



IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Foz do Iguaçu – Paraná – Brasil
7 a 10 de maio de 2002

REFLEXÕES SOBRE A CONCEPÇÃO DOS ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS EM CONTEXTOS CLIMÁTICOS DIFERENTES

CORBELLA, Oscar Daniel(1); MAGALHÃES, Maria Amalia A. Almeida (2)

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRJ; corbella@ubl.com.br;

(2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFRJ; mariama@ism.com.br

RESUMO

Neste trabalho são analisadas as diferenças entre elementos de vedação utilizados na realidade climática européia e na tropical. O envelope das edificações, nos países frios, deve ser o mais vedado possível, enquanto que nas regiões de clima tropical, deverá permitir o movimento do ar, impedindo ao mesmo tempo a entrada da radiação solar direta. Consequentemente, tanto as paredes quanto as janelas devem ter concepções radicalmente diversas e mesmo opostas nos dois tipos de realidade. O espaço habitado dos nativos das regiões de clima tropical seguia as indicações ditadas pela sua experiência, construindo paredes permeáveis, de forma a ventilar os ambientes e filtrar a entrada do sol. Esses usos se desvirtuaram com a introdução de novos conhecimentos trazidos de outros climas. Por outro lado, analisa-se que quando o projeto prevê equipamentos de refrigeração do ar interior, as paredes e as janelas, da mesma forma que as européias, devem impedir a entrada do ar exterior, reduzir a transferência de calor, diferindo no controle da radiação solar direta e nas estratégias de uso dos elementos. A partir dessas observações são feitas reflexões gerais sobre a concepção do projeto arquitetônico e, fundamentalmente, no papel do envelope num clima tropical.

Palavras-chave: Elementos arquitetônicos; diferenças climáticas; elementos de vedação.

1. INTRODUÇÃO

A formação do arquiteto no Brasil, por suas raízes na École des Beaux-Arts francesa, leva a arquitetura brasileira a manter, em várias circunstâncias, elementos simbólicos mais adequados à realidade climática européia do que à nossa. Dando prosseguimento às considerações feitas anteriormente (CORBELLA e MAGALHÃES, 1998 e 2000) sobre a diferença de alguns elementos utilizados nas duas realidades, neste trabalho são analisados os elementos de vedação – as paredes e as janelas.

2. AS PAREDES

O envelope das edificações, nos países frios, não deve permitir a perda do calor gerado no seu interior, devido à presença das pessoas, à energia térmica produzida pela iluminação artificial, pelos aparelhos e, sobretudo, pela calefação. Para isso as paredes, que constituem a parte sólida do envelope, devem possuir uma camada isolante e ser o mais vedadas possível. Por esta razão, imediatamente após a crise de energia de 1973, a primeira ação promovida pela legislação relativa às edificações, em alguns países da Europa,

foi tratar de isolar e vedar os prédios. Essas providências, junto com outras medidas complementares nos anos seguintes, fizeram com que, por exemplo, na França, os prédios passassem a consumir, em média, 25% do que consumiam anteriormente.

Nas regiões de clima tropical, no entanto, é fundamental a dissipação do calor produzido no interior que, caso contrário, aumentaria a temperatura do ar no ambiente interno até níveis fora da zona de conforto térmico. Para isto, a princípio, as paredes devem ter boa condutividade para transmitir para fora do ambiente habitado, a energia térmica gerada no interior.

Porém, essa afirmação, seguida à risca, pode levar a contradições em certos casos. Quando a temperatura do ar externo for maior de que a interna, a baixa condutividade das paredes fará com que se transmita calor de fora para dentro, aumentando o desconforto. Ainda mais importante é o caso de paredes externas que recebem sol durante períodos prolongados do dia. Nesta circunstância, a temperatura da superfície externa atinge valores muito superiores à do ar externo e interno, iniciando a propagação de uma onda de temperatura através da parede que, por causa da sua boa condutividade, rapidamente aumentará a temperatura da superfície interna.

As observações acima ressaltam a importância das decisões de projeto e do conhecimento das trajetórias aparentes do sol, de maneira a tratar de forma seletiva paredes com orientações e entornos diferentes. Para as paredes que estarão submetidas a uma grande insolação, devem ser previstos materiais isolantes térmicos. Para as outras, vale o princípio inicial.

Não só os materiais que constituem as paredes propiciarão diferentes temperaturas superficiais na parede externa. Também, as propriedades superficiais, posto que revestimentos ou acabamentos têm diferentes propriedades de absorção da radiação solar. Como consequência, o calor que migra para o interior, que depende da diferença de temperatura entre suas superfícies externa e interna, será uma função das propriedades óticas da superfície externa.

Outrossim, a discussão põe em evidência, que é uma decisão de projeto levar em conta elementos externos à parede ensolarada, que sirvam de obstáculos à chegada do sol. Novamente, a menor diferença de temperatura da parede externa introduzirá menos energia térmica no ambiente interno.

As paredes sólidas totalmente vedadas, quando não se tem ar condicionado, não são a melhor opção para o clima tropical. As paredes permeáveis de nossos antepassados tropicais, permitiam o movimento do ar e as correntes de ar cruzadas, impedindo ao mesmo tempo, pela ausência de janelas e pela sua textura a entrada da radiação solar direta. Do ponto de vista térmico, paredes permeáveis e com controle solar, continuam sendo a melhor opção.

3. INÉRCIA

Outro aspecto que deve ser levado em conta para propiciar um adequado nível de conforto térmico no interior das edificações é a inércia térmica. A dificuldade do entendimento do conceito gera freqüentemente soluções inadequadas, ao se transportar para os países tropicais as características projetuais utilizadas nos países frios.

Em princípio, esta propriedade indica uma modulação no interior do edifício das variações da temperatura externa. Assim, em regiões onde a temperatura externa varia pouco, mantendo-se muito baixa ou muito alta, a presença de uma alta inércia não se justificaria.. E é uma crença, generalizada pelos livros de ensino do bioclimatismo provindos dos países frios, que a inércia térmica não tem importância quando a amplitude da temperatura externa não supera os 10 °C. Como os países do trópico úmido geralmente estão dentro desse padrão, a inércia não é levada em consideração. Porém, ela tem que ser levada em conta, pois não pode ser analisada sem considerar os outros fatores que concorrem para a obtenção do conforto térmico, tais como o controle da ventilação e da energia solar.

A inércia de um espaço construído depende da massa específica “ ρ ”, do calor específico “ c ” (ou do seu produto “ ρc ”, o calor específico volumétrico) e da condutividade “ k ”, de todos seus elementos sólidos, sejam estes os de seu envelope ou os de seu interior. Por depender de mais de uma variável, este conceito gera muitas confusões, sendo compreendido mais facilmente quando as variáveis se combinam em dois

parâmetros, a difusividade “a” e a efusividade “b”, que permitem dar uma boa descrição do fenômeno térmico. A difusividade é o parâmetro dos materiais relacionado com a velocidade de propagação da onda de temperatura dentro deles (diretamente proporcional à λ e inversamente proporcional a ρc) e a efusividade está ligada à capacidade de absorver, e devolver, a quantidade de energia térmica acumulada nos seu interior (diretamente proporcional ao produto $\lambda \rho c$).

Tal como foi discutido na seção anterior, para as paredes externas de recintos sem ar condicionado, os materiais devem possuir baixos valores de “a” se não recebem sol, valores altos para as muito ensolaradas, sendo qualquer valor admitido para os elementos internos. Os valores de “b” do envelope devem ser baixos, ao passo que os valores dos materiais internos, elevados, para se obter uma menor amplitude da temperatura interna, comparada com a externa.

Um exemplo desta disposição de elementos, baixo “a” para o envelope e alto “b” interno, está bem representado pelas medições realizadas no edifício Sede da Petrobrás (CORBELLA e YANNAS, 2001). Ele tem as paredes externas de vidro nos 21 pavimentos de escritórios, sugerindo leveza, o que indicaria que o edifício apresenta baixa inércia térmica. As fachadas N, L e O estão corretamente protegidas com brise-soleils externos móveis, de alumínio, horizontais na fachada N, e verticais nas L e O. No núcleo central, única parte com paredes em alvenaria, estão concentradas as circulações e serviços: sanitários, copas, escadas, 25 elevadores e prumadas de instalações (Figura 2.1). Todos os pavimentos de escritórios dispõem de ar condicionado. O controle da climatização, do mesmo modo que o da iluminação artificial, é feito somente por grandes zonas; deste modo, variações bruscas de vários graus numa determinada sala não são sentidas pelo sistema, e não podem ser corrigidas manualmente.



Fig. 2.1 Edifício Sede da Petrobrás no Rio de Janeiro

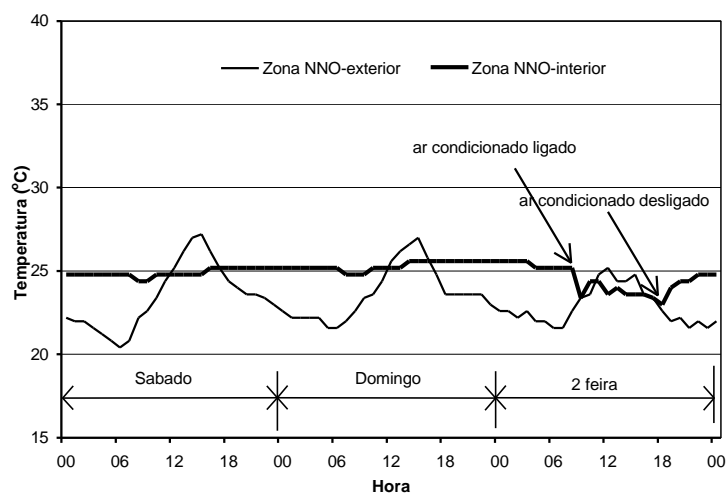


Fig. 2.2 Registros de temperatura no inverno

Dentre as várias séries de medições de temperatura nesse edifício, o gráfico da figura 2.2 apresenta um resultado das medidas num fim de semana de inverno, com o ar condicionado desligado no sábado e domingo. Este exemplo mostra de forma nítida como a disposição de materiais diversos, junto com um bom controle solar provocam uma quase constância da temperatura interna, ainda que a temperatura externa apresente uma amplitude de variação de quase sete graus. Este resultado parecia estar em contradição com a aparente leveza do prédio, mas, após a sua obtenção, soube-se que foi adicionada uma grande quantidade de concreto ultra leve, sobre o chão dos pavimentos para torná-los planos. Desta forma, apesar da baixa difusividade das paredes externas, existe uma efusividade muito grande em todo o interior do edifício, o que, somado à baixa carga de radiação solar (devido à proteção), justifica a pequena amplitude da temperatura interna registrada.

Isto reforça a importância que tem a escolha dos materiais no desempenho térmico de um edifício.

O uso da inércia, combinado com o uso da ventilação e controle solar, para conseguir uma aproximação ao conforto térmico, está ilustrado por um estudo realizado no Museu Casa de Rui Barbosa, construção massiva de meados do século XIX e no seu anexo, típica construção da década de 1960.

Na figura 2.3 pode se observar o gráfico da variação das temperaturas durante um pouco mais de dois dias em janeiro, durante um fim de semana, com o ar condicionado desligado no anexo. No terceiro andar deste último, que não tem proteção solar nem inércia (baixo “a” no envelope e “b” médio em geral), com ventilação insuficiente, a temperatura do ar aumenta com a acumulação dos efeitos dos ganhos produzidos pela radiação solar e continuam acima da temperatura externa, presumivelmente até que o ar condicionado seja novamente ligado. Por outro lado, os registros no espaço da cozinha no edifício principal mantém a média de temperaturas mais confortável devido ao baixo fluxo de pessoas, ao alto pé direito, à boa ventilação cruzada, ao bom uso das venezianas, à baixa difusividade da alvenaria de barro, à menor efusividade interna e às grandes aberturas, voltadas para o N e O, sombreadas pela vegetação.

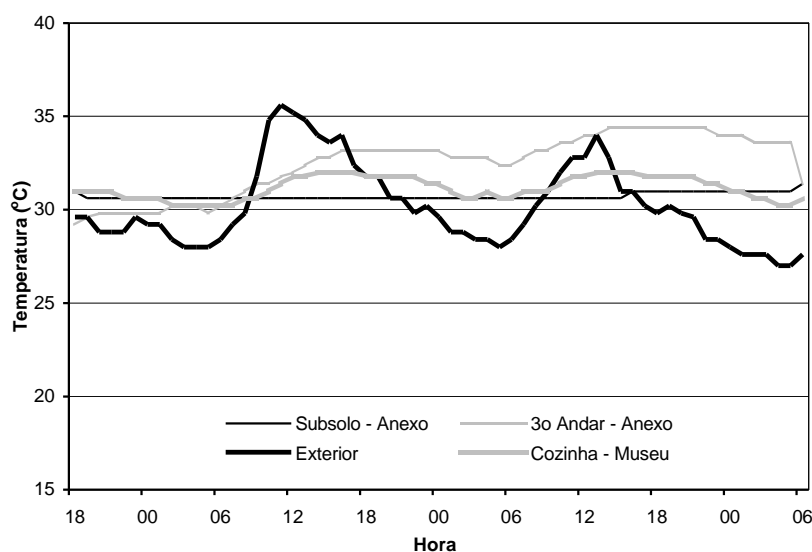


Fig.2.3 Gráfico das temperaturas no verão

Finalmente, o gráfico correspondente ao subsolo do anexo mostra que este espaço não tem ganhos de calor, nem do sol nem internos, e que tem um forte acoplamento com a terra ao seu redor, o que lhe confere uma inércia térmica maior (valores de “a” e “b” altos) que o resto do edifício. Estas características, junto com a ausência de janelas que permitam a troca térmica com o ar exterior, resultaram em uma temperatura muito estável que permaneceu perto da média externa.

Estes resultados indicam claramente a melhor performance do prédio principal que, mesmo sendo do século XIX, soube melhor adequar a técnica ao clima do que o anexo, com conceitos e técnicas importados de países de climas diferentes. Este estudo sugere que a inércia térmica é importante em clima tropical, apesar da amplitude de temperatura ser menor que 10 °C. Contudo, não se precisa das paredes muito espessas como as de um prédio do século XIX. Usando materiais e tecnologias atuais, boas combinações de materiais, com efusividade e difusividade corretas, pode-se conseguir os mesmos efeitos. Obviamente, sem esquecer da proteção solar e da ventilação seletiva.

4. AS JANELAS

Também, tanto as paredes quanto as janelas devem ter concepções radicalmente diversas e mesmo opostas nos dois tipos de realidade, quando se deseje uma climatização natural. Os nativos das regiões de clima tropical seguiam de forma empírica os conceitos acima, construindo paredes permeáveis e utilizando tramas nas aberturas, de forma a ventilar os ambientes e filtrar a entrada do sol. Não existiam as janelas “para olhar”. Esses usos se desvirtuaram com a introdução pelos colonizadores das tecnologias geradas

nos países imperiais, mas pouco a pouco, nos séculos seguintes, adaptaram-se ao clima local. Posteriormente foram novamente esquecidos, com as reformas das técnicas construtivas e os valores estéticos propiciados pela revolução industrial e, agora, pelo neo-colonialismo globalizante. Mas isso, lamentavelmente, é o que é desenvolvido nos nossos cursos de arquitetura.

Como foi já analisado anteriormente (CORBELLÁ e MAGALHÃES, 1998 e 2000), as janelas são um elemento de grande complexidade nos países frios e muito simples no clima tropical. Lembra-se aqui, que as janelas mais simples, que não fecham muito bem, permitindo a entrada de ar externo, protegendo da chuva, do ruído e do vento intenso demais, ajudando o movimento do ar quando o cômodo está ocupado, beneficiam o conforto térmico das pessoas pela renovação do ar saturado perto da pele. Essas janelas apresentam esse bom desempenho quando não se tem ar condicionado. Caso contrário, são totalmente inadequadas, fato este que normalmente é desconsiderado no ensino em nossos cursos de arquitetura e urbanismo.

5. O ESPAÇO COM AR CONDICIONADO

Por outro lado, quando no projeto forem previstos equipamentos de condicionamento do ar interior, as paredes e as janelas, da mesma forma que as européias, devem impedir a entrada do ar exterior (só permitir a renovação higiênica) e reduzir a transferência de calor com o exterior. Uma difusividade pequena no envelope é imperativa neste caso.

Nos países frios ventila-se sobretudo perto do meio-dia, quando a temperatura externa é mais amena e a calefação está no ponto mínimo ou desligada. Pelo mesmo motivo, no clima tropical, a ventilação deveria ser durante a noite. Mas isto depende fortemente do período em que o espaço construído estiver ocupado.

Para edifícios tipo “escritório”, com ocupação preferencialmente diurna, a ventilação noturna (quando a temperatura do ar externo estiver abaixo da interna), ajudará a baixar o consumo do ar condicionado, por resfriamento da massa interna do edifício (baixo “a” no envelope e alto “b” interno). Já nos prédios tipo “dormitório”, com ocupação noturna, não se deve ventilar durante o dia, sob pena de aumentar muito o consumo do ar condicionado, que deverá resfriar a massa interna do edifício antes de conseguir esfriar o ar interno¹. Neste caso a ventilação higiênica deveria ser realizada nas primeiras horas da manhã.

Outra diferença do espaço construído, com calefação nos países frios e com condicionamento do ar nos trópicos, consiste nas formas do controle solar: para deixar entrar a radiação direta naqueles e para não deixá-la entrar nos trópicos. Também, nos países frios não deve ser permitida a movimentação do ar interno, para não ter que aumentar a temperatura do termostato do sistema de aquecimento, ao passo que nos trópicos seria conveniente para poder elevar o controle da temperatura do ar condicionado, o que diminuiria o consumo de energia (lembre-se que a temperatura de conforto sobe, se o ar estiver em movimento).

6. CONCLUSÕES

A partir das reflexões feitas no decorrer do trabalho, pode-se concluir que os elementos arquitetônicos que possuem a mesma denominação apresentam diferenças conceituais, dependendo dos contextos climáticos onde estarão inseridas as edificações. Sob o ponto de vista da melhoria do conforto térmico, o desconhecimento dessas diferenças pode acarretar soluções errôneas e levar a concepções de projeto inadequadas ao clima tropical úmido. Portanto, recomenda-se que o tema seja tratado com mais cuidado e profundidade nos cursos introdutórios de teoria de arquitetura e urbanismo, desde os primeiros contatos dos alunos com os elementos arquitetônicos, a fim de que essa reflexão possa ser incorporada posteriormente na prática do projeto. Como resultado do entendimento dessas diferenças pode-se prever uma retomada do projeto arquitetônico com consciência do meio ambiente, propiciando um maior conforto ambiental e evitando o desperdício de energia.

¹ Este tema está bem discutido, com quantificações dos efeitos realizadas por simulações usando o software “Casamo-Clim”, em KÖRNER, 2001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORBELLA, Oscar e MAGALHÃES, M. Amalia A.A..*Concepts and Differences between Bioclimatic Architecture for Europe and for the Tropics*. In **Proceedings of V World Renewable Energy Congress, Vol 3**, Florença, 1998. (P.1515-1419)

CORBELLA, Oscar e MAGALHÃES, M. Amalia A.A. *Calor Simbólico*. In **Revista AU**, vol. 92, Ed. PINI, São Paulo, 2000. (p. 79-80)

CORBELLA, Oscar D. e YANNAS, Simos “Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os trópicos”, Ed. Aeroplano, Rio de Janeiro, 2001.

KÖRNER, Viviane N. “A Janela como Elemento Térmico na Construção: Considerações em Clima Tropical Úmido, Situação de Verão”, Dissertação de Mestrado, FAU/PROARQ/UFRJ, 2001.