

ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA DE SÃO PAULO DE 1998 A 2006

Luiz Antonio Perrone Ferreira de Brito ; Sérgio Cabral*

¹ Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Centro Universitário UNIMÓDULO, Rua Frei Pacífico Wagner, sn, Caraguatatuba, SP - Brasil

**E-mail: labrito@bighost.com.br*

RESUMO

O litoral norte do estado de São Paulo é uma região com cerca de 300 mil habitantes, tendo como principal atividade econômica o turismo. O porto de São Sebastião aumentou sua capacidade de embarque nos últimos dez anos e em Caraguatatuba será implantada uma base de exploração de gás natural em 2007. Em função de todas estas mudanças e o incremento da atividade turística houve um crescimento acentuado do meio urbano. Além disso, esta região apresenta valores elevados da temperatura do ar, acima dos 25°C na maior parte do ano, assim como da umidade relativa do ar, acima dos 80% devido à proximidade da mata atlântica ainda existente na serra do mar. O sistema construtivo utilizado na região é baseado na alvenaria de tijolos de barro e estrutura de concreto armado, inadequados ao clima. O objetivo deste trabalho é fazer um levantamento dos dados de temperatura do ar e de umidade relativa entre os anos de 1998 e 2006, e através das cartas bioclimáticas de Givone, determinar as estratégias construtivas para a região de maneira que o conforto térmico e a eficiência energética das edificações sejam preservados. Pretende-se editar uma cartilha contendo os principais resultados deste estudo e a mesma poderá servir de orientação aos profissionais da região ligados a engenharia e arquitetura.

Palavras-chave: Arquitetura bioclimática. conforto térmico.

1 Introdução

O Litoral Norte do Estado de São Paulo é composto por quatro cidades: Caraguatatuba, Ilha Bela, São Sebastião e Ubatuba. A principal atividade econômica desta região tradicionalmente é o turismo. Nos últimos dez anos o Porto de São Sebastião tem se colocado como alternativa ao Porto de Santos sendo que sua capacidade de escoamento de carga tem sido continuamente ampliada. Estão em andamento estudos ambientais e o projeto preliminar para que a SP 99, principal acesso à região, seja duplicada, facilitando o acesso de cargas ao porto e turistas às praias. Ao mesmo tempo as atividades ligadas ao petróleo vêm aumentando. Em São Sebastião está instalado um terminal de armazenamento e bombeamento de petróleo. No ano de 2007 se iniciou a implantação de uma base de exploração de gás natural na cidade de Caraguatatuba, que abastecerá as refinarias REVAP, em São José dos Campos e REPLAN em Paulínia. Assim a indústria do petróleo, aliada às atividades portuárias, têm promovido uma súbita mudança da região com a chegada de centenas de novos trabalhadores. A atividade turística, que impulsiona a construção civil, tem acelerado o crescimento e o adensamento do meio urbano, que muitas vezes ocupa irregularmente áreas de preservação ambiental ou gera a especulação imobiliária com uma tendência de verticalização das edificações em especial nas orlas marítimas, prejudicando a ventilação natural.

O clima desta região apresenta temperatura acima dos 25°C, na maior parte do ano, assim como a umidade relativa do ar acima dos 80% devido a proximidade da exuberante Mata Atlântica ainda existente na Serra do Mar. O sistema estrutural e construtivo utilizado na região é o baseado na alvenaria de tijolos de barro e estrutura de concreto armado, inadequada ao clima devido a sua elevada capacidade térmica. Em geral as casas são próximas e mal ventiladas, pois a especulação imobiliária reduziu as dimensões dos lotes.

O objetivo deste trabalho é fazer um levantamento dos dados climáticos entre os anos de 1998 e 2006, e através das cartas bioclimáticas de Givone, determinar as estratégias construtivas para a região de maneira que o conforto térmico e eficiência energética das edificações sejam preservadas. O resultado deste estudo será editado em forma de cartilha para que sirva de orientação aos profissionais ligados a engenharia e arquitetura.

As mudanças climáticas que vêm ocorrendo nos últimos anos dificultarão a obtenção de energia elétrica, o que leva a necessidade de edificações mais eficientes, onde a utilização do condicionamento de ar será restrita pelo custo da energia. Portanto o conforto térmico terá que ser obtido por meios naturais e através da adoção da correta estratégia construtiva. Assim, alguns pesquisadores já fizeram este levantamento em suas respectivas regiões.

Neves e Caran [1] analisaram as condições bioclimáticas de uma vila de pescadores em Ubatuba através da análise de dados climatológicos apensa do ano de 2001 pela metodologia proposta pela NBR 15220-3 (2004) *Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social* [2] (esta norma estava em fase de análise na época). Concluíram que as mesmas não estavam adequadas ao clima devido a elevada insolação, falta de ventilação e materiais de elevada capacidade térmica.

Lima, Oliveira e Araújo [3] mostraram a importância da determinação dos limites da umidade relativa do ar e a velocidade da ventilação em climas quentes e úmidos, bem como a consideração do tipo de uso da edificação. Por fim, foram identificadas situações onde estes dados poderiam ser utilizados como critério de avaliação do conforto térmico de edificações naturalmente ventiladas em Natal-RN.

Pereira e Assis [4] estudaram a classificação bioclimática de Belo Horizonte proposta pelo projeto de norma NBR 15220-3 [2] baseando-se em dados climáticos fornecidos pelo 5º Distrito de Meteorologia, Estação Padrão de Belo Horizonte - MG. Foi montado um arquivo digital do Ano Climático de Referência (TRY) da cidade. A partir desta avaliação destes dados, foi realizada uma classificação bioclimática da cidade de Belo Horizonte, diversa da proposta pelo Projeto de Norma de Desempenho Térmico. Como resultado, este artigo propõe novos critérios para o projeto de edificações de interesse social em Belo Horizonte.

2 Parte Experimental

As estratégias bioclimáticas para o controle das condições de conforto térmico no ambiente interno foram definidas por Givone [5] a partir de pesquisas realizadas em Israel, EUA e Europa considerando as expectativas de temperatura interna em edificações sem ar-condicionado. Entre as estratégias construtivas há a zona de conforto térmico com diferenciação para países desenvolvidos e em desenvolvimentos para clima quente e ações como: ventilação diurna, massa térmica com e sem ventilação noturna e resfriamento evaporativo direto e indireto, este último através de aberturas na cobertura. Considerando os fatores de aclimação e vivência em ambientes sem condicionamento artificial, Givone [6] sugere que para países em desenvolvimento de clima quente os limites da zona de conforto podem ser estendidos em 2°C na temperatura de bulbo seco e em 2g/kg de umidade absoluta.

Para a análise das condições climáticas de uma região é necessário uma base de dados que apresente resultados sequenciais de maneira que se possa obter os valores mensais das temperaturas médias, das médias das máximas, médias das mínimas e da umidade relativa do ar. A base de dados que foi utilizada neste trabalho é a do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) [7]. do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com dados de 1998 a 2006 com

exceção do ano de 2002 que não possui informações completas. O site do CEPETEC [7] disponibiliza cinco valores diários da temperatura e umidade relativa do ar que foram tabulados em uma planilha de cálculo o que resultou em 1865 dados por ano para a determinação das temperaturas médias, mínimas e máximas e da umidade relativa do ar. Tal quantidade garante resultados que representam as condições climáticas da região. Para cada ano foi plotado na Carta de Givone [7] as normais climatológicas conforme propõem a NBR 15220-3 [2] com auxílio do software [SetupBio_050926.exe](#), disponível no site Laboratório de Eficiência Energética de Edificações (LABEEE) [8] da Universidade Federal de Santa Catarina. Através dos relatórios gerados pelo software é determinada a estratégia construtiva de cada ano analisado, que foi plotado em um gráfico para que se possa verificar a existência de anos fora do padrão da região. Após será determinada a média das estratégias dos anos selecionados através das recomendações da NBR 15220-[2]. Por fim serão analisados exemplos gerais das estratégias construtivas utilizadas na região em residências de alto e baixo padrão.

3 Resultados e discussões

As normais climatológicas mensais dos anos de 1998 a 2001 e de 2003 a 2006 estão plotados nas Figuras 1 a 8 respectivamente. A Figura 9 apresenta a evolução das estratégias construtivas resultantes das normais climatológicas de cada ano analisado. A zona de conforto térmico predominou sendo superada pela necessidade de ventilação em apenas dois anos, 2001 e 2003.

Os anos de 2001 e 2004 se mostraram atípicos sendo o primeiro com uma menor zona de conforto, portanto mais aquecido, e o segundo com uma maior zona de conforto, portanto menos aquecido. Desta maneira não é preciso a eliminação destes anos da análise, pois os mesmos se contrapõem e na média final se compensam.

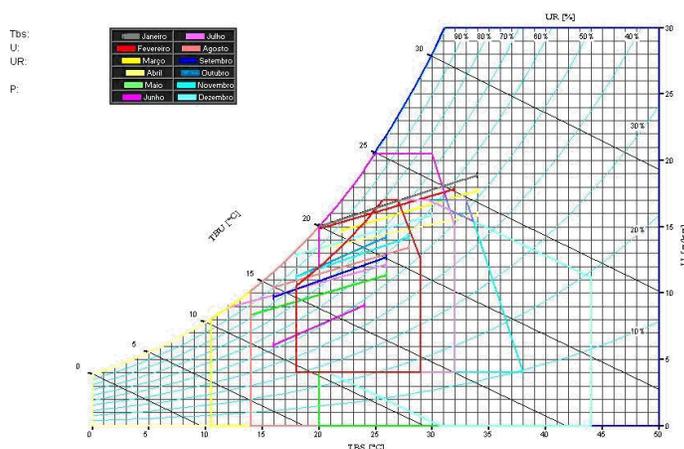


Figura 1 - Normais climatológicas da Cidade de Caraguatutuba do ano de 1998

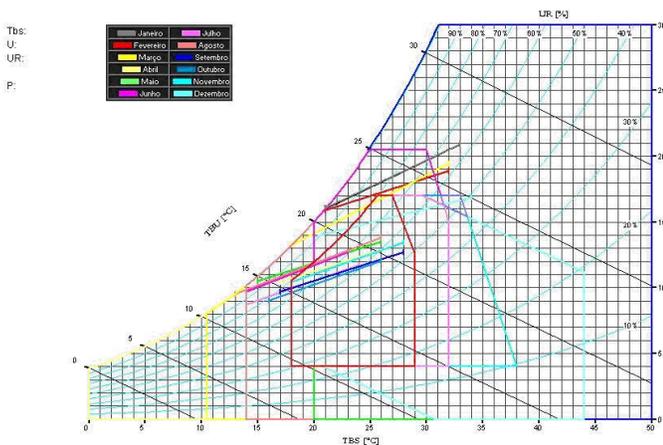


Figura 2 - Normais climatológicas da Cidade de Caraguatuba do ano de 1999

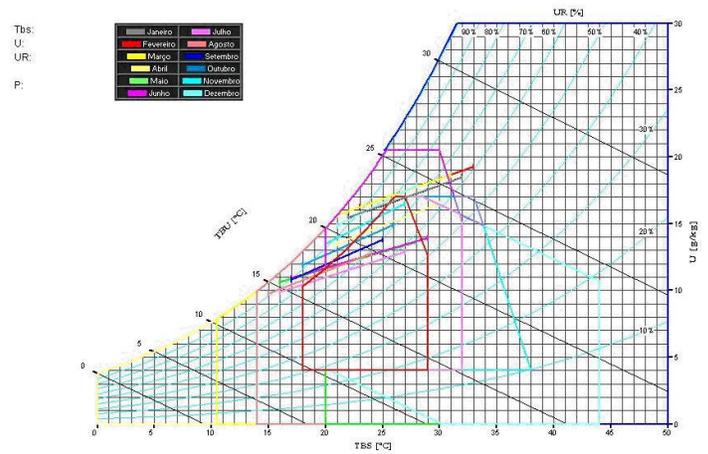


Figura 5 - Normais climatológicas da Cidade de Caraguatuba do ano de 2003

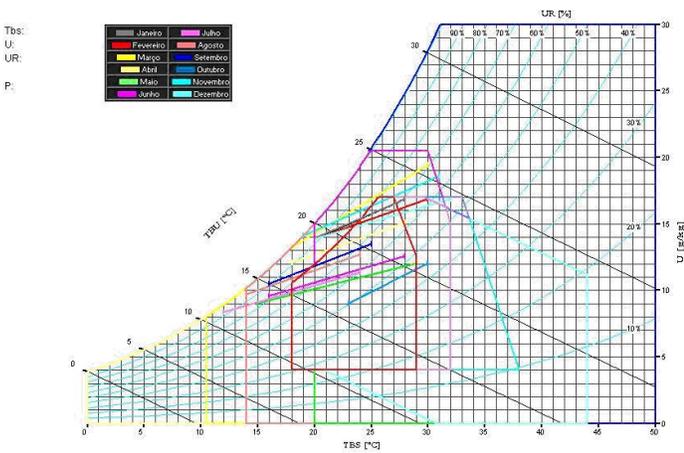


Figura 3 - Normais climatológicas da Cidade de Caraguatuba do ano de 2000

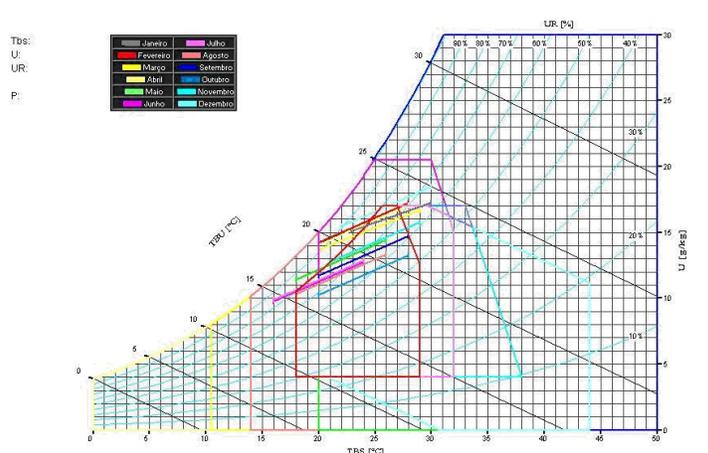


Figura 6 - Normais climatológicas da Cidade de Caraguatuba do ano de 2004

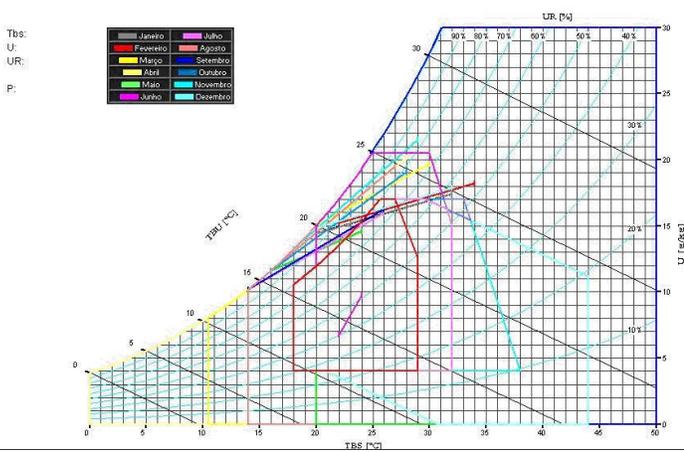


Figura 4 - Normais climatológicas da Cidade de Caraguatuba do ano de 2001

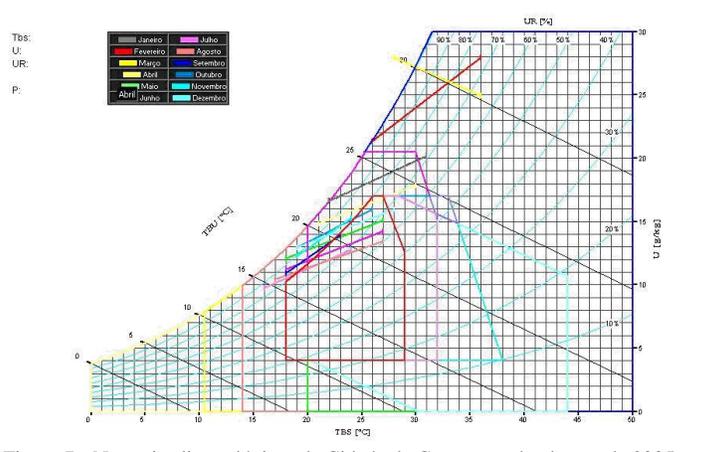


Figura 7 - Normais climatológicas da Cidade de Caraguatuba do ano de 2005

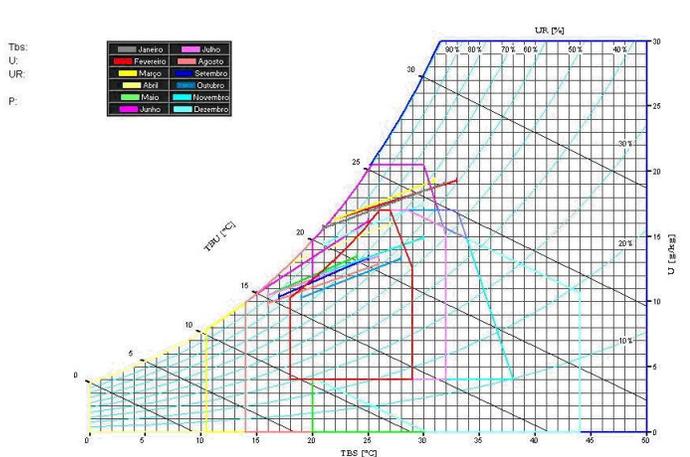


Figura 8 - Normais climatológicas da Cidade de Caraguatutuba do ano de 2006

A Figura 10 apresenta as médias dos dados apresentados na Figura 9. A zona de conforto predominou em cerca de 45% do período analisado, seguido da necessidade de ventilação natural com 25% do período, resfriamento evaporativo com cerca de 15%, resfriamento artificial e aquecimento solar passivo com 5% cada um.

A predominância da zona de conforto térmico em 45% do período e apenas 5% com necessidade de resfriamento artificial vão contra a tradição da região do uso indiscriminado do condicionamento de ar para se obter conforto térmico. A necessidade de aquecimento solar passivo pode ser explicada devido a entrada de frentes frias pelo oceano, que aliado a baixa umidade relativa do ar no período de inverno, causam uma leve sensação térmica de frio. Estes períodos são intercalados com outros com temperaturas mais elevadas, que novamente aliados à baixa umidade, levam a necessidade de resfriamento evaporativo.

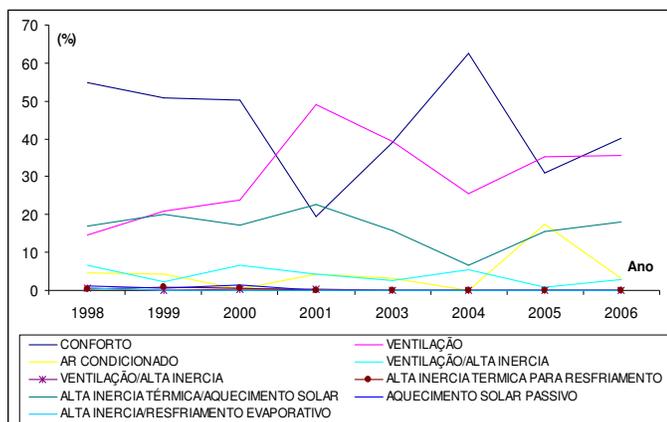


Figura 9 – Estratégias construtivas resultantes das normas bioclimáticas

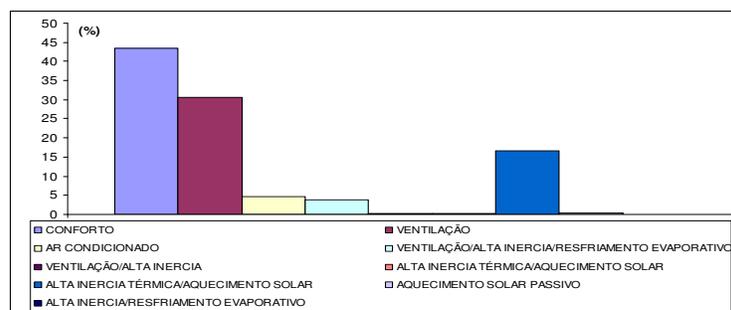


Figura 10 – Médias dos anos analisados das estratégias construtivas resultantes das normas bioclimáticas

A característica climática de Caraguatutuba se encaixa na zona bioclimática 3 da NBR 15220-3 [2]. Esta indica a necessidade de ventilação cruzada no período de verão e aquecimento solar das edificações para armazenamento de calor no período de inverno, mas deve ser executado de maneira controlada, através do estudo da movimentação aparente do Sol para que não haja uma incidência da radiação solar diretamente na edificação no verão, apenas no inverno.

A ventilação cruzada deve ser otimizada no período de verão com aberturas variando de 15 a 25% da área do piso, portanto o regime de ventos da região e entorno deve ser bem conhecido. A edificação deve ficar exposta à ventilação no período de verão e protegida durante o inverno, onde a baixa umidade do ar a torna desconfortável devido à presença de particulados, principalmente oriundos das areias das praias. O planejamento urbano da cidade deve propiciar que as correntes de ventos vindas do mar circulem pelas áreas centrais da cidade.

As paredes devem ser leves e refletoras com uma resistência térmica inferior a $3,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ e atraso térmico superior a 4,3 horas, por exemplo, tijolos de 8 furos assentados na maior dimensão com reboco de 1,5 cm de cada lado. As cores claras devem ter preferência para evitar a absorção de calor. Deve haver proteção contra a incidência da radiação solar direta mesmo em paredes cegas no período de verão.

As coberturas também devem ser leves e refletoras com uma resistência térmica inferior a $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e atraso térmico superior a 3,3 horas, por exemplo, cobertura de telha de barro com laje preenchida com isopor ou cobertura de telha de fibrocimento e forro de madeira com 50 mm de camada de lã de vidro sobre o forro. Coberturas com telhas de barro ou fibrocimento sobre laje de concreto armado apresentam estas características, mas não são leves, ou seja, sua grande massa favorece o armazenamento de radiação solar que aquecerá a edificação principalmente no período noturno. As películas aluminizadas devem ser utilizadas quando possível para diminuir o a absorção da radiação solar nas coberturas.

Estas características construtivas não são encontradas normalmente na região, principalmente nas edificações de padrão mais baixo que utilizam as divisas para melhor aproveitamento da área do terreno, em geral de 150m^2 , para construção de casas

geminadas Figura 11. Este uso, comum na neste tipo de edificação, prejudica a ventilação cruzada, mesmo que em algumas fachadas haja um numero significativo de aberturas. As paredes são compostas de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão (9,0x14,0x19,0 cm), com espessura de argamassa de assentamento de 1,0 cm, com espessura de argamassa de reboco de 2,50 cm, tendo uma transmitância térmica de 2,0 W/m².K, 45% abaixo do máximo permitido (3,6 W/m².K). Mesmo assim, por serem totalmente expostas à radiação solar devido à ausência de proteções e pela elevada altura, ocasionam um ganho de calor excessivo por parte da edificação, agravado por tintas impermeabilizantes na cor preta. A cobertura, em telha cerâmica e forro de madeira, não possui nenhum tipo de proteção ao ganho de calor devido a radiação solar (películas reflexivas) ou a condução de calor (mantas de lã de vidros sobre o forro de madeira). Sua Transmitância Térmica é da ordem de 4,55 W/m².K, quando o máximo aceitável seria de 2,00 W/m².K. O prolongamento das coberturas para as áreas externas também prejudicam a dispersão da energia térmica. Algumas edificações possuem ventiladores nas paredes ou forro que são poucos eficientes, pois apenas recirculam o ar aquecido, sendo que em algumas foram detectadas aberturas para aparelhos condicionadores de ar mostrando a intenção do proprietário de se utilizar deste tipo de estratégia para melhoria do conforto.

Na região existem alguns condomínios de alto padrão em que predominam residências de veraneio. Estas edificações, em geral, possuem características bioclimáticas adequadas que proporcionam uma boa condição de habitação, aproveitando os ventos predominantes, geralmente sul e sudeste. As brisas sopram continuamente nas residências sem interferência de muros que não são permitidos. Uma estratégia comumente utilizada é o posicionamento na face oeste da residência das áreas molhadas da edificação, como cozinha e área de serviço. As faces sudeste e sul normalmente se caracterizam por grandes aberturas, com melhor aproveitamento da luz natural e ventilação predominante. A face nordeste possui beirais e aberturas estratégicas para liberação de calor através da ventilação predominante na fachada sudeste oposta e pelo efeito chaminé.

As grandes aberturas garantem ventilação a toda a edificação e o fato de serem opostas e de diferentes alturas permitem que o ar quente gerado saia para o ambiente exterior, principalmente nos períodos de calmaria. Essas aberturas permitem também que a edificação possua a característica de explorar a iluminação natural. A cobertura é feita com telhas de cimento, manta térmica e impermeabilizante, além de forro de madeira tendo uma transmitância térmica de 1,1 W/m².K, estando 45% abaixo do mínimo estipulado pela NBR 15220 [2]. As paredes são de tijolo de barro (10,0x6,0x22,0cm), rebocadas com argamassa de areia e cimento de 2,50 cm, com acabamento de massa fina e massa corrida possuem uma transmitância térmica de 2,25W/m².K, 12% acima da residência de baixo padrão, porém ainda abaixo no máximo permitindo. As cores

claras e tons pastéis predominam, o que acarreta em menor quantidade de absorção da radiação solar pela edificação. Os cômodos com grandes aberturas são protegidos por beirais e varandas apropriados expondo o ambiente a uma iluminação natural sem um ganho de calor significativo provocado por esta exposição solar. A residência possui entorno permeável e vegetação em todo seu entorno (jardim), o que garante evita o acúmulo de calor durante o verão.



Figura 11 – Exemplo de edificação geminada

4 Conclusão

Os dados bioclimáticos levantados mostram que a necessidade de utilização e condicionamento artificial de ar para resfriamento na Cidade de Caraguatatuba é limitada a um pequeno período por ano, cerca de 5% em média, podendo chegar a 10% em alguns anos mais quentes. Apesar de tal constatação nota-se que este meio de resfriamento é amplamente utilizado. Este fato pode ser explicado devido à utilização de sistemas construtivos e estruturais inadequados ao clima onde predomina a laje de concreto armado, muitas vezes exposta a radiação solar direta, e janelas, em geral desprotegidas da radiação direta e difusa. Estas características tornam desconfortável a edificação, levando a necessidade de condicionamento de ar. Assim a utilização indiscriminada do condicionamento de ar é devido a estratégia construtiva erroneamente utilizada na região e não do clima severo. Sendo assim torna-se necessário à conscientização dos profissionais ligados a arquitetura e engenharia para que este erro não se perpetue.

Recomenda-se a utilização de paredes e coberturas leves e que haja controle da radiação solar direta permitindo o sombreamento no período de verão e insolação em uma parte do dia no período de inverno.

O planejamento urbano da cidade deve ser revisto de modo que não forme ilhas de calor devido à ausência da ventilação natural, levando a necessidade de resfriamento de ar. Desta maneira a orla marítima deve ser preservada de edificações com vários pavimentos e muito próximas uma das outras.

A aplicação destas recomendações além de propiciar o conforto térmico ao usuário, diminui o consumo de energia elétrica da edificação tornando-a mais eficiente e colaborando com o meio ambiente tão castigado pela ação humana.

A continuidade deste trabalho será a levantamento de alternativas construtivas, para a população de baixa renda principalmente, que atenda as necessidades bioclimáticas da região.

BIOCLIMATIC ANALYSES OF CARAGUATATUBA MUNICIPALITY OF SÃO PAULO STATE FROM 1998 TO 2006

ABSTRACT: The northern shore of São Paulo state is a region with around 300 thousands inhabitants, having the tourism as major economic activity. The harbor of São Sebastião increased its arrival and departure capacity of over the last ten years and in Caraguatubá a new natural gas exporting base will be implemented in 2007. As a function of all these changes and the increment of the tourism activity the urban environment experienced considerable growth. Furthermore, this region presents elevated values of air temperatures, over 25°C most part of the year, as well as elevated values of relative air humidity, over 80% due to the proximity of the atlantic forest remaining in the sea mountain range (Serra do Mar). The civil constructive system used in the region is based on masonry of clay bricks and ferroconcrete structures, inadequate to the climate. The objective of this work is to do a data survey of air temperature and relative humidity during the period from 1998 to 2006, and through the bioclimatic index of Givone, determine the strategies for civil construction in the region in order to preserve the thermal comfort and the energetic efficiency of the buildings. We intend to edit a brochure with the major results of this work so that it can be used to orient the professionals in the region related to civil construction and architecture.

Keywords: Bioclimatic architecture. thermal comfort.

Referências

[1] NEVES, L. O., CARAN, R. (2003) Análise de uma vila de pescadores em Ubatuba: indicativos para uma proposta arquitetônica bioclimática, in ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO DO AMBIENTE

CONSTRUÍDO, ENCAC 2003, Curitiba, 2003

- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT 15220, Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social, Rio de Janeiro, 2004
- [3] LIMA, G., OLIVEIR, A. ARAUJO, V., (2005) Índices de conforto térmico: revisão e proposta para o clima quente e úmido de natal-RN, in ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENCAC 2005, Maceió, 2005
- [4] PEREIRA, I. ASSIS, P, (2005), Discussão da classificação bioclimática de Belo Horizonte e proposta pelo projeto de norma de desempenho térmico de edificações, in ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENCAC 2005, Maceió, 2005
- [5] GIVONI, B. *Man, climate and architecture*. Amsterdam: Elsevier Publishing Company Limited. (Architectural science series.), 1969
- [6] _____, Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. ENERGY AND BUILDINGS, v.18, n.1,p.11-23. 1992.
- [7] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). Disponível em <http://www.cptec.inpe.br>. Acesso em Janeiro de 2007
- [8] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Laboratório de Eficiência Energética nas Edificações (LabEEE). Disponível em <http://www.labee.ufsc.br>. Acesso em Janeiro de 2007
- [9] BRAGER, G. S. e R. J. DE DEAR. (1998) Thermal adaptation in the built environment: a literature review. ENERGY AND BUILDINGS, v.27, p.83-96. 1998.
- [10] Olgyay, V. *Design with climate : bioclimatic approach to architectural regionalism*. N.J.:Princeton University Press. Princeton,. 190p p., 1963
- [11] RIVERO, Roberto *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D. C. Luzzatto, 240p. il. 1ª edição. 1985
- [12] ROMERO, M. A. B. *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano*, Pro Editores, RJ. 1988
- [13] CORBELL, Oscar; YANNAS, Simos. *Em busca de uma arquitetura sustentabilidade para os trópicos*, Rio de Janeiro, Revan, 220pp 2003.