

**CENTRO UNIVERSITÁRIO BELAS ARTES DE SÃO PAULO
ARQUITETURA E URBANISMO**

**REFLEXÕES SOBRE O CONFORTO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS
RESIDENCIAIS CONTEMPORÂNEOS EM SÃO PAULO**

Orientanda: Hellen Silva Souza

Orientadora: Denise Falcão Pessoa

RESUMO

O presente artigo explora literaturas sobre o conforto térmico, tais como clima, variáveis climáticas, métodos arquitetônicos que promovam equilíbrio nos diferentes climas, normativas sobre adequação climática, com o intuito de diagnosticar estratégias climáticas para implementar em construções no centro de São Paulo que proporcionem bem-estar térmico aos usuários nos ambientes internos da edificação. Os métodos apresentados para alcançar o conforto desejado visam incentivar e conservar o uso eficiente dos recursos naturais, isto é, suprimir o clima local por si só e paralelamente, minimizam o uso de sistemas condicionadores de ar.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto térmico, Estratégias Climáticas, Equilíbrio Térmico, Adequação Climática.

ABSTRACT

This article explores literatures of thermal comfort, such as climate, climatic variables, architectonic methods, that promotes equilibrium in the various climates, norms on climate suitability, in order to diagnose climatic strategies to be implanted in buildings in São Paulo's downtown, that provides thermal well-being to the users in the internal environments of the building. The methods presented to achieve the desired comfort aim to encourage and conserve the efficient use of natural resources, that is, to supply the local climate by itself and in parallel, minimize the use of air conditioning systems.

KEYWORDS: Thermal Comfort, Climate Strategies, Thermal Equilibrium, Climatic Adequacy.

1. INTRODUÇÃO

A realidade dos ambientes residenciais contemporâneos em São Paulo não garantirem o conforto térmico para os moradores é originada das soluções arquitetônicas, que deveriam priorizar em oferecer condições térmicas conciliáveis à satisfação humana, independentemente da situação climática externa. Para um ambiente apresentar-se devidamente em conforto térmico, o usuário deve se sentir agradável termicamente no

local, ou seja, o organismo humano não irá perder ou ganhar calor com o meio. (FROTAS e SCHIFFER, 2001).

Na atual conjuntura mundial de incentivo e conservação de uso eficiente dos recursos naturais para reduzir o desperdício e os impactos sobre o meio ambiente, é imprescindível que o equilíbrio térmico seja alcançado visando a arquitetura passiva, que é responsável por aplicar alternativas naturais, como estudo da forma edificada, orientação solar, proteções solares externas, técnicas de aberturas que proporcionem iluminação e ventilação natural, tudo isso para minimizar o uso da arquitetura ativa, que visa o consumo da energia para atender as demandas do usuário.

O clima e sua orientação solar muda ao passo em que muda sua localização e em vista disso, é obrigatório que sejam avaliados para cada projeto, pois é inviável a transferência de forma, materiais utilizados e orientação solar de um edifício que se situa em um local distinto do qual será projetado. Em razão disso, necessita-se conhecer a posição do lote que será projetado, para avaliar sua orientação solar, direção dos ventos, umidade etc. Além das avaliações externas gerais, o estudo do seu entorno também é importante, pois dependendo do gabarito de altura de alguma edificação próxima ou presença de árvores, poderá produzir sombras indesejáveis ou impedir a circulação do vento. Um exemplo da circunstância de usar um material que não é compatível com o clima local é a atual conjuntura estética que será abordada adiante, resultante do interesse imobiliário, em usar vidros para fechar as sacadas e aumentar a área útil residencial. O vidro usado não obtém proteção contra os raios solares, acarretando no aumento excessivo da temperatura interna e obrigando o usuário a usar ar condicionado para manter confortável o ambiente.

Além do clima e suas variáveis, é importante consultar normas que determinam métodos para otimizar o desempenho térmico de edificações em determinado local, pois elas facilitam na execução do projeto a partir de definições quanto ao tamanho de aberturas para ventilação, sombreamentos, fatores de insolação para os materiais da construção e estratégias para condicionamento térmico passivo no verão e inverno.

Diante disso, a problemática e o propósito da pesquisa é apresentar recomendações para o conforto térmico dos edifícios residenciais contemporâneos em São Paulo, isto é, exibir quais são as estratégias que deverão ser incorporadas no projeto de arquitetura que se adaptam ao clima local e conseqüentemente, permitam a adequação climática do usuário sem recorrer a equipamentos condicionadores de ar. As técnicas que serão

demonstradas são princípios da arquitetura passiva para atender as demandas do usuário, utilizando a arquitetura ativa apenas como complemento.

Por processo de revisões de literaturas, pretende-se alcançar esse propósito a partir da definição do centro de São Paulo como local para estudo e avaliação da sua normativa quanto ao desempenho térmico, bem como a análise de um programa e plataforma que incentivam o uso da arquitetura passiva.

2. NOÇÕES BÁSICAS DE CONFORTO TÉRMICO

Segundo a American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)¹, define-se conforto térmico como sendo “o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda”, resultado da neutralidade térmica, ou seja, da troca de calor em igual proporção entre o calor gerado pelo organismo através do metabolismo e o ambiente ao redor, não ocorrendo acúmulo ou perda de calor. Esse equilíbrio permite que o desempenho do indivíduo seja máximo, pois seu organismo não está trabalhando para se manter estável, mas caso não se alcance o conforto desejado, o organismo passa a trabalhar para manter a temperatura correta, resultando em fadiga e/ou problemas relacionados à saúde.

Devido às exigências que o corpo humano possui para permanecer em conforto térmico, é indispensável que o arquiteto compreenda o clima do local que irá projetar, pois é a partir dele que se avalia a quantidade de calor que o local projetado receberá em determinada direção, hora e época do ano. Segundo Frotas e Schiffer (2001, p. 15) “A Arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas”.

Para determinar o clima de um local, é preciso entender seus fenômenos atmosféricos, tal como sua latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, vegetação, formas de relevo, correntes marinhas e as massas de ar.

A relação entre latitude e a temperatura do local é devido ao formato esférico da Terra e o grau de inclinação dos raios solares (Figura 1). Na linha do equador, os raios

¹ ASHRAE: é uma organização de profissionais da área de aquecimento, refrigeração e ar-condicionado originada nos Estados Unidos que promove o bem-estar humano por meio da tecnologia sustentável para o ambiente construído;

incidem mais diretamente e, portanto, geram mais calor ao ambiente. Ao passo que se distancia da linha do equador ou aumenta a latitude, os raios não atingem diretamente por formarem ângulos de incidência, proporcionando ambientes mais frios (FROTAS e SCHIFFER, 2001).



Figura 1 - Raios solares e latitude (FONTE: produzido pelo autor)

As regiões de maior altitude são as mais frias, pois são locais distantes do foco de calor, devido ao aquecimento ser feito por irradiação e não por radiação, ou seja, os raios solares incidem diretamente e aquecem a superfície terrestre, que por sua vez, irradia calor (SANTOS, 2012).

A relação de maritimidade ou continentalidade com o clima influenciam na umidade do ar, pois as partículas de água absorvem o calor e se aquecem, impactando na amplitude térmica, isto é, no alto ou baixo nível de variação diária da temperatura do local. Em uma região úmida, durante o dia as partículas de água funcionam como uma barreira para a radiação solar e à noite, devolvem o calor retido em si para o ambiente e, portanto, amenizam a dissipação de calor do solo e permitem que a amplitude térmica seja baixa. Já em uma região seca, as variações de temperatura são extremas por não possuir a água como aliado diurno de uma barreira para a radiação e consequentemente noturna para dissipar o calor (FROTAS e SCHIFFER, 2001). Como o mar, os rios, florestas e vegetações ajudam a absorver calor e, por intermédio da evapotranspiração, aumentam a umidade do local.

Além das regiões de maior altitude serem mais frias, o relevo montanhoso também é responsável por propiciar ambientes áridos no interior das montanhas, por impedir a passagem dos ventos úmidos proveniente dos mares, tornando-se uma barreira natural (FROTAS e SCHIFFER, 2001).

As correntes marítimas também influenciam no clima e elas são classificadas em dois tipos: quentes e frias. As áreas que são banhadas pelas correntes quentes recebem alta umidade e as áreas que são banhadas pelas correntes frias, recebem pouca umidade. Em termos das massas de ar, o clima interfere diretamente por onde elas passam e são classificadas em quatro: frias, quentes, úmidas e secas (ALEXANDRE, 2008).

3. CLIMA EM SÃO PAULO

Segundo TARIFA & ARMANI (2000, 2001), citada por Takiya (2002), o município de São Paulo possui relevo elevado, que varia entre 720 a 850 metros predominantemente e está inserido próximo ao Oceano Atlântico, o que determina uma sequência de climas diferentes. Devido a isso, foi recortado para o artigo, o centro histórico de São Paulo, onde começou sua urbanização e por ser uma área de temperaturas elevadas (Figura 2 e 3).

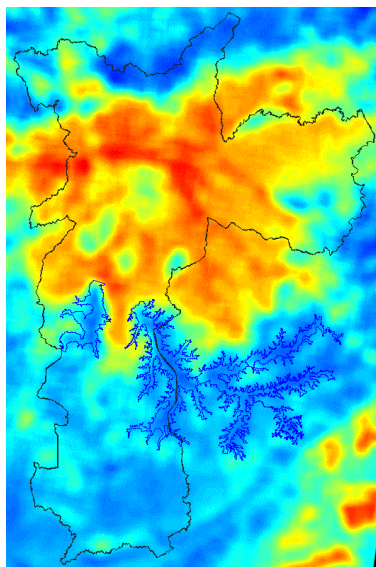


Figura 2 - Temperatura aparente da superfície de registro. (FONTE: Takiya, 2002, p. 104)

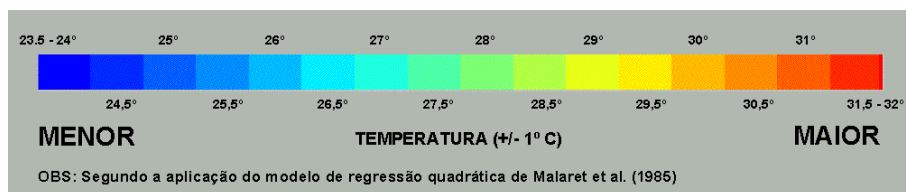


Figura 3- Legenda temperatura aparente da superfície de registro. (FONTE: Takiya, 2002, p. 102)

De acordo com Takiya (2002), o clima deste local é classificado como tropical úmido de altitude do planalto atlântico (quente e úmido) e o principal controle climático dessa região é definido pela alta densidade de edificações, pessoas, veículos e atividades.

Pelo fato de São Paulo incentivar o uso de automóveis, o maior empecilho para adequar as estratégias do edifício ao clima, tratadas nos próximos itens, é a poluição do ar.

A somatória do fluxo diário das marginais (Tietê, Pinheiros) com o da Av. dos Bandeirantes e da Av. do Estado (Vale do Tamanduateí) contribuem diariamente para a passagem de mais de 1.200.000 veículos (segundo informações do CET, 1999). Além deste volume enorme de emissões, todo o anel interno é composto de vias de trânsito com elevado volume e lentidão (velocidade) variável ao longo do dia e da noite. Resultam, desta forma, fontes múltiplas e permanentemente móveis de elevada emissão de poluentes atmosféricos. (TAKIYA, 2002, p. 110).

4. NORMAS E PROGRAMAS DE INCENTIVO

Há duas normas nacionais que tratam do desempenho térmico de edificações, ambas desenvolvidas pela ABNT: NBR 15220, publicada em 2005 e a NBR 15575, que vigora desde 2013. Além dessas normas, há o Procel Edificações (Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações) e o PROJETEEE (Projetando Edificações Energeticamente Eficientes), que por incentivarem a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais, estimulam o uso da arquitetura passiva nas construções.

4.1. NBR 15220/2005

A NBR 15220/2005 divide o território Brasileiro em oito zonas bioclimáticas e para cada zona, estipula uma série de recomendações e diretrizes técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações. Todavia, a norma não possui caráter normativo, pois exhibe instruções para obtenção do desempenho mínimo, sem, no entanto, apresentar critérios para verificação e avaliação dele.

De acordo com as zonas estabelecidas pela norma, São Paulo faz parte da zona 3 (Fig. 4) e apresenta as seguintes diretrizes construtivas que melhor se adequam ao clima:

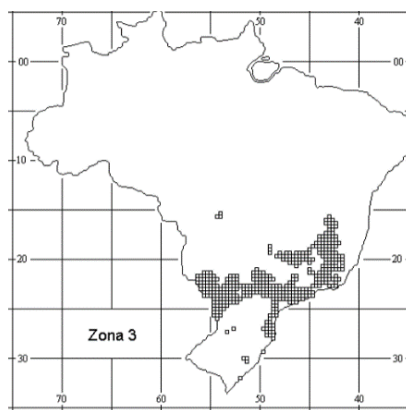


Figura 4 - Zona Bioclimática 3 (FONTE: NBR 15220, 2005)

- Aberturas para ventilação: média;
- Sombreamento das aberturas: permitir sol durante inverno;
- Tipos de vedações externas: parede leve refletora e cobertura leve isolada;
- Estratégias de condicionamento térmico passivo no verão: ventilação cruzada;
- Estratégias de condicionamento térmico passivo no inverno: aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (inércia térmica).

4.2. NBR 15575/2013

A NBR 15575/2013 é uma norma que busca atender às exigências do usuário no edifício, promovendo segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Entre os requisitos, destaca-se o desempenho térmico, desempenho estrutural, segurança contra incêndio, estanqueidade, desempenho acústico, desempenho lumínico, saúde, higiene, qualidade de ar, funcionalidade, acessibilidade, conforto visual/tático, durabilidade, manutenibilidade e adequação ambiental (Norma ABNT NBR 15.575, 2013).

A norma estabelece critérios de três itens para atingir o desempenho térmico do edifício, considerando a Zona Bioclimática 3 definida na NBR 15220-3:

4.2.1. ADEQUAÇÃO DE PAREDES EXTERNAS

A parede deve atender a Transmitância Térmica (U)² máxima estabelecida pela Tabela 1 e a Capacidade Térmica³ mínima conforme Tabela 2:

Transmitância Térmica (U) W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 8	
$U \leq 2,50$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	$U \leq 3,70$	$U \leq 2,5$
α é a absorptância à radiação solar da parede.		

Tabela 1 – Critérios de desempenho para paredes quanto à Transmitância Térmica (U).
(FONTE: NBR 15575, 2013).

² Transmitância Térmica (U): quantidade de calor que atravessa um sistema por m² a cada Kelvin de diferença de temperatura entre interno e externo. (NBR 15220, 2003);

³ Capacidade Térmica (CT): quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema (NBR 15220, 2003);

Capacidade térmica (CT) kJ/m ² .K	
Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	Zonas 8
CT ≥ 130	sem requisito
α é a absorptância à radiação solar da parede.	

Tabela 2 – Critério de desempenho para paredes quanto à Capacidade Térmica (CT).
(FONTE: NBR 15575, 2013).

O resultado é obtido a partir do cálculo Simplificado (conforme NBR 15220-2) ou de Simulação Computacional.

4.2.2. INSOLAÇÃO TÉRMICA NA COBERTURA

Considerando a Zona 3, onde está inserido São Paulo, a cobertura deve atender a Transmitância Térmica (U) máxima estabelecida pela Tabela 3:

Transmitância Térmica (U) W/m².K					
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8		Nível de desempenho
U ≤ 2,30	α ≤ 0,6	α > 0,6	α¹ ≤ 0,4	α¹ > 0,4	M
	U ≤ 2,30	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV	
U ≤ 1,5	α ≤ 0,6	α > 0,6	α¹ ≤ 0,4	α¹ > 0,4	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5FV	U ≤ 1,0FV	
U ≤ 1,0	α ≤ 0,6	α > 0,6	α¹ ≤ 0,4	α¹ > 0,4	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FV	U ≤ 0,5 FV	
1 Na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro					
Nota: O fator de correção de ventilação FV é estabelecido na ABNT 15220-3					

Tabela 3 – Critérios de avaliação e nível de desempenho para coberturas quanto à Transmitância Térmica. (FONTE: NBR 15575, 2013).

O resultado é obtido a partir do cálculo Simplificado (conforme NBR 15220-2) ou de Simulação Computacional.

4.2.3. ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

Os requisitos para aberturas destinadas à ventilação limitam-se a ambientes de longa permanência, como salas e dormitórios. Considerando a Zona 3, onde está inserido São Paulo, quando não houver exigências de ordem legal para o local de implantação da obra, estabelecer os valores mínimos para as áreas de abertura de ventilação conforme a Tabela 4.

Nível de desempenho	Abertura para ventilação (A)	
	Zonas 3 a 6	
Mínimo	A ≥ 7% da área do piso	A ≥ 12% da área do piso - região norte do brasil
		A ≥ 8 % da área do piso - região nordeste do brasil
Nota: Nas zonas de 1 a 6, as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio		

*Tabela 4 - Critérios de desempenho mínimo para áreas destinadas a ventilação.
(FONTE: NBR 15575, 2013).*

4.3. PROCEL EDIFICAÇÕES

O Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica é um programa do governo, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e executado pela Eletrobrás. Desde 1986, o programa já economizou 107 bilhões de kWh.

O Procel busca incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais nas edificações brasileiras, reduzindo o desperdício e os impactos sobre o meio ambiente [...] são capacitados laboratórios de universidades brasileiras para atuarem na área de conforto ambiental, que, juntos, formam a Rede de Eficiência Energética em Edificações (R3E). (PROCEL, 2006).

4.4. PROJETEEE

O PROJETEEE (Projetando Edificações Energeticamente Eficientes), é uma plataforma online nacional que busca dar continuidade ao trabalho desenvolvido pelo PROCEL/Eletrobrás através de soluções para um projeto de edifício eficiente que permita a redução dos gastos de energia e o conforto dos usuários no edifício.

5. ESTRATÉGIAS CLIMÁTICAS

As Estratégias Climáticas possuem o propósito de adaptar o edifício ao clima local, reduzindo o desconforto no ambiente interno visando o uso da Arquitetura Passiva e restringindo o uso da Arquitetura Ativa.

Nas variáveis dos climas, define-se a importância de quatro fatores que podem afetar diretamente o conforto térmico humano: temperatura do ar, umidade, movimento

do ar e radiação. Cada um deles interfere na troca de calor entre o ambiente e o corpo, seja favorecendo ou impedindo a dissipação do excesso de temperatura deste. (KOENIGSBERGER et al, 1977). Diante disso, foi separado algumas estratégias passivas que possibilitam o combate do edifício ao clima quente e úmido, visando incorporar os fatores que afetam o conforto térmico do usuário, tais como orientação solar, ventilação natural, as características dos materiais construtivos usados no edifício e proteção solar externa.

5.1. ORIENTAÇÃO SOLAR

Posicionar o edifício corretamente quanto a sua orientação solar é indispensável para adequar termicamente o ambiente interno, atendendo as demandas do usuário. São Paulo está posicionado a $23^{\circ}55'$ ao sul do equador e para este local, assim como para a maior parte do hemisfério sul, a orientação da fachada onde está posicionado os locais de longa permanência que mais atende as exigências do usuário é a norte, pois há insolação no inverno e sombra no verão. Esse fato é devido ao grau de incidência dos raios solares, que é baixo no inverno, atingindo mais perpendicularmente a fachada, e alto no verão, atingindo mais paralelamente a fachada, como mostra a Figura 5. No verão, um beiral na cobertura seria o suficiente para permitir sombreamento na fachada e garantir um conforto interno.

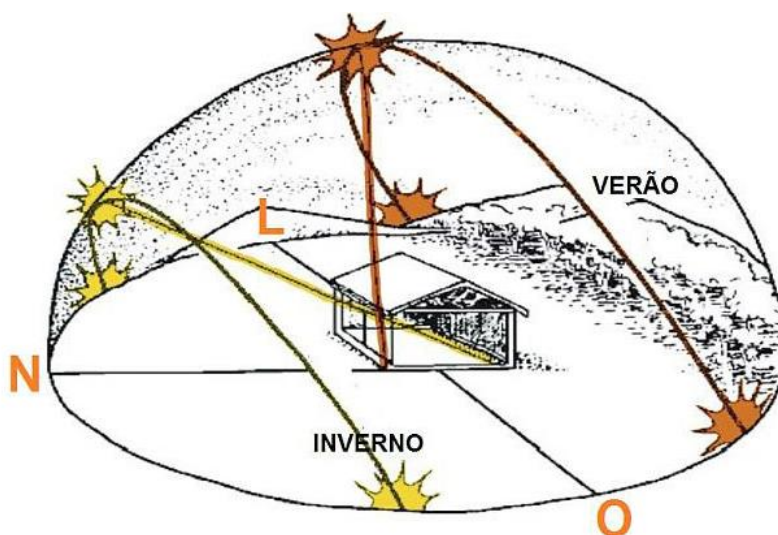


Figura 5 - raios de incidência no verão e inverno.
(FONTE: plataforma digital Portal Solar)

As orientações leste e oeste possuem características semelhantes quanto a insolação, entretanto, as fachadas voltadas para o leste recebam o sol pela manhã,

enquanto para oeste, à tarde. Orientação ao sul não possui resultado que atende as demandas do usuário em ambientes de longa permanência, em virtude de não possuir raios que incidem direto na fachada.

5.2. VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação é uma estratégia importante para o clima estudado, pois permite a dissipação e extração do calor interno dos edifícios, garantindo o conforto térmico a partir da renovação do ar interior por convecção, ou seja, pela troca de ar quente do ambiente interno por ar fresco externo. A ventilação também facilita as trocas térmicas do corpo humano por convecção e evaporação. (SILVA, 2006; KOENIGSBERGER et al, 1977).

Há três tipos de ventilação natural: ventilação cruzada, ventilação induzida e efeito chaminé, que serão descritos a seguir.

5.2.1. VENTILAÇÃO CRUZADA

Indicada às construções em zonas climáticas com temperaturas mais elevadas, a ventilação natural cruzada é aquela cujas aberturas estão dispostas em paredes opostas e segundo a direção dos ventos predominantes, permitindo a ventilação transversal. Esse método é responsável pela renovação do ar interno e por diminuir consideravelmente a temperatura interna, mas em situações em que a abertura só é possível em uma extremidade, recomenda-se colocar as aberturas uma em cima da outra, provocando o efeito chaminé. (SILVA, 2006).

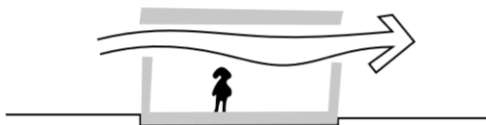


Figura 6 - Ventilação cruzada. (FONTE: Lengen, 2004, adaptado por Silva, 2006).

5.2.2. VENTILAÇÃO INDUZIDA

Já a ventilação natural induzida diz respeito a convecção do ar por diferença de temperatura. O ar quente é mais leve que o ar frio, portanto ele sobe, enquanto o ar frio desce. Devido a isso, as aberturas dessa estratégia são posicionadas próximas ao solo, para o ar entrar no espaço e empurrar a massa de ar quente para cima, onde são posicionadas saídas de ar. (SILVA, 2006).

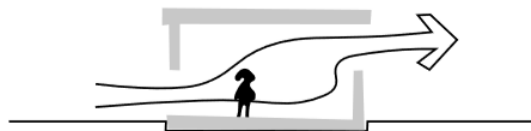


Figura 7 - Ventilação induzida (FONTE: Lengen, 2004, adaptado por Silva, 2006).

5.2.3. EFEITO CHAMINÉ

A ventilação gerada do efeito chaminé resulta da pressão que o ar frio exerce sob o ar quente, forçando-o a subir, assim como na ventilação induzida. Porém, neste caso, áreas abertas pelo centro do projeto ou torres permitem que o vento circule pelo ambiente, saindo por abertura zenital⁴. (SILVA, 2006).

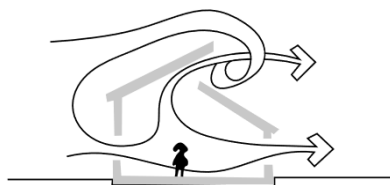


Figura 8 - Ventilação cruzada (FONTE: Lengen, 2004, adaptado por Silva, 2006).

5.3. CARACTERISTICA DOS MATERIAIS DA CONSTRUÇÃO

De acordo com Frota e Schiffer (2001), as construções e cobertura do clima quente e úmido devem ter uma inércia⁵ média, facilitando, no verão, a retirada do calor armazenado durante o dia para permitir que a temperatura externa noturna ingresse no ambiente, pois estará mais agradável que internamente. Também deve-se prever elementos isolantes nos vedos⁶ como auxiliador no verão e no inverno, para evitar que excesso de calor da radiação solar o atravesse e para reter o calor diário absorvido, respectivamente.

Além disso, as cores externas da fachada e da cobertura também desempenham um papel importante na absorção de calor, de acordo com o clima. No clima estudado, pintura externa de cor clara possui melhor resultado por refletir mais a radiação solar e absorver menos calor do que a cor escura. (FROTAS e SCHIFFER, 2001).

⁴ Abertura Zenital: abertura pela cobertura;

⁵ Inércia: capacidade do material utilizado em provocar ou não amortecimento e atraso térmico. Quanto maior a inércia, mais isolante o material é e menor o valor da Transmitância Térmica, que varia de 0 a 7;

⁶ Vedo: elemento que caracteriza a vedação vertical;

5.4. PROTEÇÃO EXTERNA SOLAR

As proteções externas são dispositivos importantes para o projeto do ambiente térmico, desde que evitem os ganhos solares nos períodos mais quentes sem bloqueá-los no inverno. Segundo o Projeteeee, há alguns elementos que servem como proteção externa e garantem, quando bem projetado, o conforto nos ambientes internos são: vegetação, brise, cobogó e a varanda, esta última confirmada por Brandão (2012).

5.4.1. VEGETAÇÃO

Segundo Lengen (2004), a vegetação é eficaz para permitir o sombreamento da edificação, no entanto, dependendo da sua altura e da distância em relação à fachada, poderá prejudicar o vento que ingressa no edifício e consequentemente, o conforto. É possível observar esses fatos nas Figuras 9, 10 e 11.



Figura 9 - Ventilação natural com presença de vegetação. Na presença de **vegetação alta** a brisa desce e **refresca** (à esquerda) e na presença de **vegetação baixa** a brisa sobe e **não refresca** (à direita)

(FONTE: Lengen, 2004, adaptado por Silva, 2006).

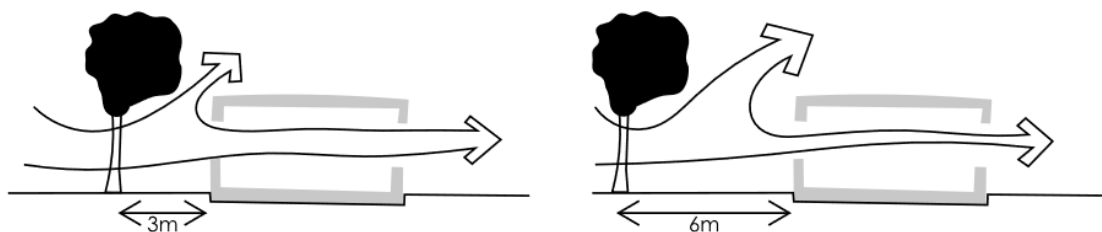


Figura 10 - Ventilação natural com presença de vegetação. Na presença de **vegetação alta** com distância de **3m** da fachada, a brisa entra com **muita intensidade** (à esquerda) e na presença de **vegetação alta** com distância de **6m**, a brisa entra com **pouca intensidade** (à direita)

(FONTE: Lengen, 2004, adaptado por Silva, 2006).

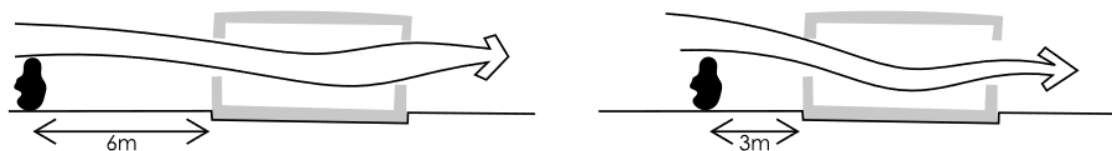


Figura 11- Ventilação natural com presença de vegetação. Na presença de **vegetação baixa** com distância de **6m** da fachada, a brisa entra com **muita intensidade** (à esquerda) e na presença de **vegetação baixa** com distância de **3m**, a brisa entra com **pouca intensidade** (à direita)

(FONTE: Lengen, 2004, adaptado por Silva, 2006).

5.4.2. BRISE

O brise é um elemento horizontal, vertical ou misto instalado na fachada do edifício, que impede a incidência dos raios solares, sem barrar a ventilação, como mostra a Figura 12. A definição da sua direção e tamanho depende do ângulo de incidência dos raios solares, obtido a partir da orientação em que a fachada se encontra e do traçado de máscara, que não será abordado neste artigo.

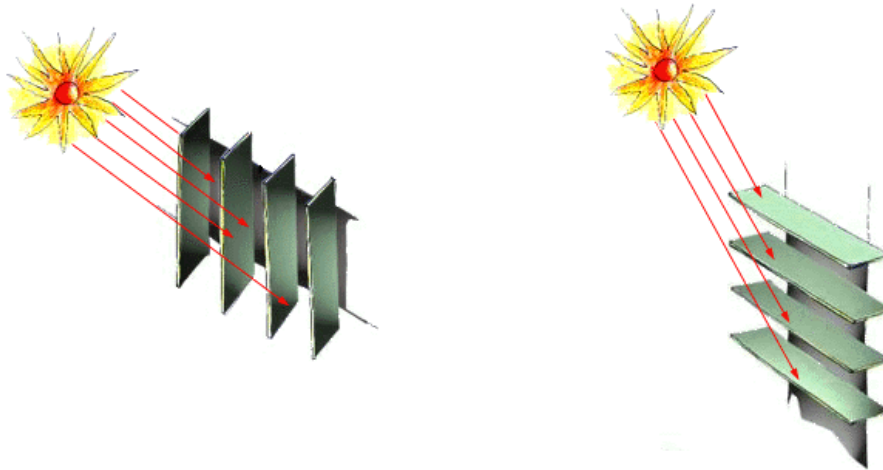


Figura 12 - Brise vertical, à esquerda e horizontal, à direita

5.4.3. COBOGÓ

Segundo Bittencourt (1988), citado por Projeetee, o cobogó (Figura 13) é um elemento vazado que proporciona sombreamento, ventilação e iluminação, garantindo segurança e privacidade dos ambientes.

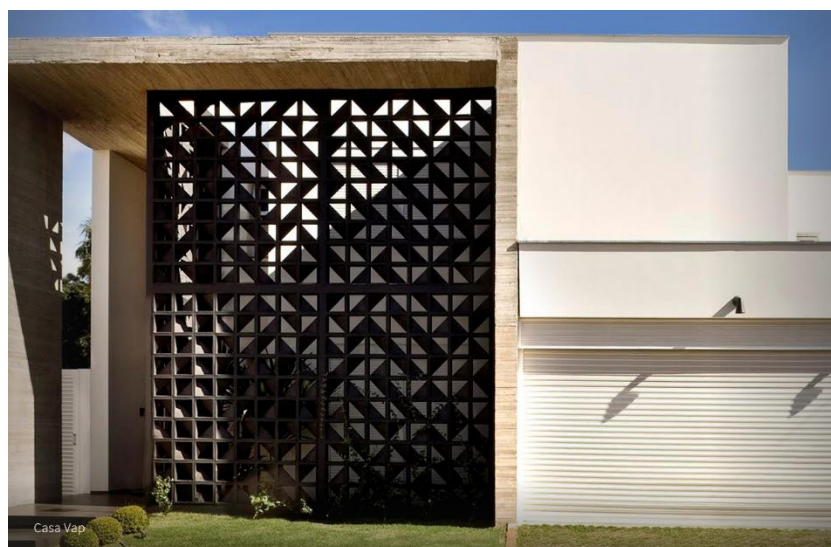


Figura 13 - Cobogó (FONTE: Casa Vap, Arquiteto Ney Lima)

5.4.4. VARANDA

Segundo Brandão (2012), a varanda é um elemento arquitetônico de influência moura e asiática presente no Brasil desde o período da colonização. Ela foi implementada pelos portugueses como um método de adequação ao clima tropical quente e úmido, por possuir um grande beiral e permitir sombreamento às elevadas temperaturas e índices pluviométricos, a partir do bloqueio da radiação direta da luz do sol que causa desconforto lumínico e aumento considerável da carga térmica. A varanda também pode ser usada como uma abertura que permite ventilação cruzada, como mostra na Figura 14.



Figura 14 - Ventilação cruzada - varanda. (FONTE: Lengen, 2004, citado por Silva, 2006).

Porém, com a propagação da tecnologia artificial de iluminação e condicionamento interno do ar na segunda metade do século XX, houve uma segregação da arquitetura com as questões climáticas do local em que está inserida, possibilitando que siga padrões alheios a seu meio, sem prejudicar o conforto do usuário. Devido a essa realidade, os panos de vidro se propagam nas varandas dos edifícios residenciais, paralelamente ao fechamento delas, com o intuito de integrar os ambientes e aumentar a área útil do apartamento. (BRANDÃO, 2012).

É evidente que o vínculo da arquitetura com o clima local foi perdido na atual conjuntura estética de fechar a varanda com o uso de vidro para integrar os ambientes, devido ao material não obter proteção contra a radiação solar direta⁷, resultando no aumento da temperatura desses ambientes e obrigando o manejo de ar condicionado para o conforto do usuário. Além disso, muitas incorporadoras passaram a usar a área máxima permitida pela legislação da varanda com o intuito do morador incorporá-la com a sala ou apenas criar mais um cômodo interno, porém, a varanda não é computável no

⁷ Atualmente já existem vidros tecnológicos que diminuem o fator solar, minimizando o efeito estufa e melhorando o desempenho térmico do ambiente. Porém, seu custo é elevado, o que dificulta a implementação nos projetos.

Coeficiente de Aproveitamento⁸, segundo a Lei de Uso e Ocupação dos Solos de 2005 e o Código de Obras e Edificações de 1992, como mostra a Figura 15.

Área Não Computável

É a soma das áreas construídas de um edifício que não são consideradas no cálculo do Coeficiente de Aproveitamento, atendendo aos parâmetros estabelecidos pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (Lei 13.885/05) e pelo Código de Obras e Edificações (Lei 11.228/92).

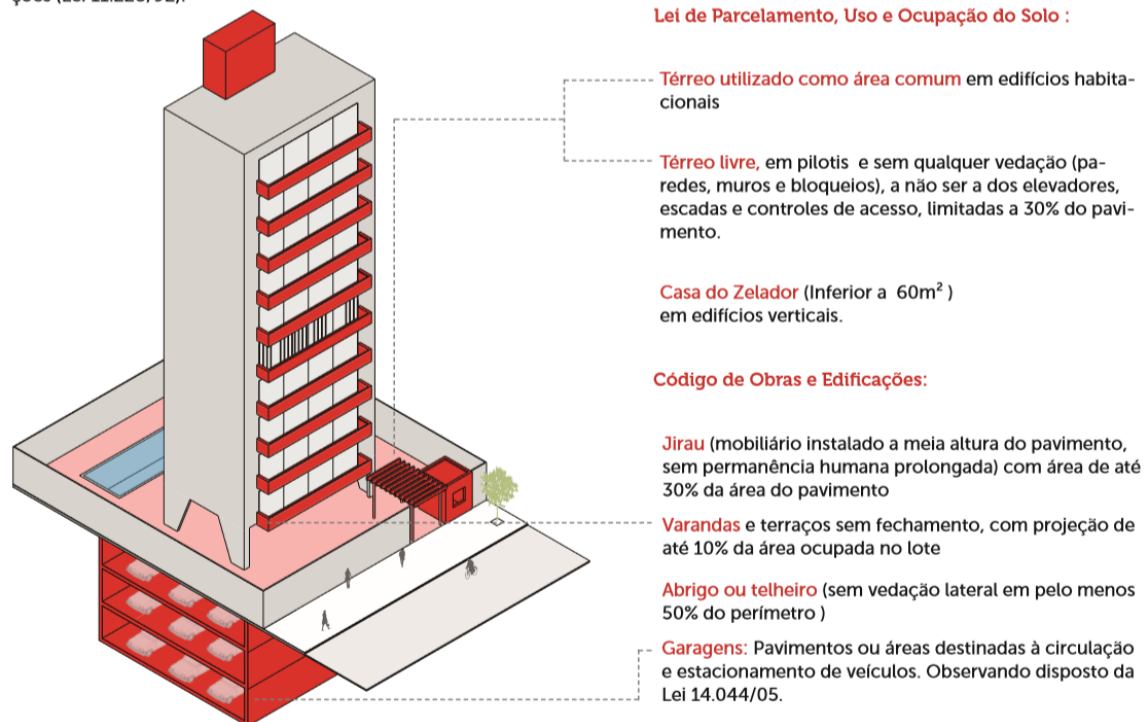


Figura 15 - Área não computável.
(FONTE: Revisão LPUOS 13.885/04 SMDU/ DEUSO/ 11.08.201)

Apesar da lei deixar evidente que a varanda não seja computável apenas em situações que não ocorra seu fechamento, não há apurações quanto ao descumprimento dela, permitindo que essa lacuna seja manipulada. Na Figura 16 e 17 é possível ver a diferença em relação a varanda, respectivamente de 1970 e 2018, ambas com aproximadamente 100m².

⁸ Coeficiente de Aproveitamento: é um número classificado pelo plano diretor local que, multiplicado pela área do lote, indica a quantidade máxima de metros quadrados que podem ser construídos no lote, somando-se as áreas de todos os pavimentos.

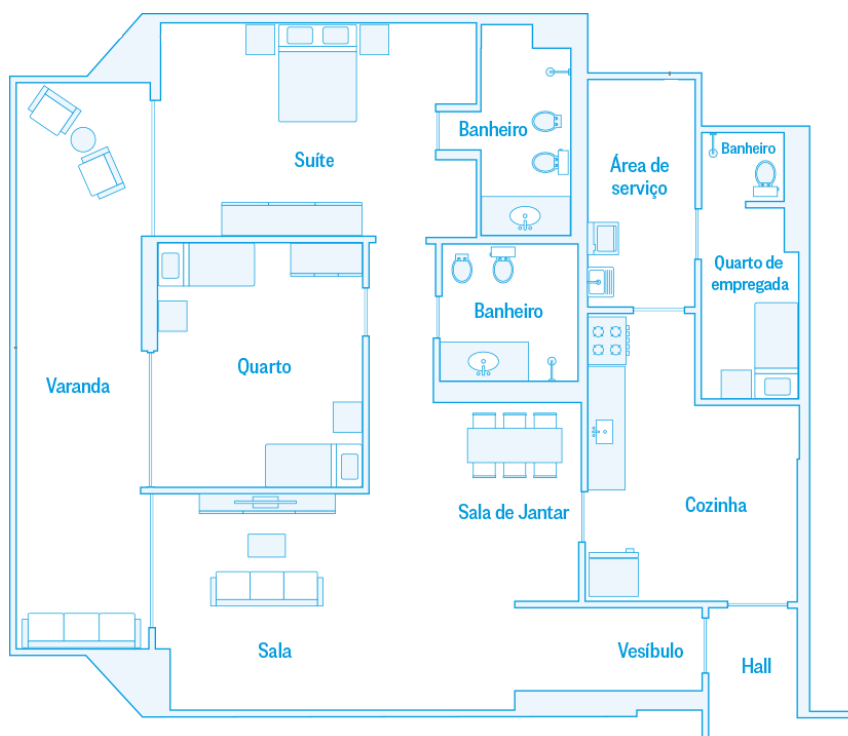


Figura 16 - Apartamento 100m² 1970 (FONTE: Plataforma digital Infográfico o globo)



Figura 17 - Apartamento 100m² 2018 (FONTE: plataforma digital construtora Even)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O clima da área central de São Paulo é classificado como tropical úmido de altitude do planalto atlântico, isto é, suas principais características são os fatores quente e úmido. Assim sendo, as estratégias arquitetônicas climáticas das edificações neste local devem possibilitar um conforto térmico nos extremos climáticos: inverno e verão. Além disso, e não menos importante, elas devem ser projetadas racionalmente de tal forma que proporcione a utilização dos recursos naturais na edificação, minimizando o uso da energia elétrica para suprir as necessidades do morador.

Em virtude das análises feitas, as técnicas em conjunto com as normas de desempenho NBR 15220/2005 e NBR 15575/2013 que atendam às necessidades dos usuários no local delimitado são quanto a orientação solar, ventilação natural, característica dos materiais da construção e proteção externa solar.

A orientação solar dos ambientes de longa permanência que melhor atende as exigências do usuário é a norte, pois permite insolação no inverno e sombra no verão. Caso esta orientação não seja viável, leste e oeste também são agradáveis, pois, orientação à leste recebe sol pela manhã e a orientação à oeste, recebe pela tarde, porém, esta última tende a ser mais quente por receber incidência de raios solares no período do dia em que o calor proveniente da noite anterior já foi dissipado. A fachada orientada ao sul deve conter apenas ambientes que não sejam de longa permanência, por não receber sol nos períodos do ano.

Segundo a NBR 15220/2005 e o diagnóstico feito ao longo do artigo, o projeto de arquitetura deve prever aberturas médias e em locais estratégicos que promovam, pelo menos, a ventilação cruzada para permitir o conforto no verão. Do mesmo modo, deve-se possibilitar o fechamento dessas aberturas no inverno, para não prejudicar a temperatura interna.

No verão, a temperatura costuma ser alta durante o dia e agradável à noite e, portanto, as construções devem ter uma inércia de alta a média para facilitar a retirada do calor interno armazenado durante o dia. É importante que os vedos possuam elementos isolantes para impedir que a radiação solar recebida gere calor interno em excesso no verão e permitir que absorva parte do calor diário no inverno. De acordo com a NBR 15575/2013, as paredes externas devem ter uma inércia média, já a cobertura deve ter uma inércia de média a isolante.

Por último, as proteções externas são relevantes para permitir sombreamento e privilegiar o desempenho térmico, mas não devem bloquear os raios solares no inverno. Há quatro formas de proteger o edifício externamente: vegetação, brise, cobogó e varanda. Para permitir sombreamento sem barrar a ventilação, a vegetação deve ser mais alta que a abertura, além de estar situada próxima ou a 3 metros da fachada, mas caso opte pela vegetação baixa, distancia-la a 6 metros da fachada proporciona uma intensidade boa de ventilação. O brise que mais se adequa ao clima do local estudado é o misto, pois enquanto a proteção horizontal protege os horários em que o sol está mais alto, a vertical protege os horários mais baixos. Já o cobogó proporciona uma ótima adequação ao clima por ser misto e vazado, favorecendo a circulação do ar e luz através dele. Além dessas opções de proteção, a varanda é uma ótima estratégia, por possuir um grande beiral e permitir sombreamento às elevadas temperaturas e chuva do local estudado.

Essas estratégias demonstradas atendem as demandas do clima local e asseguram a adequação climática no interior das edificações, mas é necessário que o projetista analise o entorno do edifício que será edificado, pois dependendo da localização, os edifícios ou massas de vegetação do entorno pode prejudicar ou facilitar o sombreamento e a circulação do vento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, J. A. A. **As correntes marinhas**. 2008. Tese (Geografia) - Universidade de Coimbra.

A.S.H.R.A.E. - **American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers**. Disponível em: <<https://www.ashrae.org/>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRANDÃO, H. C. L. **A real relação da varanda com o conforto ambiental na história da arquitetura doméstica brasileira**. PROARQ/FAU/UFRJ. Rio de Janeiro, 2012.

EVEN construtora. Disponível em: <<https://www.even.com.br/sp/sao-paulo/pinheiros/residencial/benedito>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Nobel S.A., 2001.

Infográfico O globo. Disponível em:

<<http://infograficos.oglobo.globo.com/economia/exemplos-de-plantas-de-apartamentos-de-dois-quartos-ao-longo-das-decadas.html>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

KOENIGSBERGER, O. H. et al. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales.**
Madrid: Paraninfo, 1977.

LENGEN, J. V. **Manual do arquiteto descalço**. São Paulo: Empório do Livro, 2009. 718 p., il., 23 cm. ISBN 978-85-86848-08-7.

Portal solar. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direcao-do-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

Plano diretor do município de São Paulo. Disponível em:

<<http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/arquivos>>.

Acesso em: 17 jan. 2018.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em:
<www.procelinfo.com.br>. Acesso em: 15 jan. 2018.

PROJETEEE – Programa de Eficiência Energética de Edificações. Disponível em: <projeteee.mma.gov.br/>. Acesso em: 15 jan. 2018.

SANTOS, K. **Professor de geografia explica porque áreas altas são mais frias**. 2012. G1 O portal de notícias da Globo. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/pe/pe-noticias/educacao/noticia/2012/11/professor-de-geografia-explica-por-que-areas-altas-sao-mais-frias.html>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

Silva, G. **Arquitetura sustentável em Timor Leste**. 2006. 166. Dissertação de Mestrado – Técnico Lisboa.

TAKIYA, H. **Atlas ambiental do município de São Paulo**: Fase I: diagnóstico e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo. FAPESP, 1999/10955-9, 2002, São Paulo.