

# Diretrizes de projeto para eficiência energética em edificações

---

**Roberto Lambets**

**Coordenador do Comitê Técnico Energia do CBCCS**

O projeto arquitetônico deverá ser desenvolvido contemplando estratégias e soluções para o uso racional da energia elétrica sem prejudicar o conforto térmico, lumínico e acústico.

Como requisito básico, o anteprojeto deverá possibilitar o atendimento das prescrições das Normas Brasileiras, recomendando-se observar as diretrizes estabelecidas pela NBR15220 - Desempenho térmico de edificações, parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Considerando a Zona Bioclimática estabelecida e suas recomendações quanto a: diretrizes construtivas; aberturas para ventilação e sombreamento; tipos de vedações externas; e estratégias de condicionamento térmico passivo para verão e inverno.

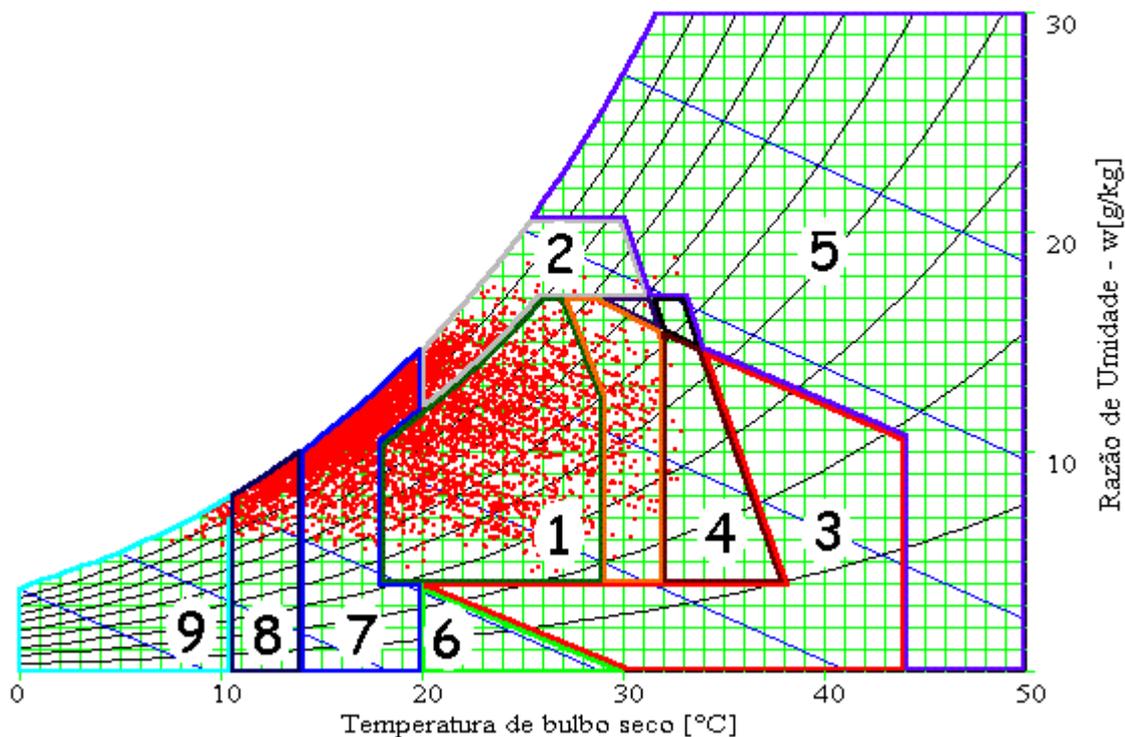
Para um melhor estudo da adequação climática do projeto arquitetônico recomenda-se consultar também:

- Goulart, S.; Lamberts, R.; Firmino, S. **Dados Climáticos para projetos e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. Disponível em <[http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/dados\\_climaticos.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/dados_climaticos.pdf)>
- Lamberts, R.; Dutra, L.;Pereira, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. UFSC/Procel/. Eletrobrás, 1998. Disponível em <[http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf)>

## Arquitetura bioclimática

A arquitetura bioclimática defende diretrizes de projeto que orientam a concepção do edifício considerando as condições climáticas locais voltadas para o conforto ambiental e a eficiência energética nas edificações. Essas diretrizes abrangem questões relacionadas a orientação da edificação(ventos e incidência solar), sombreamento das aberturas e técnicas construtivas. A seleção das estratégias bioclimáticas para um determinado clima é feita através da Carta Bioclimática que representa as condições de temperatura e umidade em todas as horas do ano relacionadas as estratégias arquitetônicas para amenizar as condições de desconforto. Pode ser utilizado o software AnalysisBIO, que auxilia no processo de adequação de edificações ao clima local. Ele utiliza tanto arquivos climáticos anuais e horários como arquivos resumidos na forma de normais climatológicas. Mais informações podem ser obtidas em <<http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisBIO.html>>, onde o software pode ser baixado gratuitamente.

Para o clima da cidade de São Paulo foi gerada a carta bioclimática utilizando-se o programa AnalysisBIO para plotar os dados de temperatura e umidade das 8760 horas do ano de um arquivo climático do tipo TRY, obtendo-se as estratégias mais adequadas para cada período do ano, como mostra a figura 1.



1- Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 - Massa Térmica para resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial

**FIGURA 1 - Carta Bioclimática com TRY de São Paulo.**

Entre as zonas de Ventilação (2), de Resfriamento Evaporativo (3) e Massa Térmica para Resfriamento (4) acontecem algumas intersecções, ou seja, nestes pontos pode-se adotar estas estratégias simultaneamente ou aplicar somente uma delas.

Na tabela abaixo são apresentados os percentuais das horas do ano em que ocorre conforto ou desconforto térmico e os percentuais em que cada estratégia é apropriada. A tabela foi organizada de forma a considerar as intersecções da carta bioclimática.

CONFORTO			27,1%
DESCONFORTO		Ventilação	13,2%
		Resfriamento evaporativo	2,5%
	Calor	Massa térmica para resfriamento	2,5%
		Massa térmica para aquecimento/Aquecimento solar	48,1%

	Frio	Aquecimento solar	10,4%
--	------	-------------------	-------

A representação gráfica dos estudos bioclimáticos junto ao projeto de arquitetura é um fator muito importante para demonstrar o funcionamento das estratégias, para isso são feitas algumas recomendações:

- É importante que as estratégias adotadas sejam apresentadas por esquemas específicos com seu funcionamento detalhado;
- Legendas textuais, escalas de cores, setas e ícones ajudam na compreensão das estratégias;
- Nos esquemas e detalhes a integração com a arquitetura deve ser ressaltada;
- Desenhos, setas e cores demonstram a idéia, porém sozinhos não comprovam o funcionamento da estratégia. Gráficos e tabelas resultantes do estudo do comportamento do ambiente e funcionamento da estratégia devem acompanhar os esquemas;
- A adoção de estratégias alternativas devem ter seu funcionamento comprovado.

## Cartas Solares

No projeto arquitetônico, a disposição e sombreamento das aberturas é de grande importância para o equilíbrio dos ganhos térmicos solares e para admissão de luz natural nos ambientes. As cartas solares são as principais ferramentas para projetos e análises de projeções solares, para o dimensionamento de elementos de proteção solar e disposição das aberturas.

Um exemplo de ferramenta que auxilia nos estudos solares é o SOL-AR, um programa gráfico que permite a obtenção da cartas solares para latitudes especificadas, auxiliando no projeto de proteções solares através da visualização gráfica dos ângulos de projeção desejados sobre transferidor de ângulos, que pode ser plotado para qualquer ângulo de orientação. O programa também permite a visualização de intervalos de temperatura anuais correspondentes às trajetórias solares ao longo do ano e do dia para as cidades com dados horários disponíveis na base de dados. Para estas cidades, o programa também oferece a possibilidade de obtenção da rosa dos ventos para frequência de ocorrência dos ventos e velocidade média para cada estação do ano em oito orientações (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO). Mais informações sobre o programa Analysis SOL-AR podem ser obtidas em <<http://www.labee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>>, onde o software também pode ser baixado gratuitamente.

A figura 2 mostra uma carta solar gerada utilizando o programa Analysis SOL-AR para a latitude de São Paulo. Além disso, adicionando os ângulos de sombreamento no programa, podem ser feitos estudos de mascaras de sombra de elementos de proteção solar projetados.

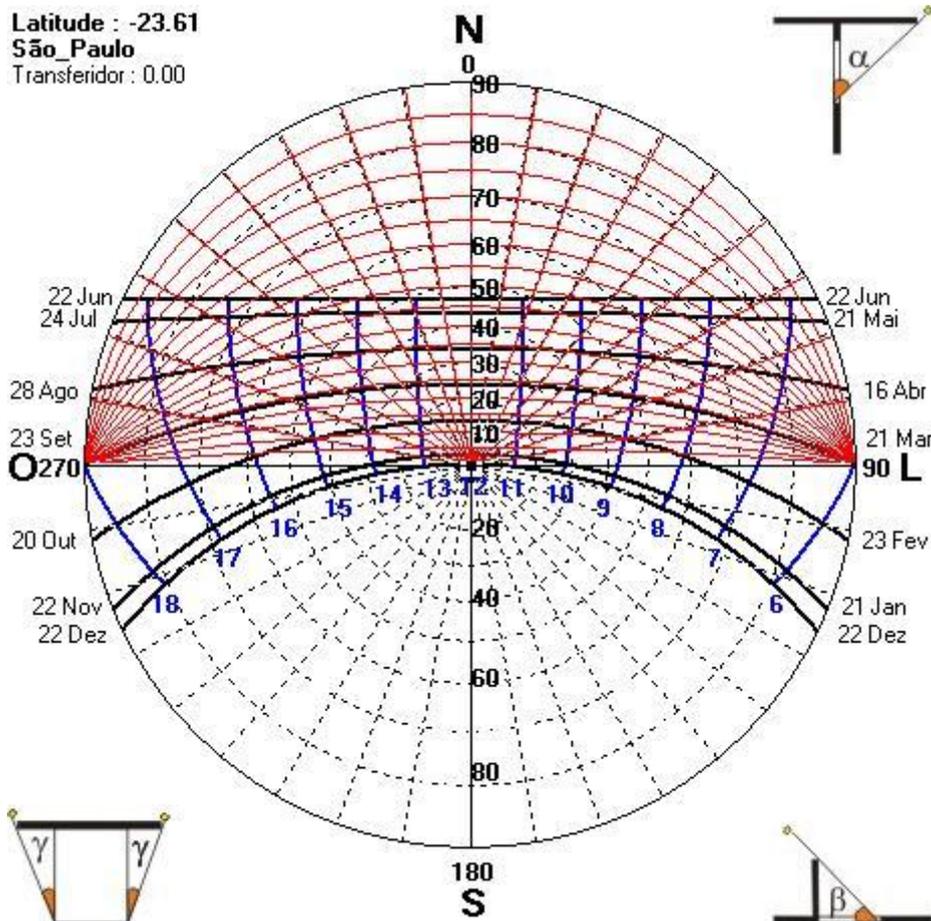


FIGURA 2 - Carta Solar de São Paulo.

### Simulação térmico-energética

Ferramentas de análises climáticas podem ajudar bastante nas decisões de projeto, entretanto para o dimensionamento ideal das estratégias bioclimáticas adotadas devem ser calculados índices de desempenho térmico com uma avaliação mais objetiva. Existem diversas formas de avaliar o desempenho térmico de uma edificação, uma maneira simples é simulando as temperaturas internas de cada ambiente hora a hora e calculando o percentual de horas do ano em que a temperatura interna está acima ou abaixo de determinadas temperaturas (ex.: <math><18^{\circ}\text{C}</math> para frio e <math>>26^{\circ}\text{C}</math> para calor). Desta forma são determinados o percentual de desconforto por frio e calor, que podem ser utilizados como parâmetros de comparação de desempenho entre diferentes estratégias ou ambientes.

Um dos programas mais reconhecidos para simulações computacionais de desempenho térmico de edificações é o EnergyPlus, um programa de simulação que integra todos os sistemas ativos e passivos de edificações em uma única simulação computacional. O programa calcula os ganhos térmicos internos e externos, trocas de calor e sistemas de HVAC, iluminação e ventilação natural. Através do EnergyPlus podem-se desenvolver estudos para melhoria da eficiência energética de edificações existentes ou em fase de projeto. O programa pode ser obtido gratuitamente em <a href="http://www.energyplus.gov">http://www.energyplus.gov</a> e informações sobre simulação de desempenho térmico de edificações

habitação no Brasil através do EnergyPlus podem ser obtidas consultando as seguintes dissertações de mestrado:

- Matos, M. **Simulação Computacional do Desempenho Térmico de Residências em Florianópolis Utilizando a Ventilação Natural**. Dissertação de Mestrado. PPGE/USFC. 2007. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/publicacoes/dissertacoes.php>>
- Sorgato, M.J. **Desempenho térmico de edificações residenciais ventiladas naturalmente**. Dissertação de Mestrado. PPGE/UFSC. 2009. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/publicacoes/dissertacoes.php>>
- Versage, R.S. **Ventilação natural e desempenho térmico de edifícios verticais multifamiliares em Campo Grande, MS**. Dissertação de Mestrado. PósArq/UFSC. 2009. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/publicacoes/dissertacoes.php>>

### Aquecimento solar de água

Também deverá ser considerado o uso da energia solar térmica para o aquecimento de água para consumo. O sistema de aquecimento solar de água é a aplicação da energia solar mais usada no Brasil e no Mundo, e quase sempre este uso é para aquecer a água para banho. Basicamente o sistema é composto por coletores solares, que captam a energia solar para aquecer a água, e reservatórios térmicos, que armazenam a água aquecida para o consumo. No ante-projeto arquitetônico deverá haver a integração do sistema de aquecimento solar de água para consumo pré-dimensionado e projetado respeitando as diretrizes básicas estabelecidas pela norma NBR15569:2008 - Instalação de sistemas de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação. A quantidade, dimensões e localização dos principais elementos do sistema de aquecimento solar deverão ser especificados em esquemas e diagramas afim de apresentar a integração do sistema a arquitetura e o funcionamento do sistema.