

# O espaço como elemento de preservação dos acervos com suporte em papel

Claudia S. Rodrigues de Carvalho

## Apresentação

O Centro de Memória da Academia Brasileira de Letras fez, no dia 26 de novembro de 1998, o lançamento dos três primeiros números da série de publicações Comunicação Técnica. Esta série tem como objetivo proporcionar um espaço editorial próprio, adequado para a divulgação de experiências e reflexões técnico-científicas. Fazem parte desta linha editorial temas como cultura, memória, informação, arquivologia, museologia, preservação, patrimônio, todos eles coerentes com os objetivos do Centro de Memória da Academia. Este segundo número aborda baseia-se na dissertação de mestrado intitulada O controle ambiental para preservação de acervos com suporte em papel na concepção dos edifícios de arquivos e bibliotecas em clima tropical úmido, desenvolvida no programa de pós-graduação em arquitetura, área de concentração – conforto ambiental, da FAU-UFRJ, sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Alberto Nunes Cosenza, aprovada em julho de 1997.

"...Passar para microfilme a matéria impressa ou manuscrita do passado não deve acarretar despreço subsequente pelo original microfilmado. Ao contrário. Cumpre redobrar de cuidados em seu favor. O objeto vale mais do que sua representação. Vamos zelar mais pelos arquivos, pelas escrituras e jornais da monarquia, vamos defendê-los da mão inábil que rasga ou mancha o papel respeitável; da mão e do cupim, da umidade e do calor que os deterioram e consomem. Que a popularização do microfilme e da cópia xerográfica não importe em deixar ao abandono, daí por diante, as peças cujo teor foi preservado mediante reprodução mecânica. Sem esquecer que esta sofre os mesmos riscos de aniquilamento pelo tempo e pela ação dos desavisados. Ganhamos espaços condensando em pequenino rolo a massa colossal de papel, mas isso não quer dizer que joguemos pela janela ou condenemos à ruína o que foi considerado digno de ser transmitido a outras gerações. Em resumo: viva o documento."

Carlos Drummond de Andrade

OS MUSEUS, OS ARQUIVOS, AS BIBLIOTECAS, ENTRE OUTRAS INSTITUIÇÕES relacionadas com a cultura, têm como principal tarefa preservar toda a herança histórica, artística, científica e arquitetônica para as gerações futuras. Muitos, no entanto, apresentam situações ou condições inadequadas que põem em risco a preservação de seus acervos. As condições inadequadas para preservação vão desde a localização – áreas poluídas, sem segurança e sujeitas a desastres naturais – até as características arquitetônicas dos edifícios, que contribuem para uma iluminação nociva e para o estabelecimento de níveis impróprios de temperatura e umidade, favorecendo os ataques biológicos. Aí também se incluem sistemas operacionais deficientes, que propiciam o vandalismo, a falta de manutenção e atitudes incorretas na manipulação dos acervos.

A questão da preservação de bens culturais envolve muitos conceitos, que permeiam ações de diversas naturezas. Uma delas é a conservação preventiva. A conservação preventiva trata das causas da degradação dos acervos e sua atuação implica ampliar a perspectiva além do objeto isolado, alcançando o ambiente, a arquitetura, os planos de segurança e manutenção, a maneira de usar as coleções.

O ambiente é um dos principais agentes de deterioração de bens culturais. Os efeitos produzidos pela luz, pela temperatura, pela umidade e pela contaminação atmosférica, isoladamente ou conjugados, estão sistematicamente identificados como agentes de deterioração, sobretudo dos materiais orgânicos, como o papel. Sabe-se também que as condições microclimáticas, isto é, as características específicas do lugar onde se localizam as coleções, definem em que grau cada um desses elementos interfere na sua conservação.

O controle ambiental é uma das principais medidas de conservação preventiva das coleções. Baseia-se na manutenção de condições climáticas em níveis adequados. Os parâmetros climáticos estabelecidos para preservação de acervos com suporte em papel, em especial dos níveis ideais de temperatura e umidade relativa, impõem, na maioria dos casos, e

sobretudo nas áreas tropicais, a utilização de sistemas mecânicos de climatização que envolvem elevados custos para uma correta instalação e manutenção.

A questão da preservação de acervos em países de clima tropical vem despertando o interesse dos especialistas, porque, nessas áreas, além de as condições ambientais serem desfavoráveis, concentram-se países em fase de desenvolvimento, com toda sorte de problemas sociais e econômicos. Estudos e pesquisas estão sendo desenvolvidos para identificar soluções que se adequem aos problemas enfrentados pelas instituições culturais ali localizadas, com bom senso, com simplicidade econômica e tecnológica e, também, alinhadas com a tendência mundial de conservação de energia. Cada vez mais, percebe-se que o desenvolvimento só é possível mediante a adoção de políticas energéticas que busquem o emprego mais racional da energia, novos recursos e tecnologias alternativas. Nessa conjuntura, qualquer política de preservação do patrimônio que subestime a questão energética está, a nosso ver, sujeita à falência.

Por outro lado, objetos têm sido bem preservados, por longos períodos, em edifícios capazes de manter as condições ambientais estáveis, o que mostra ser possível desenvolver estratégias de projetos e soluções técnicas alternativas para a questão do controle ambiental.

O homem vem usando o abrigo para modificar os efeitos extremos do clima por muito tempo. A arquitetura tradicional de todos os povos apresenta soluções para o controle da insolação, ventilação e utilização de materiais adequados para as mais variadas situações climáticas. Costuma-se apontar, como consequência da Revolução Industrial no Ocidente, o abandono desses conhecimentos, em virtude das novas possibilidades de adaptação ao clima, propiciadas pelo avanço tecnológico.

Principalmente depois do auge da crise energética mundial, a utilização de sistemas passivos para o controle climático dos interiores de edifícios, em detrimento dos sistemas ativos, ou pelo menos acarretando sua redução, vem sendo largamente pesquisada para todos as tipologias de edifícios. Tais investigações visam, além da redução dos gastos

energéticos, a favorecer o conforto ambiental, adequando a arquitetura às condições climáticas do entorno. É o conceito da arquitetura bioclimática.

Para a obtenção do conforto humano, o grau de interdependência das variáveis climáticas pode ser minimizado pelas compensações sensoriais dos seres humanos, mas, no caso da preservação dos livros e documentos de arquivo, essa inter-relação pode ser ainda mais danosa. Um exemplo é a inversa correlação entre temperatura e umidade relativa: diminuir, em parte, a umidade relativa e aumentar a temperatura favorece o conforto humano, enquanto acelera os processos de desidratação de alguns componentes do acervo. Este é o problema central da pesquisa que realizamos, isto é, identificar – dentro do conjunto das soluções desenvolvidas, no âmbito da arquitetura bioclimática, para redução do consumo energético e obtenção do conforto humano –, aquelas que podem ser adotadas, no controle ambiental para preservação de acervos com suporte em papel, em clima tropical úmido.

Desta forma, o trabalho que realizamos reúne conservação de acervos e arquitetura, relacionando controle ambiental com um reexame dos conceitos da arquitetura bioclimática, definindo elementos que devem ser considerados na concepção, manutenção e adaptação dos espaços destinados à guarda e exposição de acervos com suporte em papel, em clima tropical úmido.

Não buscamos desenvolver modelos, até porque, apesar de as condições climáticas estudadas serem comuns a muitas regiões, é preciso considerar que as situações específicas de cada projeto geram sempre soluções diferentes. Tentamos, de alguma forma, contribuir para um melhor diálogo entre os profissionais ligados aos centros de documentação, os quais convivem diariamente com os problemas de preservação dos seus acervos, e os arquitetos incumbidos de projetos dessa natureza.

## **1. O ambiente e a conservação do papel**

O papel originou-se na China, em torno do ano 195 da nossa era<sup>1</sup>, na região de Cantão. Somente no século XI os primeiros moinhos foram instalados na Europa. Até o final do século XVIII, o processo de fabricação era totalmente manual e, nos moinhos de papel, as folhas eram produzidas numa escala bem pequena. O papel ocupou, a partir da sua industrialização, no final do século XVIII (1798 – primeira máquina de fazer papel), o lugar de principal suporte para a escrita.

O processo atual de fabricação do papel em muito se assemelha ao empregado pelos chineses nos primeiros papéis de seda, consistindo, basicamente, na obtenção de uma pasta, a partir da desintegração de fibras de celulose em suspensão na água. Desta forma constituído, o papel é uma substância orgânica e, devido à sua fragilidade, está sujeito à deterioração, se for imprópriamente produzido, armazenado ou manuseado. No entanto, sob condições adequadas, pode ter duração infinita.

O ambiente é um dos principais agentes de deterioração do papel e o controle ambiental consiste na manutenção dos fatores climáticos dentro de níveis adequados, estáveis, durante 24 horas por dia, 365 dias por ano. Os trabalhos que definem as características ambientais para a preservação das coleções têm como base as pesquisas realizadas em museus, destacando-se *The Museum Environment*, de Garry Thomson, e *Climate in Museums*, de Gaël de Guichen.

Muitas organizações relacionadas com o cuidado e a preservação de livros e documentos – com o propósito de estabelecer uma atitude responsável para conservação e restauração em arquivos e bibliotecas, como também para encorajar a formulação de políticas sobre o futuro das coleções –, definiram medidas, técnicas e princípios de conservação e restauração. Muitos são de caráter nacional e outros têm abrangência internacional.

<sup>1</sup> Flieder, F., Duchein, M. *Livres et documents d'archives: sauvegarde et conservation*. Paris: UNESCO, 1983. p.16.

O projeto "Conservação preventiva em bibliotecas e arquivos", realizado pelo Arquivo Nacional e diversas instituições brasileiras, em parceria com a Commission on Preservation and Access, publicou o caderno técnico Meio Ambiente<sup>2</sup>, onde estão relacionados os parâmetros de conservação, que a seguir resumimos:

- Quanto à temperatura e à umidade, a recomendação de consenso é manter a temperatura estável, no máximo 21°C, e a umidade relativa também estável, entre um mínimo de 30% e um máximo de 50%.
- Quanto à luz, deve-se evitar a radiação solar direta sobre o acervo, bem como a iluminação através de lâmpadas fluorescentes, pois são as maiores fontes de radiação ultravioleta. Recomenda-se a utilização de filtros UV para registros superiores a 75mw. O nível de iluminamento recomendado, para materiais sensíveis à luz, não deve exceder a 55 lux, e para materiais menos sensíveis, recomenda-se um máximo de 165 lux.
- Quanto à qualidade do ar, é necessário eliminar os gases poluentes e as partículas dos ambientes de guarda e exposição.

O clima tropical úmido apresenta níveis de umidade e temperatura muito distantes daqueles recomendados para a preservação dos acervos com suporte em papel<sup>3</sup> e, desta

<sup>2</sup> OGDEN, Shereilyn (ed.). Caderno Técnico: Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Arquivo Nacional, 1997.

<sup>3</sup> 3 Nas regiões de clima tropical úmido, a temperatura média máxima do ar durante o dia, na sombra, está acima de 27°C, e a temperatura média mínima do ar durante a noite está entre 21°C e 27°C, resultando uma amplitude térmica do ar bem pequena. A umidade relativa do ar é alta durante a maior parte do tempo, em torno de 75%, variando de 65% a 100%. As precipitações são elevadas durante o ano todo. O céu é frequentemente nublado e a cobertura nebulosa varia entre 60% e 90%. A radiação solar, em parte refletida e em parte dispersada pela cobertura nebulosa e pelo alto conteúdo de vapor d'água na atmosfera, tem a parcela difusa muito intensa. O conteúdo de vapor diminui também a perda de calor pelas camadas mais altas da atmosfera durante a noite. O vento se move com velocidades normalmente baixas. A alta umidade acelera o crescimento do mofo e a desintegração dos materiais

forma, os elementos arquitetônicos tradicionais, como as paredes, os vãos, a compartimentação interna, e ainda, aqueles que agem especificamente na modificação dos efeitos do clima (como beirais, brise-soleil, isolamentos e sistemas de ventilação), podem não ser suficientes para atingir, em todas as situações, as condições ideais requeridas, tornando-se necessários dispositivos mecânicos para o controle ambiental.

No entanto, dentro do universo dos temas que buscam o conforto humano e a redução do consumo de energia, algumas recomendações referentes ao condicionamento térmico natural podem ser adotadas nos edifícios que constituem nosso ponto de interesse. As relações entre o meio e o edifício, e entre o edifício e o acervo, baseadas nos princípios de transmissão de calor, são de grande importância para a definição da orientação, da forma, do volume e da escolha racional dos materiais de construção, que deverão resultar num melhor comportamento térmico da edificação, possibilitando a redução do uso dos aparelhos mecânicos de climatização.

Refletimos sobre a maneira como a importância dada à redução do consumo de energia pode influir no processo de concepção das edificações destinadas à guarda de acervos com suporte em papel em climas tropicais úmidos, de modo a definir conceitos que permitam conjugar os critérios energéticos aos demais critérios envolvidos no projeto arquitetônico dessas edificações. Estes conceitos devem ser considerados desde a fase inicial do projeto, pois as soluções para controle climático das edificações não devem ser encaradas como dispositivos que se podem superpor a uma obra já acabada. Esta é a única maneira de evitar problemas decorrentes de soluções inicialmente mal formuladas, problemas que, nos climas quentes em particular, podem ser insolúveis e causar danos irreparáveis ao acervo.

orgânicos. KOENIGSBERGER, O. et. al. Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Madri: Paraninfo, 1977.p.43.

## **2 Arquitetura e controle ambiental**

Os efeitos causados pela umidade, pela radiação ultravioleta e pela poluição atmosférica são muito mais danosos para os acervos do que aqueles diretamente causados pelo aumento de temperatura. Isto porque os principais danos devidos ao aquecimento referem-se à exposição direta à radiação solar, e não ao aumento da temperatura do ambiente. Desta forma, deve haver uma hierarquia entre os dispositivos utilizados para o controle de tais fatores.

O controle da umidade relativa é considerado importante, porque a umidade, além de atuar nas reações químicas de deterioração, afeta diretamente o teor de umidade dos materiais porosos e higroscópicos, ocasionando mudanças dimensionais significativas, e favorece o desenvolvimento de microorganismos.

O controle da temperatura deve ser corretamente equacionado em função dos seus efeitos indiretos, tendo em vista que as atividades biológicas aumentam quando o clima é mais quente, e que a sua relação com a umidade relativa interfere, entre outros, no teor de umidade dos materiais. O teor de umidade dos materiais é função de uma condição de equilíbrio com a umidade relativa do ar envolvente. Torna-se necessário, portanto, utilizar todos os recursos que possibilitem o controle da temperatura, mas que não afetem o controle da umidade.

A correta utilização das técnicas de condicionamento térmico natural para a preservação dos acervos torna indispensável uma análise da evolução anual dos dados climáticos – tais como as temperaturas médias, médias máximas e médias mínimas, os níveis de umidade, os índices pluviométricos, o regime de ventos e a insolação, assim como as interferências provocadas pela topografia local, pela altitude, pela superfície do solo, pela presença de rios, mares, lagoas, pela proximidade com outros edifícios e com a vegetação –, de modo a que os recursos utilizados para o controle ambiental dos edifícios de arquivos e bibliotecas possam ser ajustáveis a todas as épocas do ano.



Inicialmente, abordaremos a questão da umidade nas edificações, já que todas as ações devem ser subordinadas ao seu controle. Apresentamos, em seguida, os conceitos envolvidos na redução dos efeitos da energia solar, com ênfase na radiação ultravioleta e calor, baseados nas estratégias de projeto para condicionamento térmico natural e nas recomendações da arquitetura bioclimática para adaptação da arquitetura ao meio ambiente, que podem ser aplicados na preservação de acervos. Por último, relacionamos as recomendações já estabelecidas em relação à contaminação atmosférica. Os problemas, embora apresentados em separado, devem ser analisados em conjunto, para permitir a escolha da solução mais adequada a cada caso.

## 2.1 Umidade

A umidade é a quantidade de vapor d'água contida na atmosfera. O ar, a uma determinada temperatura, possui um limite para a quantidade de vapor d'água que pode conter e, quando atinge esse limite, fica saturado. Ultrapassado esse limite, o ar atinge seu ponto de orvalho e ocorre a condensação do vapor d'água excedente, passando para o estado líquido.

A evaporação e a condensação envolvem, portanto, processos de transmissão de calor. A evaporação retira calor do ambiente e a condensação o restitui. A compreensão desse processo envolve a interrelação entre umidade absoluta<sup>4</sup>, umidade relativa<sup>5</sup> e temperatura.

<sup>4</sup> Umidade absoluta é a quantidade de água que contém uma massa de ar, geralmente medida em gramas de água por quilograma ou metro cúbico de ar seco ( g/kg ou g/m<sup>3</sup>). Umidade absoluta do ar saturado ( UAS) é a quantidade máxima de água que, em estado de vapor, é capaz de conter 1kg de ar seco a uma temperatura determinada. RIVERO, R. Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural. 2a ed. Porto Alegre: D.C.Luzzatto Editores, 1986. pág. 52.

Se o ar entra em contato com uma superfície cuja temperatura é inferior à temperatura de orvalho, produz-se uma condensação superficial. A condensação é produzida, principalmente, nas superfícies de baixa resistência térmica. O concreto, por exemplo, material altamente transmissor de calor, alcança temperaturas superficiais baixas, favorecendo esse fenômeno. Essa condensação deve ser evitada ao máximo, no caso dos acervos. No caso dos edifícios de arquivos e bibliotecas em climas úmidos, a condensação é um fenômeno muito importante a ser considerado quando a instalação de ar-condicionado reduz a temperatura, sem o controle da umidade.

O vapor d'água desloca-se dos pontos de maior para os de menor umidade absoluta. Isto significa que ele se difunde através de um fechamento, que separa dois meios com umidades absolutas diferentes.

Os materiais de construção têm a capacidade de oferecer resistência a essa difusão, que é função de um coeficiente e da sua espessura. O tijolo, o concreto e alguns isolantes térmicos têm baixa resistência. Já as lâminas metálicas e os filmes plásticos têm resistência elevada.

É muito importante considerar esse fenômeno, no caso dos ambientes, climatizados e tratados com material isolante. Se a umidade do ar penetrar no isolante, reduz sua resistência térmica.

### **2.1.1 As principais fontes de umidade na edificação e seu controle**

A umidade existente nos edifícios pode ter fontes localizadas no exterior, nos fechamentos e no interior. Muitas precauções podem ser tomadas para reduzir os efeitos da umidade,

<sup>5</sup> Umidade relativa (UR) é a relação dada, geralmente sob a forma de percentual (%), entre a umidade absoluta do ar e a umidade absoluta do ar saturado na mesma temperatura. Idem, p.52.

tentando, principalmente, evitar suas fontes nas edificações destinadas a arquivos e bibliotecas.

– Com relação à implantação, deve-se evitar zonas úmidas, próximas a lagos, rios etc., assim como verificar as condições de umidade do terreno, em relação ao nível do lençol freático.

– Com relação à estrutura do edifício, deve-se atentar para os problemas de impermeabilização das coberturas, paredes e pisos, bem como para o comportamento dos fechamentos em função da difusão do vapor d'água, e trabalhar a resistência térmica dos materiais, para evitar a condensação. Deve-se também evitar a proximidade das instalações hidráulicas com as áreas de depósito de acervo.

– A utilização da ventilação natural deve ser criteriosamente estudada, de modo que a orientação das aberturas não favoreça a penetração dos ventos carregados de umidade, e também deve ser controlada, em função dos horários em que os níveis de umidade e temperatura externos sejam menos desfavoráveis.

– O controle da temperatura é de fundamental importância para o controle da umidade, conforme explicitado anteriormente.

No entanto, a retirada da umidade do ar só é possível através de dispositivos mecânicos: sistemas de condicionamento de ar ou desumidificadores. Os desumidificadores indicados para os climas quentes são os refrigerantes. O esquema de funcionamento faz com que o ar carregado de umidade entre no equipamento, onde é resfriado a uma temperatura inferior ao seu ponto de orvalho, retirando a umidade pela condensação. Então, esse ar é novamente aquecido e restituído ao ambiente. Sua eficiência está condicionada a um correto movimento de ar, de forma que a umidade relativa seja a mesma em toda a área.

## **2.2 Energia radiante radiação ultravioleta e calor**

Reações químicas causam a deterioração do papel. Uma reação química pode absorver energia ou desprender a energia potencial acumulada nas moléculas. Em ambos os casos, é necessária uma certa quantidade de energia para iniciar a reação, chamada energia de ativação. As principais fontes de energia de ativação das reações químicas responsáveis pela deterioração do papel são a radiação ultravioleta e o calor.<sup>6</sup>

O Sol é a principal fonte de energia da Terra, que a transmite na forma de energia radiante. Energia radiante é aquela que se propaga sob a forma de ondas ou partículas eletromagnéticas. As ondas eletromagnéticas são diferenciadas entre si pelo seu comprimento e sua frequência. O espectro da radiação solar se estende de 0,28mm a 2,3mm, podendo-se distinguir, em função da percepção humana, em radiação ultravioleta (0,28 a 0,4 mm), luz visível (0,4 a 0,78mm) e radiação infravermelha curta (0,78 a 2,3mm).

A quantidade de energia que atinge o solo terrestre sofre uma redução de intensidade, à medida que os raios solares atravessam a atmosfera, em virtude dos fenômenos de difusão, absorção e reflexão. Esses fenômenos variam em cada ponto da superfície terrestre em função das condições da atmosfera, da latitude e altitude do local, da hora do dia, da estação do ano, do grau de umidade e da poluição atmosférica, entre outras.

A radiação ultravioleta situa-se numa faixa com comprimento de onda entre 0,3 e 0,4mm. A teoria quântica demonstra que a energia é emitida em "pacotes distintos", denominados quanta, e os quanta da energia luminosa são chamados fótons. A energia de cada fóton de luz é diretamente proporcional à frequência da radiação. Isto quer dizer que a energia é maior para as frequências maiores e, conseqüentemente, para os comprimentos de onda menores. Por isso, os fótons da radiação ultravioleta são os mais danosos para a

<sup>6</sup> A iluminação, em geral, provoca danos aos materiais orgânicos, sendo que a exposição à radiação ultravioleta é mais danosa do que os efeitos térmicos causados pela exposição à luz visível e à radiação infravermelha.

preservação dos acervos, uma vez que a energia por eles emitida desencadeia reações fotoquímicas de deterioração.

O calor é a forma usual de designar a energia térmica ou interna, presente em todos os corpos, que se manifesta por meio do movimento molecular e está relacionada com a temperatura dos corpos. A energia interna de todos os corpos é transformada parcialmente em ondas eletromagnéticas, o que significa que o espaço que nos rodeia contém sempre energia radiante. A energia radiante possibilita a transmissão de calor de um corpo a outro, e toda a energia radiante que é absorvida se transforma em calor, isto para qualquer comprimento de onda, e não somente para a radiação infravermelha. O calor se transmite do corpo mais quente ao mais frio, sendo possível reduzir sua transmissão, mas nunca impedi-la totalmente.

Como todos os corpos são capazes de emitir energia radiante, desde que estejam mais quentes que outros, é preciso conhecer as principais fontes de energia na edificação, para controlá-las, bem como saber utilizar os mecanismos que regem as trocas térmicas, de modo a utilizá-los a favor da redução dos ganhos de calor, por causa dos danos que estes podem acarretar aos acervos. As fontes de energia radiante que nos interessam, portanto, são o Sol e os corpos de nosso ambiente imediato, que emitem ondas longas.

### **2.2.1 Controle da radiação ultravioleta**

Os dispositivos para controle da iluminação nos edifícios de arquivos e bibliotecas devem regular os efeitos térmicos provocados pela radiação visível e pela radiação infravermelha, e reduzir os efeitos fotoquímicos da radiação ultravioleta.

Nas regiões de clima tropical úmido, verificam-se altos índices de luminosidade natural. A radiação solar, fonte de luz natural, tem a maior proporção de radiação ultravioleta, se comparada às outras fontes de luz artificial. As lâmpadas incandescentes de tungstênio emitem uma quantidade de radiação ultravioleta muito pequena. A faixa tolerável de radiação ultravioleta situa-se entre 60 a 80 microwatts, que corresponde à emissão das lâmpadas incandescentes com filamento de tungstênio.

Para proteção do acervo documental e bibliográfico contra os efeitos da radiação ultravioleta, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

1. Evitar a exposição à radiação solar direta, tendo em vista o alto teor UV que esta possui, com o controle da sua penetração pelas aberturas, através da orientação correta e de dispositivos de proteção externos e internos, sabendo-se que o vidro comum absorve a radiação ultravioleta com os comprimentos de onda inferiores a 310nm. Vale lembrar que este controle deve permitir uma constante adaptação às condições externas, que sofrem inúmeras variações, dependendo do estado da atmosfera, das estações do ano etc.
2. Privilegiar a iluminação natural difusa. Os pigmentos de pintura branca, o dióxido de titânio, principalmente, o chumbo e o zinco são bons absorventes de radiação ultravioleta. A iluminação incidente refletida, pelo menos uma vez, sobre uma parede branca pode ter boa parte da radiação ultravioleta eliminada.<sup>7</sup>
3. Remover a radiação ultravioleta, passando a luz, antes de alcançar o objeto, através de um material que seja transparente à radiação visível, mas opaco à radiação ultravioleta – os filtros UV.

O filtro ideal deveria barrar toda a radiação ultravioleta com comprimento de onda inferior a 400nm. É uma condição difícil de atingir e nenhum tipo de filtro feito unicamente com vidro é capaz de alcançar esse resultado. Existem, no entanto, muitos tipos de filtros

<sup>7</sup> THOMSON, Garry. The museum environment. New York: Butterworths, 1981.p.21.

absorventes UV, feitos de plásticos, com qualidade bastante satisfatória. Tais filtros devem ser estendidos sobre toda a superfície das aberturas, de modo a que toda a luz passe através deles.

Testes de laboratório<sup>8</sup> demonstraram que o vidro temperado de 4mm filtra a radiação UV completamente, até a faixa de 370nm, apresentando cerca de 14% de transmitância, no comprimento de onda de 380nm, 59% para 390nm, e 79% para 400nm; que o policarbonato cristal 2mm transmite 10% UV, na faixa de 390nm, e 63%, na faixa de 400nm; e os filtros ultravioleta marca Rosco transmitem 3%, na faixa de 390nm e 23%, na de 400nm, o que significa um bom desempenho .

Outras recomendações podem ser aqui lembradas, entre elas, a redução do tempo de exposição e da intensidade da fonte luminosa, uma vez que o dano causado pela iluminação é cumulativo e o efeito fotoquímico resulta do produto da luminância pelo tempo total de exposição do objeto. Vale lembrar que a manutenção de baixos níveis de iluminação artificial, conforme as recomendações já estabelecidas, contribui também para o controle da temperatura, já que toda radiação absorvida, visível e invisível, natural ou artificial, é convertida em calor.

### **2.2.2 Controle da temperatura**

Qualquer tentativa de controle ambiental, dentro de uma edificação, pressupõe o conhecimento do seu comportamento térmico, que está relacionado com os mecanismos de transmissão do calor e com as propriedades dos materiais de construção. A transmissão de calor entre dois corpos sempre ocorre quando há uma diferença de temperatura entre eles, independentemente da quantidade de energia térmica de cada um, ou quando ocorre uma mudança no estado de agregação.

<sup>8</sup> GONÇALVES, Ana. Iluminação seletiva em museus. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1994.p.99-102.

Os mecanismos de transmissão do calor que envolvem variações de temperatura são a condução<sup>9</sup>, a convecção<sup>10</sup> e a radiação<sup>11</sup>. Os fenômenos envolvidos são complexos, já que ocorrem, quase sempre, simultaneamente. A evaporação e a condensação também são mecanismos de troca de calor, apesar de não resultarem num aumento de temperatura.

As características dos materiais de construção relacionadas ao seu desempenho térmico podem ser analisadas, em função da energia que emitem, e em função do comportamento que apresentam frente à energia incidente.

A energia radiante, quando incide sobre um corpo, é absorvida, refletida ou transmitida. A radiação absorvida é transformada em calor. Os coeficientes de absorção, reflexão e transmissão, através de um comportamento seletivo, variam para cada comprimento de onda da radiação incidente. De modo geral, os materiais não-metálicos são bons absorventes e bons emissores de ondas longas; e os metálicos, por sua vez, são tão maus absorventes, quanto maus emissores.

Os processos de troca de calor entre um edifício e o ambiente, que devem ser considerados na definição do projeto arquitetônico, podem ser analisados através da seguinte equação:

$$Q_i + Q_s + Q_c + Q_v + Q_m - Q_e = x$$

onde:

<sup>9</sup> A condução se realiza por contato entre as moléculas ou partículas de dois corpos, ou de um mesmo corpo, com temperaturas diferentes. FROTA, A., Schiffer, S. Manual do conforto térmico. São Paulo: Nobel, 1988. p.24.

<sup>10</sup> A convecção ocorre quando os corpos estão em contato e pelo menos um deles é fluido. Idem, p.23.

<sup>11</sup> Radiação é a troca de calor entre dois corpos que guardam uma certa distância entre si, e é propiciada pela natureza eletromagnética da energia.



$Q_i$  – ganhos internos de calor referentes à emissão calorífica das pessoas, dos aparelhos de iluminação, dos equipamentos mecânicos.

$Q_s$  – os efeitos da radiação solar.

No caso das paredes opacas, os ganhos resultantes das trocas por condução e absorção podem ser considerados em conjunto. Nos fechamentos transparentes, que incluem a transmissão, devem ser avaliados em separado. O fluxo de calor através de janelas envidraçadas depende da intensidade da radiação solar, da área da janela e do fator de ganho solar do vidro.

$Q_c$  – troca de calor por condução.

O fluxo de calor por condução através de um fechamento é determinado em função da sua área, da condutividade térmica e da diferença das temperaturas interna e externa. A condutividade térmica é a capacidade de um corpo de transmitir calor por condução, e depende da densidade, da natureza química e da umidade. Os metais, por exemplo, têm alto coeficiente de condutividade térmica e são considerados bons condutores de calor. O ar, com baixo coeficiente de condutividade térmica, é um mau condutor ou isolante, o que explica a resistência das câmaras de ar. A resistividade é o conceito inverso. Condutividade e resistividade são propriedades do material; condutância e resistência são as características relativas à espessura que este apresenta. A condutância térmica superficial engloba as trocas térmicas que se dão na superfície da parede, expressando as trocas de calor por convecção e por radiação. O coeficiente global de transmissão de calor ( $K$ ), utilizado para a avaliação da transferência de energia térmica em edificações, engloba as trocas térmicas superficiais, por convecção e radiação, e as trocas térmicas através do material, por condução.

$Q_v$  – trocas de calor por convecção.

O fluxo calorífico por convecção entre o interior de um edifício e o ar livre depende da velocidade e da temperatura do ar, do sentido do fluxo e das características da superfície (como sua textura, forma e inclinação).

$Q_m$  – fluxo calorífico proveniente de dispositivos mecânicos de climatização.

$Q_e$  – perdas de calor por evaporação.

Ao evaporar, a água necessita de uma quantidade de energia, que ela retira do ambiente. Muitas vezes, esse mecanismo é utilizado para reduzir a carga térmica e se chama resfriamento evaporativo. O cálculo da taxa de resfriamento por evaporação depende da umidade disponível, umidade do ar, temperatura e do movimento do ar. Este cálculo, por sua própria natureza variável, nem sempre fornece resultados exatos.

Cada elemento do edifício influencia na magnitude dos fatores envolvidos, sendo possível, ao conhecê-los, prognosticar as conseqüências das diversas alternativas de projeto.

Em condições estáticas, ou seja, em regime estacionário<sup>12</sup>, se esta equação tiver resultado negativo, o edifício se resfriará, e se o resultado for positivo, o edifício se aquecerá.

No âmbito do presente estudo, o problema consiste em reduzir a temperatura interna, uma vez que as temperaturas externas médias estão acima das adequadas para a preservação, indicando a necessidade da utilização de sistemas mecânicos de climatização, e que podem ser sensivelmente reduzidas.

A redução da temperatura é obtida de duas formas: evitando o aquecimento e favorecendo o resfriamento. Evitar o aquecimento implica, principalmente, redução da captação solar pelas partes opacas e pelas aberturas da edificação. A redução da captação solar é obtida por meio da implantação, da orientação, da utilização de dispositivos de proteção contra a

<sup>12</sup> Considerar o regime estacionário é uma simplificação da realidade, mas serve como uma aproximação para compreensão dos problemas mais complexos de transferência de calor em regime não-estacionário.

radiação solar, da resistência dos materiais, da limitação das aberturas e dos fechamentos transparentes, e da redução dos ganhos internos como, por exemplo, sistemas de iluminação. Nem todas as medidas podem ser utilizadas simultaneamente, cabendo ao arquiteto avaliar quais são as mais adequadas à especificidade de cada projeto.

Favorecer o resfriamento significa favorecer as perdas térmicas. As perdas térmicas através do envoltório dos edifícios são muito pequenas e, depois de utilizados os mecanismos de redução da captação solar, a ventilação é a forma mais eficiente para extrair o calor acumulado, seja através da penetração da radiação, seja pelos ganhos internos. No entanto, em climas úmidos, a ventilação natural em edifícios de arquivos e bibliotecas deve ser criteriosamente estudada, em função dos níveis de umidade do ar e da contaminação atmosférica.

### **2.2.2.1 Redução da captação solar**

#### **Orientação**

A orientação é determinante de grande influência nas primeiras etapas da composição, sendo um dos elementos de definição do partido arquitetônico. A questão da melhor adequação aos elementos do clima é um dos aspectos que devem ser confrontados com outros, como visibilidade, acessibilidade, acidentes topográficos etc.

Nas fachadas e coberturas, ocorrem as principais trocas com o meio exterior, através das superfícies cegas e dos vãos, mas o efeito sobre todos os planos e, conseqüentemente, o efeito sobre o volume é que deve nortear o estudo da orientação. A orientação deve buscar o equilíbrio entre o aporte energético da radiação solar e as perdas térmicas através da ação dos ventos (considerando as restrições já mencionadas).

Além da energia recebida pela radiação solar direta e pela radiação solar difusa, a edificação recebe, também, a energia solar refletida pelo chão ou pelos edifícios vizinhos, o que pode alterar a radiação total recebida, alterando, conseqüentemente, os critérios de orientação.

O estudo da insolação é indispensável, sobretudo para o projeto de dispositivos arquitetônicos de proteção contra a radiação solar (tais como beirais e brise-soleil), e também fornece a quantidade de energia que está incidindo sobre um determinado plano. A quantidade de energia recebida pela edificação é função da latitude e da orientação dos planos. No hemisfério sul, nas regiões com verões quentes, os planos horizontais são os que recebem maior radiação e, dentre os planos verticais, os voltados para o norte recebem maior quantidade de energia no inverno do que no verão, sendo, nessa época, os mais favoráveis depois dos planos orientados para o sul. Os planos orientados para o leste e o oeste recebem maior energia no verão.

A radiação solar age sobre os planos, em conjunto com os efeitos da temperatura do ar, em função das trocas por radiação e convecção. A temperatura do ar resulta de um processo em que atuam a energia incidente, o coeficiente de absorção da superfície receptora, a condutividade e a capacidade térmica do solo, os quais determinam a transmissão do calor por condução, as perdas por evaporação, por convecção e por radiação. Assim sendo, os planos orientados simetricamente em relação ao norte, como o leste e o oeste, o nordeste e o noroeste, o sudeste e o sudoeste, recebem a mesma quantidade de energia, mas apresentam efeito térmico integrado diferente. Os planos orientados ao quadrante oeste recebem a radiação solar quando a temperatura do ar está mais elevada.<sup>13</sup>

Para a região tropical quente e úmida, do ponto de vista da radiação solar e dos efeitos da temperatura do ar, considera-se favorável que as construções tenham seu eixo longitudinal na direção leste - oeste. Isto quer dizer que as maiores superfícies devem estar orientadas para o norte e para o sul. Essa orientação também permite um controle mais eficaz da radiação solar incidente, através de dispositivos de proteção (como, por exemplo, beirais, brise-soleil etc).

<sup>13</sup> Rivero R., op. cit., pág. 84

A eficiência da ventilação natural está relacionada com a orientação, devendo ser considerada na implantação do edifício. Os efeitos da ventilação podem ser considerados em relação ao espaço exterior e em relação ao espaço interior. No entanto, em ambos os casos, as principais interferências devem-se às condições do entorno, da forma da edificação e da orientação das aberturas. A topografia é um elemento modificador da ação dos ventos, assim como a vegetação e a proximidade de outros edifícios.

A análise do comportamento térmico de uma edificação parte do estudo das trocas que se realizam entre os espaços internos e os espaços externos, através dos planos que constituem a sua envolvente. A interação dos planos e a conformação dos volumes são os responsáveis pelo seu comportamento térmico global, relacionando o volume interno e a área de fachada exposta.

É possível distinguir três níveis de microclima dentro de uma edificação: o microclima global, considerando o todo que permite selecionar a forma e a orientação de maior eficiência total; o microclima zonal, delimitado por áreas com as mesmas características dentro do todo; e o microclima local, que revela as particularidades de cada compartimento.

Esse exame é muito importante nos edifícios de arquivos e bibliotecas, pois suas áreas internas apresentam exigências diferentes em relação ao controle ambiental e, sobretudo, é fundamental para a análise do comportamento climático das áreas de depósito de acervo.

Assim, por exemplo, deve-se evitar que fachadas com orientação desfavorável tenham grandes dimensões. As coberturas são as partes da construção por onde se troca a maior quantidade de energia, sendo importante favorecer a redução deste aporte, através da inclinação em relação à incidência da radiação.

### **Dispositivos de proteção contra a radiação solar**

A proteção contra os efeitos da radiação solar sobre os fechamentos pode ser obtida pelo seu sombreamento, ou através do coeficiente de reflexão das superfícies, que é a

capacidade dos corpos de refletirem a radiação incidente em função da sua densidade, rugosidade da sua superfície e, sobretudo, da sua cor. As cores claras têm maior coeficiente de reflexão: para a cor branca, por exemplo, este coeficiente é da ordem de 80%. Existem três classificações para o sombreamento: o distante, que é função principalmente da topografia; o próximo, que conta com os prédios do entorno, a vegetação e outros elementos – existentes ou a serem projetados – que possam desempenhar este papel; e o integrado, constituído por elementos da arquitetura para limitar o aquecimento do ambiente interno, provocado pela insolação das paredes e coberturas, ou pelo efeito estufa. Nos climas quentes e úmidos, deve-se considerar também a importância da radiação solar difusa na elaboração de um dispositivo de proteção.

Os dispositivos de proteção (sombreamento integrado) são elementos capazes de impedir a radiação solar direta, no todo ou em parte, sobre uma superfície ou abertura, no período em que esta seja mais desfavorável. Podem ser exteriores e interiores. Os dispositivos de proteção podem desempenhar um papel muito importante nos edifícios de arquivos e bibliotecas, onde a incidência da radiação solar direta sobre o acervo deve ser totalmente evitada.

Os dispositivos exteriores podem ser verticais, horizontais, ou dispositivos que combinem elementos verticais e horizontais. Os dispositivos verticais são mais indicados para as fachadas nas quais o Sol incide lateralmente, como ocorre nas fachadas voltadas para o leste e o oeste. Os dispositivos horizontais são mais eficazes para a orientação norte ou sul, desde que o Sol esteja a um ângulo elevado. Os dispositivos que combinam elementos verticais e horizontais são eficazes para qualquer orientação, dependendo do seu dimensionamento.

Os dispositivos exteriores podem ser utilizados para proteção de fechamentos opacos ou transparentes. Para a maior eficiência das proteções externas em clima quente e úmido, estas devem permitir a ventilação ao fechamento, facilitando a dissipação do calor emitido por convecção, e devem ter alto coeficiente de reflexão, para diminuir a absorção.

Os dispositivos interiores, sejam cortinas ou persianas, são elementos utilizados para reduzir a penetração da radiação solar que incide por um vão envidraçado. A radiação solar pode atravessar com facilidade o vidro comum, incidindo sobre o dispositivo de sombra interior. Neste, parte da radiação é absorvida e parte, refletida. A parte refletida tem o mesmo comprimento de onda da radiação incidente, e atravessa o vidro, de volta, com a mesma facilidade, atingindo o espaço exterior. A parte absorvida é emitida com comprimento de onda longo, que não ultrapassa o vidro com a mesma facilidade da anterior, permanecendo no ambiente interno e formando uma camada de ar quente entre este e a superfície envidraçada. Os dispositivos de proteção interior devem ser de cor clara, pois sua eficácia depende, principalmente, da sua capacidade de reflexão. Em edifícios de arquivos e bibliotecas, sua adoção deve ser compatibilizada com os problemas de manutenção e segurança.

### **Resistência dos fechamentos**

O ganho de calor resultante da incidência da radiação solar num edifício é função da intensidade da radiação e das características térmicas das superfícies que constituem a sua envolvente.

As principais características térmicas dos materiais que compõem os fechamentos opacos são referentes à absorção de energia térmica e à resistência à penetração do fluxo de calor no ambiente interior, somadas à facilidade que eles oferecem para a saída do calor produzido internamente.

Para analisar os efeitos térmicos a que está exposta uma superfície de fechamento opaco, desenvolveu-se o conceito de temperatura equivalente, que é dada pela soma da temperatura do ar exterior, do equivalente térmico do efeito combinado da radiação solar incidente no fechamento e dos intercâmbios de energia, por radiação e convecção, entre a superfície e o meio envolvente. Neste cálculo, influem o coeficiente de absorção e a emissividade do material em relação à energia radiante, sendo esta última de especial importância, porque nela se integram os elementos do clima, a orientação e as

propriedades da superfície receptora<sup>14</sup>. Um fechamento com coeficiente de absorção menor terá uma temperatura equivalente menor.

O coeficiente de absorção tem grande influência no processo de trocas térmicas nos fechamentos leves, sendo maior a sua importância nos fechamentos horizontais. O efeito da diminuição do coeficiente de absorção pode ser compensado, e até superado, com o aumento da resistência do material.

A resistência térmica de um fechamento é muito importante, mas não define a sua eficiência. Ela deve ser analisada em conjunto com a capacidade de amortecimento e seu retardo térmico, ambos fenômenos associados à inércia ou à capacidade térmica. A capacidade térmica é uma propriedade que indica de que modo o material se aquece. Os fechamentos com grande capacidade térmica são aqueles que necessitam de uma quantidade maior de energia para serem aquecidos. Pelo fato de armazenarem maior quantidade de energia, paredes com grande capacidade térmica retardam o processo de transferência de temperatura, e são chamadas de paredes de grande retardo. O amortecimento é a propriedade de um fechamento de diminuir a amplitude das variações térmicas transmitidas a um ambiente interno. A inércia depende da massa e do volume dos fechamentos.

É importante saber que a inércia acumula o calor, e depois, o restitui ao ambiente, o que é diferente do isolamento, que constitui uma barreira que impede a entrada ou a saída do calor.

A inércia é recomendada para climas com variações diárias de temperatura superiores a 8° C. Como, nos climas tropicais úmidos, as variações térmicas são pequenas, a inércia é, muitas vezes, considerada inútil para o estabelecimento das condições de conforto. No entanto, alguns autores consideram que, em relação ao controle da temperatura para

<sup>14</sup> Rivero R., op. cit., p.83-84



preservação dos acervos, a menor variação é tão importante quanto os níveis mais baixos. Neste caso, a utilização de paredes com inércia é favorável, do ponto de vista do amortecimento da onda de calor. Com relação ao retardo da temperatura, deve-se considerar que o calor acumulado durante o dia é restituído ao ambiente à noite, e a sua retirada através da ventilação natural de forma eficiente depende da temperatura do ar no momento.

Os edifícios de arquivos e bibliotecas são, em geral, locais de ocupação diurna, e melhorar as condições de conforto humano nesses horários é favorável. No entanto, para o acervo depositado, a temperatura tem que estar controlada, tanto de dia, quanto de noite, e deve-se pensar que os dispositivos de ventilação natural para retirada do calor são mais restritivos para essas áreas em função do nível de umidade do ar, além de envolver em outras questões, como, por exemplo, segurança. Por outro lado, em situações de grande calor diurno, a temperatura externa pode diminuir, antes que toda a energia armazenada nas paredes tenha sido transmitida para o interior, e isto possibilita que uma parte dessa energia seja devolvida para o exterior, significando um certo benefício para o interior. A utilização da inércia deve ser analisada em cada caso, de modo a não se tornar uma camisa-de-força, impedindo o correto controle ambiental durante todas as épocas do ano.

Os materiais isolantes são recomendados para as superfícies sujeitas a muita insolação, como, por exemplo, as coberturas e as fachadas voltadas para o oeste, e também para os ambientes climatizados. Os materiais isolantes devem ser utilizados nas situações em que seja possível o controle da umidade.

A temperatura interior não é resultado somente das propriedades dos fechamentos exteriores, mas também da capacidade térmica de todos os corpos que se encontram no seu interior. Para a redução da variação de temperatura nos espaços internos, pode-se utilizar também a inércia nas paredes internas, principalmente no caso de ambientes climatizados artificialmente, e empregar, com propriedade, os materiais isolantes.

### **Limitação das aberturas e dos fechamentos transparentes**

Os fechamentos transparentes são o ponto fraco do desempenho térmico das edificações, dada a sua elevada transmissão para a radiação de pequeno comprimento de onda. O vidro comum não oferece barreiras à penetração da radiação com comprimentos de onda entre 0,4 e 2,8mm, o que corresponde às radiações visíveis – situadas entre 0,4 e 0,78mm –, nem ao infravermelho máximo próximo e parte do infravermelho médio. A partir deste limite, a transmissão diminui, e a partir do comprimento de onda de 4mm, o vidro se comporta como um material opaco à radiação incidente.

Quanto à reflexão, o seu coeficiente é praticamente o mesmo para qualquer comprimento de onda inferior a 5mm, em que a maior parte da energia absorvida é convertida em calor. A quantidade de energia refletida, transmitida e/ou absorvida varia em função do ângulo de incidência.

Essas características fazem com que o vidro comum facilite a entrada de calor nos espaços internos. No entanto, a saída – como se trata de radiação emitida com comprimento de onda longo – é mais difícil. Se o ambiente for totalmente fechado, essa dificuldade será ainda maior, porque dependerá, exclusivamente, de trocas de calor por convecção e por radiação.

Os problemas de transmissão de calor gerados pelos fechamentos envidraçados são objeto de estudo permanente. Existem diversas alternativas para melhorar o seu desempenho, como, por exemplo, os vidros atérmicos, que absorvem a radiação solar devido à sua própria composição química, ou devido a películas especiais interpostas entre duas lâminas de vidro, ou superpostas à superfície.

Uma outra alternativa são os vidros duplos, com câmara não-ventilada de gás inerte, que impedem a condensação. Eles têm maior resistência e maior amortecimento. Resolvem bem os problemas de inverno, mas, em situações de verão, têm comportamento muito

semelhante aos vidros simples, porque a lâmina interior absorve energia, aquecendo-se e transmitindo para o espaço interno, da mesma forma.

Outro tipo é o vidro refletor, composto por delgadas películas metálicas, geralmente alumínio, com alto coeficiente de reflexão. A energia refletida é eliminada, definitivamente. Esse vidro, no entanto, não favorece a iluminação natural, pois transmite apenas 11% da radiação visível.

A opção pelo tipo de tratamento a ser dado ao vidro, nos edifícios de arquivos e bibliotecas, para impedir a penetração de calor, deve ser conjugada à necessidade de filtrar a radiação ultravioleta.

Os vãos e aberturas, num edifício de arquivos e bibliotecas, devem ser criteriosamente projetados, em função dos problemas a serem atendidos. Em primeiro lugar, nas salas de leitura e nas salas de trabalho eles devem existir para proporcionar maior conforto visual, através da iluminação natural e da comunicação com o espaço exterior. Em algumas áreas, podem proporcionar, também, uma ventilação natural controlada, isto é, não devem permitir a entrada de umidade e de contaminação atmosférica. A orientação das aberturas deve evitar os planos de maior aporte energético, leste e oeste.

### **2.2.2.3 Sistemas de resfriamento ventilação natural**

Nos edifícios de arquivos e bibliotecas, em clima tropical úmido, a ventilação natural deve ser avaliada, ao menos de duas formas: de um lado, pode ser um dispositivo eficaz para favorecer as perdas térmicas, reduzindo a temperatura superficial dos elementos de construção e, conseqüentemente, a temperatura do ar; e do outro, pode se constituir num sério inconveniente, quando o ar é carregado de umidade, sais, poeira ou poluição.

O projeto de um sistema de ventilação natural deve considerar os dados sobre os ventos dominantes (direção e velocidade) e o seu comportamento em função das características do entorno da edificação. Deve também conhecer os efeitos térmicos e dinâmicos provocados

pela ventilação natural e as medidas capazes de maximizar o seu rendimento, ressaltando-se que a realidade, dificilmente, pode ser verificada, sem a realização de experiências.

A ação mecânica dos ventos gera zonas de baixa e alta pressão, quando estes incidem sobre uma edificação, sendo que as pressões máximas se verificam quando o vento incide perpendicularmente à fachada. As aberturas localizadas em zonas de pressão diferentes favorecem a circulação de ar no espaço interior.

A ventilação por efeito térmico, conhecido por efeito chaminé, é provocada por uma diferença de pressão, em consequência das diferenças de temperatura do ar, sendo o seu rendimento tanto maior, quanto maior for essa diferença. No entanto, como as diferenças de temperatura nem sempre são significativas, a utilização deste dispositivo sem artifícios tem eficácia variável nos climas quentes. O fluxo de ar por efeito chaminé será mais intenso quanto mais baixas forem as aberturas para entrada do ar, e quanto mais altas forem as aberturas para saída do ar. Um artifício que pode ser utilizado para melhorar o rendimento de tal sistema consiste na utilização de um exaustor para extrair o ar quente. O efeito chaminé provoca, também, a ventilação entre as faces expostas ao Sol e as faces sombreadas de uma edificação.

A ação térmica da ventilação consiste em favorecer o resfriamento evaporativo e as trocas por convecção. O resfriamento evaporativo pressupõe a retirada de calor do ambiente, através da evaporação da água, em função da energia que esta necessita para passar do estado líquido para o gasoso, resultando num aumento da umidade relativa. Seu efeito é limitado pelo conteúdo de vapor d'água e pelo nível de saturação do ar. Dependendo do nível de umidade, pode ser extremamente desfavorável para os edifícios de arquivos e bibliotecas, pelas razões expostas anteriormente.

A redução da temperatura superficial, através das trocas por convecção dos elementos que compõem o espaço interior, depende da velocidade do ar, e também, de que a temperatura interior seja superior à temperatura exterior.

A velocidade e a quantidade de ar dependem da dimensão dos vãos de entrada e saída, e também, da velocidade do vento, ao incidir neles. A altura das aberturas não influi na velocidade, influi no fluxo, e a existência de saliências nas fachadas ajuda a diminuí-lo. A velocidade recomendada para o conforto humano, nos climas tropicais, é de 2m/s, e deve-se considerar que a velocidade do ar, quando penetra num espaço interno, sofre uma redução de 50%. A vazão do ar que circula pelo espaço é importante para a redução das temperaturas superficiais, mas, se a vazão atinge um nível muito alto, o ar não terá tempo de retirar o calor do ambiente, embora possa favorecer o conforto térmico das pessoas. Outro fator que influencia a eficácia da ventilação é a tipologia das aberturas, que podem melhorar a captação do vento, direcionar o ar para uma determinada superfície e difundir o ar no ambiente, entre outros.

A ventilação é um dispositivo muito eficaz no processo de perdas térmicas e, em relação ao controle da umidade, é capaz de produzir alguma sensação de conforto, quando a umidade tem altos índices. No entanto, a desumidificação só é possível por meios mecânicos<sup>15</sup>, resfriando-se o ar até seu ponto de orvalho e fazendo com que a umidade seja eliminada por condensação, conforme exposto anteriormente.

Nos ambientes climatizados artificialmente, a ventilação natural deve ser mínima e também controlada, durante o período de climatização, evitando o aporte de calor através do ar. Só que o sistema de climatização pode falhar (e falha muito), e talvez seja este o ponto mais delicado da concepção dos edifícios de arquivos e bibliotecas. Por um lado, é preciso utilizar todos os dispositivos para a redução da carga térmica e conseqüente redução dos custos com climatização; por outro lado, o edifício deve dispor de sistemas alternativos, que permitam o controle ambiental nos períodos de pane do sistema de climatização.

### **2.2.3 Contaminação atmosférica**

<sup>15</sup> Koenigsberger, op. cit., p. 143.

A permeabilidade do edifício é a sua principal característica contra a contaminação atmosférica. Neste fator, interferem a sua compacidade e o número de vãos. Uma ventilação que traga o ar exterior poluirá muito mais do que um sistema baseado na circulação do ar interior. Em relação à poluição, quase nada pode ser feito além da relocação dos edifícios fora das áreas urbanas, o que nem sempre é política ou financeiramente viável. Uma solução satisfatória consiste na instalação de ar-condicionado central com sistema de filtros. São dois os sistemas de filtros: um, para remover as partículas; outro, para atuar sobre os gases.

Achamos importante, ao final deste estudo, refletir sobre a escolha do sítio para implantação dos edifícios de arquivos e bibliotecas, bem como fazer algumas considerações sobre a utilização da vegetação.

Dentro de uma zona, abrangida pela mesma classificação genérica do clima, existem inúmeras variações – inúmeros microclimas decorrentes, entre outros fatores, da topografia, das características da cobertura do solo, da proximidade de massas de água e de centros urbanos. Desta forma, a escolha do sítio para implantação de um edifício de arquivos e bibliotecas é fundamental para o estabelecimento de condições adequadas visando à preservação de seus acervos, e sempre deve contemplar, além das condições climáticas mais favoráveis, os aspectos de acessibilidade e segurança. Para que o local da implantação tenha níveis adequados de temperatura e umidade, deve-se considerar que: a temperatura do ar diminui com a altura; as principais fontes de umidade para a edificação consistem na umidade do solo, na qual interfere o nível do lençol freático, e na presença de massas de água, como mares, rios, lagoas etc.; a topografia influencia o regime de ventos, os efeitos da radiação solar e o regime de chuvas.

Por outro lado, cabe lembrar que existem dispositivos para melhorar a qualidade de um terreno não muito bom, como, por exemplo, o layout da massa edificada; a utilização de elementos para controlar a velocidade do vento, favorecer o sombreamento das edificações e reduzir os índices de radiação solar refletida do solo; entre outros.

A utilização da vegetação pode contribuir muito para melhorar a qualidade do ambiente físico e os seus efeitos são numerosos. Entre eles, os mais favoráveis para o estabelecimento de um microclima, adequado à preservação, podem ser assim enumerados:

1. Oxigenação: sua função clorofílica absorve o gás carbônico e restitui o oxigênio, o que é bom para a preservação dos acervos, os quais devem ser mantidos sempre distantes das áreas poluídas. Como nem sempre isto é possível, uma cortina verde no terreno é de grande valor para reduzir os gases poluentes.
2. Fixação da poeira e partículas contaminantes: é uma capacidade que resulta da presença de matérias azeitosas em suspensão e do efeito eletrostático. Essa capacidade varia em função da localização, da extensão plantada, da resistência de cada espécie vegetal aos contaminantes etc.
3. Os efeitos térmicos são muito importantes: além da redução dos efeitos da radiação solar direta sobre o solo – reduzindo, conseqüentemente, a temperatura do ar e minimizando os efeitos das trocas térmicas entre o edifício e o exterior –, constituem importante dispositivo de sombreamento. De acordo com a forma das árvores, elas podem ser utilizadas para produzir sombras quando os raios solares são de baixa altura – nascente e poente –, possibilitando a proteção das fachadas voltadas para leste que, de outras maneiras, são difíceis de proteger.
4. Proteção contra ventos fortes: a massa foliar da vegetação constitui uma rugosidade para os movimentos do ar. Uma parte do fluxo incidente penetra no interior da folhagem, sendo aí amortecido, com redução da sua velocidade.

A vegetação também emite vapor d'água através da sua folhagem, devido à evaporação das chuvas e à transpiração fisiológica do vegetal, sendo, por este motivo, desaconselhada

por alguns autores<sup>16</sup> a existência de vegetação em local muito próximo aos edifícios de arquivos e bibliotecas. Um correto planejamento paisagístico do entorno desses edifícios será capaz de harmonizar as vantagens evidentes da presença da vegetação, minimizando os aspectos que possam prejudicar o estabelecimento de um microclima favorável à preservação.

## **Conclusão**

A questão da conservação de energia e da preservação do meio ambiente vem estimulando estudos e pesquisas, em todas as áreas do conhecimento. Na arquitetura, com as pesquisas realizadas no âmbito da arquitetura bioclimática, ficou claro que uma certa quantidade de energia será sempre necessária para o bom funcionamento das edificações. No entanto, é responsabilidade do arquiteto ou do engenheiro reduzir os gastos energéticos excessivos, por meio de soluções que resolvam as questões térmicas, lumínicas e acústicas, utilizando, ao máximo, os recursos naturais renováveis e gratuitos.

Os edifícios de arquivos e bibliotecas se revestem de um caráter simbólico, materializando a importância de preservar e expressar a cultura de uma região, num determinado momento histórico. A preservação da produção cultural da sociedade possibilita escrever a história, de um simples povoado até a de um país. Através do processo de armazenamento de dados, organiza-se a memória do indivíduo e da sociedade na qual ele vive, e estabelece-se a cidadania, no sentido em que esta deve acumular e preservar a história, recuperando-a e transmitindo-a às gerações futuras. A necessária conservação preventiva deste patrimônio – que envolve, entre outros aspectos, a manutenção de condições ambientais apropriadas, nas áreas de armazenagem e exposição – compromete a preservação com as soluções arquitetônicas dessas edificações.

<sup>16</sup> DUCHEIN, Michel. Les bâtiments d'archives: construction et équipements. Paris: Archives Nationales, 1985.p.135.



O desenvolvimento de estratégias de projetos e alternativas tecnológicas para preservação das coleções, nos climas tropicais, é objeto de estudos e pesquisas, e o sucesso deste esforço só poderá ser alcançado, a nosso ver, com um trabalho interdisciplinar nas áreas de conservação, biblioteconomia e arquivologia, arquitetura, química etc. Sem fórmulas mágicas, ou receitas adaptadas de regiões com outras condicionantes, é imprescindível a discussão e a prática a fim de que sejam encontradas as soluções adequadas para cada caso e cada problema.

## Bibliografia

BELL, L., FAYE, B. La concepción de los edificios de archivos en países tropicales. Paris UNESCO, 1980.

BREJON, P., FERNANDEZ, P., LAVIGNE, P. Architecture climatique. v.1. [s.l.:s.n.],1992.

BRITISH STANDARD INSTITUTE. Recommendations for the storage and exhibition (BS 5454). Londres: BSI, 1977.

BROWN, G. Z. Sun, wind and light - architectural design strategies. Nova York: John Willey & Sons, 1985.

CARVALHO, Claudia. O controle ambiental para preservação de acervos na concepção dos edifícios de arquivos e bibliotecas em clima tropical úmido. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1997.

DUCHEIN, Michel. Les bâtiments d'archives: construction et équipements. Paris: Archives Nationales, 1985.

FAYE, Bernard. Los edificios para archivos. In: RUCIBA, v.4, n.2, abr./jun., 1982. [s.l : s.n.], 1982. p.92-98.

FERNANDEZ, Pierre. Abordagem da arquitetura bioclimática em países tropicais. Publicação do Curso de Mestrado em Arquitetura. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, FAU/UFRJ, Rio de Janeiro: UFRJ, 1991.

FROTA, A., SCHIFFER, S. Manual de conforto térmico. São Paulo: Nobel, 1988.

FUNDAÇÃO CASA DE RUI BARBOSA. Centro de Documentação. Laboratório de Conservação e Restauração. Proteção ambiental de livros e material afim. Rio de Janeiro: FCRB, 1985.

GIVONI, B. L'homme, l'architecture et le climat. Paris: Éditions du Moniteur, 1978.

GUICHEN, G ael. Climate in museums. Roma: ICCROM, 1984.

GUYOT, A., IZARD, Jean. Arquitetura bioclimática. Barcelona: Gustavo Gili, 1982.

KING, Steve, PEARSON, Colin. Environmental control for cultural institutions: appropriate design and the use of alternative technologies. In: 3eme Colloque International de l'A.R.A.A.F.U. Paris: UNESCO, [199-]. p.63-73.

KOENIGSBERGER, O. et al. Viviendas y edificios en zonas c lidas y tropicales. Madri: Paraninfo, 1977.

LAFONTAINE, R. Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens. In: I.C.C. Bulletin Technique N.5. [s.l.]: Institut Canadien de Conservation, 1981.

MASCAR , L. Arquitetura bioclimática. In: Desenvolvimento em harmonia com o meio ambiente. Rio de Janeiro: Funda o Brasileira para Conserva o da Natureza, 1992. p.106-113.

OGDEN, Sherelyn (ed.). Caderno Técnico: Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Arquivo Nacional, 1997.

OLGYAY, V. Design with climate. 2a ed. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

RIVERO, R. Arquitetura e clima. Porto Alegre: D.C. Luzzatto, 1985.

RODRÍGUEZ, Alvaro M. Características esenciales de los edificios para albergar archivos. In: Memória/Seminario Internacional: Las instalaciones y edificios de archivos para la conservacion de los documentos. jul. 1993. San José, Costa Rica: RGM Createc, 1993. p. 25-62.

STANGENHAUS, Carmen. Paredes, conforto higrot mico, edifica es, pondera es e propostas para clima tropical úmido em situa o de verão. Disserta o de mestrado. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1992.

THOMAS, D. Architectural design and technical equipment for the physical protection and conservation. In: Archive buildings and the conservation of archival material. Out./nov. 1985. Viena: [s.n.], 1985.

THOMSON, Garry. The museum environment. 2a ed. Nova York: Butterworths, 1981.