

# TÉCNICAS E DISPOSITIVOS BIOCLIMÁTICOS NA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA. UMA ANÁLISE CRÍTICA.

Marta A. B. Romero, Arquiteta, Doutora, Ana L. Silveira, Bruno Lucini, Eliel A. Santana,  
Marília M. Cavalcante, Míriam N. Costa, Arquitetos Mestrandos.  
Programa de Pós Graduação - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UnB  
ICC Norte Campus Universitário Asa Norte - 70910-900 Brasília - DF - Brasil  
Tel. : 348 2454 - Fax: 274 5444 - email: romero@guarany.cpd.unb.br

## RESUMO

Somente nos últimos anos a pesquisa tecnológica e de projeto voltou-se a uma real inovação, dando lugar ao que se pode chamar "nova geração" da arquitetura bioclimática. A realização de análise crítica de soluções técnicas e dispositivos utilizados permitiu verificar que esta inovação manifesta-se principalmente em relação as novas tecnologias, aos novos materiais e as novas tipologias. Com relação à primeira os estudos e projetos mais recentes no campo da arquitetura bioclimática são voltados à realização de grandes espaços, nos quais é criado um microclima artificial, com relação às condições de conforto higrotérmico e luminoso; uma forte característica dos edifícios bioclimáticos são as chamadas estruturas tensionadas de funcionamento contínuo. Com relação as novas tipologias aumenta a incidência de edifícios com átrio onde os ambientes dão para um grande espaço interno, coberto de superfícies envidraçadas ou transparentes. Finalmente com relação aos novos materiais podemos constatar que a inovação deu-se principalmente com relação aos materiais transparentes, nem tanto pela natureza físico química, mas pela configuração geométrica.

## ABSTRACT

Recently the project and technological researches have turned into a real innovation, taking place to the bioclimatic architecture's "new generation". The critical analysis of devices and technicals solutions letted us discover that this innovation is concentrated on the new technologies, materials and typologies. Referring to the technology, the most recent projects and studies are concerned for the construction of huge spaces, which an artificial microclimate, with adequate higrotermal and lightning conditions. About new typologies, the number of buildings with atrium is increasing, with a huge internal space, fenced by a transparent of glazed surface. Finally, talking about new materials, we can observe that innovation occurs using transparent materials, not extended only for its physical chemical proprieties, but also for its geometrical configuration.

## O PARADOXO DA TECNOLOGIA

Pode-se dizer que, se por um lado existe uma interessante evolução dos sistemas solares (ativos e passivos de ganho direto, indireto e isolado), em termos quantitativos e qualitativos, por outro os materiais, as tecnologias e as tipologias mantiveram-se estáticas. Somente nos últimos anos a pesquisa tecnológica e de projeto voltou-se a uma real inovação, dando lugar ao que se pode chamar "nova geração" da arquitetura bioclimática.

A técnica, de uma forma geral, é o instrumento maior a ser empregado na desejada compatibilização da realidade - objetiva ou subjetiva, teoria ou prática, natural ou artificial - aos prodígios da máquina. O discurso tecnológico torna-se predominante após a revolução Industrial, uma vez eu mantém laços estreitos com o capitalismo, ou melhor, com a relação custo empregado/benefício gerado. O maior paradoxo vivido pela tecnologia contemporânea resume-se ao seguinte fato; grande parte dos bens, conhecimentos e produtos tecnológicos são concebidos com custos sociais (exploração do trabalho) e ambientais (degradação do ambiente natural) ainda altos.

Uma certa parte das pesquisas atuais envolvidas com tecnologia voltam-se para temas relacionados à conservação do meio ambiente; e outra boa parte busca a eficiência nos processos, métodos e sistemas (construção, projeto, produção, trabalho, pesquisas).

Uma pesquisa relacionada com a tecnologia na arquitetura se origina da união muitas vezes conflituosa da teoria com a prática, reafirmando em muitas circunstâncias as origens genéricas do termo tecnologia.

É importante relacionar as questões bioclimáticas com a questão tecnológica da construção. Outro aspecto importante é o estreito vínculo existente entre recursos energéticos, desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento da arquitetura. O estudo foi realizado organizando informações sobre as novas tipologias e tecnologias, assim como os novos materiais que se verificamos em bons exemplos de arquitetura atual; esta organização não pretende ser exaustiva nem esgotar o assunto, somente serve para os fins propostos. O estudo foi realizado agrupando os exemplos quanto as tipologias, tecnologias e materiais e verificando neles os recursos, técnicas e dispositivos bioclimáticos<sup>1</sup> utilizados. Também foram analisadas as variáveis ambientais, climáticas e do lugar.

A grandes rasgos a arquitetura bioclimática estava representada basicamente pelos sistemas solares<sup>2</sup> passivos nos quais o próprio edifício, constitui um grande coletor - acumulador térmico, com ausência total ou presença muito restrita de aparelhos mecânicos. Os exemplos utilizavam a térmica do sol diretamente (invólucro dotado de amplas superfícies envidraçadas colocadas na parede exposta e dotado de bom isolamento térmico na fachada externa das outras superfícies verticais e horizontais). Ou a energia através de elementos construtivos intermediários (acumulador que restitui ao espaço interno sob forma de energia térmica). Mas também, o ganho era através de aparelhos distintos do invólucro do edifício e ligados a este de forma a permitir a passagem do fluxo térmico.

## A NOVA GERAÇÃO DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Quanto as novas tipologias, destacam-se os edifícios com átrio, caracterizados basicamente porque os ambientes dão para um grande espaço interno, coberto de superfícies envidraçadas ou transparentes. Trata-se, no fundo, de uma redescoberta<sup>3</sup> das "galerias", realizadas à mais de um século em algumas cidades italianas (Milão, Nápoles, Gênova, Roma) e em outros países, como local de encontro, de comércio e de atividades terciárias, sem nenhuma finalidade "bioclimática", que na época era desconhecida. As vantagens são principalmente o uso do átrio para recolher o ar quente extraído do edifício ou para esquentar o ar destinado aos ambientes; quanto aos inconvenientes apontamos: a necessidade de ventilação e luz artificiais para os ambientes que dão para o espaço do átrio, o custo da cobertura, e o perigo de excesso de aquecimento no átrio (a cobertura deverá ser, portanto, devidamente protegida nos meses de verão).

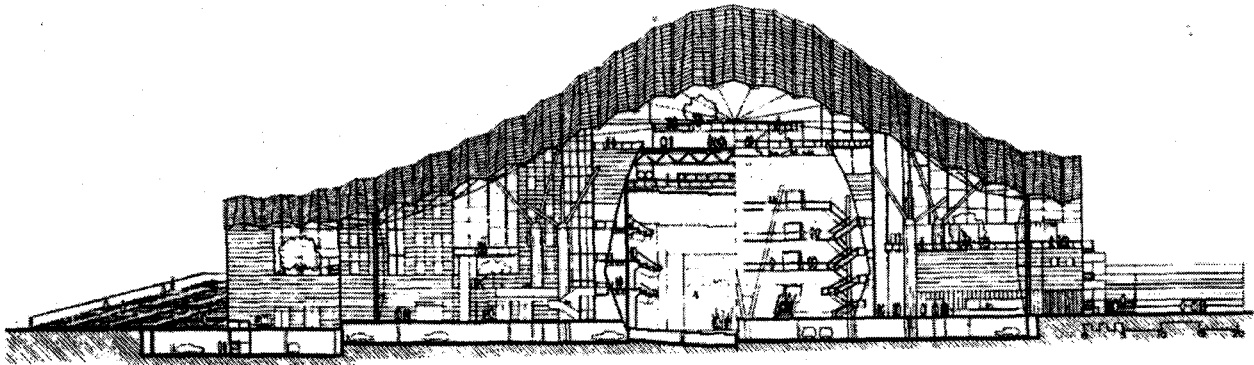


Figura 1. Casa da Ópera de Cardiff - Wales. M. Nicoletti. Grande átrio que como espaço central fornece acessos aos auditórios.

Quanto aos materiais a inovação deu-se principalmente com relação aos materiais transparentes, não tanto pela natureza físico-química, mas pela configuração geométrica. Verifica-se um uso intenso de placas transparentes em resinas acrílicas, com uma face plana e outra dentada, com ângulos de diferentes valores. O uso destes, juntos ou individualmente, fixos ou girando em torno de um eixo horizontal, colocados em superfícies inclinadas ou horizontais, oferece numerosas combinações, verdadeiros sistemas de "janelas inteligentes".

Outro setor com inovações interessantes no campo dos materiais transparentes, é o dos painéis compostos, constituídos de duas placas de vidro, entre os quais são colocados materiais para melhorar as prestações térmicas e luminosas. Como exemplos destes painéis, podemos citar o Okasolar, com lamelas refletoras entre os vidros, que regulam o fator solar e a transmissão luminosa e melhoram o isolamento térmico, conservando as características de ganho solar para as aberturas onde isto é desejado.

Os TIM (Transparent Insulation Materials) são uma nova classe de materiais compostos, que associam uma boa transmissão da luz a um bom isolamento térmico. O emprego destes materiais é múltiplo e presta-se a diversas exigências. Podem ser utilizados sobretudo no lugar dos isolantes térmicos normais opacos nas paredes dos edifícios expostas ao sol, e também nos locais onde é necessária a entrada de luz mas não a visão para o exterior. Podem ser aplicados com eficiência no muro Trombe, melhorando sensivelmente seu rendimento.

Quanto ao aspecto tecnológico e as novas tecnologias os projetos mais recentes no campo da arquitetura bioclimática são voltados muitas vezes à realização de grandes espaços, nos quais é criado um microclima artificial, com relação às condições de conforto higrotérmico e luminoso.

Uma forte característica dos edifícios bioclimáticos são as chamadas coberturas a membrana, que são estruturas tensionadas de funcionamento contínuo. Estas são realizadas com tecido de base resistente às solicitações (geralmente PVC), ao qual são adicionadas outras camadas que melhoram o desempenho com relação aos agentes atmosféricos, às radiações ultravioletas, às deformações elásticas, etc. A membrana reflete (o alto poder refletor das membranas evita-se reduzindo a degradação através de fatores biológicos), absorve e transmite ao interior do ambiente a radiação solar, como um outro material qualquer, de acordo com sua espessura, cor, granulometria superficial, etc, e sendo um material semitransparente à luz, a iluminação natural do ambiente geralmente é adequada, garantindo uma iluminação difusa sem sombras. Entretanto, em situações climáticas especialmente quentes, e tratando-se de superfícies grandes expostas à radiação solar, a cor clara da camada externa não é suficiente para

evitar situações de aquecimento excessivo dos ambientes internos. Recorre-se então, a sistemas de ventilação natural (com emissão de abaixo e extração nas partes altas da cobertura a membrana) e também a sistemas de irrigação contínua da superfície externa (véu de água, cuja evaporação absorve energia térmica ou com um sistema de nebulização que também resfria o ar em torno) e água na cobertura e fachadas que recebem mais radiação.

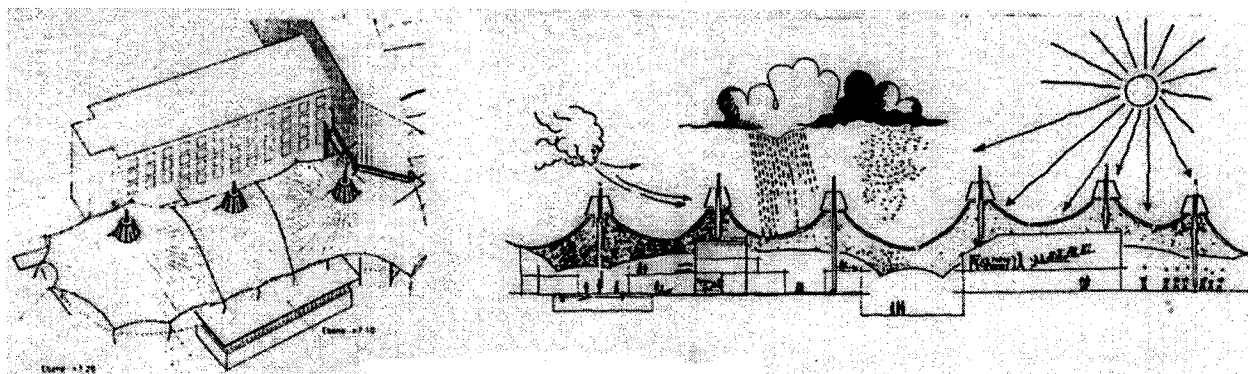


Figura 2. Clínica de saúde de Masserberg. Projeto: IPL

Uma outra tendência atual, no campo da arquitetura bioclimática, é a automação dos sistemas de regulagem do conforto ambiental; tratam-se de painéis “brise-soleil” fixos ou móveis, por meio de motores. Também é possível a regulagem da posição das aletas dos “brise-soleil” por meio de sistemas computadorizados, comandado por sensores que registram as condições climáticas e de luminosidade dos ambientes. (Exemplo fachada do Instituto do Mundo Árabe, em Paris, arq. J. Nouvel). Estes sistemas caracterizam os chamados “edifícios inteligentes”, capazes de auto-regular<sup>4</sup> o próprio comportamento em relação às condições externas, para garantir ao usuário o máximo conforto sem exigir sua intervenção. Propõem-se painéis de controle individual em cada cômodo, que controlam o calor e o sombreamento através de sistema de sombreamento dos vidros.

Na “primeira geração” da arquitetura bioclimática houve uma atenção especial aos sistemas de refrescamento natural dos edifícios nos países quentes; típico foi o interesse pelas “torres de vento” iranianas, da arquitetura vernácula. A arquitetura de extremos é a que melhor têm exemplificado soluções arquitetônicas de grande criatividade e ótimo desempenho. No Brasil a arquitetura amazonense de João castro Filho e de Severiano porto proporcionam proteção da radiação direta, do vento e da chuva a partir de beirais grandes curvados, e retirada do ar quente utilizando lanternin-clarabóia com venezianas laterais na cobertura e que funciona como “coifa”.

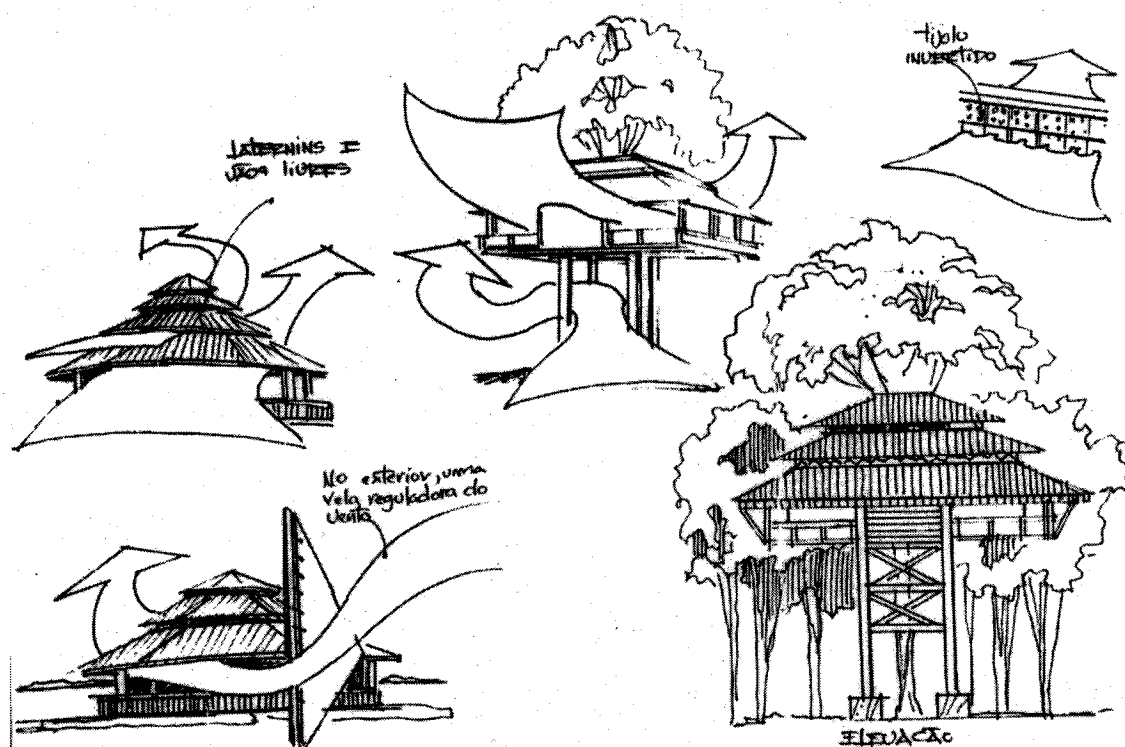
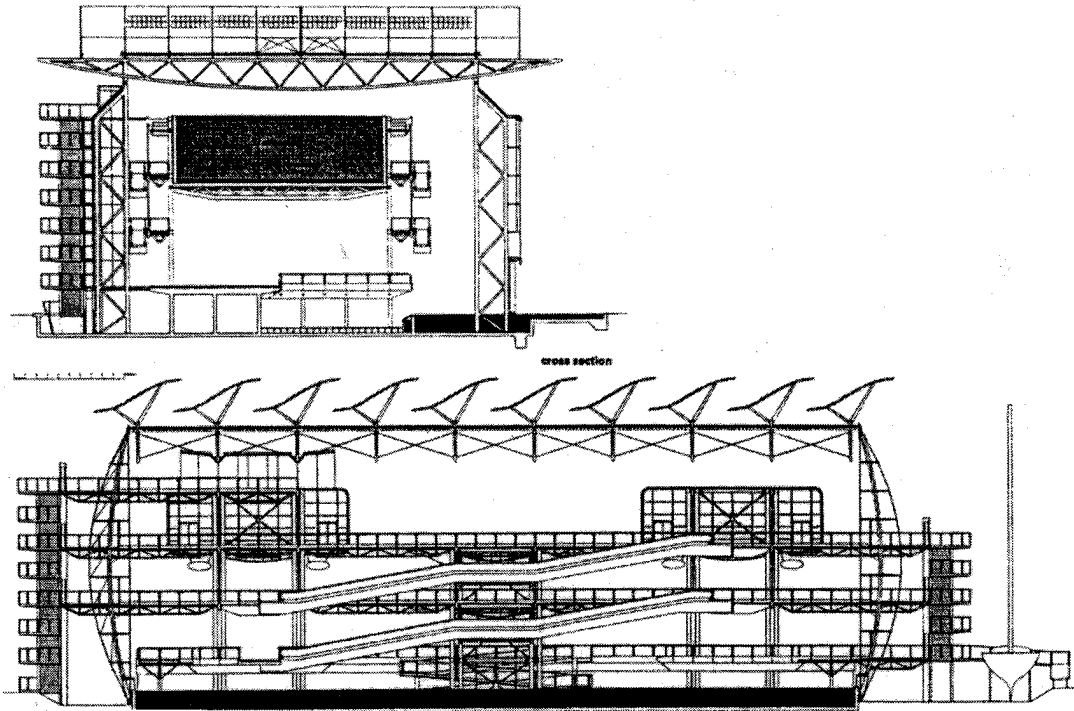


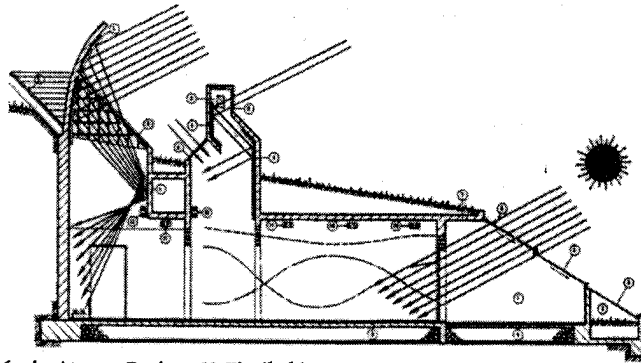
Figura 3. Casa da árvore e Restaurante universitário - Campus UFPA. João Castro Filho. Estrutura de madeira de angelim.

Recentemente, algumas inovações foram adotadas, através do uso de elementos tecnologicamente avançados, para o resfriamento de ambientes fechados e semi-abertos, ou completamente abertos. Os vários sistemas geralmente usam ventiladores para circulação de ar forçada, a extração de ar quente e nebulizadores ou cascatas de água, a qual, evaporando, absorve energia térmica e ao mesmo tempo umedece o ar. Estes sistemas valem, claramente, para os climas quente secos. Alguns exemplos significativos foram realizados na Expo<sup>5</sup> de Sevilha, em 1992.



**Figura 4. Pavilhão Britânico. Expo de Sevilha. Projeto: N. Grimshaw. Lamina d'água proporciona resfriamento evaporativo. A água é recolhida numa piscina e bombeada de volta através de mecanismo acionado por painéis solares. As fachadas laterais utilizam painéis de material plástico na estrutura reticular, proporcionando sombreamento. A fachada oeste utiliza containers sobrepostos cheios d'água que funcionam como armazenadores de calor. Na cobertura, painéis solares fornecem energia ao edifício e sombreamento. Fonte: Solar energy in architecture and urban planning, new york/munich: prestel, 1996.**

Quanto ao problema da iluminação natural dos ambientes, as dificuldades apresentaram-se especialmente nos edifícios de grandes dimensões. De fato, as formas volumétricas mais convenientes para limitar as dispersões térmicas são aquelas nas quais a relação volume/superfície é mais alta; esta condição realiza-se, teoricamente, na esfera, ou no cubo. Entretanto, estas são formas que, quando realizáveis na prática, dão lugar a uma zona central mais ou menos ampla à qual a luz natural não atinge em medida suficiente.



**Figura 5. Centro de energia renováveis. Atenas. Projeto: N. Fintikakis**

As tecnologias que resolveram em alguns projetos este tipo de problema (Biblioteca Alexandrina do Cairo, Arq. Manfredi Nicoletti) empregam normalmente superfícies refletoras que captam a energia luminosa do sol, dispostas ao externo do edifício, e superfícies refletoras internas, com orientações diversas, que levam esta energia às zonas não iluminadas e aos planos de utilização.

Finalmente, um sistema ainda mais sofisticado para a transmissão da luz natural ao interior do edifício desfruta a propriedade das chamadas "fibras óticas". Estas são realizadas em vidro, e aplicam-se na transmissão da luz, de imagens, ondas eletromagnéticas; este vidro possui altíssimo grau de transparência, com absorção praticamente nula. Na extremidade do vidro é colocada uma lente Fresnel voltada para o sol, que segue seu percurso aparente através de um sistema computadorizado; a transmissão da luz ao interior do edifício ocorre na outra extremidade, de onde se difunde com um ângulo de aproximadamente 60°, dando ao edifício a sensação de uma janela aberta para o exterior.

## ALGUNS DOS EXEMPLOS ANALISADOS

Cidade da Ciência e da Indústria: Paris, França. Adrien e Júlia Fainsilber. O edifício é circundado por um espelho d'água que o reflete e fornece, através de um sistema de cascatas e reservatórios, refrescamento das áreas externas, além de acentuar seu aspecto monumental.

Extensão da Mesquita do Profeta: Medina: B. Rash e J. Bradatsch. Doze guarda-sóis retráteis com 300 m<sup>2</sup> cada um, distribuídos em dois grupos de seis, resolvem o problema climático do edifício histórico sem conflitar com o mesmo. No verão, os guarda-sóis são abertos durante o dia, protegendo da forte radiação solar e durante a noite são fechados, permitindo a perda do calor armazenado durante o dia. No inverno, durante o dia, os guarda-sóis são fechados permitindo que os raios solares aqueçam o piso de mármore; à noite, são abertos, de maneira que evitem a perda de calor para a abóboda celeste.

Porta da Cidade: Dusseldorf, Alemanha.: Petzinka, Pink and Partner.: 1990, 1995/97. O prédio, com duas torres de 16 andares, é construído sobre a entrada de um túnel formando um portão de entrada. Uma de suas fachadas apresenta dupla fachada de vidro, que consiste em uma pele de vidro simples externa e um vidro duplo interno. Entre as duas peles da fachada encontra-se uma lâmina de alta reflexão. Com o objetivo de obter um sistema flexível de ventilação, aberturas eletronicamente controladas são instaladas na fachada a cada andar. O prédio funciona sem utilizar energia para aquecimento ou refrigeração durante todo o ano.

Cobertura de proteção dos mosaicos da Vila Romana - Ilha de Pianosa - Arq. M. Giachetti. Controle do microclima e redução dos fatores externos de degradação. Elegante estrutura reticular modulada constituída de nós e hastes, que sustenta membranas de forma piramidal. Alto poder refletor das membranas, reduzindo a degradação através de fatores biológicos e garantindo uma iluminação difusa sem sombras.

Technology Centre III e Telematic Forum - Duisburg - Arq. Sir Norman Foster. Bloco de 5 andares com átrio central, com cobertura em vidro.

New Parliamentary Building - Londres - Arq. Michael Hopkins. Edifício com 210 escritórios, articulado em torno de uma corte central coberta. Fachada a "bay-window", sem aberturas externas, por causa do problema ambiental e acústico. Sistema mecânico de ventilação. Cobertura utilizada como acumulador térmico.

Waterloo International Terminal - Londres - Arq. Nicholas Grimshaw. Estação ferroviária da nova linha Paris Londres. Forma afusolada e sinuosa, cobertura envidraçada, formação de um microclima favorável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Entende-se como recurso aquelas variáveis que dizem relação com os aspectos naturais do meio a serem oferecidos para auxiliar na climatização. Recursos se traduzem por meios passivos de condicionamento do ambiente: uso de elementos naturais, como água, luz e sombra, vegetação, etc; e o uso de materiais de construção apropriados ao desempenho que se deseja, basicamente enquanto revestimentos. Recurso bioclimático é portanto, uma "grandeza" referente aos elementos naturais e artificiais quando aplicados de maneira simplificada em relação ao efeito que se produzirá sobre o ambiente. Entende-se como técnica a utilização do conhecimento específico para produzir materialmente os efeitos necessários. Entende-se como dispositivos aqueles elementos construídos a partir de uma técnica específica.

Todos os sistemas solares utilizam o chamado "efeito estufa" (fenômeno de armazenamento do calor determinado pela tendência característica de alguns materiais, com o vidro, de transmitir radiações de onda inferior a 2,5 micron e bloquear as demais; é uma espécie de "armadilha do calor" (para as radiações de comprimento de onda no campo do infravermelho).

Sala, Marco (org.). *Tecnologie Bioclimatiche in Europa*. Alinea Editrice, Firenze, 1994.

A.A.V.V. *Architettura e Natura*. Mostra Torino Mole Antoneliana, Torino, 1994.

A Rotunda foi o local onde foram experimentados quase todos os sistemas de controle do clima a serem aplicados nas áreas externas da Expo, em 1992. Espaço circular de 30 m de diâmetro, coberto com uma estrutura em forma de cone em PVC branco (deixa passar somente 13% da radiação solar), aberta na base e na parte superior, criando efeito chaminé para aspirar e expelir o ar quente. Irrigação externa da cobertura. Refrescamento evaporativo usado de três formas: torre evaporativa, com um ventilador em cima, que empurra o ar na direção dos nebulizadores que expõem água a pressão e, na saída da torre, a três metros de altura, o ar sai resfriado cerca de 20°; uma série de nebulizadores colocados entre os ramos das árvores abaixam ainda mais a temperatura; e, por fim, o ar é conduzido também a filtros úmidos, onde abaixa sua temperatura através da evaporação, e é distribuído no ambiente com canalizações que passam através da estrutura do piso, os degraus e dos bancos. Arq. Jaime Lopez de Asian.