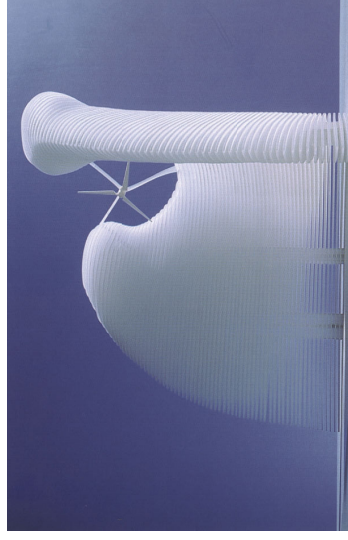


Fig. 24 – Lado fonte: GISSEN, 2002.

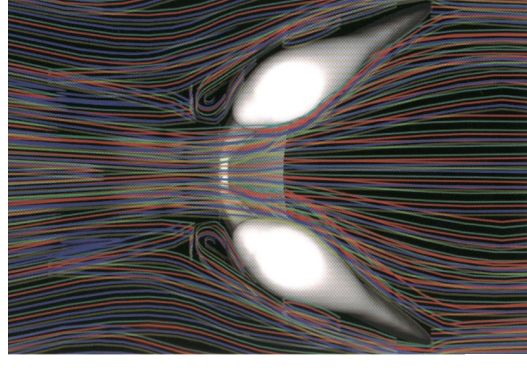


Fig. 25 – Fluxo de vento. fonte: GISSEN, 2002.

ENERGIA EÓLICA

Projeto: Project Zed

Local: Londres, UK

Ano: 1995

Arquiteto: Future Systems

Este projeto de uso misto, foi concebido com objetivos experimentais e em parceria com a universidade de Cambridge. A proposta previa que o edifício fosse auto-suficiente em energia, proveniente da turbina eólica no centro do edifício. Isto interferiu na forma do edifício, em função dos arredondamentos e curvaturas verticais da fachada, permitindo assim um melhor fluxo dos ventos. Para o fechamento foi desenvolvida uma esquadria em forma de triângulos, para melhor se adaptar ao formato da fachada.

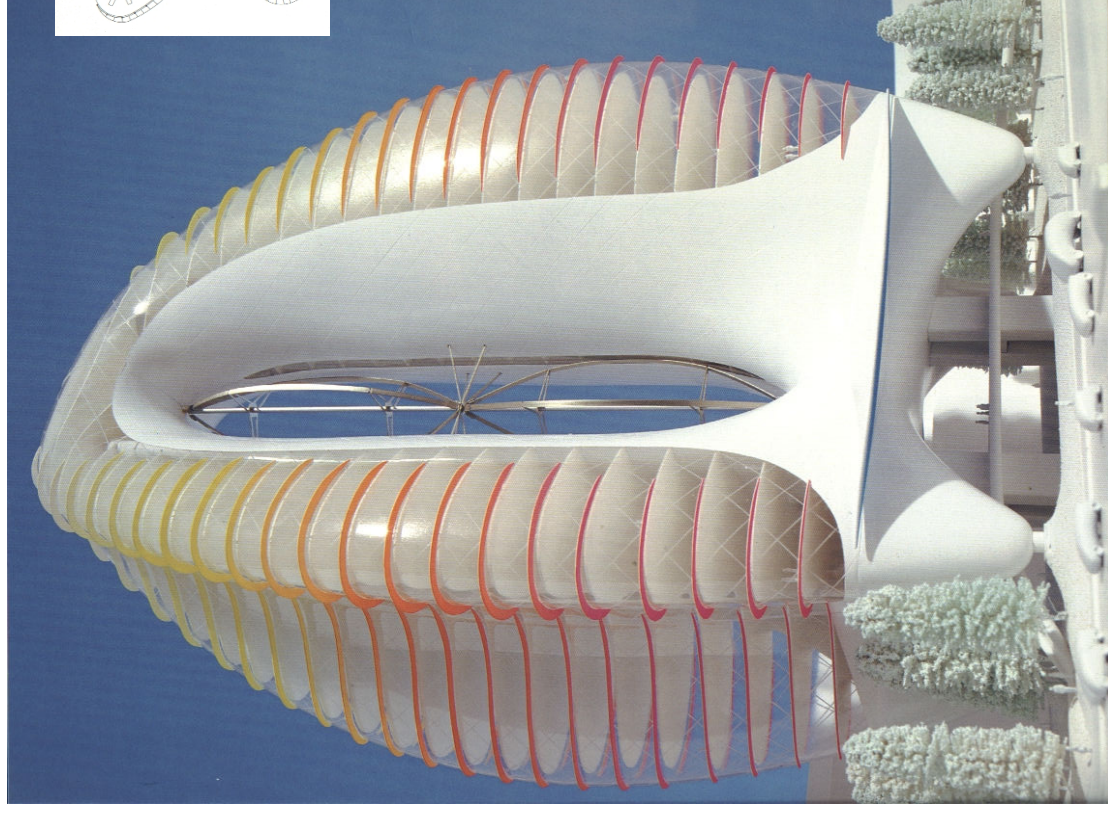


Fig. 26 – Maquete Zed fonte: FIELD, 1999.

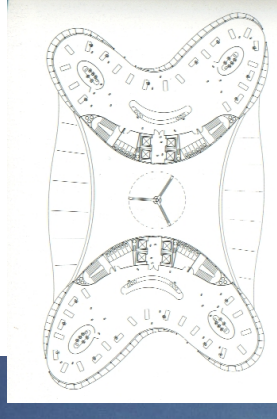


Fig. 27 – Planta Zed fonte: FIELD, 1999.

ENERGIA EÓLICA

Projeto: Zero Carbon Living Towers

Local: Londres, UK

Ano: 2004

Arquiteto: XCO₂

Entre as duas torres de apartamentos foram colocadas essas turbinas eólicas desenhadas pelo grupo XCO₂, gerando energia para todos os apartamentos. Este novo desenho proporcionou a diminuição da vibração na estrutura do edifício.

A geometria desta turbina foi concebida pela engenharia da aerodinâmica, com a criação de algoritmos matemáticos maximizando performance e elegância.

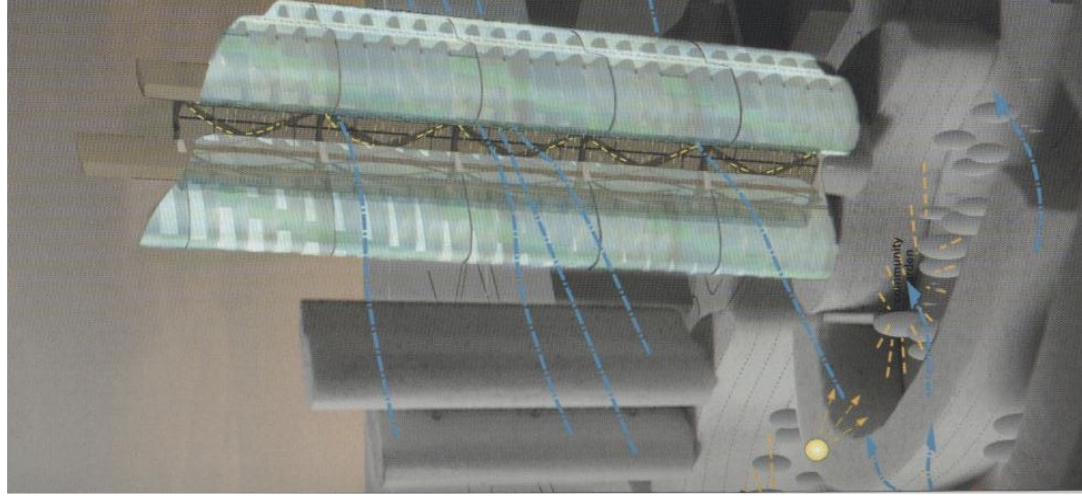


Fig. 28 – Simulação dos ventos
fonte: AD, 2006.

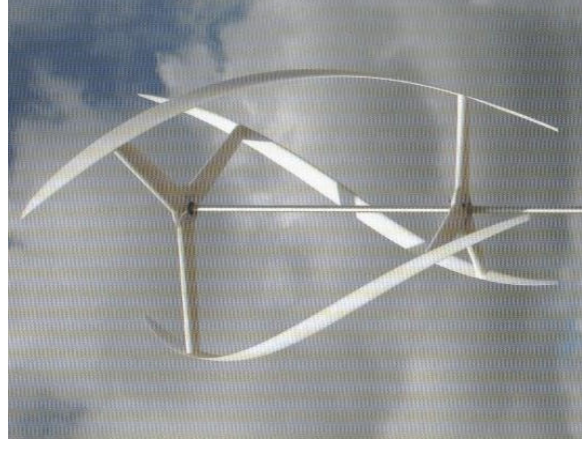


Fig. 29 – Nova turbina fonte:
AD, 2006.

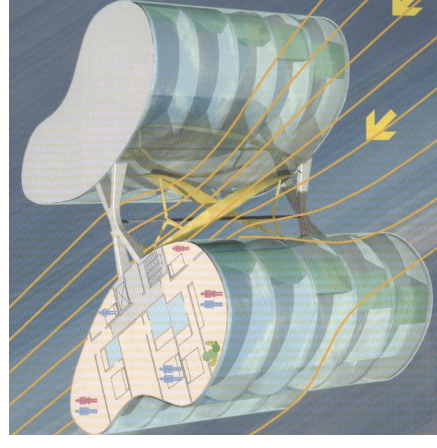


Fig. 30 – Detalhe simulação
fonte: AD, 2006.

ENERGIA EÓLICA E SOLAR

Projeto: Jets Stadium
Local: Nava York, EUA
Ano: 2001
Arquiteto: Kohn Pedersen Fox Associates

Este foi o primeiro edifício esportivo dos EUA, que os arquitetos propuseram o uso de tecnologias de células solares e turbinas de vento. Estas estão integradas ao edifício nos painéis metálicos superiores, orientadas no sentido norte/sul do estádio. As placas solares foram colocadas logo abaixo, em toda a extensão da estrutura lateral. Seu poderoso sistema de geração de energia provê não só o estádio, como seus arredores também.



Fig. 31 –Vista geral ,Jets
 fonte: GISSEN, 2002.



Fig. 32 –Painéis solares
 fonte: GISSEN, 2002.



Fig. 33 –Turbinas eólicas
 fonte: GISSEN, 2002.

ENERGIA SOLAR

Projeto: Conde Nast Building
Local: Nova York, EUA
Ano: 1999
Arquiteto: Fox & Fowle Architects

As duas principais características desse edifício são, preservar a saúde dos ocupantes e economizar energia. Sua localização fica em uma das regiões mais poluídas da cidade. Através de um sistema de filtros localizados no seu topo, 90% das impurezas do ar são retiradas antes de ser bombeado para os escritórios.

O edifício também gera a maior parte da energia consumida, através da captação da luz do sol por células fotovoltaicas. Estas são colocadas por detrás da fachada de vidro, na altura das vigas, permitindo a visão do exterior pelo usuário.

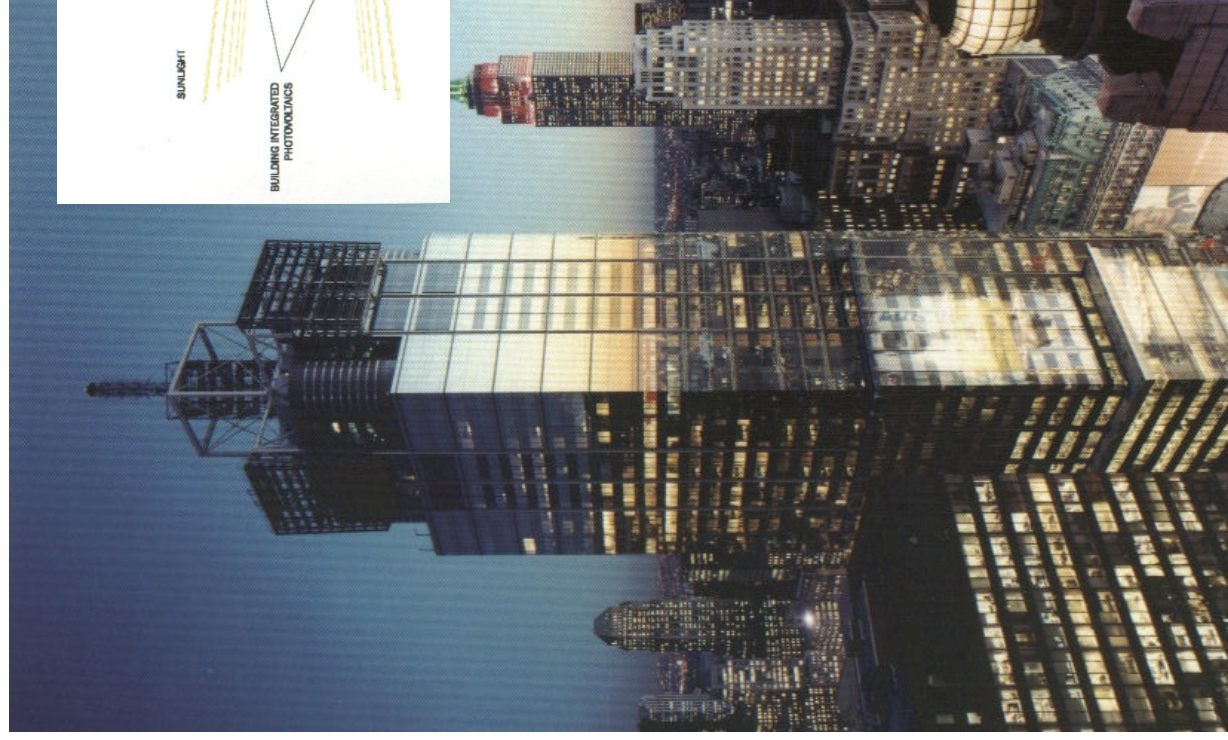


Fig. 35 –Painéis fotovoltaicos na fachada
 fonte: GISSEN, 2002.

Fig. 34 –Vista geral Ed. Condé
 fonte: GISSEN, 2002.

ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAIS (CAIXILHOS)

Projeto: RWEAG

Local: Essem, Alemanha

Ano: 1997

Arquiteto: Ingenhoven Overdiek und Partner

Esta torre cilíndrica possui uma variedade de tecnologias ambientais como: Células fotovoltaicas, sistemas de conservação de energia, monitoração da qualidade do ar, etc. Sua principal inovação é a pele de vidro dupla que fecha o edifício. Utilizam um elemento chamado "fish mouth", uma parte permite a entrada de ar e a outra sunshade, a "fish mouth" pode ser operada para ventilar entre a pele de vidro dupla ou fechada para aquecer o interior. Permite um melhor controle ambiental ao longo do dia, dando maior autonomia ao ocupante.

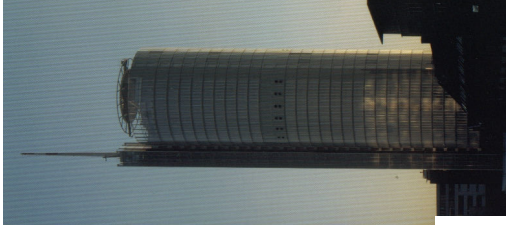


Fig. 38 –Detalhe caixilho Ed.RWEAG
fonte: GISSEN, 2002.

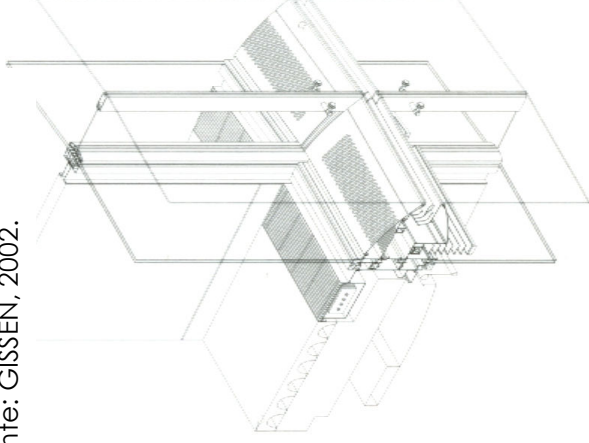


Fig. 36 –Frente Ed.RWEAG
fonte: GISSEN, 2002.

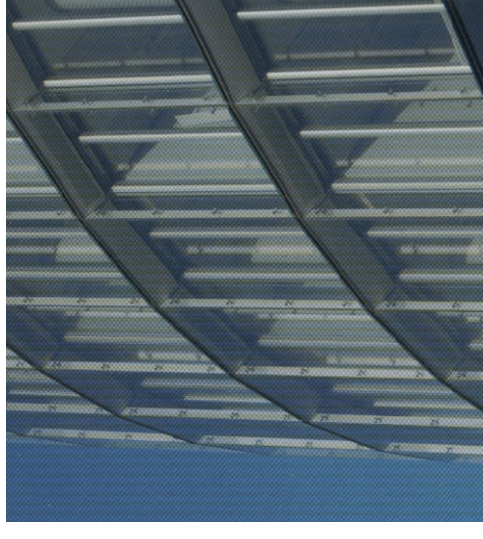


Fig. 37 –Detalhe caixilho Ed.RWEAG
fonte: GISSEN, 2002.

VENTILAÇÃO NATURAL

Projeto: Endesa Headquarters
Local: Madrid, Espanha
Ano: 1999
Arquiteto: Kohn Pedersen Fox Associates

O mais interessante desse projeto consiste no seu sistema de ventilação natural, dispensando os sistemas mecânicos. O edifício é formado por um espaço público central, formado por um grande vazio, fechado pelas laterais por dois blocos de escritórios. Tudo é coberto por uma grande estrutura que da unidade aos elementos do edifício. O sistema de ventilação consiste no princípio do efeito chaminé. O ar entra por jardins externos e são conduzidos por dutos subterrâneos, onde são resfriados naturalmente pela temperatura da terra. Entram nos escritórios, e também, através de aberturas nos jardins internos, no espaço público.

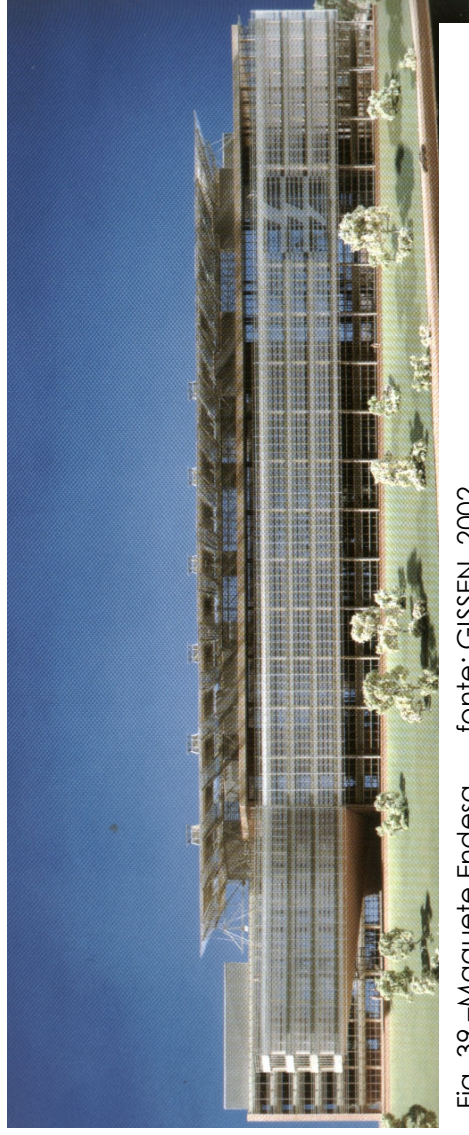


Fig. 39 -Maquete Endesa fonte: GISSEN, 2002.

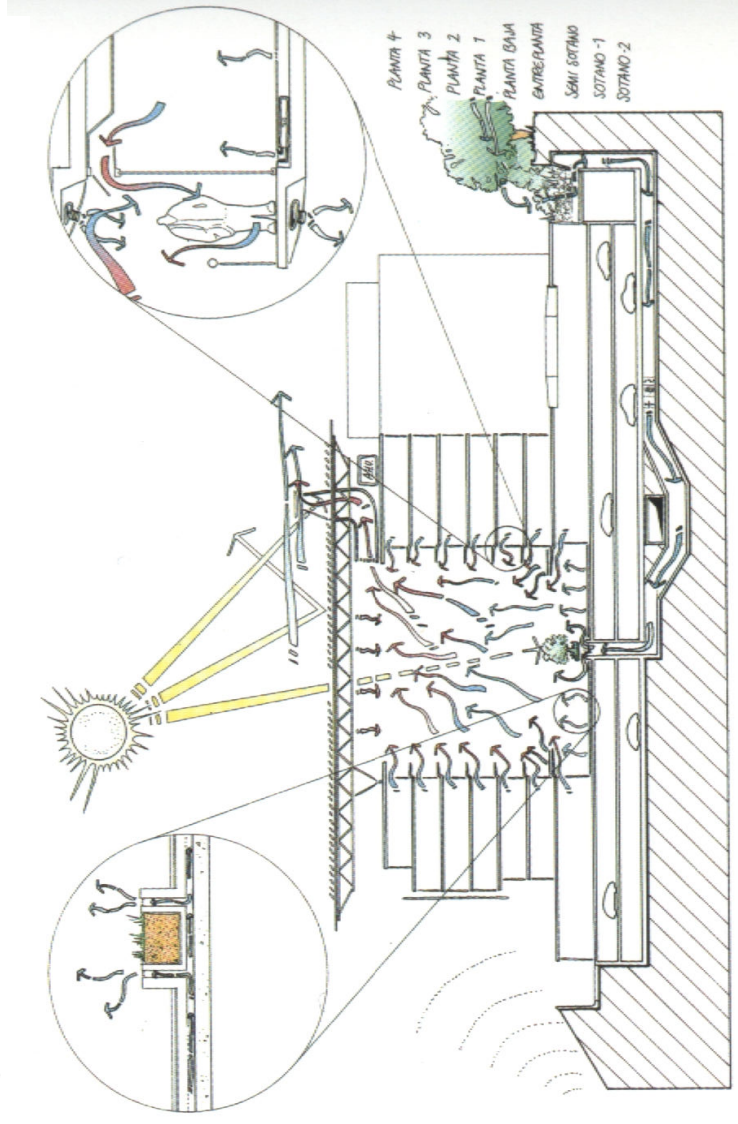


Fig. 40 -Corte esquema de ventilação fonte: GISSEN, 2002.

A medida que o ar dos escritórios e espaços centrais aquecem, sua tendência é subir, ajudado pela massa de ar quente da cobertura. As aberturas nas laterais da cobertura, permitem que o ar quente acumulado seja retirado pelos ventos. O efeito chaminé possibilita o constante fluxo de ar pelo prédio mantendo a temperatura sempre agradável.



Fig. 41 –Detalhe vão central
fonte: GISSEN, 2002.

ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO NATURAIS (CAIXILHOS)

Projeto: Helicon
Local: Londres, UK
Ano: 1996
Arquiteto: Sheppard Robson

O caminho mais fácil para a redução de energia são as janelas reguláveis, porém a poluição e o barulho do local influenciaram a criação desse sistema. A resposta foi a criação de duas peles de vidro, e entre elas uma espécie de cortina automática. O vidro exterior protege do barulho e filtra a radiação solar. O vidro interno permite que os usuários controlem a ventilação natural. A cortina móvel do espaço intermediário pode ser regulada de acordo com a insolação, permitindo assim o contato visual com o exterior. Outro recurso é a ventilação natural ascendente desse espaço que retira o ar quente acumulado, proporcionando ar fresco para o interior.

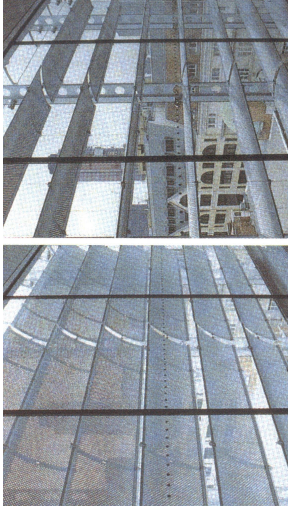
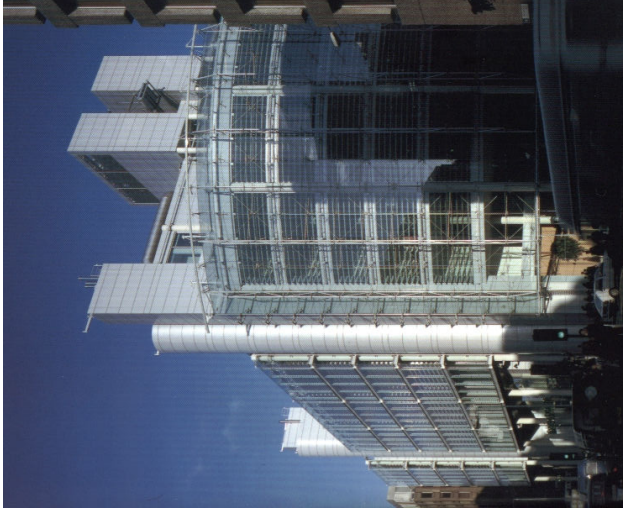


Fig. 43 –Det. Cortina PVC fonte: GISSEN, 2002.

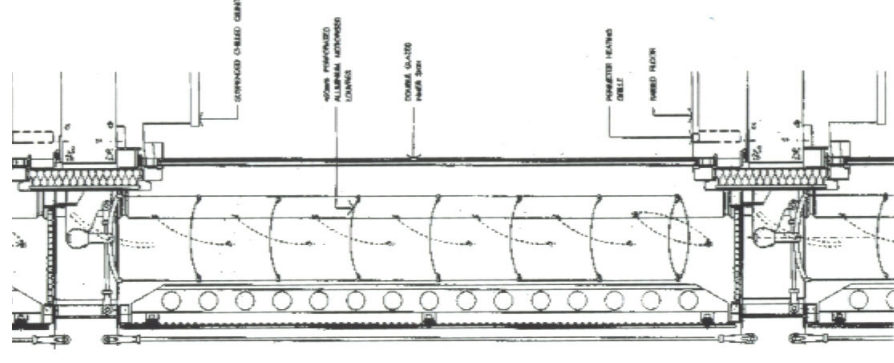


Fig. 45 –Det. esquadria fonte: GISSEN, 2002.

Fig. 42 –Vista Helicon fonte: GISSEN, 2002.

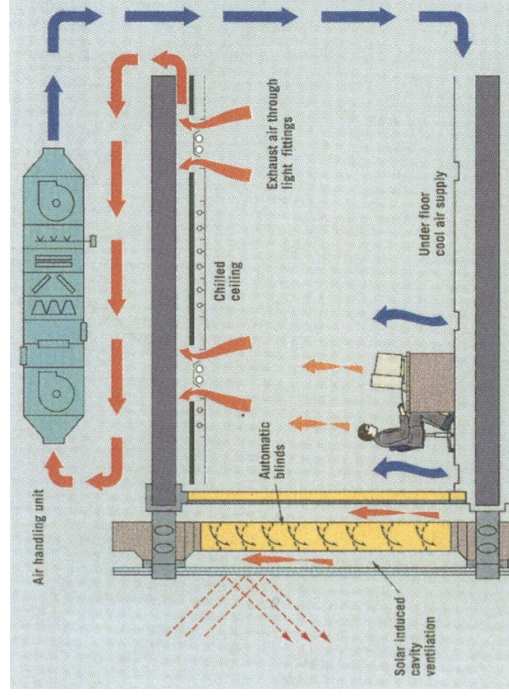


Fig. 44 –Esq. ventilação fonte: GISSEN, 2002.

ÁREA VERDE INTERNA

Projeto: Commerzbank

Local: Frankfurt, Alemanha

Ano: 1997

Arquiteto: Foster and Partners

Esse projeto representa um grande marco em edifícios altos e que tem uma preocupação ambiental. A torre de formato triangular, tem um vazio no centro, o que ajuda na iluminação e ventilação naturais interna. O ponto forte é a criação de três jardins em cada face lateral do edifício. Estes com 14m de altura por 36m de largura, contam com fechamento de vidro motorizado, permitindo regular a entrada de ar. atendem aos usuários, proporcionando um espaço acolhedor e contato com a vegetação. Além da paisagem da cidade, o usuário dos escritórios também têm uma agradável visão destes espaços de jardins.

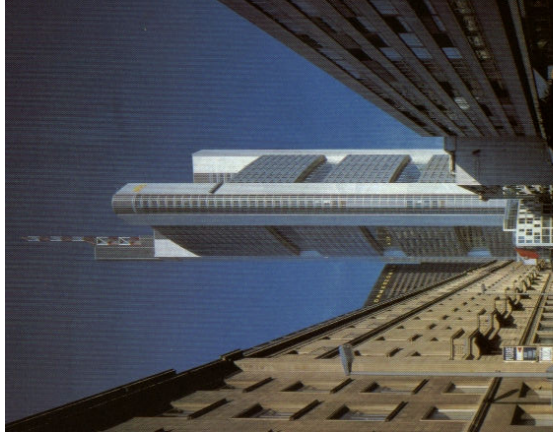


Fig. 46 –Vista Commerzbank
fonte: AU, 1997.

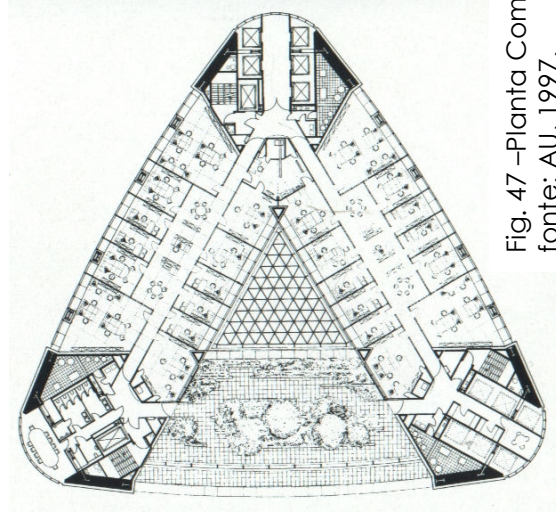


Fig. 47 –Planta Commerzbank
fonte: AU, 1997.

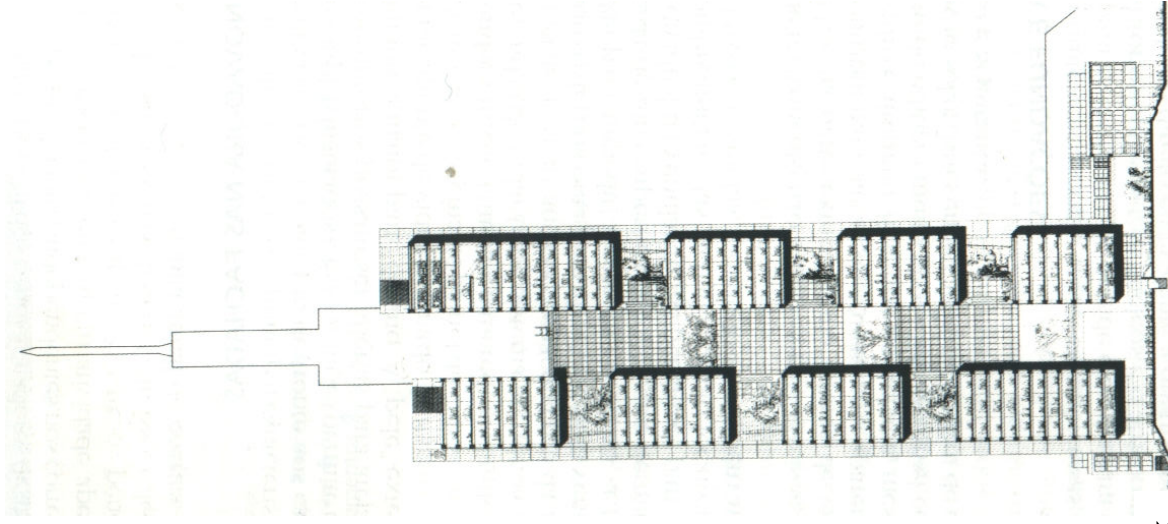


Fig. 48 –Corte Commerzbank
fonte: AU, 1997.

Outro ponto importante do projeto foram as esquadrias desenhadas especialmente, proporcionando melhor integração com o usuário, com regulagens fáceis da ventilação e iluminação naturais, garantindo assim maior economia de energia. Basicamente esse sistema consiste em duas camadas de vidro, sendo que no espaço interno existe uma persiana regulável para o controle da insolação. Existe também a possibilidade de abrir o painel interno para a ventilação natural. Através de uma abertura inferior no painel externo, o ar fresco pode entrar, e por uma abertura superior, é feita a exaustão natural do ar quente.

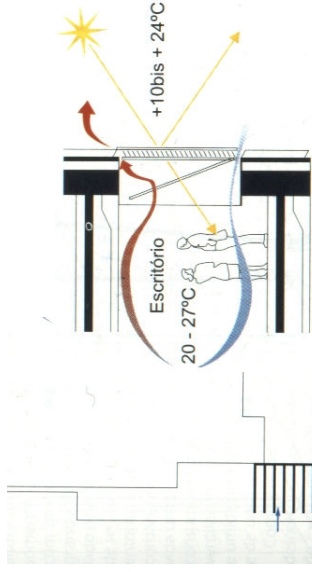


Fig. 51 –Insolação
fonte: AU, 1997.

Fig. 52 –Ventilação
fonte: AU, 1997.

Fig. 53 –Corte
a.verde fonte:
AU, 1997.

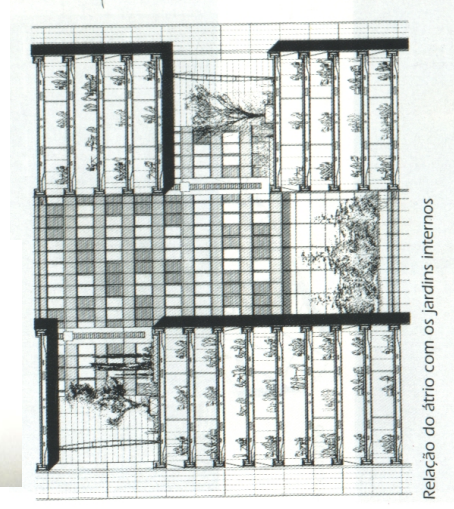


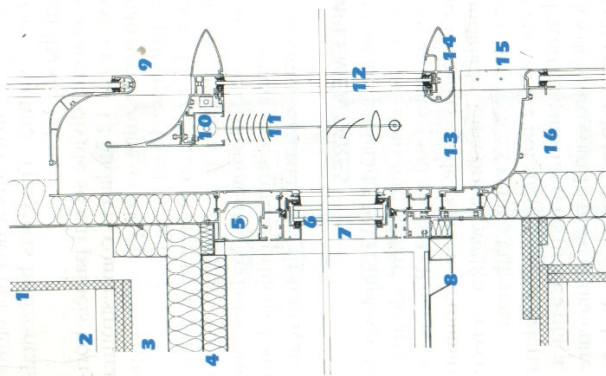
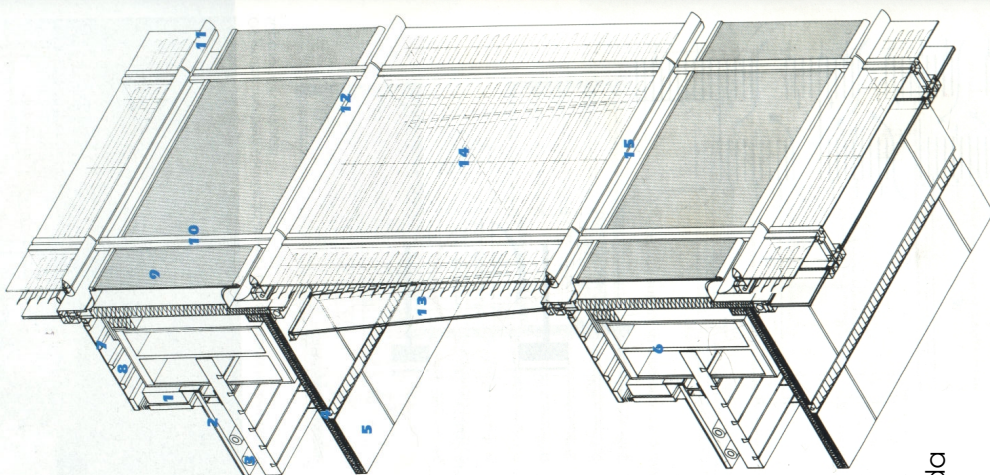
Fig. 49 –Área verde interna
fonte: AU, 1997.



Fig. 50 –Área verde interna
fonte: AU, 1997.

Isométrica da fachada

- 1 aquecimento por convecção
- 2 piso elevado
- 3 tubulação de aquecimento
- 4 difusor
- 5 forro
- 6 estrutura metálica
- 7 perfil de vidro
- 8 apoio de alumínio
- 9 vidro esmaltado
- 10 guia para acesso à fachada
- 11 pingadeira
- 12 abertura para exatuação de ar
- 13 persiana
- 14 painel externo de vidro (fixo)
- 15 abertura para entrada de ar



Seção vertical da fachada

- 1 proteção contra o fogo
- 2 estrutura metálica
- 3 isolamento
- 4 forro
- 5 motor da janela
- 6 caixilho com vidro insulado
- 7 abertura na parte superior
- 8 perfil de alumínio
- 9 abertura para exatuação do ar
- 10 motor
- 11 persiana mecânica de 50 mm
- 12 vidro laminado com radar para absorver ruído
- 13 painel de abertura
- 14 pingadeira
- 15 abertura para entrada de ar
- 16 área de fixação

Fig. 54 –Det. caixilho fonte: AU, 1997.

Fig. 55 –Isométrica da fachada fonte: AU, 1997.

ÁREA VERDE INTERNA

Projeto: Pavilhão Holandês, Expo 2000

Local: Hannover, Alemanha

Ano: 2000

Arquiteto: MVRDV

Este projeto apresenta uma radical proposta de integração entre a natureza e o edifício. O visitante percorre vários níveis, passando por florestas e pântanos, até chegar ao teto que tem um lago e uma plataforma para admirar a paisagem.

Foi a primeira proposta de inserção da natureza em uma área urbana densa, utilizando um parque de vários níveis.

Há também a recuperação das águas da chuva, que através de um circuito que distribui a água por todo o edifício. Além disso a energia elétrica consumida é gerada pelas turbinas eólicas localizadas no teto.

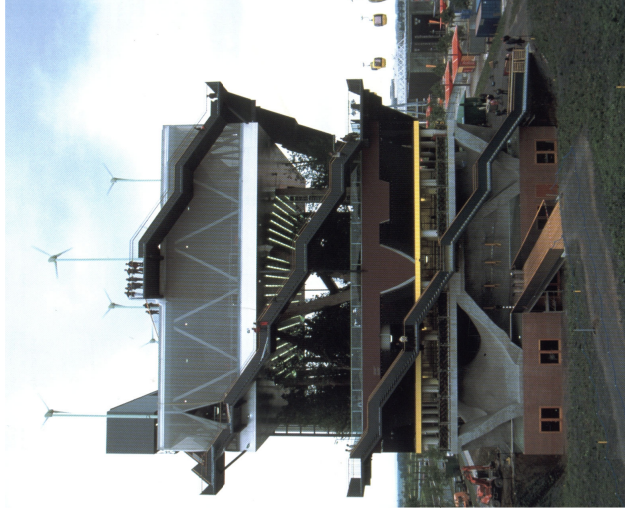


Fig. 56 –Vista do pavilhão
fonte: GISSEN, 2002.



Fig. 57 –Jardim interno fonte: GISSEN, 2002.

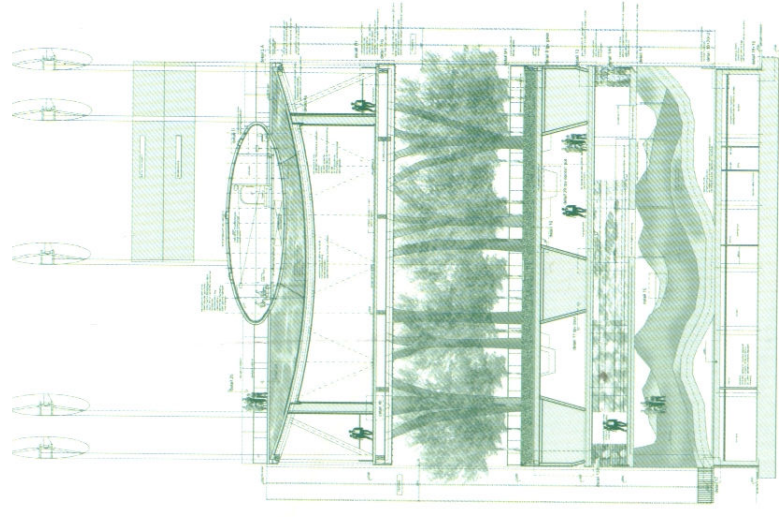


Fig. 59 –Corte - fonte: GISSEN, 2002.

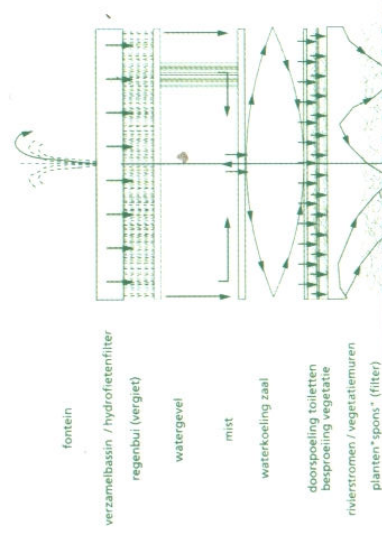


Fig. 58 –Distr. da água
fonte: GISSEN, 2002.

ÁREA VERDE INTERNA

Projeto: EDITT Tower

Local: Singapura

Ano: 1998

Arquiteto: T. R. Hamzah and Yeang

O projeto desta torre de escritórios tem como objetivo valorizar as relações entre espaço de trabalho e áreas ao ar livre.

As áreas verdes ascendem desde o térreo até os pisos superiores, incorporando a vegetação ao edifício.

Além de criar ambientes mais agradáveis e saudáveis ligados aos escritórios, há todo um sistema de captação de água de chuva, purificação e distribuição para o re-uso, proporcionando uma economia de água de 50% em relação aos edifícios normais.

Possui também células fotovoltaicas e sistemas de conservação de energia.

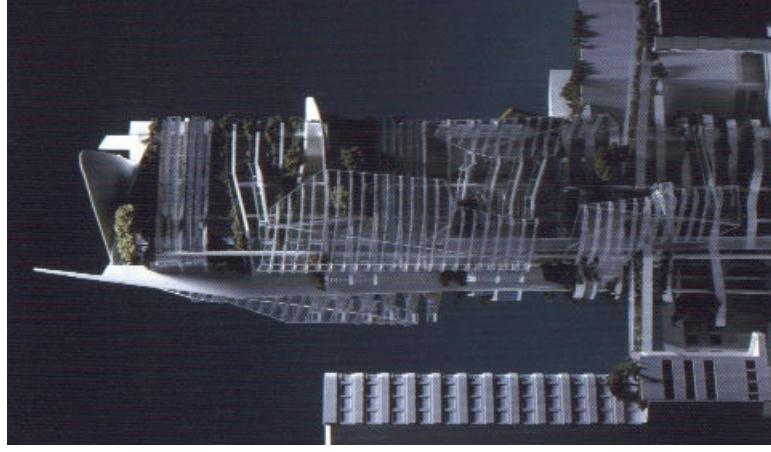


Fig. 60 –Vista Ed. EDITT
fonte: GISSEN, 2002.

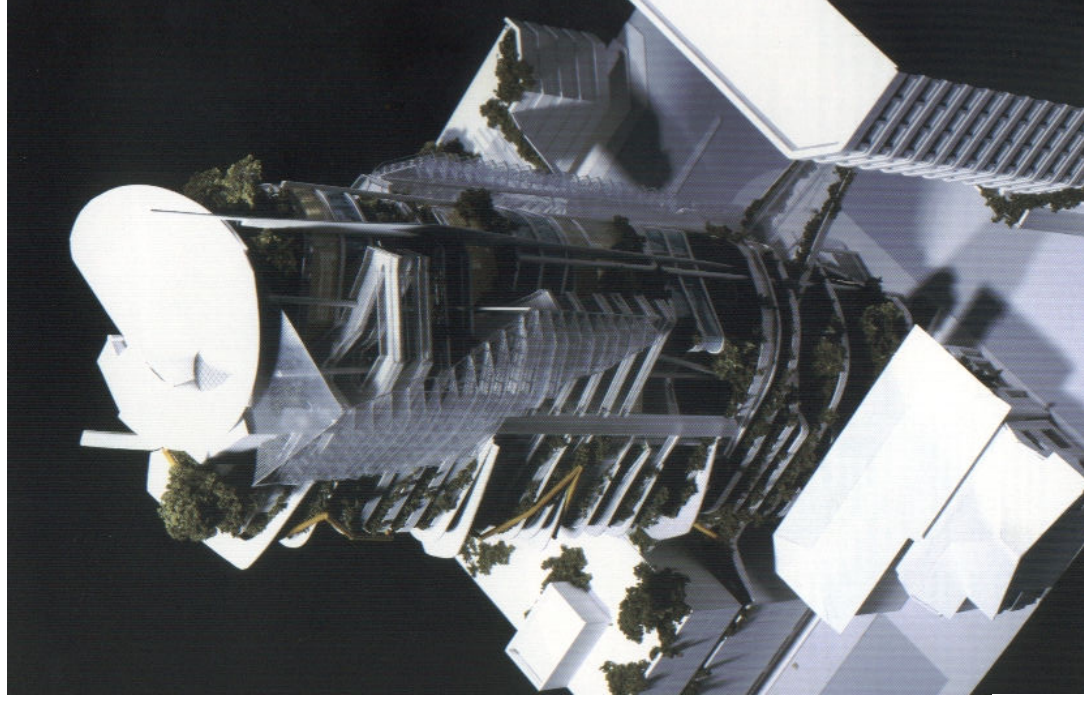
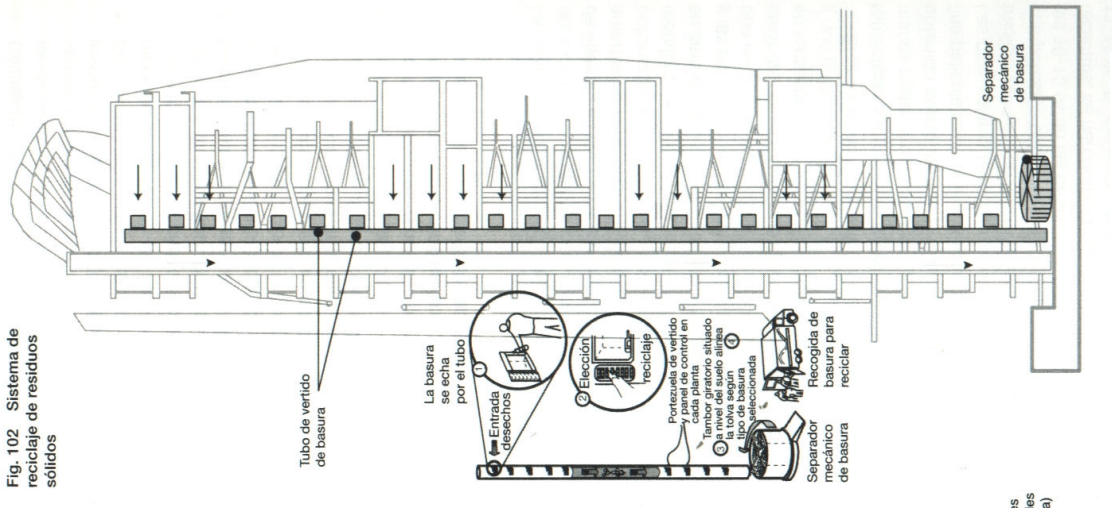


Fig. 61 –Vista Ed. EDITT
fonte: GISSEN, 2002.

Fig. 102 Sistema de reciclaje de residuos sólidos



es a)

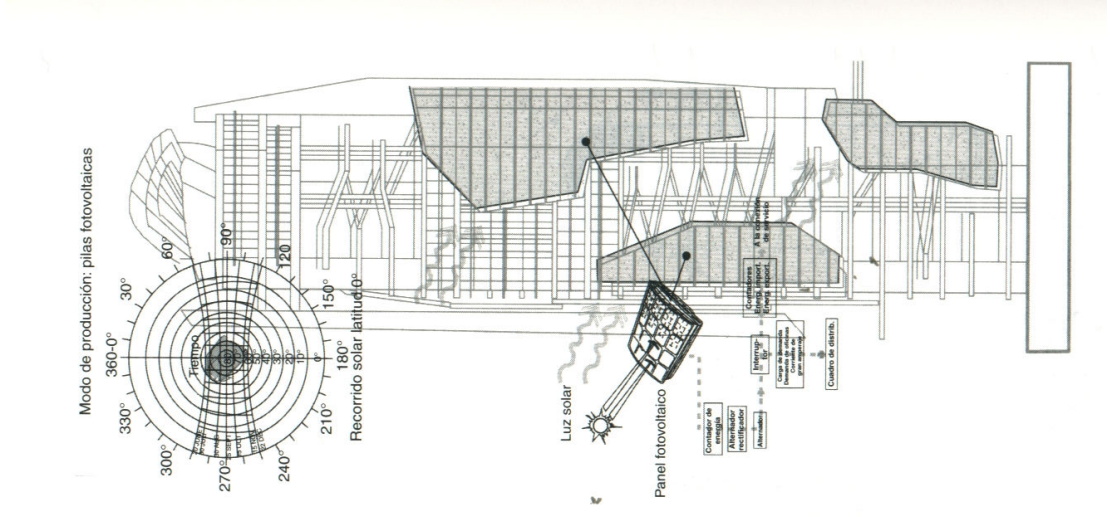


Fig. 63 –Esq. Lixo selectivo
 fonte: GISSEN, 2002.

Fig. 64 –Esq. Energia solar
 fonte: GISSEN, 2002.

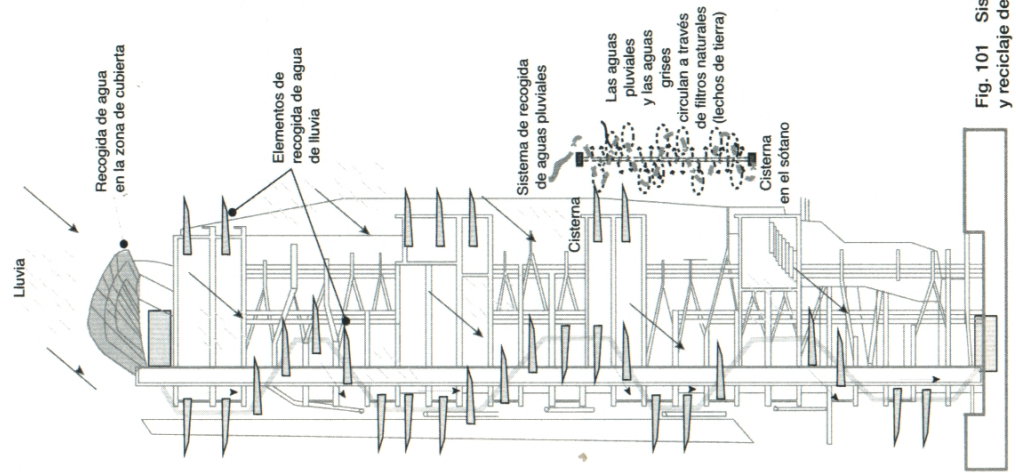


Fig. 101 Sist y reciclaje de

Fig. 62 –Esquema água de chuva
 fonte: GISSEN, 2002.

PROTEÇÃO SOLAR

Projeto: Pavilhão Britânico, Expo 92

Local: Sevilha, Espanha

Ano: 1992

Arquiteto: Nicholas Grimshaw

Este edifício de caráter temporário foi construído em Sevilha, uma região muito quente da Espanha. A redução do calor no interior do edifício, foi feita através de uma combinação de sombras e água corrente em uma das paredes envidraçadas. Este sistema era movido pela energia elétrica gerada pelas células fotovoltaicas localizadas na cobertura. A água corrente era evaporada pelo calor do sol na parede de vidro, causando uma sensação de frescor no ambiente.

As fachadas mais ensolaradas foram protegidas por membranas revestidas de PVC translúcidas, tencionadas por



Fig. 65 - Vista Pavilhão
fonte: GISSEN, 2002.

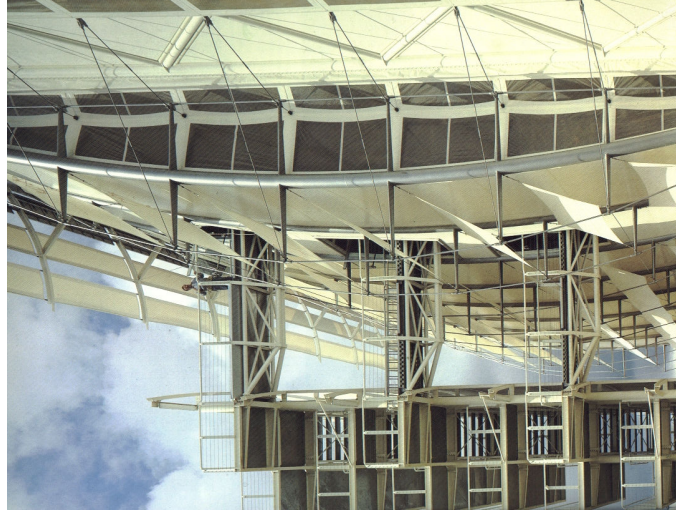


Fig. 66 - Membranas
fonte: SLESSOR, 1997.



Fig. 67 - Det. cobertura
fonte: GISSEN, 2002.

cabos e hastes. A cobertura em telha de metal é protegida do sol por uma grelha em forma de S, onde estão fixados os painéis solares.

A escolha dos materiais e pré-fabricação foi feita na Inglaterra, possibilitando sua desmontagem e reciclagem na Espanha.

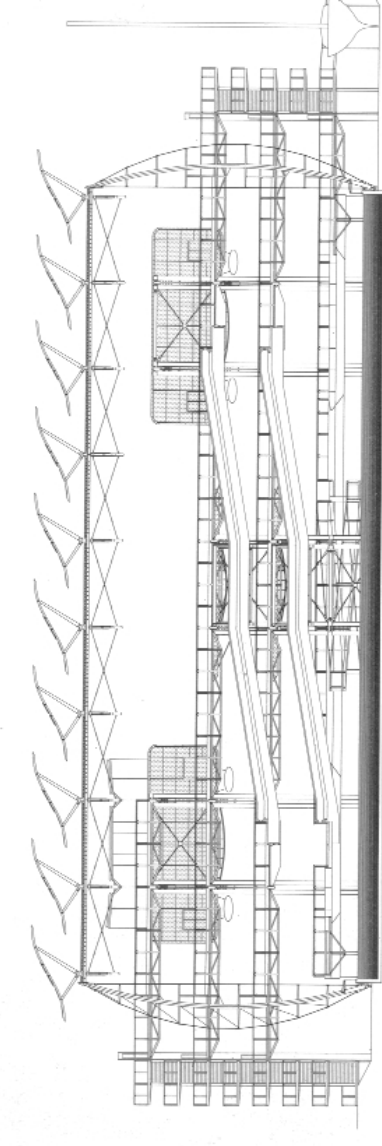


Fig. 68 –Corte fonte: SLESSOR, 1997.



Fig. 69 –Vista do pavilhão Britânico fonte: SLESSOR, 1997.

LUZ NATURAL

Projeto: De Menil Collection

Local: Houston, EUA

Ano: 1986

Arquiteto: Renzo Piano

Esta obra foi concebida para receber não só obras de arte mas para abrigar várias atividades educativas e culturais como música, literatura, teatro, etc.

Foi condição primordial a sua neutralidade formal, flexibilidade e principalmente receber luz natural nos ambientes.

A solução proposta pelo arquiteto foi uma cobertura de folhas muito finas em concreto armado, sobre as salas de exposição e áreas livres. Acima desta uma estrutura com fechamento translúcido tem a função de cobrir todo o edifício.

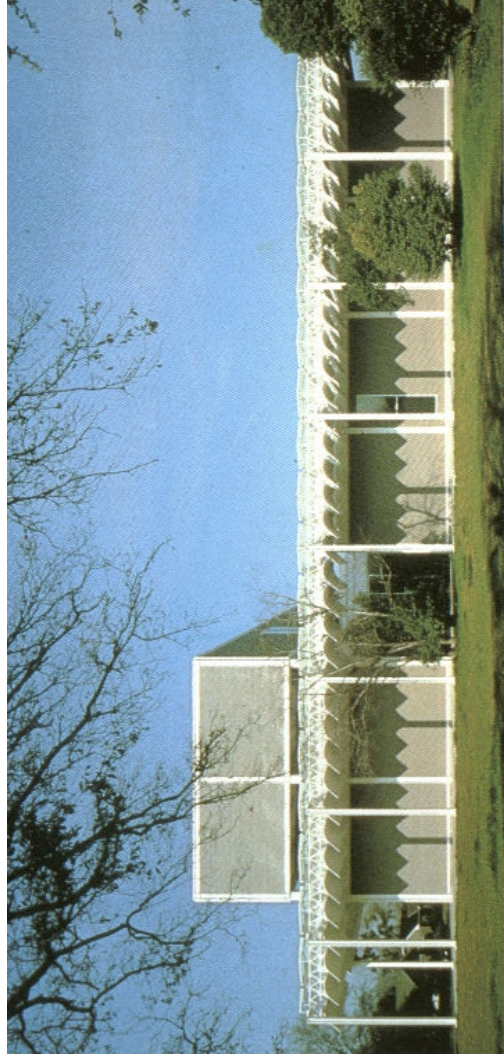


Fig. 70 –Vista da galeria fonte: GÖSSEL, 1996.

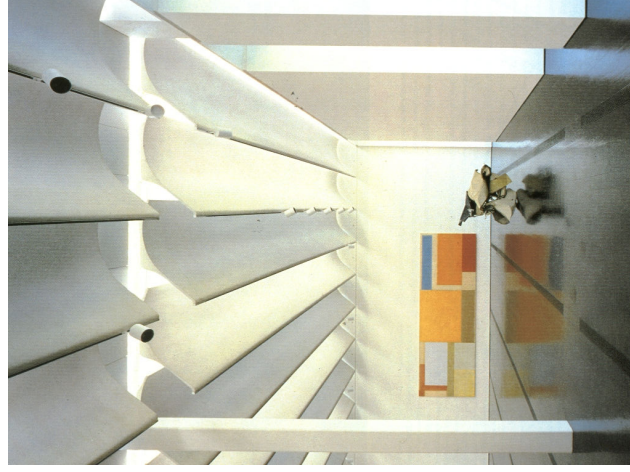


Fig. 71 –Interior da galeria fonte: GÖSSEL, 1996.

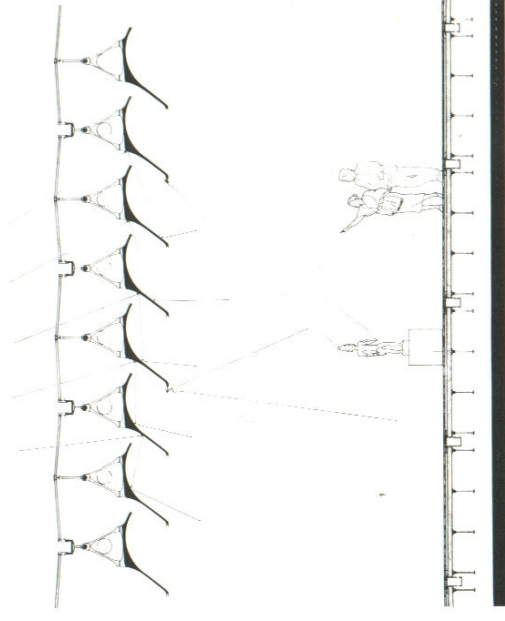


Fig. 72 –Esquema da luz natural fonte: GÖSSEL, 1996.

LUZ NATURAL

Projeto: Galeria Séc. XXI

Local: Londres, UK

Ano: 1993

Arquiteto: Future Systems

Este projeto foi proposto para um edifício com atividades culturais, e seu principal norteador foi a ideia de um grande espaço coberto iluminado por luz natural. O curador pediu este espaço que pudesse dar flexibilidade para criar espaços provisórios com divisórias, expor obras grandes, instalações e performances.

A inovação sem dúvida está na cobertura, estruturada por uma rede de cabos tensionados. Sobre os cabos foram montados sheds que com aberturas orientadas para o norte. Permite apenas a penetração do sol nesta posição, que é refletido por um anteparo interno. A cobertura também possui células solares, dutos de ventilação e suportes para iluminação.

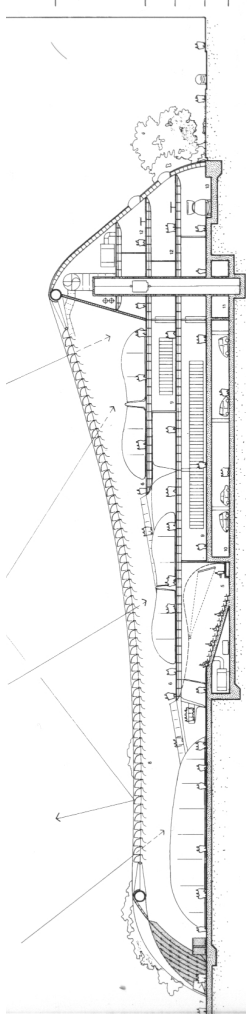


Fig. 73 –Corte da galeria fonte: FIELD, 1999.

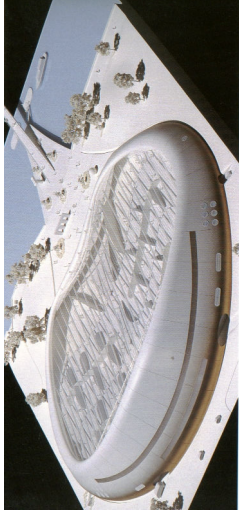


Fig. 74 –Maquete da galeria fonte: FIELD, 1999.



Fig. 75 –Corte maquete fonte: FIELD, 1999.

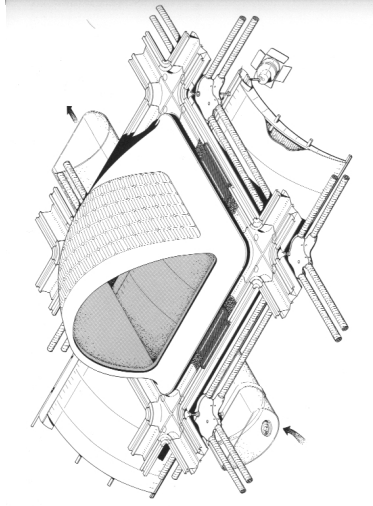


Fig. 76 –Isométrica do Shed fonte: FIELD, 1999.



Fig. 77 –Det. cobertura fonte: FIELD, 1999.

INSERÇÃO NA PAISAGEM

Projeto: Casa em Wales
Local: Pembrokeshire, UK
Ano: 1994
Arquiteto: Future Systems

A beleza da paisagem onde foi construída esta casa, inspirou os arquitetos a conceberem um projeto com ênfase na qualidade dos espaços interiores e na vista externa.

Para quem está chegando, a casa é praticamente invisível, mantendo a paisagem intocada. Do outro lado está a fachada de vidro, que proporciona a vista para o mar e é a principal atração do projeto.



Fig. 78 –A casa na paisagem fonte: FIELD, 1999.



Fig. 79 –Interior fonte: FIELD, 1999.

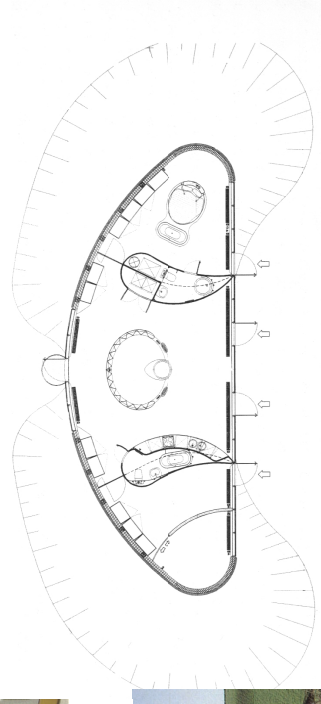


Fig. 81 – Planta
 fonte: FIELD, 1999.

Fig. 80 – Vista por
 trás da casa
 fonte: FIELD, 1999.



INSERÇÃO NA PAISAGEM

Projeto: EFA - Estação de Rádio Satélite

Local: Aflenz, Áustria

Ano: 1979

Arquiteto: Gustav Peichi

O primeiro projeto para esta estação de rádio satélite gerou uma série de protestos da comunidade de moradores, Diziam que o edifício seria uma intrusão e destruiria a paisagem pastoral do lugar. A resposta deste arquiteto austríaco foi a construção de um complexo de edifícios subterrâneos. Inclui alojamentos, escritórios de operação e recreação, todos interligados pelo subterrâneo.

Um vazio dá origem a um pátio, que permite a entrada de luz natural para os ambientes. Em uma encosta se encontram outras aberturas bem pouco perceptíveis. A grande antena parabólica é praticamente uma escultura na paisagem.



Fig. 82 - A estação na paisagem (verão) fonte: WINES, 2000.

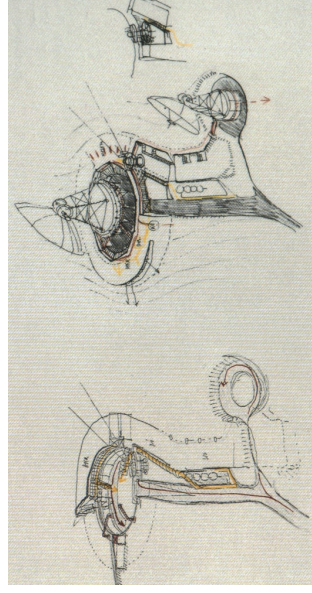


Fig. 83 - Croquis fonte: WINES, 2000.



Fig. 84 - No inverno fonte: WINES, 2000.

ESTRUTURA

Projeto: WaterCube
Local: Pequim, China
Ano: 2003
Arquiteto: PTW

O projeto para o Centro Nacional de Natação será construído até as Olimpíadas de 2008. A inspiração dos arquitetos veio da água, porém, os chineses pediram a forma retangular, que representa na sua cultura a ordem e a harmonia do conhecimento humano na natureza e na sociedade.

A concepção veio na forma de um prisma transparente com o fechamento externo na forma de bolhas de sabão. Foram reproduzidas com o ETFE, que é uma resina leve, resistente a choques, perfurações e variações de temperatura.

Foi utilizada a complexa teoria da bolha de sabão para criar a estrutura que veda e reveste o

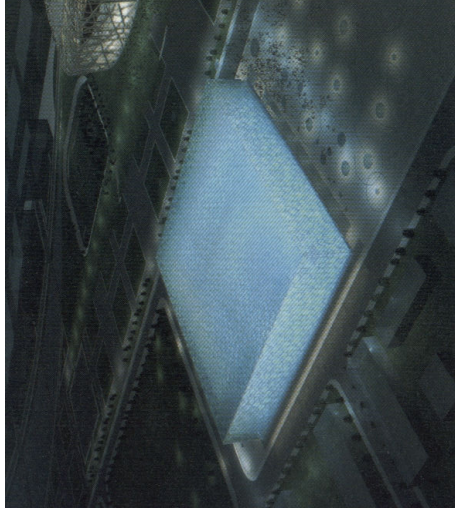


Fig. 86 – Det. Fachada fonte: AU, 2004.

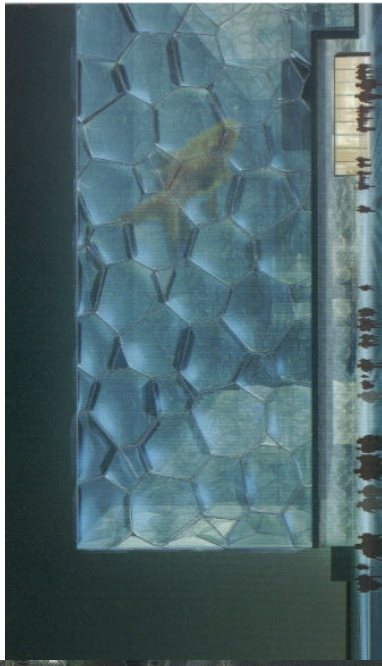


Fig. 85 – Vista geral fonte: AU, 2004.

- 1 área de lazer
- 2 piscinas olímpicas
- 3 quadra de basquete
- 4 quadra de squash
- 5 comércio
- 6 concessões
- 7 galeria
- 8 ingressos
- 9 foyer
- 10 entrada de lazer
- 11 acesso para o clube
- 12 acesso
- 13
- 14
- 15

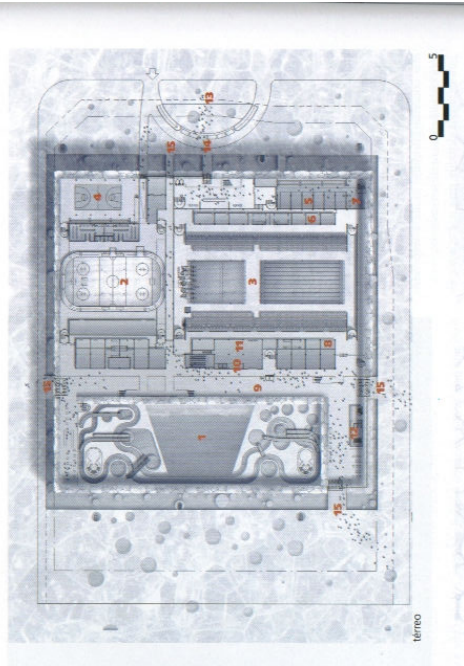
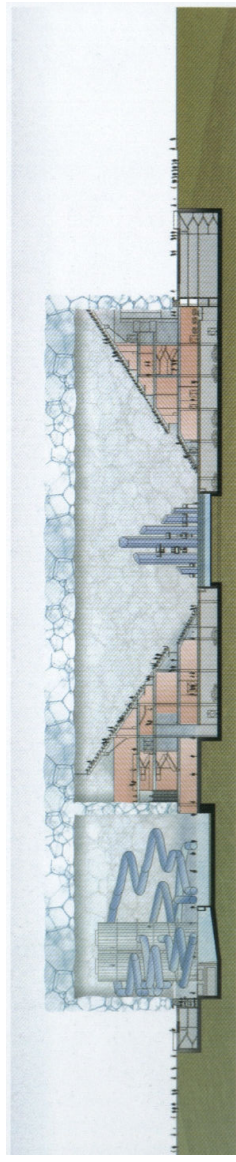


Fig. 87 – Planta fonte: AU, 2004.

Fig. 88 – Corte fonte: AU, 2004.



complexo. Esta é composta por duas camadas de resina, formando travesseiros cheios de ar, com dimensões irregulares de 3m a 7m. Os frames de aço separam as bolhas que revestem a estrutura, fixadas por cliques presos à estrutura.

Além disso, toda a energia solar que incide sobre essa estrutura, será capturada e reutilizada para o aquecimento das piscinas.



Fig. 90 – Elementos da estrutura (haste e nó)
fonte: AU, 2004.

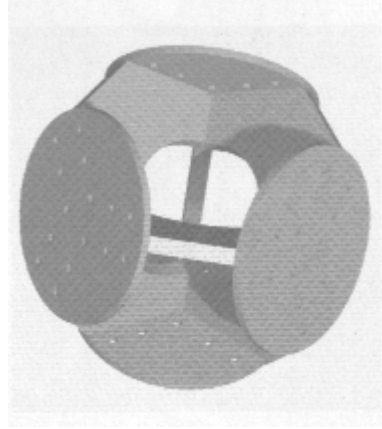
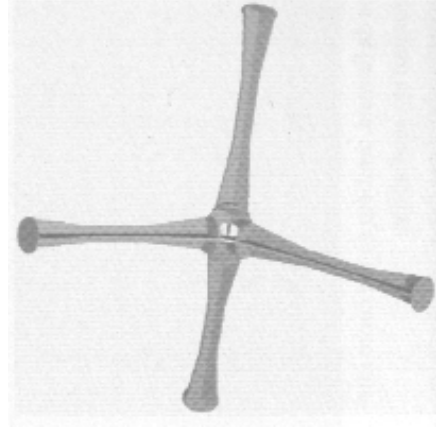
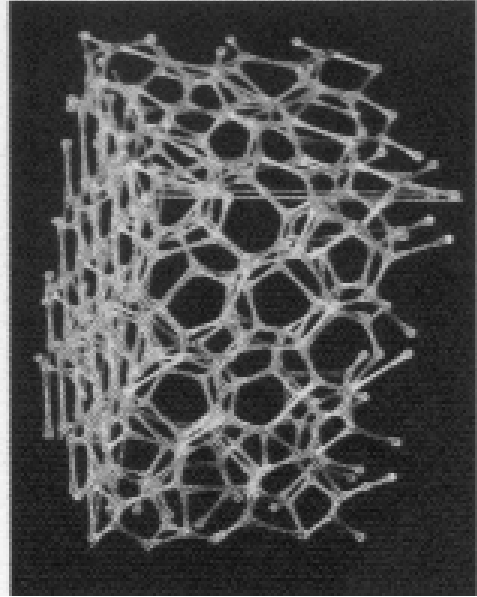


Fig. 89 – Montagem da estrutura
fonte: AU, 2004.



MATERIAIS

Projeto: Cité Internationale

Local: Lion, França

Ano: 1995

Arquiteto: Renzo Piano

O programa deste projeto é bastante heterogêneo, com escritórios, atividades culturais, lojas e um centro de conferências. Esses blocos criaram um microcosmo rico em atividades onde as pessoas vivem e trabalham sem se tornar um gueto apenas para negócios.

O arquiteto tinha como referência dar vida urbana a este ponto da cidade, uso de energia e integram os espaços com a natureza.

As diferentes alturas, funções e aberturas desses blocos, são unificados pelo revestimento em terra-cota, criando textura e cores mais aconchegantes no ambiente. Este material também contrasta com os painéis de

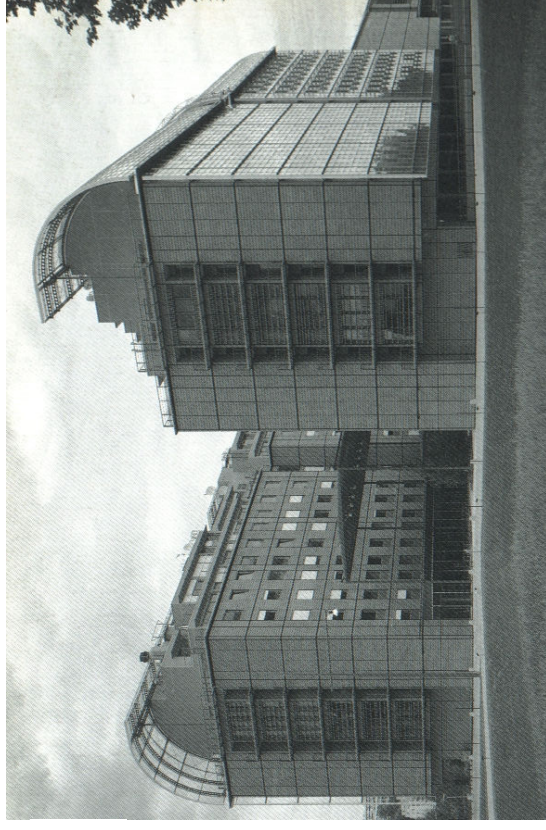


Fig. 91 – Vista geral
fonte: SLESSOR, 1997.



Fig. 92 – Vista
fonte: SLESSOR, 1997.



Fig. 93 – Rua interna
fonte: SLESSOR, 1997.

vídro externos, que protegem as aberturas dos caixilhos internos. Tanto os internos como os externos permitem abrir quando o clima é propício para ventilação natural, economizando mais energia.

O mais interessante desse projeto foi o uso da terracota, que é um material saudável, porém com um alto grau de sofisticação na sua fabricação e montagem. Estas peças possuem várias dimensões e modelos para cantos e quinas, que são encaixadas milimetricamente em um sistema de grelhas metálicas fixadas à fachada.

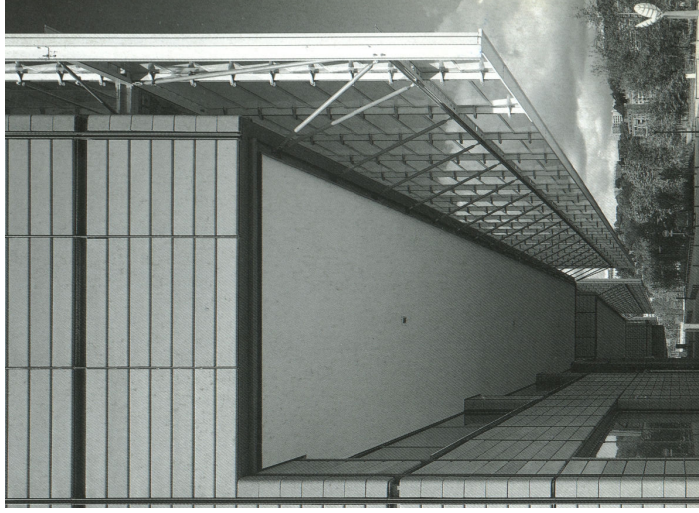


Fig. 94 – Det. Esquadria e revestimento
fonte: SLESSOR, 1997.



Fig. 95 – Det. fachada
fonte: SLESSOR, 1997.

CONTEXTO CULTURAL

Projeto: Centro Cultural Jean-Marie
Tjibaou

Local: Nouméa, Nova Caledônia

Ano: 1998

Arquiteto: Renzo Piano

A principal preocupação do arquiteto era respeitar as tradições culturais da comunidade de Kanak, da Oceania. Porém era importante a colocação do aspecto tecnológico contemporâneo.

Foram implantadas um conjunto de 10 unidades, de vários tamanhos e funções, linearmente. Essas unidades lembravam cabanas nativas pela forma e a utilização da madeira como elemento de fechamento. As peças estruturais da fachada possuem de 20 a 28m, criando alturas variadas, e são levemente arqueadas, o que é semelhante às cabanas nativas. Os materiais e esses elementos dão uma

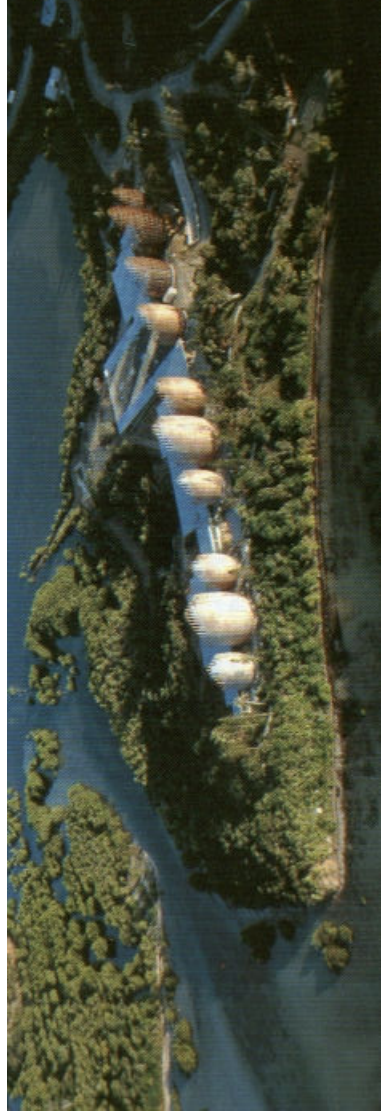


Fig. 96 – Vista aérea
fonte: AU, 2001.

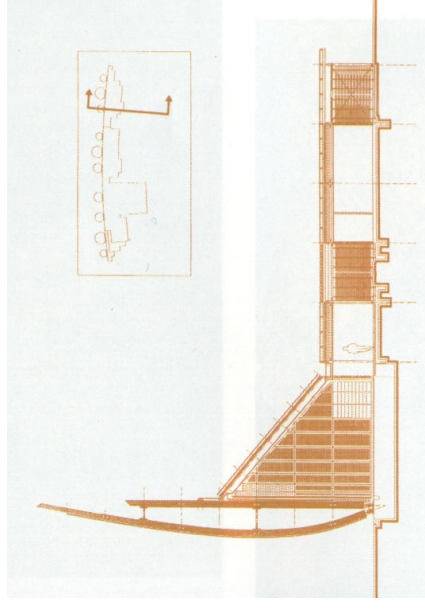


Fig. 97 – Corte
fonte: AU, 2001.

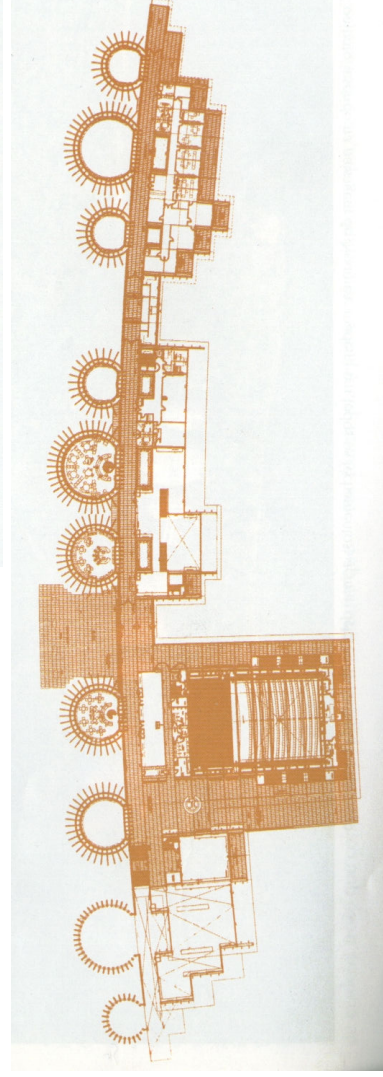


Fig. 98 – Planta
fonte: AU, 2001.

perfeita e integrada relação com a vegetação existente.

A ventilação natural também é bem aproveitada em função das monções vindas do mar. O teto possui uma camada dupla de madeira laminada, permitindo assim sua ventilação. O fluxo de ar interno é regulado por painéis que se abrem ou fecham de acordo com a quantidade de vento. Isso foi estudado e simulado por computadores e túneis de vento.



Fig. 99 – Det.
Cobertura e brise
fonte: AU, 2001.



Fig. 100 – integração na paisagem
fonte: AU, 2001.

Fig. 101 – Det. estrutura
fonte: AU, 2001.

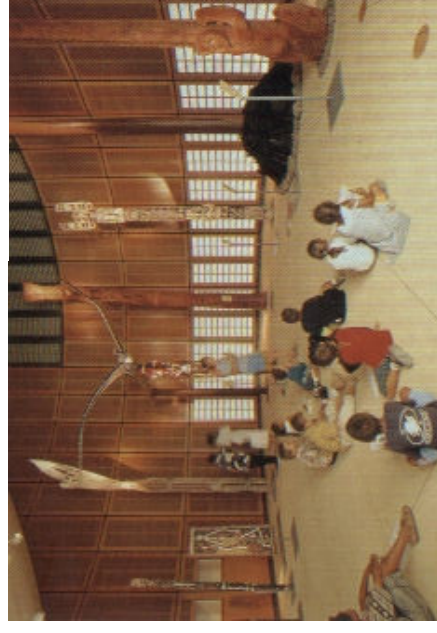


Fig. 102 – interior
fonte: AU, 2001.

ÁGUA E ESGOTO

Projeto: Bedzed
Local: Londres, UK
Ano: 2001
Arquiteto: Bill Dunster Architects

Esse conjunto de residências é um dos projetos mais completos que abordam a sustentabilidade.

Segundo o arquiteto, a proposta era mais do que uma preocupação com o meio ambiente, mais uma mudança no estilo de vida. A energia consumida pelo conjunto é produzida no próprio local, através de placas fotovoltaicas instaladas nos tetos e fachadas da edificação, e, também por uma mini-estação de combustível fóssil, pela queima de lascas de madeira. Na cobertura do edifício foram plantadas gramineas com a função de atrair pássaros, reter água para o sistema de drenagem, melhorar a proteção



Fig. 103 – Vista geral
 fonte: AU, 2004.

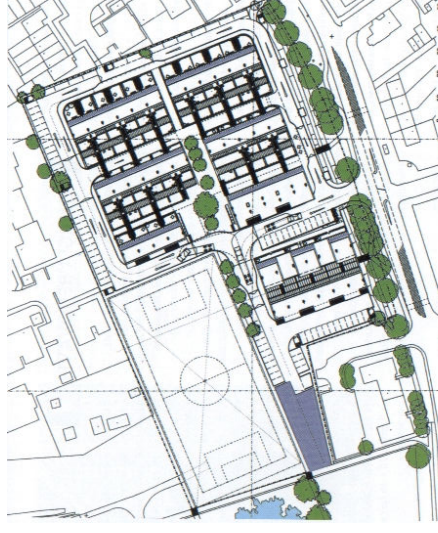


Fig. 104 – Implantação - fonte: AU, 2004.

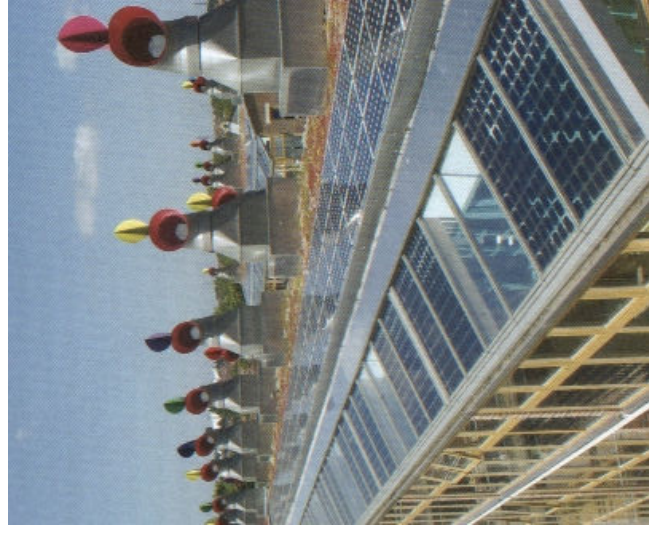


Fig. 106 – Ventilação e Painéis fotovoltaicos - fonte: AU, 2004.



Fig. 105 – Teto jardim - fonte: AU, 2004.

térmica e ainda proporcionando uma agradável visão. Optaram por utilizar produtos próprios da região, como o carvalho e os tijolos que revestem as fachadas. Foi dada também preferência a madeiras recicladas e de reflorestamento. A única exceção foi o uso do alumínio nas esquadrias, pela relação de custo e benefício.

Através de condutores na cobertura das edificações, são coletadas as águas pluviais que posteriormente são armazenadas no subsolo e filtradas para o reuso em bacias sanitária, lavagem e irrigação dos jardins. Ainda para o reuso das águas servidas, foi criado para o tratamento dos esgotos pelo método de filtros naturais e jardins hidropônicos, que filtram, purificam pelo processo aeróbico, eliminam o odor, e clareiam a água para o mesmo tipo de reutilização.

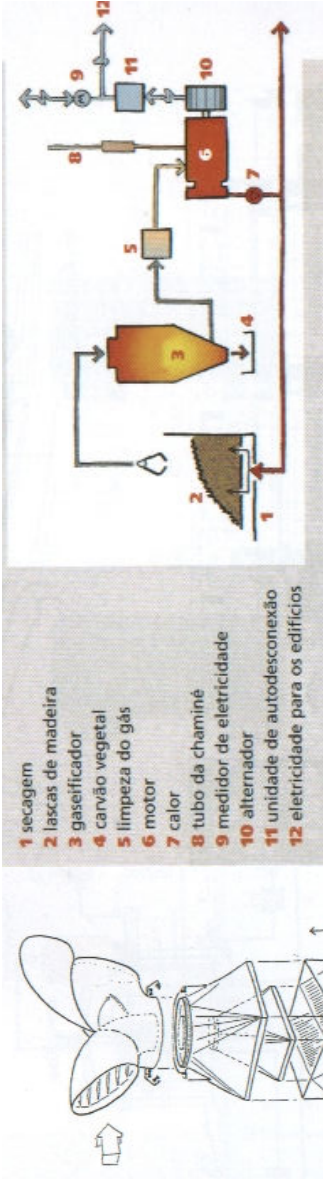


Fig. 107 – Mini-usina - fonte: AU, 2004.

Fig. 108 – Esq. Ventilação fonte: AU, 2004.



Fig. 109 – Esq. Água de chuva fonte: AU, 2004.

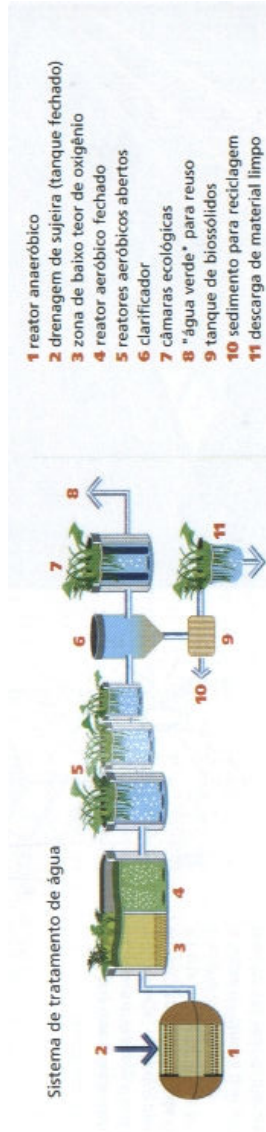


Fig. 110 – Sist. Tratamento de água - fonte: AU, 2004.

FUTURISTA

Projeto: Ozone-maker

Ano: 1993

Arquiteto: Jeffrey Miles

Inspirada nos movimentos ecológicos e nos avanços tecnológicos, é uma proposta que tenta atacar o problema da poluição do ar. O Ozone-maker foi extensivamente pesquisado. São uma série de satélites/balões vagando pelos céus, reparando a camada de ozônio, através da retirada dos clorofluorcarbonos e simultaneamente expelindo ar limpo para a atmosfera. Possui 433m de comprimento por 170m de largura, circula a terra em uma altura de 16 quilômetros de altura e a 5 km/h. Tem como combustível o hidrogênio e é inflado com gás hélio. É movido também pela força dos ventos, através das velas similares aos navios do século XVIII.

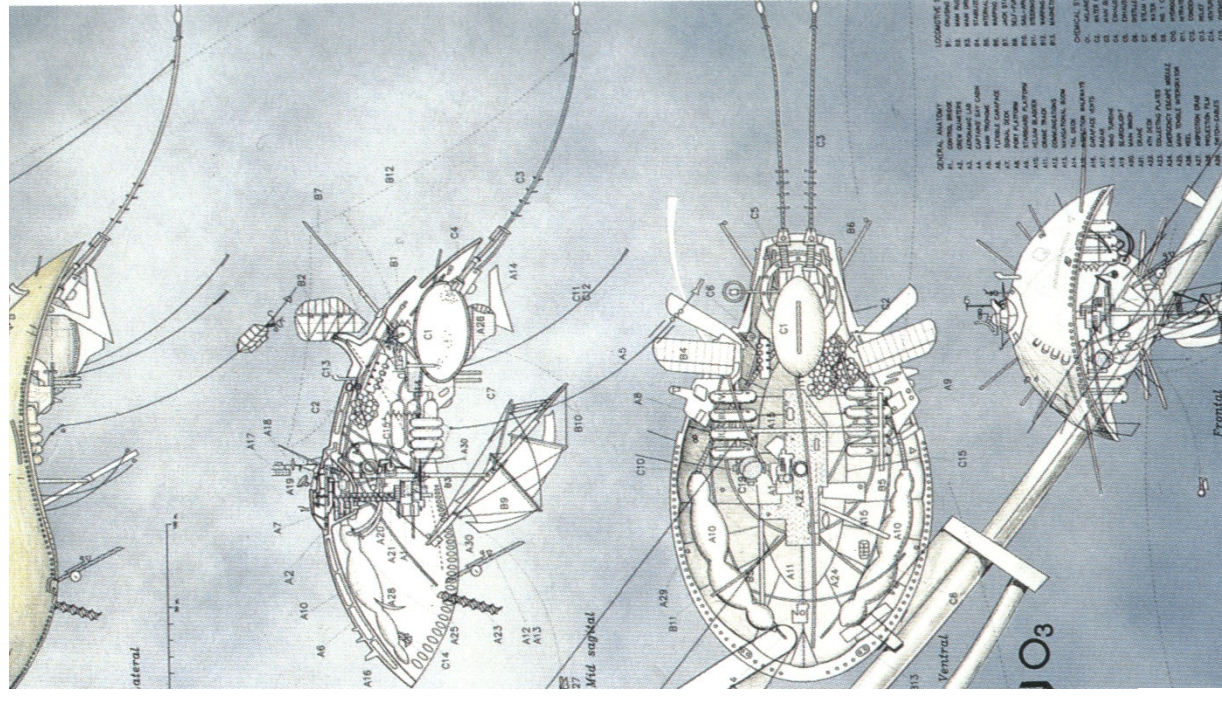


Fig. 111 – Det. projeto
fonte: WINES, 2000.



Fig. 112 – Projeto geral - fonte: WINES, 2000.

AUTOSUFICIÊNCIA

Projeto: RENUÉ
Local: Londres, UK
Ano: 1997
Arquiteto: Robert Webb e Richard Rogers

Esta proposta é uma celebração e exposição de sistemas e alta tecnologia.

A forma cilíndrica permite que o edifício receba a luz do sol o dia todo em sua fachada. Através de painéis deslizantes os visitantes podem alterar sua posição, escolhendo a melhor resposta ambiental, experimentando diferentes resultados. A turbina eólica vertical, localizada no topo das escadas e núcleo de serviço, produz a energia elétrica necessária. No núcleo de serviço está a estação de recepção e tratamento das águas servidas e pluviais.

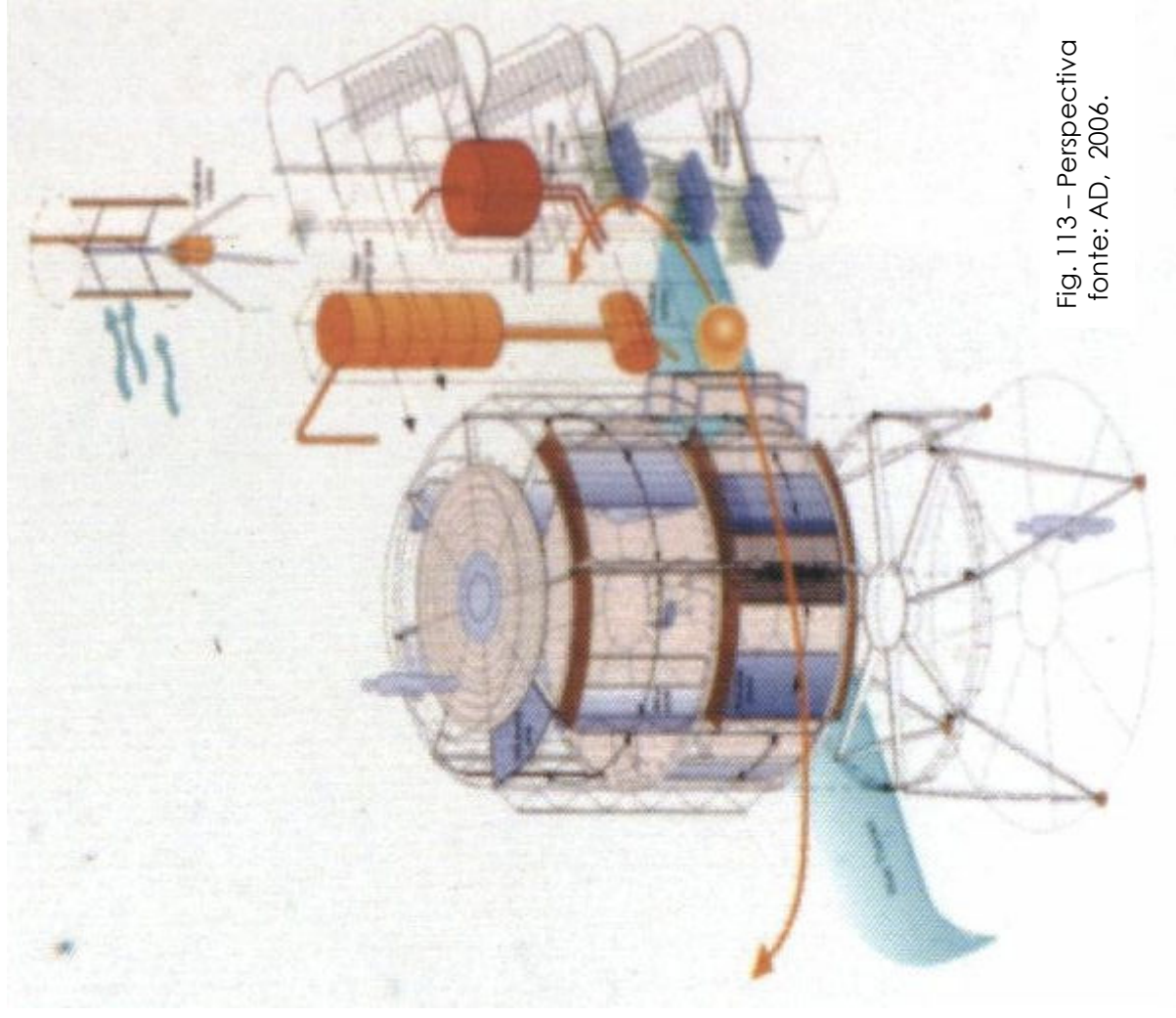


Fig. 113 – Perspectiva
fonte: AD, 2006.

C O O N N C L U S Ã O

Os impactos ambientais causados pelas atividades humanas chegaram ao limite do suportável pelo nosso planeta. As complexidades das novas questões para este século deverão ser respondidas tomando como base a sustentabilidade. Implantar o **desenvolvimento sustentável** em escala mundial não será uma tarefa fácil, pois teremos que alterar a atual estrutura econômica, política e social que foi idealizada e desenvolvida ao longo do século XX. Outra questão importante é, como realizar uma mudança tão complexa, de maneira que se possam atingir resultados satisfatórios até meados deste século, antes que seja muito tarde.

Nos últimos quinze anos, cientistas, governos e organizações não governamentais, promoveram debates e produziram documentos sobre as formas para a implantação do desenvolvimento sustentável em todas as nações. **A agenda 21** é o resultado deste trabalho, e serviu como referencial para que cada país realizasse sua própria agenda. O Brasil é um desses países, porém, colocá-la em prática levará tempo e necessitará de muitas outras medidas em paralelo.

Precisamos aprimorar as **leis** ambientais, criar condições apropriadas para uma fiscalização mais eficaz e formas de punições condizentes com a gravidade dos problemas causados. A **educação** será um fator determinante neste processo, e, portanto, a ecologia deverá estar presente desde o ensino fundamental, formando e preparando o cidadão, para mudar seu futuro, corrigindo os erros do passado. O modelo desenvolvimentista já incorporado pelas gerações anteriores deverá ser transformado com a ajuda de **programas educativos** promovidos pelo governo, com a finalidade de conscientizar a população para as adversidades das próximas décadas. A **economia** é a mola propulsora de toda e qualquer sociedade e, portanto, não haverá transformação social sem considerá-la. No setor empresarial, para que as empresas se desenvolvam conjuntamente neste processo, serão necessários incentivos fiscais dados pelo governo com a criação de linhas de crédito junto ao sistema financeiro para impulsionar o desenvolvimento de atividades e produtos que não prejudiquem o meio ambiente. É muito importante lembrar, que, no Brasil só se alcançará o desenvolvimento sustentável, se resolvermos os antigos **problemas sociais**, questões como a desigualdade social, a corrupção e a impunidade. É praticamente impossível esperar uma

transformação tão profunda na sociedade, sem primeiro tentar reverter este quadro.

Viabilizar a produção da **arquitetura sustentável** vai muito além do conhecimento específico do arquiteto e das novas estratégias de projeto. As várias áreas ligadas à produção da construção civil deverão se mobilizar, adequando-se às novas necessidades produtivas, através de uma série de medidas que considero essencial.

Os órgãos que regulamentam e fiscalizam os **profissionais** da área de arquitetura e engenharia (CONFEA/CREA), bem como o IAB, deverão exercer suas atividades levando em consideração as novas prioridades, controlando e aprimorando o exercício desses profissionais. Deverão também contribuir para as conseqüentes e necessárias mudanças do aperfeiçoamento no ensino, capacitando os novos profissionais para as novas exigências do mercado.

É necessário que se faça um estudo aprofundado da grade curricular dos **cursos de arquitetura e urbanismo**, no sentido de verificar como a sustentabilidade pode redefinir o conteúdo programático de cada disciplina e nas relações entre si, nas várias áreas específicas. Hoje, o que presenciávamos em muitos cursos é o tratamento do tema da sustentabilidade como se fosse o surgimento de um novo estilo, um modo de vida ou apenas abordado pelos aspectos da economia de

energia e conforto térmico. Para isto se concretizar, será muito importante a participação da ABEA (Associação Brasileira do Ensino de Arquitetura e Urbanismo), que tem tanto colaborado por sua intensa e responsável atuação na busca de melhoria na qualidade de ensino de arquitetura e urbanismo no Brasil. Essa entidade poderá introduzir o tema da sustentabilidade aplicada à arquitetura, junto ao Ministério da Educação (MEC), contribuindo de forma eficaz, para a criação de novas diretrizes curriculares.

Outro fator importante é a criação de novas **normas técnicas** específicas para a indústria de materiais de construção, garantindo assim, que o meio ambiente não seja degradado por suas atividades e também que seus produtos não representem qualquer risco para o ser humano. Contamos hoje com a ISO 14001, editada pela ISO (Organização Internacional para a Normalização), que tem como finalidade auxiliar na implantação de um sistema de gestão ambiental, porém, é um controle bastante genérico. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) terá papel fundamental normatizando todo tipo de produto, de maneira que responda aos interesses ecológicos na produção industrial sustentável.

Seria muito importante que fossem desenvolvidas ferramentas para a **avaliação do impacto ecológico, adaptada às nossas especificidades**, tanto para os materiais e equipamentos para a construção, como

também para a arquitetura, enquanto produto acabado. Com estes mecanismos é possível emitir certificações que garantam a qualidade do produto, favorecendo ao mesmo tempo o crescimento do mercado imobiliário. A tendência é que os usuários ou os próprios clientes fiquem cada vez mais exigentes quanto aos novos aspectos.

O desenvolvimento tecnológico do século XX foi direcionado de maneira equivocada, beneficiando a sociedade em detrimento do meio ambiente. Mesmo adotando o desenvolvimento sustentável em todos os setores da sociedade, acredita-se que o efeito devastador, de proporções globais, só poderá ser neutralizado e viabilizado, através do desenvolvimento tecnológico e industrial. As **novas tecnologias** da informação, a nanotecnologia e a física quântica são a esperança para o desenvolvimento de ferramentas mais eficientes, econômicas, livres de impactos ao meio ambiente, para serem utilizadas na construção de uma nova estrutura social.

Nos vários aspectos que envolvem a **produção arquitetônica**, direta ou indiretamente, a tecnologia estará sempre presente em todas as suas etapas, desde o projeto até o destino final do edifício, viabilizando o trabalho do arquiteto. Sua função desde os primórdios foi proporcionar meios para que o homem construísse seus abrigos ou templos religiosos. A evolução da arquitetura na nossa história, não pode ser contada

isoladamente do desenvolvimento tecnológico do homem. Hoje, nos deparamos com novas dificuldades, e certamente a nossa capacidade intelectual e inventividade trará respostas, viabilizando a arquitetura sustentável deste novo século.

R E F E R Ê N C I A S B I B L I O G R Á F I C A S

- ACOSTA, Wladimiro. **"Vivienda y clima"**. Buenos Aires: Ed.Nueva Visión, 1976.
- ADAM, Roberto Sabatella. **"Princípios do ecoedifício"**. São Paulo: Ed. Aquariana, 2001.
- ANDRADE, Antônio Gil da Silva. **"Alta tecnologia – A arquitetura de 1970 a 2000"**. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 2002.
- ANELLI, Renato. **"Rino Levi – Arquitetura e cidade"**. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2001.
- ARCHITECTURAL DESIGN – AD. **"Sustaining Technology"**. Vol.75, n.2, London, 2005, 70p.
- ARGAN, Giulio Carlo. **"Arte Moderna"**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.
- AU – ARQUITETURA E URBANISMO. **"Nos céus da Alemanha"**. N.74, São Paulo, 1997, 30p.
- AU – ARQUITETURA E URBANISMO. **"Nativo high-tech"**. N.94, São Paulo, 2001, 26p.

- AU – ARQUITETURA E URBANISMO. **"Banho de espuma"**. N.119, São Paulo, 2003, 42p.
- AU – ARQUITETURA E URBANISMO. **"Por uma nova atitude"**. N.123, São Paulo, 2004, 51p.
- _____. **"Walter Gropius e a Bauhaus"**. Lisboa: Editora Presença, 1984.
- BRUAND, Yves. **"Arquitetura contemporânea no Brasil"**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1981.
- CMMAD. **"Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Nosso futuro comum"**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- CORBUSIER, Le. **"Por uma arquitetura"**. S. Paulo: Ed. Perspectiva, 1994.
- CORBELLA, Oscar & Yannas, Simos. **"Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos"**. Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2003.
- CORCUERA, Daniela. **"Edifícios de escritórios : O conceito de sustentabilidade nos sistemas de vedação"**. Dissertação de mestrado, USP, São Paulo, 1999.

- DUARTE, Fábio. **“Arquitetura e tecnologias de informação: da revolução industrial à revolução digital”**. São Paulo: Ed. Unicamp, 1999.
- EDWARDS, Brian. **“Guía Básica de la Sostenibilidad”**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 2004.
- _____. **“Green buildings pay”**. New York: Spon Press, 2003.
- FIELD, Marcus. **“Future Systems”**. London: Phaidon Press Ltd, 1999.
- FRAMPTON, Kenneth. **“Historia crítica de la arquitectura moderna”**. México: Editora G. Gili, 1983.
- GA DOCUMENT EXTRA. **“Jean Nouvel”**. N.07, Tokyo, 1996, 16p.
- GAUZIN-MÜLLER, Dominique. **“Arquitetura ecológica”**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2002.
- GISSEN, David. **“Big and green: Toward sustainable architecture in the 21st century”**. New York: Princeton Architectural Press, 2002.
- GÖSSEL, Peter. **“Arquitetura no século XX”**. Espanha: Taschen, 1996.
- GROPIUS, Walter. **“Bauhaus: Novarquitectura”**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1972.
- GUYOT, Alain & Izard, J-L. **“Arquitetura bioclimática”**. México: Ed. G. Gili, 1983.
- KRONKA, Roberta M. **“Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental”**. Tese de doutorado, USP, São Paulo, 2002.
- LAMBERTS, Roberto. **“Eficiência energética na arquitetura”**. São Paulo: Ed. PW, 1997.
- LÉVY, Pierre. **“As tecnologias da inteligência – O futuro do pensamento na era da informática”**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1998.
- MACHADO, Arlindo. **“Máquina e imaginário”**. São Paulo: Edusp, 1996.
- MASCARÓ, Lúcia R. de. **“Luz, clima e arquitetura”**. São Paulo: Ed. Nobel, 1983.
- MEIRIÑO, Marcelo. **“Projeto arquitetônico deve incorporar elementos de eficiência energética”**. In revista Projeto Design, nº 291, maio de 2004.
- MINDLIN, Henrique E. **“Arquitetura moderna no Brasil”**. Rio de Janeiro: Ed. Aeroplano, 1999.

- MOLLISON, Bill. **“Introdução à permacultura”**. Brasília: Fundação Daniel Efraim Dazcal, 1998.
- MONTANER, Josep M. **“Depués del movimiento moderno”**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 1993.
- _____. **“La modernidad superada: Arquitectura, arte y pensamiento del siglo XX”**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 1997.
- _____. **“As formas do século XX”**. Barcelona: Ed. Gustavo gili, 2002.
- MOSTAEDI, Arian. **“Arquitectura sustentável: High tech housing”**. Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones S.A., 2003.
- NANI, Sara. **“Vantagens e riscos da nanotecnologia ao meio ambiente”**. www.comciencia.com.br, 2002. Acesso em 30/01/2007.
- OLIVEIRA, Ivan S. **“Computação quântica”**. www.comciencia.com.br, 2002. Acesso em 30/01/2007.
- PEVSNER, Nikolaus. **“Os pioneiros do desenho moderno, de William Morris a Walter Gropius”**. São Paulo: Martins Fontes, 1980.
- ROGERS, Richard. **“Cidades para un pequeno planeta”**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 2000.
- ROUILLARD, Dominique. **“Archigram. In Dethier Jean (org). La Ville: art et architecture en Europe, 1870-1993”**. Paris: Éditions du Centre Pompidou, 1994.
- SACHS, Ignacy, **“Estratégias de Transição para o Século XXI”**. In: “Para Pensar o Desenvolvimento Sustentável”. BURSZTYN, M. (Org.) et al. , Ed. Brasiliense, 1994.
- SCHEPS, Ruth. **“O imperio das Técnicas”**. Campinas: Ed. Papius, 1996.
- SERRA, R. **“Clima, lugar y arquitectura”**. Barcelona: CIMAT, 1989.
- SILVA, Cylon Gonçalves da. **“O que é nanotecnologia”**. www.comciencia.com.br, 2002. Acesso em 30/01/2007.
- SILVA, Marcos S. K. da. **“Redescobrimo a arquitetura do Archigram”**. Arqitextos 048– Periódico mensal de textos de arquitetura, 2004. Texto extraído do site www.vitruvius.com.br. – Acesso em 10/10/2006.
- SILVA, Sandra R. Mota. **“Indicadores de sustentabilidade urbanas: Perspectivas e as limitações de operacionalização de um referencial sustentável”**. Dissertação de Mestrado, Apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, da Universidade Federal de São Carlos, 2000.

- SLESSOR, Catherine. **"Eco-Tech: Sustainable Architecture and High Technology"**. London: Thames and Hudson Ltd, 1997.
- SOLÁ-MORALES, Ignasi de. **"Diferencias. Topografía de la arquitectura contemporánea"**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 1995.
- VIRILIO, Paul. **"O espaço crítico"**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1999.
- WEBB, Robert. **"Sustaining technology"**. In revista AD, número 75, 2005.

WINES, James. **"Green architecture"**. Milan: Ed. Taschen, 2000.

YEANG, Ken. **"El rascacielos ecológico"**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 2001.

_____. **"Proyetar com la naturaleza: Bases ecológicas para el proyecto arquitectónico"**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 1999.

G L O S S Á R I O

Bioclimatismo (em arquitetura) – Ciência que tende a cumprir por meio da arquitetura, mesmo a função de satisfação das exigências térmicas mínimas do ocupante, recorrendo preferencialmente à engenharia climática.

Clima – é a condição média do tempo em uma dada região, baseada em medições, normalmente no período de 30 anos.

Eficiência energética – obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia.

Tempo – é a variação diária das condições atmosféricas.

Variações climáticas – são atribuídas a elementos de controle, tais como: proximidade à água, altitude, barreiras montanhosas e correntes oceânicas.

Efeito estufa – aquecimento de um ambiente através da radiação solar que penetra por um fechamento transparente. O calor gerado não pode sair de ambientes sem ventilação.

Conforto térmico – é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)