

APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL NO PROJETO PADRÃO DE CRECHE

**BARROS, Lia A. F. (1); GRAÇA, Valéria A.C. da (1);
KOWALTOWSKI, Doris C.C.K.(2); MORAES, Odair de (3); RUSCHEL, Regina C. (2)**

(1) Arquiteta, mestranda, Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP

(2) Profª. Dr.ª do Departamento de Construção Civil FEC – UNICAMP (doris@fec.unicamp.br)

(3) Engenheiro, mestre em Engenharia Civil pela FEC - UNICAMP

UNICAMP- Faculdade de Engenharia Civil, Caixa Postal 6021, CEP 13083-970, Campinas, SP

RESUMO

Este trabalho é parte integrante de uma pesquisa abrangente que pretende avaliar o desempenho do projeto padrão de creche em conjunto de interesse social no estado de São Paulo considerando a pós ocupação. Em pesquisas anteriores foi analisada a satisfação dos usuários adultos frente ao conforto térmico, que nos resultados mostra um nível de insatisfação alto. Constatando este fato foi elaborado um estudo de análise de intervenções no projeto padrão através da simulação computacional para propor recomendações que otimizem o conforto térmico. A metodologia aplicada consiste na avaliação do projeto padrão através da comparação do projeto original com alterações introduzidas na execução referentes a: iluminação, ventilação, cor, orientação e materiais. A avaliação concentra-se na simulação das condições de conforto térmico através do programa Arquitrop.

A escolha do programa considerou a pertinência das condições climáticas, pois o Arquitrop foi desenvolvido por pesquisadores brasileiros, para abordar o clima tropical regional e considera o consumo energético para refrigeração ou aquecimento do ambiente. Foram encontradas algumas dificuldades na sua aplicação, tais como a entrada dos dados relacionados à geometria e a situação da edificação no lote. A importância deste trabalho está na introdução de melhorias no projeto de creches e utilizar simulações para avaliações com maior precisão. São apresentadas recomendações sobre o uso de simulação computacional e sobre melhorias projetuais da edificação padrão.

ABSTRACT

This study integrates a series of research projects, which evaluate the performance of a standard layout design for nurseries to be located within low-income housing estate in the state of São Paulo and their post-occupancy evaluation. In preceding researches it was analysed satisfaction for adult users towards thermal comfort that turned out a high dissatisfaction result. Verifying this fact it was elaborated a study that analyse intervention on standard lay-out design through computer simulation to propose recommendations that optimises thermal comfort.

The methodology consisted in evaluating the standard lay-out design in its original situation and the introduction during execution and use of with different building elements such as: lighting, ventilation, colour, solar orientation and building material. The evaluation focuses on simulations thermal comfort conditions using the software ARQUITROP. The selection of the software was based on the relevancy of the climatic conditions, since ARQUITROP was developed by local Brazilian researchers and is thus adjusted to the tropical weather conditions. Some difficulties in the use of the software were encountered. Data input related to building geometry and its siting conditions needed substantial simplifications. Recommendations on the computer's simulation and their use for building design improvement are shown.

1. INTRODUÇÃO

O projeto padrão é uma prática comum em projetos públicos de interesse social. Os projetos usam como base programas de necessidades padronizadas das atividades estipuladas pelos órgãos administrativos dos equipamentos urbanos. O partido arquitetônico procura atender objetivos econômicos bem como a racionalidade construtiva. A adaptação do projeto a situações variáveis de topografia e formato do lote são de grande importância. A adequação do projeto padrão a situações específicas provenientes do local de implantação, como acesso, orientação, localização no empreendimento nem sempre são suficientes.

A padronização construtiva não é uma prática nova. Já na época romana havia uma sistematização da construção imposta pelo governo, assim como o Brasil da década de 30 tem a “política da padronização inaugurada de modo exemplar pelo DCT (Departamento de Correios e Telégrafos) em suas agências” (Pereira, 1999). A Modernidade estabeleceu para a arquitetura deste século várias premissas. A produção industrial influenciou a construção civil com a aplicação intensa da tecnologia, racionalidade e aumento de produção, implicando em padronização de projetos e seus elementos. E o resultado arquitetônico destas premissas nem sempre atende as aspirações reais com satisfação, deixando de lado as particularidades de tempo, espaço e cultura.

A análise de simulação por computador de um projeto padrão de creche para conjuntos habitacionais de interesse social é apresentada. A avaliação concentra-se na simulação das condições de conforto térmico através do programa ARQUITROP. Esta avaliação deve contribuir principalmente para a introdução de melhorias dos projetos padrão para creches, que na sua concepção não tiveram uma análise qualitativa com base em simulações computacionais.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é contribuir para uma discussão da arquitetura institucional frente a projetos padrão. A crítica da repetição incondicional de projetos padrão é apresentada. O acréscimo de parâmetros de projeto, além dos físicos como espaços mínimos e acessos, são recomendados parâmetros de conforto com o controle da insolação e ventilação. É imprescindível a adequação ao meio físico e social bem como a criação de espaços dignos para acomodar as atividades dos projetos. O objetivo principal é a criação de indicadores para a melhoria da utilização do espaço através da possibilidade de individualização do projeto padrão de creches. A verificação da implantação do projeto padrão e a simulação feita pelo programa visam possibilitar recomendações para as necessidades de conforto térmico.

3. MATERIAIS E METODOS

A metodologia adotada consiste na caracterização do clima da região, escolha do objeto do estudo de caso, desenvolvimentos de simulações usando a ferramenta ARQUITROP para avaliação do conforto térmico e análise dos resultados.

A ferramenta escolhida para as simulações foi o software ARQUITROP, desenvolvido por Roriz e Basso (1990), pesquisadores da Universidade Federal de São Carlos – SP. O ARQUITROP Versão 3.0 é um método de avaliação simplificado de projetos arquitetônicos, quanto ao conforto térmico e ao consumo necessário de eletricidade para refrigeração ou aquecimento do ambiente. O programa realiza: análise do edifício e sua ocupação; análise do clima – conceito de Zona de Conforto Térmico; análise do balanço térmico (perdas e ganhos); estimativa do consumo de energia para condicionamento. As etapas de execução da ferramenta são:

1. Entrada de dados climáticos da região. A localização escolhida para a simulação foi o Município de Campinas, Estado de São Paulo.
2. Análise do clima da região (Método de Mahoney simplificado) e recomendações para projeto.
3. Entrada de dados e informações sobre as características da edificação e sua utilização.
4. Gráficos da estimativa da variação horária da temperatura e da distribuição do fluxo térmico no ambiente são apresentados.

5. Alteração de elementos de projeto que levam a verificação do projeto de forma a otimizar as condições de conforto na edificação. As variações introduzidas foram principalmente nas aberturas tiveram o intuito de melhorar a ventilação dos ambientes, inclusive a ventilação cruzada conforme a Figura 1

O ARQUITROP permite apenas a simulação de projetos de geometria e implantação simples. Portanto, múltiplas hipóteses simplificadas são adotadas para representar a complexidade dos fenômenos envolvidos. Cada hipótese parametriza aspectos variados da geometria e elementos de influência no conforto térmico tais como: material de construção, localização e dimensão de aberturas, orientação e ocupação. Observa-se ainda que o programa impõe ao projetista que ele determine as normas de utilização da edificação, tais como: horário de abertura das janelas e o tempo que elas permanecerão aberta; número de pessoas presentes no ambiente avaliado e o tempo que ali permanecerão; número de equipamentos existentes no ambiente que produzirão calor, a hora do início de sua utilização e o tempo que os mesmos permanecerão em funcionamento.

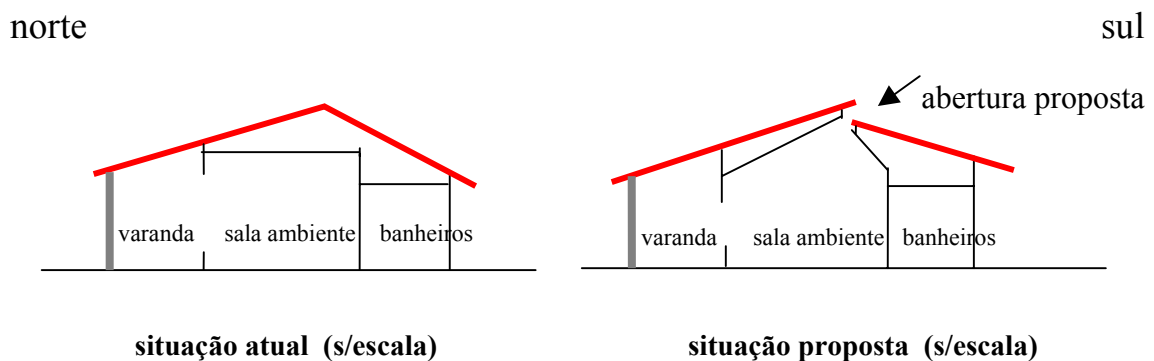


Figura 1 – Proposta de ventilação cruzada para salas ambiente

3.1 Estudo De Caso

O estudo de caso, apresentado para fomentar a discussão, é o projeto do módulo CP3 A concebido e desenvolvido pela CDHU Cia. Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo para equipar com creche e pré-escola conjuntos habitacionais com 200 a 300 unidades habitacionais (Figura 2 e 3).



fachada norte



fachada leste

Figura 2 - Vistas da maquete do projeto padrão

A creche-pré-escola foi dimensionada para atender 150 crianças de 4 meses a 6 anos e 11 meses moradoras do conjunto habitacional, sendo 30 crianças em período integral com idade de 3 meses a 3 anos e 11 meses e 120 crianças em cada um dos dois turnos para idade de 4 anos a 6 anos e 11 meses. A data do projeto de arquitetura é setembro de 1992 e possui área construída de 805,92 m² e área coberta de 1.024,72 m². Os materiais dos componentes da edificação são conforme memorial descritivo especificação técnica de projeto:

- Telhado: madeira com cobertura de telhas de barro;
- Forro: laje pré-moldada;
- alvenaria de fechamento: blocos de concreto;

- paredes e forros: revestidos com massa fina e pintados com cor clara;
- paredes da cozinha e banheiro: revestidas com azulejos do piso até a altura do teto;
- piso das salas ambiente: placas de fibra vinil e
- piso nos demais ambientes: material cerâmico.

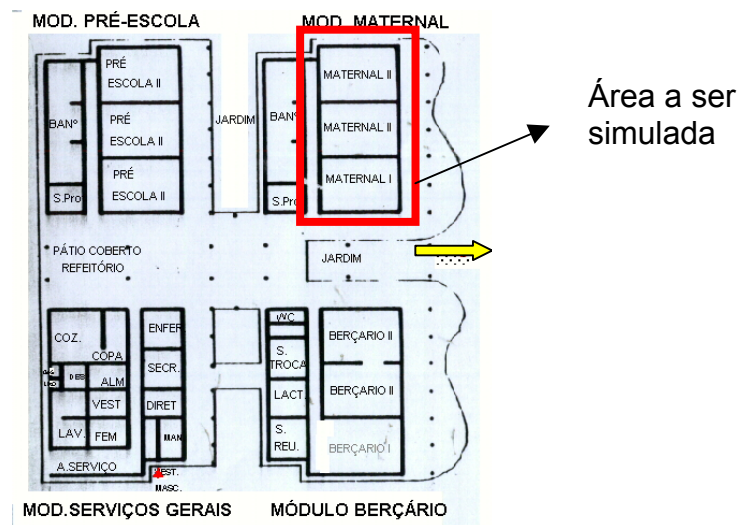


Figura 3 - Planta do projeto padrão

3.2 Dados Climáticos Da Região De Campinas

A ferramenta ARQUITROP possui um banco de dados climáticos que foi ampliado com novos dados. No Posto Meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas – I.A.C. há dados climáticos disponíveis que correspondem ao período de 1983 a 1997. Esses dados foram tratados e introduzidos no programa.

4. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

O ARQUITROP em sua rotina de cálculo avalia o ambiente interno da edificação. Os ambientes do projeto padrão de creche da CDHU passíveis de serem simulados são vários. Foram eleitas as salas ambientes para esta simulação computacional conforme Figura 4.

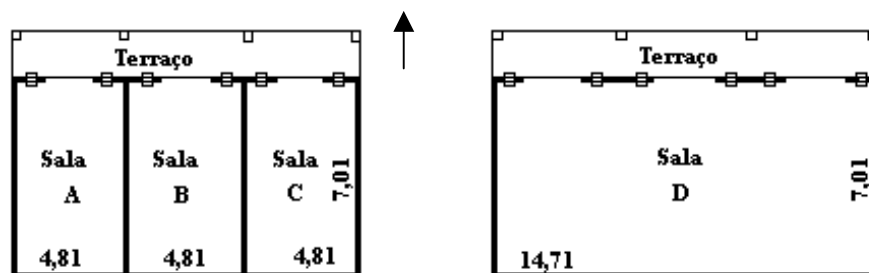


Figura 4 – Esquema sem escala das salas ambientes do projeto padrão de creche da CDHU e do ambiente modificado.

Sendo que a ferramenta ARQUITROP permite apenas a descrição de ambientes isolados e a edificação em questão apresenta três salas conjugadas, foram adotados as seguintes situações: cada ambiente (A, B e C) foi estudado isoladamente e o conjunto das três salas foi estudado como um único ambiente isolado. Também, foi feita apresentada uma somatória dos resultados dos ambientes isolados com intuito de permitir uma comparação com os resultados da simulação do ambiente unificado. Os resultados são apresentados na Tabela 1. Nos valores apresentados na Tabela 1, observa-se que existem pequenas diferenças entre a soma dos valores dos ambientes A, B e C com o valor do ambiente D, o que nos permitiu considerar a área a ser simulada como única, as três salas em conjunto.

Para a utilização do ARQUITROP foram feitas ainda as seguintes considerações:

- Adoção do esquema da Fig. 4 para avaliação de ambientes do projeto padrão de creche da CDHU.
- Definição de número de pessoas em cada sala ambiente: 15 no horário de ocupação. (O local será utilizado por 14 crianças e um adulto no total de 45 pessoas em conjunto).
- Adoção de índice de renovação do ar do ambiente: igual a 6. (Este valor corresponde a valores recomendados para auditórios, igrejas e túneis. Fonte: Moraes (1999).)
- Adoção de valores da temperatura de conforto térmico para uma avaliação de resultados das simulações: entre de 22 °C a 27 °C. (Valores adotados por Koenigsberger et Al. (1997),
- Escolha do mês de março (período de verão)
- Consideração de quatro fachadas da edificação.

	A	B	C	A+B+C	D
dimensões (m)	4,81 x 7.01	4,81 x 7.01	4,81 x 7.01	-----	14,71 x 7.01
V (m ³)	103,9	103,9	103,9	317,8	317,8
Q (W/°C)	325,2	250,5	325,2	900,9	932,2
Qsi (W)	1002,1	896,3	1001,8	2900,22	2926,7
refrigeração(kWh)	411,7	367,3	411,6	1191,6	1201,9
aquecimento (kWh)	55,2	21,9	55,2	132,3	148,2

onde q = carga térmica do ambiente; V= volume do ambiente; Qsi = taxa de ganho térmico do ambiente; e a temperatura de conforto interno entre 23,2 °C e 26,7 °C.

Tabela 1 - Comparação da carga térmica, do volume e da taxa de ganho térmico dos ambientes A, B, C e D

Visando a melhoria do conforto térmico do ambiente das creches foram realizadas as seguintes simulações:

1. Estudo do projeto de acordo com as especificações originais (Projeto Inicial).
2. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro. (Tijolo)
3. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro e 50% de aumento na área de ventilação. (Tijolo + Ventilação)
4. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro, 100% de aumento na área de ventilação, 40% de ampliação da área de iluminação e 35% de aumento do pé-direito. (Tijolo + Ventilação + Ilum. + PD). A ventilação cruzada é considerada parcialmente nesta simulação.
5. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro, 55% de aumento na área de ventilação, 3,00 m de shed com orientação sul e 35% de aumento do pé-direito. (Tijolo + Ventilação + Ilum. + Shed1) A ventilação cruzada é considerada parcialmente nesta simulação.
6. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro, 55% de aumento na área de ventilação, 6,00 m de shed com orientação sul e 35% de aumento do pé-direito. (Tijolo + Ventilação + Ilum. + Shed2) A ventilação cruzada é considerada parcialmente nesta simulação.
7. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro, 55% de aumento na área de ventilação, 3,00 m de shed com orientação leste, 35% de aumento do pé-direito e mudança de orientação NORTE para orientação OESTE . (orientação Leste)
8. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro, 55% de aumento na área de ventilação, 3,00 m de shed com orientação oeste, 35% de aumento do pé-direito e mudança de orientação NORTE para orientação LESTE. (orientação Oeste)

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados dos resultados da análise comparativa das oito simulações foram tabulados e sua visualização esta no Gráfico 1. Verifique-se que o conforto térmico nas oito simulações os resultados a seguir:

- O projeto original possui a temperatura máxima às 14h30 e a menor temperatura às 6h30.
- A simulação 2 e 3 não apresentaram variação na temperatura interna, o que necessita de novos testes já que a ventilação foi aumentada em 50%.
- As simulações 4 e 6 apresentaram pequenas diferenças, sendo necessário uma melhor compreensão de como o programa ARQUITROP considera o *shed*.
- As alterações de projeto que otimizam o conforto térmico é a proposta da simulação 4.

Do projeto inicial para a melhor proposta de desempenho de conforto térmico (simulação 4: Tijolo, Aumento da área de ventilação e iluminação e aumento do pé direito) tivemos uma redução na temperatura interna de 1,5 °C (um grau e meio Celsius). Notamos apesar destas alterações, o conforto térmico da edificação continua insatisfatório, pois atinge temperaturas superiores a 26,7 °C à partir das 10h00 e permanecendo acima desta marca até as 22h00. Nota-se ainda que a temperatura máxima atinge 31 °C as 14h30. Os resultados apresentados não consideraram as proteções reais existentes nas fachadas da edificação analisada, através dos beirais e varandas, bem como o sombreamento vindo de áreas construída de outros ambientes (banheiros) na fachada sul. Estes fatores quando considerados devem amenizar as condições adversas de conforto térmico mostrados nos resultados das simulações.

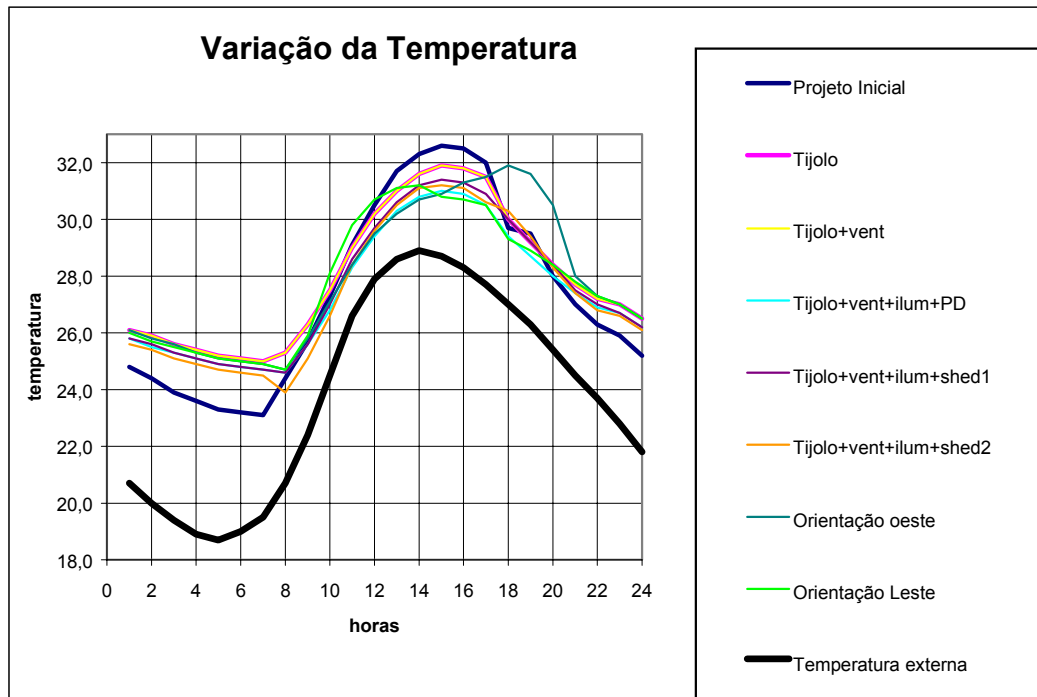


Gráfico 1 – Resultado comparativo das temperaturas internas das oito simulações

5.1 Novos Testes

Visando simulações mais realistas do projeto padrão de creche, foram efetuados novos testes, agora com as seguintes considerações:

- Introduções da área coberta (varanda) que reduz a radiação solar direta sobre as áreas de vidro. (No ARQUITROP não existe possibilidade de introdução de uma varanda. Na presente simulação foi utilizada como opção proteção da área envidraçada por toldos).
- Consideração de apenas três fachadas para a análise das salas, uma vez que a quarta fachada encontra-se protegida por outros ambientes.
- Simulações para o período de verão e para o período de inverno.

Com base nestas considerações foram feitas as seguintes simulações com o ARQUITROP:

1. Estudo do projeto de acordo com as especificações originais (Projeto Inicial)
2. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro. (Tijolo)
3. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro e 50% de aumento na área de ventilação. (Tijolo + Ventilação)
4. Material de vedação para parede de tijolo de barro e 50% de aumento na área de ventilação, 6 m de *shed* com orientação Sul. (Tijolo + Ventilação + Shed)
5. Alteração do material de vedação para parede de tijolo de barro e 50% de aumento na área de ventilação, 6,00 m de *shed* com orientação Sul e aumento do pé-direito. (Tijolo+Vent+Shed+PD).

Os dados dos resultados da análise comparativa das cinco novas simulações foram tabulados e sua visualização esta no Gráfico 2 e 3. Verifique-se que:

- As simulações 2 e 3 não apresentam diferença de temperatura interna.
- As simulações 1 e 4 são muito parecidas o que ratifica a necessidade de melhor compreensão de como o programa considera o *shed*, parecendo que não é considerada área de ventilação referente ao mesmo.
- Não foi possível considerar a opção de simular a ventilação cruzada pois não foi considerada a fachada sul.
- A simulação 2, 3 e 5 são parecidas, novamente sendo comprovada a necessidade de melhores esclarecimentos quanto ao tratamento da ferramenta do detalhe *shed*.
- Comparando inverno e verão não houve alteração significativa da forma das curvas de temperatura decorrente do tipo de material utilizado na simulação, há no entanto uma redução geral média de 4 °C entre verão e inverno das temperaturas máximas e mínimas.
- As simulações dos novos testes mostram que a opção número 2 otimiza o projeto.

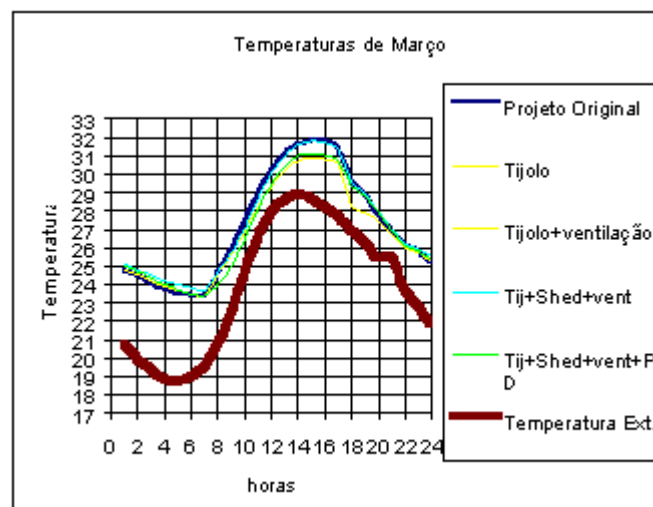


Gráfico 2 – Resultado comparativo das temperaturas internas das cinco simulações para o verão

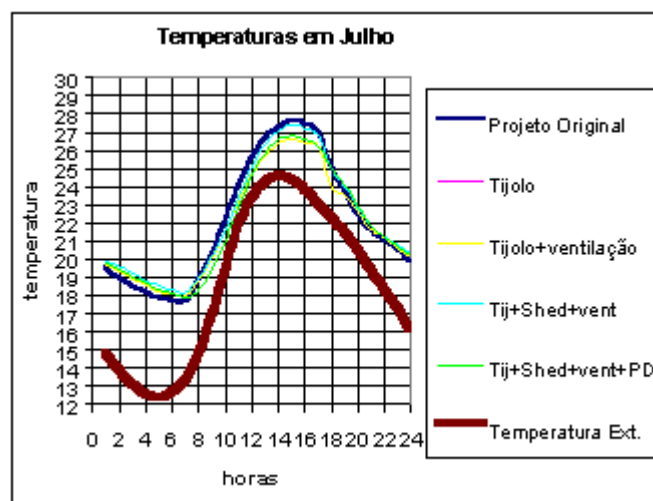


Gráfico 3 – Resultado comparativo das temperaturas internas das cinco simulações para o inverno

6. CONCLUSÃO

Neste trabalho o programa ARQUITROP, ferramenta que auxilia o projetista na otimização de edificação no aspecto econômico-energético, foi aplicado à análise de um projeto padrão de creche. A simulação auxiliou à adequação da edificação ao clima de uma região específica.

É sabido que existem limitações no uso de programas de simulação que se verificaram nesta avaliação. No caso do projeto em questão, edifício para uso institucional, as múltiplas hipóteses simplificadas adotadas não foram representativas da complexidade dos fenômenos envolvidos. Segundo Moraes (1999), o programa ARQUITROP não apresenta procedimentos para situações como, por exemplo, implantação de uma edificação na divisa do lote, ou quando sua alvenaria de fechamento é geminada, ou ainda quando a edificação possui saliências e reentrâncias ou é irregular. Ao utilizar o ARQUITROP percebeu-se também a dificuldade em introduzir um sombreamento de áreas envidraçadas provocado por terraço, varanda ou beirais, ou características de implantação para terrenos acidentados. Um bom nível de conhecimento da teoria do conforto térmico auxilia a interpretação dos resultados obtidos de simulações com o programa ARQUITROP e definição de especificações de projeto. Os resultados destas simulações são importantes para auxiliar na tomada de decisão em relação a mudanças projetuais propostas.

No estudo de caso apresentado a geometria do projeto de creche não coincidiu com a proposta do programa, mas com simplificações adotadas foi possível simular um grande número de variações projetuais e seu desempenho térmico. Quanto ao projeto padrão analisado neste estudo de caso verificamos que sua orientação esta correta conforme recomendação projetual, porém deve estar relacionada em função a carga térmica. Alterações nas especificações de materiais bem como de aumento de pé-direito e ventilação são indicadas para a melhoria do conforto térmico no verão. No caso de um projeto padrão as simulações são de extrema importância na caracterização de situações singulares de implantação. Assim são representadas as variações de clima, lote, disponibilidade de materiais em cada utilização do projeto. A simulação também indica a necessidade de desenvolvimento de listagem de elementos construtivos padronizados para a adequação do projeto padrão à orientação solar ao sitio e a topografia, com critérios que maximizem o conforto térmico. As recomendações apresentadas devem contribuir para o aumento do bem estar dos usuários das creches-pré-escolas de conjuntos habitacionais da CDHU. Demonstrou-se que os resultados das simulações indicam com mais segurança à recomendações de opções projetuais que propiciam conforto aos usuários de uma edificação padrão.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CDHU – CIA. Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo Creche – pré-escola, centro comunitário, posto de saúde – programa estudo preliminar, São Paulo, out. 1991.
- Koenigsberger, O. H. et al *Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales*, Paraninfo S/A, Madrid, 1977.
- Moraes, O. *Avaliação do Desempenho Térmico de uma Edificação na Região Central de Campinas*, Tese (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP – SP, 1999.
- Ornstein, S. W. et al *Ambiente construído & Comportamento: Avaliação Pós-Ocupação e a Qualidade Ambiental*, São Paulo, Studio Nobel, 1995.
- Pereira, M.S, *Os Correios e Telégrafos no Brasil, um Patrimônio Histórico e Arquitetônico*. Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, São Paulo, 1999.
- Rauber, D. L., van Bellen, H. M., Narciso Filho, P. A . L., Lamberts, R. *Comparação de Softwares de Análise Térmica de Edificações: Resultado para um Projeto Padrão e Interface Programa Usuário*, in *Anais do Segundo Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, Florianópolis, SC, 1993.
- Roriz, M., Basso, A. *ARQUITROP Versão 3.0*, São Carlos, SP, 1990.
- Roriz, M. *Conforto Térmico e Economia de Energia em Edificações*, UF São Carlos, São Paulo, 1991.