

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO MÚLTIPLOS PISOS NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO (SP): UM ESTUDO DE CASO.

Acosta, Lilian M. ; Basso, Admir.

Depto. de Arquitetura e Urbanismo, EESC, USP, Av. Dr. Carlos
Botelho 1465, 13560-970, São Carlos, SP. Tel: 16 2739283.
admbasso@sc.usp.br

RESUMO

A incorporação de elementos arquitetônicos na concepção de projeto, considerando a influência do clima no desempenho térmico das edificações, pode garantir condições naturais de conforto térmico e diminuição de uso de condicionamento térmico artificial, com a conseqüente economia de energia. Foi avaliado o desempenho térmico de edifícios de habitação múltiplos pisos executados na área central da cidade de Ribeirão Preto, SP, através do programa simulador ARQUITROP envolvendo os parâmetros propostos pelo ‘Projeto de Normalização em conforto Ambiental’ da ABNT–UFSC/FINEP, (1998). Foram elaboradas recomendações de projeto visando condicionamento térmico natural.

ABSTRACT

The incorporation of architectural elements in the project conception, considering the influence of the climate on the thermal performance of construction, could guarantee natural conditions of thermal comfort and decrease the use of artificial thermal conditioning, with a consequent energy efficiency. The thermal performance of multiple–story buildings in the central area of the city of Ribeirão Preto, was evaluated through the ARQUITROP simulator program involving the parameters proposed by the Standard Project in Environmental Comfort of (ABNT–UFSC/FINEP, 1998). Recommendations of projects seeking natural thermal conditioning were also elaborated.

INTRODUÇÃO

O Município de Ribeirão Preto esta localizado na região Nordeste do Estado de São Paulo, a 320 km da capital. Grande parte da área urbana se situa na porção mais baixa da bacia do rio Pardo, está recortada por vários cursos de água e apresenta relevo pouco acidentado. A configuração geomorfológica da área urbana, uma depressão circundada por áreas elevadas, limita a circulação das massas de ar, o que junto a escassa vegetação existente, contribui para elevar as temperaturas médias observadas na cidade.

O processo de verticalização no quadrilátero central da cidade teve início na década de 30’. Os ‘edifícios altos residenciais’ constituíam a tipologia predominante de construção a partir dos anos 60’, cujo apogeu ocorreu na segunda metade dos anos 80. Observa-se pouca preocupação dos projetistas com a adequação das construções ao clima local o que deve resultar em desempenho térmico insatisfatório das edificações e desperdício de energia elétrica por climatização artificial. Nota-se também, carência de estudos sobre conforto térmico em edifícios residenciais altos.

Neste trabalho procurou-se estudar o desempenho térmico de edifícios de habitação de múltiplos pisos da cidade de Ribeirão Preto, e analisar as soluções técnicas mais empregadas nas construções, para as maiores faixas de renda, executadas pelas construtoras de maior atuação no mercado.

Pretendeu-se examinar a validade das seguintes hipóteses:

- Os projetos de edifícios de habitação de múltiplos pisos de Ribeirão Preto desconsideram o condicionamento natural no conforto térmico.
- O consumo de energia para o condicionamento artificial pode ser diminuído sem prejudicar o conforto térmico das edificações.
- Código de Obras vigente não garante condições mínimas de conforto térmico.

O objetivo geral da pesquisa foi elaborar recomendações de projeto visando condicionamento térmico natural dos edifícios habitacionais múltiplos pisos. O objetivo específico foi avaliar o impacto de algumas variáveis de projeto sobre a qualidade térmica das vedações verticais externas. Através da análise de projetos executados, pretendeu-se também, identificar o nível de adequação ao clima das edificações.

METODOLOGIA

1. Avaliação do desempenho térmico dos edifícios

O presente trabalho foi desenvolvido em duas fases. Na primeira fase foi realizado o estudo das condições climáticas da cidade de Ribeirão Preto baseado nos dados compilados por DIAS (1988) fornecidos pela Estação Experimental de Ribeirão Preto e UNICAMP seguindo a metodologia utilizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (AKUTSU, 1987). Realizou-se o levantamento quantitativo e das características tipológicas dos edifícios construídos na área urbana central e a determinação dos critérios para a seleção dos edifícios.

Com o objetivo de selecionar edifícios representativos das tipologias de edificação e das empresas construtoras mais atuantes no mercado, realizou-se um levantamento de 143 construções residenciais e comerciais com mais de 8 andares da área do compartimento C do quadrilátero central. Dos 33 edifícios residenciais construídos entre 1990 e 2000 pelas empresas Jábalí Aude, Encol, Ribe e Stéfani Nogueira, foram selecionados seis (Edifício Barcelona, Moacyr, Costa do sol, Marinho, Amêndoa e Marambaia).

Na segunda fase foi avaliado o desempenho térmico dos 6 edifícios selecionados comparando os dados técnicos das edificações com os parâmetros propostos pelo 'Projeto de Normalização em Conforto Ambiental' da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT-UFSC/FINEP, 1998). Esta comparação permite verificar se as soluções técnicas dos projetos dos edifícios selecionados se adequam aos parâmetros propostos pelo citado 'Projeto de Normalização'. Posteriormente, foram analisadas as exigências determinadas pelas normas do Código de Obras vigente de Ribeirão Preto referentes a conforto térmico (www.coderp.com.br/splan) e verificada sua aplicação nos edifícios selecionados.

2. Simulações de desempenho térmico de ambientes com o Programa Arquitrop.

A simulação do desempenho térmico dos ambientes de um edifício foi realizada utilizando o programa ARQUITROP (RORIZ e BASSO, 1988) Foram selecionados os ambientes com valores extremos de Graus-Hora de desconforto por calor e submetidos às alterações de projeto sugeridas pelo Projeto de Normalização (ABNT – UFSC/FINEP, 1998). O desempenho térmico foi, então, reavaliado.

Características dos ambientes simulados

Salas e dormitórios foram simulados individualmente, cujas características são:

- Sala de 15m², com uma vedação externa envidraçada de 6m².
- Dormitório de 12m², com duas paredes externas e uma janela de 1,5m².

As paredes externas e o tamanho de aberturas para ventilação dos ambientes foram modificados sucessivamente. Também foi alterado o tipo de proteção solar externa da abertura, além de considerar vidro duplo na caixilharia.

Parede externa:

existente: parede de tijolo de 8 furos com reboco duplo com 15cm de espessura,
modificado: parede dupla de tijolo de 6 furos com reboco duplo com 26cm,
modificado: parede de tijolo maciço com reboco duplo com 27cm de espessura.

Tamanho de abertura:

existente: 0,78m² de área efetiva de ventilação,
modificado: mínimo de 15% da área de piso, 1,8 m² de área,
modificado: máximo de 25% da área de piso, 3,0 m² de área.

Proteção solar externa da abertura:

existente: veneziana de lâmina delgada com vidros simples,
modificado: veneziana de madeira com vidro duplo,
modificado: treliça de madeira com vidro duplo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Avaliação Dos edifícios selecionados.

Foram avaliados 22 ambientes entre salas e dormitórios. A tabela 1 apresenta o resultado da avaliação do desempenho térmico dos edifícios selecionados considerando os parâmetros de avaliação do 'Projeto de Normalização em Conforto Ambiental' (tamanho e proteção de abertura, parede externa, cobertura) e a verificação da aplicação do Código de Obras vigente.

Tabela 1 – Avaliação do desempenho térmico dos edifícios segundo o “Projeto de Normalização em Conforto Ambiental” e verificação da aplicação do Código de Obras

| Levantamento | Parâmetros de avaliação | Projeto de Normalização | | Código de Obras | |
|--------------|-------------------------|---|--|--|----------------|
| | | | | | |
| 22 ambientes | Aberturas | Ventilação 15% a 25% | 2 amb. | Aeração 6,25% | |
| 22 ambientes | | sombreamento | 0 amb. | Insolação 12,5% | 17 amb. |
| 6 edifícios | Parede externa | Transmitância térmica | $U \leq 2,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ | espessura $\geq 20 \text{ cm}$ | 3 ed. |
| 6 edifícios | | Atrazo térmico | $\varphi \geq 6,5$ horas | | |
| 6 edifícios | | Fator de calor solar | $\text{FCS} \leq 3,5\%$ | | |
| 6 edifícios | Cobertura | Transmitância térmica | $U \leq 2,00 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ | | |
| 6 edifícios | | Atrazo térmico | $\varphi \leq 3,3$ horas | | |
| 6 edifícios | | Fator de calor solar | $\text{FCS} \leq 6,5\%$ | | |
| | | Cumpre com o Projeto de Norma | | Não cumpre com o Código de Obras | |

Tamanho das aberturas

Segundo o 'Projeto de Normalização', apenas 2 ambientes atendem aos parâmetros de ventilação sugeridos, tendo uma área efetiva de ventilação em torno de 20%. No entanto, as aberturas destes ambientes referem-se a portas de vidro, sem proteção, ligadas a uma sacada.

Os demais ambientes dos seis edifícios apresentam valores menores que o mínimo sugerido (15%). Destaca-se que um dormitório do edifício Costa do Sol e a sala do edifício Moacyr possuem uma porcentagem de área efetiva de ventilação de 1,4 e 2,5% respectivamente, muito abaixo do mínimo aceitável. Nota-se que, além das aberturas serem pequenas, são do tipo basculante onde a área efetiva de ventilação é de 10% do tamanho da abertura.

Considerando o Código de Obras vigente, cinco ambientes apresentam tamanho de abertura para aeração com valores entre 1,4% e 5,5%, menores que o mínimo permitido pelo código (6,5%). Quanto ao tamanho da abertura para insolação, 17 ambientes apresentaram valores entre 1,4% e 10,9%, sendo também menores que o mínimo permitido pelo código (12,5%).

Os baixos valores de área de ventilação observados são decorrentes de três situações:

- a) **erros na aprovação de projetos.** Exemplo: as aberturas de dois dormitórios do edifício Amêndoa foram aprovadas com tamanho menor que o mínimo permitido pelo código.
- b) **falta de controle / vistoria de obra.** Exemplo: um dormitório do edifício Moacyr contém uma abertura menor que a aprovada no projeto (aprovado: 1,20 x 2,70m; construído: 0,80 x 1,15m).
- c) **sistemas de aberturas utilizados.** Os outros ambientes com aberturas com valores menores que o mínimo permitido pelo código utilizaram aberturas do tipo basculante ou um tipo de caixilharia onde somente a metade da área da abertura é aproveitada como ventilação e insolação.

Proteção das aberturas.

O Projeto de Normalização estabelece que as aberturas devem ter sombreamento, embora não esteja claro que tipo de sombreamento e qual o mínimo estabelecido para garantir condições de conforto mínimo.

Apenas quatro dormitórios contêm sombreamento de sacada, jardineiras ou *brise*. As aberturas das salas apresentam esse mesmo tipo de sombreamento, entretanto são de vidro sem proteção.

A maioria dos dormitórios contêm aberturas com proteção exterior, entretanto, em quase todos os casos as janelas contêm somente uma folha de vidro. Desta forma, o ganho solar total através da proteção exterior de chapa de alumínio seria aumentado como consequência da falta da folha de vidro na metade da superfície. A única janela com as duas folhas de vidro e proteção exterior observada em um dormitório do edifício Moacyr apresentou uma porcentagem de área efetiva de ventilação de 4,1%, substancialmente menor que o mínimo sugerido (15%).

Parede externa.

As paredes externas de todos os edifícios são de tijolo furado com reboco duplo e, na maioria dos casos, com acabamento exterior de cerâmica. As paredes externas de três edifícios são de uma espessura menor que o mínimo permitido pelo código (20cm.) Na maioria dos casos as paredes externas não são uniformes e as espessuras menores ficam ocultas alternadas com as colunas da estrutura. Estas diferenças aparecem como faixas de desenho das fachadas.

Considerando o Projeto de Normalização, três edifícios apresentaram valores aceitáveis de Transmitância Térmica ($U \leq 2,20 \text{ W/m}^2\text{.K}$), visto que eles têm paredes de 0,20m e 0,25m de espessura. Os outros três edifícios não atenderam o parâmetro de referência. Com paredes de 0,15m e 0,18m de espessura conseguiram valores um pouco acima do valor admissível.

Quanto a Atraso Térmico, dois edifícios com paredes externas de 0,25m obtiveram valor aceitável ($\phi=6,5$ horas). Os demais edifícios não alcançaram o valor do parâmetro de referência.

A cor externa das paredes é a principal variável determinante dos valores de Fator de Calor Solar ($FCS = 4.U.\alpha$). Cinco edifícios de paredes de cores claras conseguiram valores aceitáveis de Fator de Calor Solar ($FCS \leq 3,5\%$); onde foi considerada absorvância $\alpha=0,3$ e $0,4$. No edifício Amêndoa, com

acabamento externo de cerâmica de cores vermelha e marron, foi considerada absorvância $\alpha=0,6$ e $0,4$. O Fator de Calor Solar foi superior ao valor do parâmetro de referência.

Cobertura.

As coberturas de três edifícios conseguiram valores aceitáveis de Transmitância Térmica ($U \leq 2,00 \text{ W/m}^2.\text{K}$), estas são de telha de alumínio galvanizado com forro de laje mista de $0,12\text{m}$ de espessura. As coberturas dos outros edifícios, são de laje impermeabilizada com valores superiores ao valor do parâmetro de referência de Transmitância Térmica.

Em todos os casos, as coberturas não atendem aos valores admissíveis de Atraso Térmico ($\phi \leq 3,3$ horas) e conseguiram valores aceitáveis de Fator de Calor Solar ($\text{FCS} \leq 6,5\%$).

2. Simulações do desempenho térmico de ambientes com alterações de projeto

As simulações do desempenho térmico com o programa ARQUITROP foram realizadas alterando-se uma característica por vez, de parede ou de abertura, mantendo-se as demais constantes. O parâmetro de comparação é o número de Graus-Hora de desconforto para calor com o correspondente consumo de energia para manter a temperatura interna entre $23,2^\circ\text{C}$ e $26,7^\circ\text{C}$ ($t_n = 24,9^\circ\text{C} \pm 1,75^\circ\text{C}$). As figuras 1 a 4 apresentam a avaliação do desempenho térmico dos dormitórios simulados. Acima das colunas representativas do número de Graus-Hora de desconforto está detalhado o consumo de energia estimado (kWh) para condicionamento ambiental.

Alterando a parede do dormitório 2A (orientação Leste) de tijolo furado de 15cm para 26cm de espessura e modificando o tamanho e tipo de abertura, consegue-se diminuir até $5,3\%$ o número de Graus-Hora de desconforto e até 8% o consumo de energia estimado (kWh) para condicionamento ambiental (ver figura 1). Alterando-se a parede para tijolo maciço de 27cm de espessura e modificando o tamanho e tipo de abertura, consegue-se diminuir até 4% o número de de Graus-Hora de desconforto, mas aumentou-se o consumo estimado de energia (kWh) para condicionamento ambiental (ver figura 2).

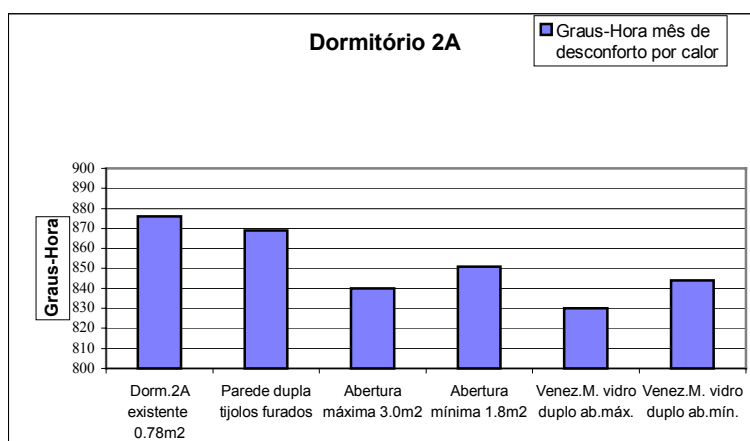


Figura 1 – Graus-Hora de desconforto da simulação do dormitório 2A (Leste) com alterações de projeto: parede dupla de tijolo furado, tamanho de abertura máxima e mínima, e abertura com vidro duplo e veneziana de madeira.

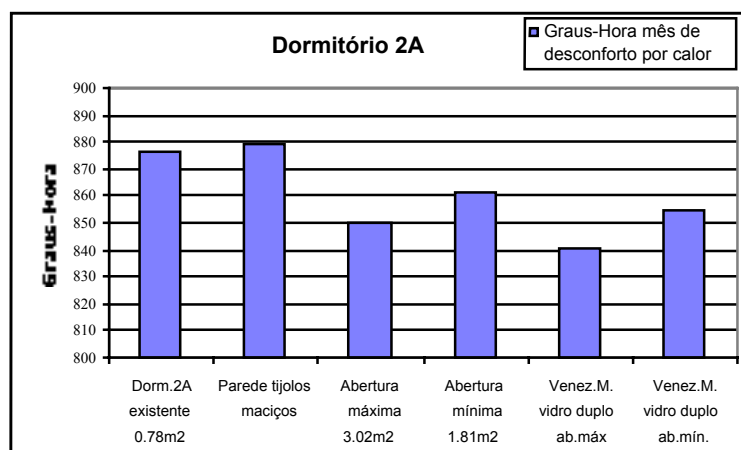


Figura 2. – Graus-Hora de desconforto da simulação do dormitório 2A (Leste) com alterações de projeto: parede de tijolo maciço, tamanho de abertura máxima e mínima, e abertura com vidro duplo e veneziana de madeira

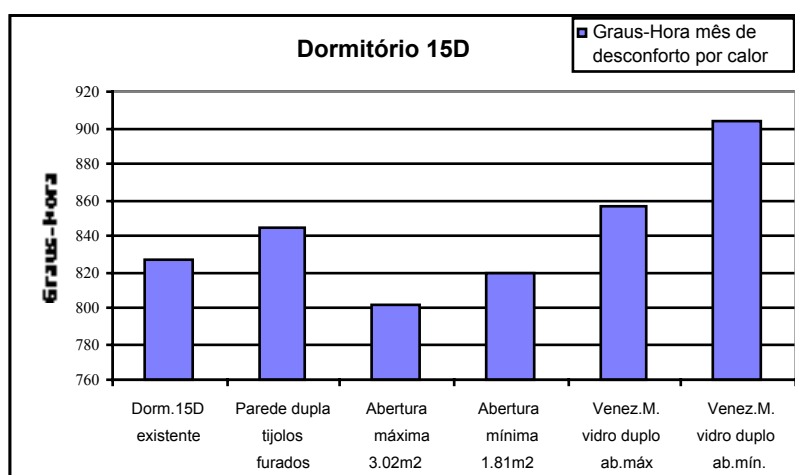


Figura 3. – Graus-Hora de desconforto da simulação do dormitório 15D (Sul) com alterações de projeto: parede dupla de tijolo furado, tamanho de abertura máxima e mínima, e abertura com vidro duplo e veneziana de madeira.

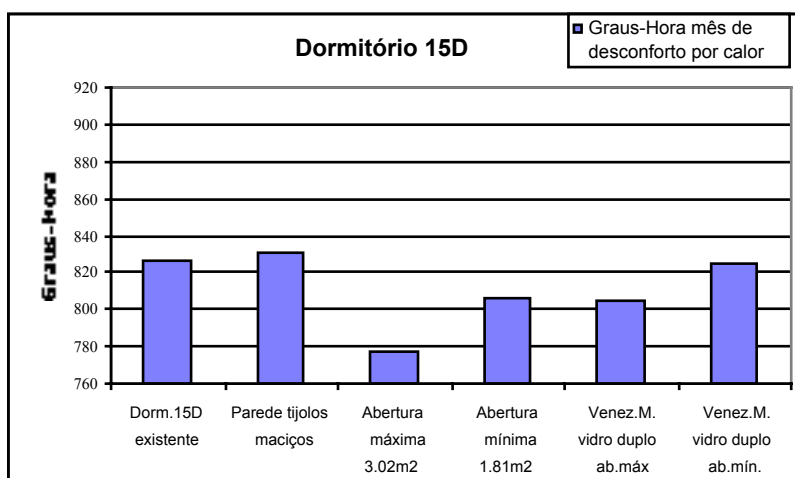


Figura 4. – Graus-Hora de desconforto da simulação do dormitório 15D (Sul) com alterações de projeto: parede de tijolo maciço, tamanho de abertura máxima e mínima, e abertura com vidro duplo e veneziana de madeira

No dormitório 15D de orientação Sul, alterando a parede de tijolo furado de 15cm para 26cm de espessura e modificando o tamanho e tipo de abertura, consegue-se diminuir apenas até 3,1% o número de Graus-Hora de desconforto e até 24,8% o consumo de energia estimado (kWh) para condicionamento ambiental (ver figura 3). Alterando-se a parede para tijolo maciço de 27cm de espessura e modificando o tamanho e tipo de abertura, consegue-se diminuir até 6% o número de Graus-Hora de desconforto, mas com acréscimo no consumo estimado de energia (kWh) para condicionamento ambiental (ver figura 4).

Graus-Hora de desconforto e consumo de energia

O consumo de energia estimado para condicionamento artificial depende não somente do número de Graus-Hora de desconforto, mas também da magnitude da diferença entre a temperatura observada em relação à temperatura neutra e do espaço de tempo em que ela acontece. Observando a figura 1, na primeira coluna da avaliação do conforto térmico do dormitório com os dados do ambiente existente, 876 Graus-Hora de desconforto corresponde 103kWh de consumo estimado de energia. Na terceira coluna, com a parede dupla e ampliando a abertura o máximo sugerido, consegue-se diminuir para 840 Graus-Hora de desconforto mas com aumento de consumo estimado de energia a 113kWh para condicionamento artificial.

Recomendações de projeto

A orientação Sul dos dormitórios resultou em melhor desempenho, houve pequena variação em relação à orientação Norte. As orientações Leste e Oeste resultaram em pior desempenho, dentre elas a Oeste é a menos recomendada.

Parede dupla de tijolo de 6 furos circulares assentados na menor dimensão, de 26cm de espessura total com reboco interno e externo e pintura clara é recomendada. Esta parede possui valores admissíveis de Transmitância Térmica ($U=1,0W/m^2.K$), Atraso Térmico ($\phi=6,5$ horas) e Fator de Calor Solar (FCS=1,2%), conseguindo-se diminuir entre 8% e 10% o consumo de energia estimado para condicionamento artificial.

As aberturas de vidros simples com proteção exterior veneziana de lâmina delgada ou de toldo de lona de cor média é recomendado no tamanho mínimo admissível (15% da área de piso). Com um leve aumento do número de Graus-Hora de desconforto consegue-se diminuir até 14% o consumo de energia para condicionamento artificial.

Por último são recomendadas as aberturas com vidro duplo com veneziana ou treliça de madeira de cor média no tamanho mínimo (15% da área de piso). Consegue-se desta forma melhorar o desempenho térmico resultando numa diminuição do número de Graus-Hora de desconforto de até 7%, e do consumo de energia estimado para condicionamento artificial até 24%.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho permitiu tirar as seguintes conclusões:

- Constatou-se que todos os edifícios de habitação de múltiplos pisos analisados não apresentam adequação aos rigores do clima de Ribeirão Preto e portanto não se enquadram dentro dos parâmetros propostos pelo “Projeto de Normalização em Conforto Ambiental”, norma que visa garantir limites mínimos de Conforto Ambiental.
- A norma vigente do Código de Obras não é suficiente para garantir condições mínimas de conforto térmico, além de não ser aplicada corretamente.
- O programa ARQUITROP permitiu fazer as simulações de desempenho térmico de ambientes, porém sua utilização é limitada a determinadas características: forma ortogonal e regular dos

ambientes, vedações externas uniformes, sem sombreamento causado por saliências na fachada, e aberturas especificadas pelo programa.

- Através das simulações de desempenho térmico realizadas com sugestões de projeto do “Projeto de Normalização em Conforto Ambiental”, verificou-se que é possível alcançar melhora significativa do desempenho térmico restringindo o consumo de energia para condicionamento artificial. Porém este projeto de norma é pouco específico e alguns parâmetros não se apresentam como regra.
- A intensificação do uso de condicionamento artificial é consequência da falta de preocupação ou conhecimento por parte dos projetistas dos recursos disponíveis para condicionamento natural. Parede dupla de tijolos furados, aberturas de tamanho mínimo admissível (15% da área de piso do ambiente), com vidros duplos e proteção exterior de cor clara, são algumas recomendações de projeto que garantem economia de energia para climatização artificial e, principalmente, melhores condições de conforto aos usuários.

Embora os edifícios analisados sejam considerados de alto padrão, os projetos não são compatíveis com o desempenho térmico satisfatório.

BIBLIOGRAFIA

ABNT-UFSC/FINEP. Projeto normalização em conforto ambiental. Santa Catarina: UFSC - FINEP, 1998. 25p.

AKUTSU, M., SATO, N., PEDROSO, N. IPT. Desempenho Térmico de edificações habitacionais e escolares. Manual de procedimento para avaliação. São Paulo: IPT, 1987. 74p.

RORIZ, M., BASSO, A. ARQUITROP. Conforto térmico e economia de energia em edificações. Versão 3.0. 1988.

www.coderp.com.br/splan Código de Obras. Leis Complementares do Plano Diretor de Ribeirão Preto.