

COMPARATIVO ENTRE MATERIAIS APLICADOS NAS EDIFICAÇÕES E SUAS INFLUÊNCIAS NAS CONDIÇÕES TÉRMICAS DOS AMBIENTES

Graciela Manica¹, Henrique Scalcon Branchier², Rodrigo Spinelli³

Resumo: O presente artigo refere-se a um projeto de análise que prevê o cálculo para desenvolvimento de melhorias para o desempenho térmico de uma residência localizada na cidade de Lajeado/RS, cujo projeto de habitação era avaliar em seu contexto original e experimental o emprego dos melhores materiais para reduzir o consumo de ar condicionado em quatro cômodos da residência. A proposta é o uso da ferramenta Microsoft Excel como metodologia de cálculo para supor na residência a sustentabilidade construtiva e a economia de energia. Este estudo objetivou avaliar o desempenho térmico da habitação e a influência com os materiais e elementos de fachada e de cobertura, bem como uma análise do conforto térmico dos seus futuros usuários. Para tal, é feito um comparativo quanto ao uso das normativas NBR 15575 – Desempenho de Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos e a NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações. Os comparativos são executados a partir do resultado de simulações computacionais utilizando a ferramenta Excel. De maneira geral, os aspectos analisados estão em consonância com as normas utilizadas como referência com a finalidade de obter-se o mínimo de conforto em relação à edificação e a zona bioclimática da região do Vale do Taquari. Entretanto, algumas estratégias acrescidas ao projeto original testadas nesta pesquisa, mostram que acrescido um custo final, desempenharia uma significativa economia no consumo de energia em climatização, maximizando o conforto térmico dos usuários.

Palavras-chave: Desempenho térmico, simulações computacionais, conforto térmico, habitação.

1 Graduanda do Curso de Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. gmanica@universo.univates.br

2 Graduando do Curso de Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES. hbranchier@univates.br

3 Arquiteto e Urbanista. Mestre em Ambiente e Desenvolvimento. Docente do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES. rspinelli@univates.br

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o clima é predominantemente tropical. Desta forma, as influências da latitude, relevo, condições marítimas e massas de ar fazem com que haja no país uma diversidade climática, ocasionando em certas regiões vários subtipos de clima como o tropical, subtropical e equatorial.

Para fins de análises térmicas dos ambientes, há uma padronização do clima brasileiro, onde o zoneamento bioclimático é dividido em oito zonas relativamente homogêneas, favorecendo a avaliação do desempenho térmico das habitações unifamiliares através da NBR 15220 (ABNT 2005). Essa, normatiza as diretrizes construtivas e os parâmetros que baseiam o detalhamento das estratégias de condicionamento térmico.

As avaliações necessárias para determinar o desempenho térmico de edificações levam em conta parâmetros climáticos como a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a direção e velocidade do vento e a radiação solar ao longo das estações do ano, bem como seus valores e os horários em que ocorrem. Os agrupamentos destes valores, segundo Akutsu (1998) nos períodos de inverno e verão são chamados de dias típicos de projeto. São caracterizados pela frequência em que ocorrem e consistem nas condições mais significativas durante os períodos das estações, possibilitando quantificar os níveis de requisitos para desempenho das construções.

Para Akutsu e Vittorino (1998) é possível analisar através das avaliações de desempenho térmico as trocas térmicas entres os ambientes construídos e o ambiente externo em que estão expostas. Portanto, para Siqueira (2005) é inevitável que se leve em conta as variações climáticas, pois estas terão influência direta no comportamento dos materiais empregados nas edificações, norteando um tratamento adequado que respeite as normatizações mínimas descritas na NBR 15575 (ABNT, 2013). Essa norma, reúne as características necessárias para atender as exigências de conforto térmica dos usuários, levando em conta os fatores bioclimáticos.

Sendo assim, o conforto que a edificação proporciona aos seus usuários está associado a uma adequação dos sistemas de fechamento e isolamento, o que segundo Lamberts (2004) resulta em equilíbrio das condições internas e externas, proporcionando o bem-estar do usuário. É, então, durante a concepção do projeto, que devem ser consideradas as particularidades climáticas de cada região, evitando que ao longo do tempo seja necessário realizar intervenções durante o uso da residência. Além do mais, busca-se a economia no condicionamento dos ambientes, utilizando-se das condições naturais como ventilação natural e exposição solar, por exemplo.

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013) é importante haver uma atuação interativa entre a fachada, a cobertura e o piso da edificação. A norma estabelece condições térmicas que devem ocorrer no interior da residência que sejam melhores ou iguais ao do ambiente externo. Devem ser controladas a entrada

de luz e calor pelas aberturas, monitorar a troca de calor entre o material de fechamento das paredes e pelas aberturas, obedecendo as dimensões adequadas, e entre a cobertura e os ambientes internos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa consiste em uma análise sobre o efeito dos materiais na composição das edificações e as trocas de calor entre os ambientes de uma residência localizada na cidade de Lajeado/RS. Para este diagnóstico, foram utilizados os métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica e fluxo térmico entre os elementos da edificação, calculados através de tabelas de Excel. O objetivo é supor o consumo necessário de ar condicionado para quatro cômodos da residência avaliada: uma suíte, um dormitório, um escritório e um ambiente de estar. Considerando ainda quais materiais poderiam ser incluídos na edificação para que esse consumo fosse diminuído em favor da economia.

Desta maneira, a avaliação consiste em comparar os parâmetros térmicos de da edificação com os valores limites dispostos pela norma. Calculando através das equações abaixo:

- Transmitância Térmica ($U=W/m^2.K$)

$$U = \frac{1}{Rt}$$

- Capacidade Térmica ($CT=kJ/m^2.K$)

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

- Resistência Térmica ($Ra=m^2.K/W$)

$$R = Rsi + Rt + Rse$$

- Fluxo Térmico ($W/m^2.K$)

$$q = U. (\alpha. I. Rse + Te - Ti)$$

- Carga Térmica

Segundo a zona climática da região, foram definidos os índices de absorvância (α) e emissividade (ϵ) para radiações das camadas externas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (e) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas)

| Tipo de Superfície | α | E |
|---|-------------|-------------|
| Chapa de alumínio (nova e brilhante) | 0,05 | 0,05 |
| Chapa de alumínio (oxidada) | 0,15 | 0,12 |
| Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante) | 0,25 | 0,25 |
| Caiação nova | 0,12 / 0,15 | 0,90 |
| Concreto aparente | 0,65 / 0,80 | 0,85 / 0,95 |
| Telha de barro | 0,75 / 0,80 | 0,85 / 0,95 |
| Tijolo aparente | 0,65 / 0,80 | 0,85 / 0,95 |
| Reboco claro | 0,30 / 0,50 | 0,85 / 0,95 |
| Revestimento asfáltico | 0,85 / 0,98 | 0,90 / 0,98 |
| Vidro incolor | 0,06 / 0,25 | 0,84 |
| Vidro colorido | 0,40 / 0,80 | 0,84 |
| Vidro metalizado | 0,35 / 0,80 | 0,15 / 0,84 |
| Pintura: | | |
| Branca | 0,20 | 0,90 |
| Amarela | 0,30 | 0,90 |
| Verde clara | 0,40 | 0,90 |
| Alumínio | 0,40 | 0,50 |
| Verde escura | 0,70 | 0,90 |
| Vermelha | 0,74 | 0,90 |
| Preta | 0,97 | 0,90 |

Fonte: NBR 15220:2003, da ABNT.

Já os parâmetros térmicos das paredes e cobertura foram determinados segundo os métodos de cálculo descritos na norma NBR 15220 e dependem das propriedades como condutividade térmica (λ), calor específico (c) e densidade aparente (ρ), apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais

| Material | P (kg/m ³) | λ (W/(m.K)) | c (kJ/(kg.K)) |
|---|---------------------------|------------------------|------------------|
| Telha de fibrocimento | 1800 – 2200 | 0,95 | 0,84 |
| | 1400 – 1800 | 0,65 | 0,84 |
| Telha de cerâmica | 1000 – 1300 | 0,70 | 0,92 |
| | 1300 – 1600 | 0,90 | 0,92 |
| | 1600 – 1800 | 1,00 | 0,92 |
| | 1800 – 2000 | 1,05 | 0,92 |
| Pinus | 600 – 750 | 0,23 | 1,34 |
| | 450 – 600 | 0,15 | 1,34 |
| | 300 – 450 | 0,12 | 1,34 |
| Concreto normal | 2200 – 2400 | 1,75 | 1,00 |
| Poliestireno expandido moldado (Isopor) | 15 – 35 | 0,040 | 1,42 |

Fonte: adaptado de NBR 15220:2003, da ABNT.

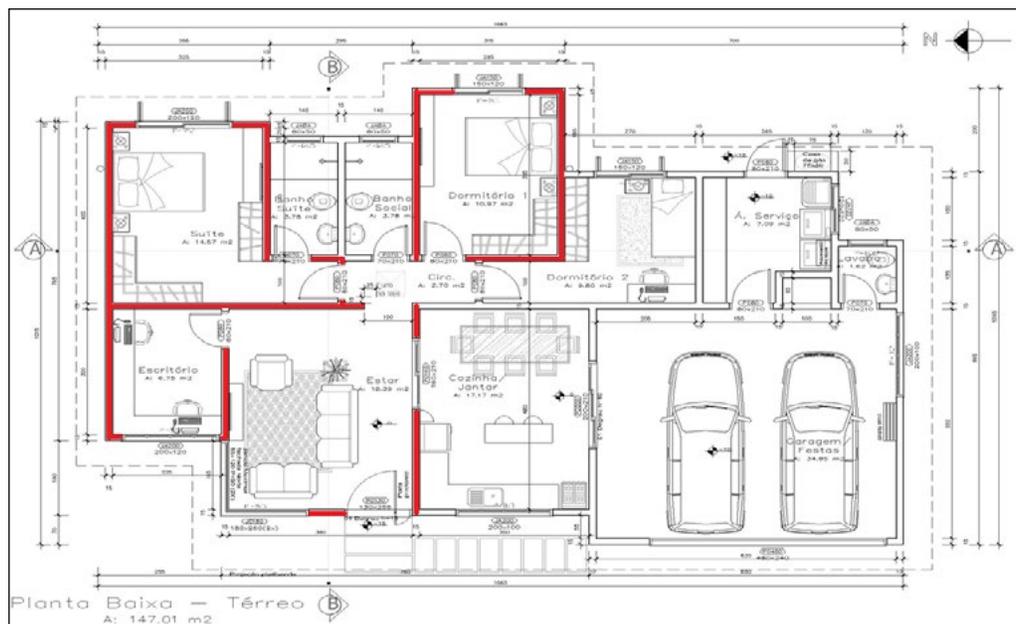
Foram ainda levadas em conta, a espessura e área geométrica que ocupavam os materiais componentes dos elementos. Esses parâmetros são fornecidos pela indústria de materiais da construção civil sob avaliações laboratoriais.

De acordo com esta metodologia, proposta por norma técnica, é possível avaliar de forma, mínima, intermediária e superior o conforto em edificações. Desta forma, foram sugeridos procedimentos de melhora através de simulação para que os valores mínimos fossem atingidos.

3 ESTUDO DE CASO

Tavares (2006) define protótipos habitacionais de acordo com a faixa de renda familiar, a partir de dados gerados por órgãos públicos e pesquisas nacionais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Censo 2000. Foram realizadas as medições das aberturas para ventilação, das vedações externas, paredes e coberturas, de acordo com as especificações definidas pelas normas para uma residência de 147,01 m² como mostra a Imagem 1.

Imagem 1 - Planta Baixa - Térreo

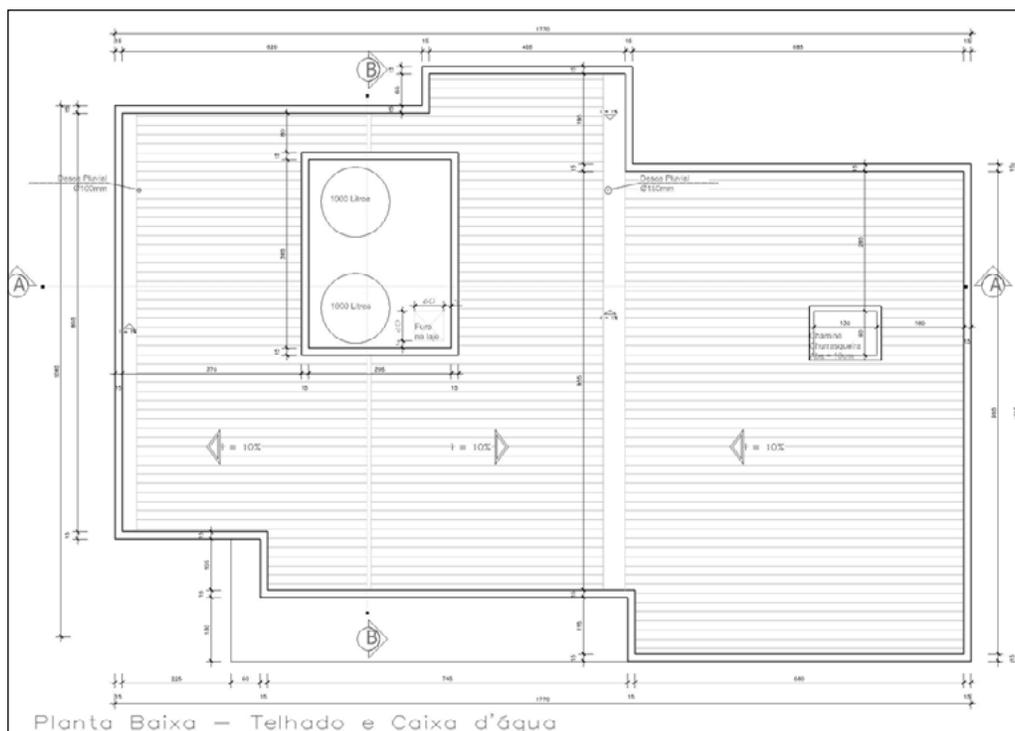


Fonte: Dos Autores, 2018.

O projeto inicial especificava a cobertura, identificada na Imagem 2, como sendo telha de fibrocimento de 8 mm de espessura e forro em madeira de pinus, com espessura de 1,5 cm. A proposta foi compor um novo forro com laje de concreto de 15 cm de espessura e, sobre a laje, uma placa de isopor de 3 cm,

além da troca das telhas de fibrocimento para um modelo de telha cerâmica de 2 cm de espessura.

Imagem 2 - Planta Baixa Telhado



Fonte: Dos Autores, 2018.

Buscando compreender e agilizar os processos de cálculo para o conforto térmico levando em conta as propriedades térmicas dos materiais, foi desenvolvida uma proposta para otimizar estas análises através de uma planilha eletrônica de Excel. Permitindo a inserção de dados sobre os materiais construtivos de paredes e da cobertura, foram processados os cálculos segundo as propriedades definidas, com a vantagem de a ferramenta Excel ter seu uso aberto e gratuito.

O primeiro módulo da planilha de cálculo leva em conta dados como as temperaturas externas e internas, a absorvidade dos fechamentos e as influências da radiação solar, determinando o fluxo total de calor. A partir do Fator Solar e a absorvidade do fechamento transparente e suas respectivas áreas é possível determinar a quantidade de calor recebida por cada ambiente, proposto na Tabela 3. Ainda foi possível determinar a resistência térmica das paredes de alvenaria, considerando suas áreas e a composição de reboco+tijolo+reboco.

Tabela 3 - Ganho de calor nos cômodos pela janela

| | | |
|-----------------------------------|----------|---------|
| Ganho solar pelo vidro | q_s | 155,73 |
| | q_{ft} | 219,42 |
| Suíte ($A_{jan}=2,4m^2$) | Q suíte | 526,608 |
| Dormitório 1 ($A_{jan}=1,8m^2$) | Q dormit | 394,956 |
| Escritório ($A_{jan}=2,4m^2$) | Q escrit | 526,608 |
| Estar ($A_{jan}=5,7m^2$) | Q estar | 1250,69 |

Fonte: Dos Autores, 2018.

No segundo módulo foram analisadas o fluxo térmico e as áreas de influências das fachadas para cada ambiente, considerando fechamentos, cobertura e alvenarias iniciais, determinando a carga térmica do ambiente, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 - Carga Térmica da Residência - Projeto Inicial

| Ambiente | Carga Térmica Total |
|--------------|---------------------|
| Suíte | 2695,78 |
| Dormitório 1 | 2198,26 |
| Escritório | 1856,40 |
| Estar | 3406,71 |

Fonte: Dos Autores, 2018.

Através de um banco de dados, o usuário pode definir uma série de materiais, considerando as informações necessárias para o cálculo de propriedades térmicas. Os dados necessários para os ambientes são, medidas do tijolo, área parede Norte, área parede Leste, área da viga, área tijolo, área argamassa, área do reboco e tijolo e argamassa e reboco, área dos fechamentos, ρ material 1 (cerâmica)(kg/m^3), λ material 1 (cerâmica)($W/(m.K)$), c material 1 (cerâmica)($kJ/kg.K$), ρ material 2 (argam/reboco), λ material 2 (argam/reboco) e c material 2 (argam/reboco).

Em seguida, todos estes dados podem ser importados para a planilha, segundo os critérios de escolha do usuário, vide Tabela 5. A forma de uso destes dados será definida de acordo com o método construtivo de cada usuário. Isso significa que, caso não sejam utilizados os revestimentos ou seja necessário experimentar várias formas de aplicação, os dados podem ser dispostos de forma variada.

Tabela 5 - Características dos materiais da cobertura - Projeto Inicial

| | |
|--|-------------|
| Área da cobertura (m ²) | 50,68 |
| Área da ventilação(cm ²) | 12745 |
| S/A | 251,4798737 |
| S/A>30 --> MUITO VENTILADA | |
| e pinus | 0,015 |
| e fibro cimento | 0,008 |
| λ material 1 (fibro cim)(W/(m.K) | 0,65 |
| λ material 2 (pinus)(W/(m.K) | 0,15 |
| R se | 0,04 |
| R si | 0,17 |
| R ar | 0,21 |
| R _{pinus} | 0,1 |
| R _{fibro cim} | 0,012307692 |

Fonte: Dos Autores, 2018.

Além da posição dos tijolos ou blocos, ainda define-se as condições e propriedade da cobertura. São definidas as espessuras da telha, o material e as condições de ventilação. Desta forma foi possível calcular a transmitância térmica e o fluxo total de calor gerados pela cobertura da edificação, sendo possível testar estes valores para as estações de verão e inverno considerados os fatores de radiação. Ainda há a opção de determinar a cor externa, que permite ao usuário a escolha uma cor ou tipo de superfície para o revestimento exposto ao fluxo de calor.

Propondo uma mudança no uso dos materiais que compunham a residência, calculou-se as cargas térmicas para os todos os ambientes após as mudanças, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Carga Térmica da Residência - Situação proposta

| Ambiente | Carga Térmica Total |
|-----------------|----------------------------|
| Suíte | 1873,66 |
| Dormitório 1 | 1541,98 |
| Escritório | 1471,08 |
| Estar | 2381,62 |

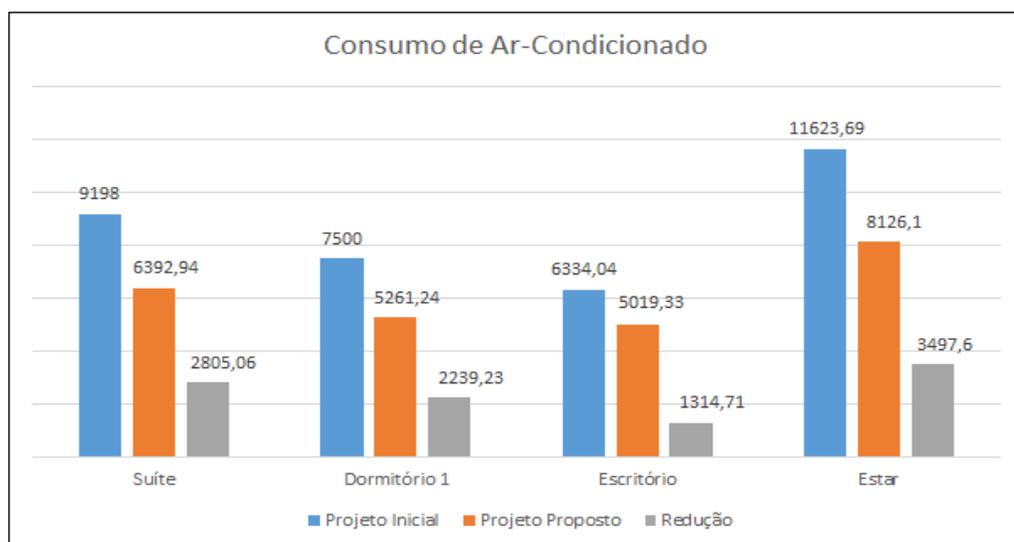
Fonte: Dos Autores, 2018.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que através do desenvolvimento das análises através de uma ferramenta eletrônica facilita a descrição e manipulação dos procedimentos de cálculo. O trabalho com múltiplas variáveis é facilitado, podendo assim, diversificar as condições que buscam a qualidade de vida dos usuários das edificações.

A agilidade da planilha eletrônica foi crucial para analisar a redução do consumo de ar condicionado, comparando as duas modalidades de materiais de cobertura da residência. Isto representa um auxílio a composição dos projetos através de uma gama de materiais.

Gráfico 1 - Consumo de Ar-Condicionado na Residência



Fonte: Dos Autores, 2018.

Conforme o Gráfico 1, com a variação do consumo de energia durante entre as situações apresentadas, observa-se uma considerável redução de consumo considerando a diferença entre o forro de madeira e a laje de concreto armado. A diminuição na sala de estar da residência chega a 30% no consumo. Outro valor considerável é a diminuição na suíte, chegando também à margem dos 30,5% de economia.

Quanto ao consumo de energia elétrica não foram feitas análises aprofundadas e os dados apresentados não mostraram relação entre o consumo de energia e o número de habitantes da residência, uma vez que não se considerou a aglomeração de pessoas. O fator que mais influenciou no consumo de ar-condicionado foram a temperatura do ar, a radiação e o material de cobertura.

Tendo em vista que o maior aumento de consumo de energia em uma residência, normalmente, acontece no período de inverno devido ao aquecimento dos ambientes, no período de verão, o resfriamento dos ambientes acontece utilizando os aparelhos de ar condicionado. Desta maneira, as trocas de calor acontecem em ambos os períodos, e a necessidade de planejar de forma mais efetiva o conforto térmico está ligado diretamente ao emprego de materiais adequados para as situações.

5 CONCLUSÃO

A aplicação prática dos resultados é sem dúvida facilitada e imediata através do uso dos recursos computacionais. Acredita-se que a inserção dos parâmetros e resultados de cálculo possibilita conduzir as análises de forma mais ampla e dinâmica para se adequar ao objetivo de projeto.

É necessário aumentar o desempenho do envoltório das habitações, ou seja, utilizar alvenarias que proporcionem mais resistência térmica e esquadrias de melhor qualidade, bem como coberturas que impedem as trocas muito altas de calor. Deve-se levar em conta que as áreas dos tijolos, telhas e aberturas que influenciam nos vãos de iluminação e ventilação para que hajam trocas de calor, renovação de ar e a retirada da umidade dos ambientes, aliados a orientação solar em que o projeto está localizado.

É importante que as simulações sejam realizadas para se testar formas mais eficientes de empregar os materiais e as formas construtivas de acordo com cada situação de projeto. Manter os níveis de conforto residenciais sem que haja consumo exagerado de energia elétrica e outras energias não renováveis, que caracterizam perda econômica aos usuários. Sendo assim os aquecimentos e resfriamentos artificiais tornam-se energeticamente mais eficientes, o que dá fundamentação para projetos mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações, Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2005.

AKUTSU, M. **Métodos para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil.** São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 1998. (Tese de Doutorado).

AKUTSU, M., VITTORINO, F. **Tratamento de dados climáticos para a avaliação do desempenho térmico de edificações Manual de Procedimentos** (Aplicação à Cidade de São Paulo) - Anexo I. São Paulo, 1998. Publ. IPT 1732.

LAMBERTS et al. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo, Procel/ProLivros, 2004.

SIQUEIRA, T. C. P. A. et al. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações**. In: Revista Escola de Minas, vol. 58, nº 2. Ouro Preto. Abr/Jun 2005.

TAVARES, S. F. **Metodologia para análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.