

MARCELO CORRÊA E CASTRO PEÇANHA

**SIMULAÇÕES DE RESPOSTA
TÉRMICA ATRAVÉS DO
ESP-R - ESTUDOS DO MODELO
E ANÁLISES DE SENSIBILIDADE**

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Engenheiro Mecânico.

Área: Energia e Fluidos

Orientador: Prof. Alberto Hernandez Neto

São Paulo

1997

Peçanha, Marcelo Corrêa e Castro

Simulações de Resposta Térmica Através do ESP-r - Estudos do Modelo e Análises de Sensibilidade. São Paulo, 1997. 146p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Estimativa de Carga Térmica 2. Ar Condicionado I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t

Para Ziza.

AGRADECIMENTOS

O autor deseja agradecer a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho.

Ao Prof. Alberto Hernandez Neto, pela orientação e incentivos, sem os quais este trabalho seria no mínimo improvável. Obrigado Professor, também pela paciência.

Ao Prof. Arlindo Tribess, pelo acompanhamento.

Ao Engenheiro Edison Tito, pelas dicas, e pela idéia geral de como funciona o mundo real, lá fora.

Aos meus amigos da Escola, que aguentaram meu notório mau humor, quando alguma coisa dava errado. Boa sorte para vocês.

Finalmente, aos meus pais, Cláudio e Teka, por terem proporcionado os recursos financeiros e morais para minha educação, que culminam, finalmente, neste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE CARGA TÉRMICA	3
2.1. Avaliação por Balanço de Energia	3
2.2. Métodos de Fatores de Resposta Térmica	7
2.3. Método de Temperaturas Equivalentes	9
3. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DE TROCAS TÉRMICAS	12
3.1. Um Histórico da Simulação Computacional	12
3.2. Classificações de Simulações	13
3.3. Níveis de Abstração	14
4. O ESTADO DA ARTE EM SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	17
4.1. O Programa NBSLD (National Bureau of Standards - Load Determination)	17
4.2. O Programa DOE-2	18
4.3. O Programa BLAST (Building Load Analysis and System Thermodynamics)	20
4.4. União dos Programas BLAST e DOE-2	21
5. O ENERGY SIMULATION PROGRAM - ESP-R	23
5.1. Histórico	23
5.2. Estrutura do ESP-r	23
5.3. Modelo Matemático	25
6. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA (PROTÓTIPOS)	30
6.1. Protótipo Popular	30
6.2. Protótipo Residencial	32
7. ENTRADA DE DADOS NO ESP-R	34
7.1. Arquivo Meteorológico	34
7.2. Dados de Estrutura	35
7.3. Entrada de Dados dos Protótipos	36
8. COMPARAÇÕES COM DADOS EXPERIMENTAIS E PROGRAMAS ...	38
9. ANÁLISES DE SENSIBILIDADE	45

9.1. Variação de Tempo de <i>Start-Up</i>	45
9.2. Variações de Características Gerais de Envelope.....	46
9.3. Variações de Características Individuais - Condutividade Térmica, Densidade e Calor Específico	53
9.4. Variações de Características de Transmissão por Radiação - Emissividade e Absorvidade	58
9.5. Protótipo Residencial - Simulação e Comentários	62
10. CONCLUSÕES	64
Anexo A - LISTAGEM DO PROTÓTIPO POPULAR	66
A.1. Modelagem com 6 zonas térmicas (Ático)	66
A.2. Modelagem com 5 zonas térmicas (sem Ático)	79
Anexo B - LISTAGEM DO PROTÓTIPO RESIDENCIAL	90
Anexo C - ARQUIVOS DE CONFIGURAÇÃO: CLIMA E MATERIAIS....	100
C.1. Arquivo Meteorológico para São Paulo - sp82-1.txt	100
C.2. Arquivo de Construções Primitivas - constr.db1.a	101
C.3. Arquivo de Construções Multi-Camada	102
Anexo D - TABELAS DE RESULTADOS	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
Apêndice I - UTILIZAÇÃO DE <i>SCRIPTS</i> PARA ENTRADA DE DADOS NO ESP-R	

LISTA DE FIGURAS

<i>Título</i>	<i>Página</i>
Fig. 1: Exemplo típico de obtenção de fatores de resposta.	7
Fig. 2: Fusão BLAST e DOE-2. (http://www.bso.uiuc.edu/papers/ibpsa_me1.jpg)	22
Fig. 3: Fluxos de Energia em uma Estrutura. CLARKE (1985) p.78	28
Fig. 4: Planta baixa do Protótipo Popular. AKUTSU (1983).	31
Fig. 5: Planta baixa do Protótipo Residencial. AKUTSU (1983).	32
Fig. 6: Gráfico Comparativo entre modelos com e sem Ático.	39
Fig. 7: Gráfico comparativo entre resultados do ESP-r, Blast (VITORIANO (1995)), e NBSLD (AKUTSU (1983)).	40
Fig. 8: Comparação entre dados do ESP-r e Medidos.	41
Fig. 9: Comparação entre dados do NBSLD e Medidos.	42
Fig. 10: Comparação entre dados do Blast e Medidos.	43
Fig. 11: Comparação entre as Respostas para diferentes tempos de <i>Start-Up</i>	46
Fig. 12: Variação das Características Gerais das Paredes do Protótipo Popular.	47
Fig. 13: Variação Relativa entre os Arquivos de Paredes +10% e -10% em relação ao Caso Base.	48
Fig. 14: Variação das Características Gerais do Teto do Protótipo Popular.	49
Fig. 15: Variação Relativa entre os Arquivos de Teto +10% e -10% em relação ao Caso Base.	50
Fig. 16: Variação das Características Gerais do Teto para o do Protótipo Popular sem Ático.	51
Fig. 17: Variação Relativa entre os Arquivos de Teto em relação ao Base do Protótipo Popular sem Ático.	51
Fig. 18: Variação das Características Gerais de Paredes e Teto do Protótipo Popular.	52
Fig. 19: Variação Relativa entre os Arquivos de Paredes e Teto +10% e -10% em relação ao Caso Base.	53
Fig. 20: Variação da Condutividade Térmica para o Protótipo Popular.	54
Fig. 21: Variação Relativa entre os Arquivos de Condutividade Térmica +10% e -10% em relação ao Caso Base.	55
Fig. 22: Variação da Densidade para o Protótipo Popular.	56
Fig. 23: Variação Relativa entre os Arquivos de Densidade +10% e -10% em relação ao Caso Base.	56
Fig. 24: Variação do Calor Específico para o Protótipo Popular.	57
Fig. 25: Variação Relativa entre os Arquivos de Calor Específico +10% e -10% em relação ao Caso Base.	58
Fig. 26: Variação da Emissividade Externa e Interna para o Protótipo Popular.	59

Fig. 27: Variação Relativa entre os Arquivos de Emissividade +5,6% e -5,6% em relação ao Caso Base.....	60
Fig. 28: Variação da Absorvidade para o Protótipo Popular, em relação ao Caso Base e às Temperaturas Medidas.	61
Fig. 29: Variação Relativa entre o Arquivo de Absorvidade +30% em relação ao Caso Base. ...	62
Fig. 30: Simulação do Protótipo Residencial.....	63

LISTA DE TABELAS

<i>Título</i>	<i>Página</i>
Tabela 1: Níveis de abstração de sistema de simulação. HENSEN (1991).....	14
Tabela 2: Materiais utilizados no Protótipo Popular. (VITORINO, 1995).	31
Tabela 3: Materiais utilizados no Protótipo Residencial. (VITORINO, 1995).	33
Tabela 4: Variações de Condutividade Térmica (W/mK) para os Materiais.	46
Tabela 5: Variações de Densidade (kg/m ³) para os Materiais.	47
Tabela 6: Variações de Calor Específico (J/kg.K) para os Materiais.	47
Tabela 7: Variações de Emissividade para os Materiais.....	59
Tabela 8: Variações de Absorvidade para os Materiais.	59
Tabela 9: Temperaturas do Protótipo Popular, Caso Base (°C).	106
Tabela 10: Temperaturas do Protótipo Popular para Paredes -10% (°C).....	107
Tabela 11: Temperaturas do Protótipo Popular para Paredes +10% (°C).....	108
Tabela 12: Temperaturas do Protótipo Popular para Teto -10% (°C).	109
Tabela 13: Temperaturas do Protótipo Popular para Teto +10% (°C).	110
Tabela 14: Temperaturas do Protótipo Popular para Paredes e Teto -10% (°C).....	111
Tabela 15: Temperaturas do Protótipo Popular para Paredes e Teto +10% (°C).....	112
Tabela 16: Temperaturas do Protótipo Popular para Condutividade Térmica -10% (°C).	113
Tabela 17: Temperaturas do Protótipo Popular para Condutividade Térmica +10% (°C).	114
Tabela 18: Temperaturas do Protótipo Popular para Densidade -10% (°C).	115
Tabela 19: Temperaturas do Protótipo Popular para Densidade +10% (°C).	116
Tabela 20: Temperaturas do Protótipo Popular para Calor Específico -10% (°C).	117
Tabela 21: Temperaturas do Protótipo Popular para Calor Específico +10% (°C).	118
Tabela 22: Temperaturas do Protótipo Popular para Emissividade -5,6% (°C).	119
Tabela 23: Temperaturas do Protótipo Popular para Emissividade +5,6% (°C).	120
Tabela 24: Temperaturas do Protótipo Popular para Absorvidade +30% (°C).	121
Tabela 25: Temperaturas do Protótipo Popular para Start-Up 1 dia (°C).	122
Tabela 26: Temperaturas do Protótipo Popular para Start-Up 5 dias (°C).....	123
Tabela 27: Temperaturas do Protótipo Popular para Start-Up 15 dias (°C).....	124
Tabela 28: Temperaturas do Protótipo Popular para Start-Up 40 dias (°C).....	125
Tabela 29: Temperaturas do Protótipo Popular sem Ático (°C).	126
Tabela 30: Temperaturas do Protótipo Popular sem Ático para Teto -10% (°C).	127
Tabela 31: Temperaturas do Protótipo Popular sem Ático para Teto +10% (°C).	128
Tabela 32: Temperaturas do Protótipo Residencial (°C).....	129

RESUMO

Vários sistemas computacionais surgiram nos últimos anos para saciar a demanda por programas que simulem adequadamente respostas térmicas. O ESP-r, desenvolvido na Strathclyde University, U.K., é mais um deles. A diferença entre este programa e os demais *softwares* comerciais está no escopo e abrangência do método computacional. Este trabalho espera ser um início de estudo na utilização desta poderosa ferramenta nos cálculos de carga térmica.

Foram utilizados dados colhidos em experimento conduzido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), e trabalhos anteriores para comparação com outros programas de estimação de carga térmica (Blast e NBSLD). Também foram efetuados testes de sensibilidade, determinando a influência de variações de propriedades de materiais, cujas características apresentam grande variação no Brasil.

Pôde-se observar o poder do ESP-r na estimação de respostas térmicas, apesar da inexistência de dados meteorológicos consistentes, pela possibilidade de controle de variáveis antes negligenciadas. Também chega-se à conclusão de que o programa, no seu estágio atual, restringe-se à pesquisas acadêmicas, por sua dificuldade de uso.

ABSTRACT

Several computational systems appeared lately to accomplish the demand for softwares that simulate thermal responses. ESP-r, developed at Strathclyde University, U.K., is one more of them. The main difference between the later and the other softwares is on the scope and broadness of computational methods. This work expects to start a process of study of utilisation of this powerful tool on thermal load calculations.

Data collected during previous experiments conducted by the Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) and previous works were used for comparision with other software simulation systems (Blast and NBSLD). Sensibility tests were also performed, estimating the influence of variations on materials properties, whose characteristics vary sensibly in Brazil.

It was possible to observe ESP-r's power to estimate thermal responses, even though consistent weather data inexistis for our simulation, because of the possibility of control of variables that were neglected in previous systems. Also, we concluded that the software, in its current version, is restricted to academical research, due to its lack of user friendliness.

INTRODUÇÃO

Dentre as mais importantes preocupações hoje em dia em relação ao projeto de uma nova estrutura, seja ela residencial, comercial, fabril ou recreativa, está o controle térmico artificial do ambiente. Este ponto não só está relacionado com o evitar do chamado stress térmico, como também com o ganho de produtividade dos ocupantes e pela existência de processos industriais que simplesmente seriam inviáveis sem um correto controle das condições ambientais.

Usualmente na indústria de ar-condicionado, o objetivo final está em prover um ambiente adequado ao conforto térmico, que representa tanto uma situação de equilíbrio térmico do corpo humano com os arredores quanto uma condição mental que representa satisfação com os arredores. Ao longo do tempo, tanto nossas expectativas quanto a este conforto quanto a possibilidade da indústria supri-las cresceram vertiginosamente. Um preço, porém, deve ser pago por estes novos padrões, e este se reflete nos gastos de energia e nos efeitos danosos ao meio ambiente.

O custo energético, antes de 1973 tão subestimado, torna-se hoje um importante parâmetro de projeto, somando-se às tão díspares características com que nos confrontamos durante a criação de uma estrutura. Alternativas mais econômicas devem ser analisadas o mais prontamente, e ao menor custo total possível, e à correta escolha de melhores tipos de isolamento, taxas de admissão de ar exterior, controle de iluminação, materiais de construção, áreas envidraçadas, deve ser dada a devida atenção.

Após a crise energética, diversos padrões foram modificados para conter a demanda, como por exemplo a limitação do ar de ventilação exterior a valores muito baixos, para diminuir a carga térmica inerente ao condicionamento deste ar. Ao mesmo tempo, porém, começam a surgir novas restrições com relação à qualidade do ar interior aos edifícios - e novas normas foram criadas com isto em mente. O problema com que nos confrontamos é que parâmetros como estes possuem sensibilidades diferentes, e dependem matematicamente uns dos outros, o que torna a escolha da correta configuração um trabalho muitas vezes não imediato.

A necessidade dos métodos computacionais de análise energética emerge destas questões. A possibilidade de analisar muitas variáveis e resolver abrangentes sistemas de equações em um tempo razoável, somados ao relativo baixo custo de poderosos sistemas digitais é o que torna viáveis avaliações impossíveis no passado.

O objetivo deste trabalho é, portanto, pavimentar o uso de um software de última geração no ambiente brasileiro. A economia brasileira começa a emergir de vários anos de letargia, começando a enquadrar-se nos padrões de consumo de países mais civilizados, e as ferramentas de projeto e análise devem seguir a tendência de maior probidade em relação aos insumos disponíveis. O trabalho se constituirá de um estudo de aplicação do programa ESP-r a condições locais, bem como uma análise de sensibilidade em relação a alguns parâmetros, utilizando ferramentas do programa, aproveitando suas características de abrangência no tocante à possibilidade de modificação de modelos e parâmetros comumente admitidos em outras simulações. Os materiais de construção nacionais, dado o estado de nossa indústria de insumos de construção civil, variam enormemente suas propriedades térmicas (AKUTSU (1993)) fazendo-se necessário um estudo do impacto de algumas destas variações nas estimativas de resposta térmica de um sistema a ser simulado.

SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DE CARGA TÉRMICA

2.1. Avaliação por Balanço de Energia

O primeiro e mais imediato sistema de cálculo de cargas térmicas e resposta térmica de edificações é o balanço de energia. Este método é sem dúvida o mais condizente com a teoria, mas o de aplicação mais demandante, mesmo em computação digital. Baseia-se na aplicação sucessiva das equações de transferência de calor e massa em pontos (ou "nós") escolhidos no sistema.

Este foi, justamente por ser imediato, o primeiro método de análise utilizado nas avaliações, mas possuía a desvantagem de necessitar de computadores com grande capacidade e demandavam grande tempo de funcionamento. Isto tornava inviável para o projetista comum utilizar-se dos modelos e resultados em aplicações comuns.

É costume na literatura específica dividir-se a transferência de calor, mais para facilidade de entendimento do que para uma representação real do problema, em três modos: condução, convecção e radiação. O fenômeno da condução unidirecional, que representa a transferência de calor através de um sólido, é modelado pela Lei de Fourier:

$$q_F = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

Onde:

q_F é a taxa de transferência de calor (W);

k é a condutividade térmica do material ou meio ($\frac{W}{m \cdot K}$);

A é a área normal à direção do fluxo de calor (m^2);

$\frac{dT}{dx}$ é o gradiente de temperatura ($\frac{K}{m}$).

A convecção é representativa do fenômeno de transferência de calor em que ocorre uma ação combinada de condução através de uma superfície fluida e transporte de massa ocorrendo nas partículas do fluido. Geralmente é modelada a partir da seguinte relação, proposta por

Newton:

$$q_c = \bar{h}_c \cdot A \cdot \Delta T \quad (2.2)$$

Onde:

q_c é a taxa de transferência de calor (W);

$\bar{h}_c$ é o coeficiente médio de convecção superficial ou condutância térmica superficial por convecção ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$);

A é a área normal à direção do fluxo de calor (m^2);

ΔT é a diferença entre a temperatura da superfície do sólido e a da massa do fluido em local especificado (correspondente à diferença de temperatura através da camada de passagem) (K).

A radiação é um fenômeno complexo, que além de ser constituído de equação não linear, envolve outros fatores além do coeficiente análogo aos acima citados. Representa a troca de calor que ocorre, independentemente do meio, entre dois corpos com temperaturas acima do zero absoluto. Os corpos não estão em contato físico, sendo o meio entre eles, ao contrário dos outros processos, um impedimento às trocas de calor. O termo radiação se aplica a toda forma de transmissão de energia por meio de ondas eletromagnéticas, mas o fenômeno de interesse em nossa análise possui duas formas: radiação de onda longa e de onda curta.

Como onda longa podemos definir a transmissão que ocorre em corpos negros, em temperaturas relativamente baixas, e caracterizando-se por não emitir radiação na banda visível (luz) própria. Onda curta é a energia resultante de um corpo brilhante. Embora esta classificação seja pouco precisa em termos de modelagem, já que ambas são expressas pelas mesmas equações, é útil na compreensão do fenômeno do ponto de vista macroscópico, e de relações de causa e consequência. O fato dos corpos emissores de radiação por onda longa estarem acima do zero absoluto se deve ao fato de absorverem energia de um corpo emissor de onda curta, em caso último o Sol.

A equação que exprime o fenômeno pode ser colocada da seguinte forma:

$$q_r = \sigma \cdot A_1 \cdot F_e \cdot F_{1-2} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.3)$$

Onde:

q_r é a taxa de transferência de calor (W);

σ é a constante de Stefan-Boltzman ($5,67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$);

F_e é um coeficiente dependente da integração das emissões da superfície;

A_1 é a área normal à direção do fluxo de calor, relativo à superfície 1 (m^2);

F_{1-2} é o chamado Fator de Forma, que qualifica a superfície visível do corpo 1 que o corpo 2 "enxerga" durante a troca por radiação;

T_1 e T_2 são as temperatura absolutas dos corpos trocando calor (K).

A principal dificuldade deste modelo está em sua abrangência, já que todas as superfícies que estão no campo "visível" de uma dada superfície estão trocando calor com ela. Os fatores F_e e F_{1-2} são portanto muito difíceis de calcular. Uma outra dificuldade está na resolução desta equação em conjunto com os outros modelos, de convecção e condução, já que a temperatura está na quarta potência, o que torna o sistema não-linear.

Uma forma de trabalho com estas equações consiste em uma simplificação de forma a tornar a equação trabalhável em conjunto com as outras, reescrevendo-a da forma:

$$q_r = h_r \cdot A_1 \cdot (T_1 - T_2) \quad (2.4)$$

Onde o coeficiente de transmissão de calor por radiação h_r é definido como:

$$h_r = \frac{\sigma \cdot F_e \cdot F_{1-2} \cdot (T_1^4 - T_2^4)}{T_1 - T_2} \quad (2.5)$$

Ainda, tendo-se:

$$\frac{T_1 + T_2}{2} = T_m \quad \text{e} \quad (2.6)$$

$$\frac{T_1 - T_2}{2} = \Delta T \quad (2.7)$$

Obtemos:

$$h_r = 4 \cdot \sigma \cdot F_e \cdot F_{1-2} \cdot T_m (T_m^2 - \Delta T^2) \quad (2.8)$$

Quando ΔT é pequeno comparado com T_m , o que ocorre com corpos abaixo de 60°C - e na prática é muito raro encontrar-se situações diferentes - a equação pode ser reescrita:

$$h_r = 4 \cdot \sigma \cdot F_e \cdot F_{1-2} \cdot T_m^3 \quad (2.9)$$

Isto é comumente referido como "Linearização da Radiação", e a literatura mostra que para situações comuns o erro é bastante aceitável. Por exemplo, para $T_m = 300$ K e $\Delta T = 30$ K (correspondente a uma diferença de temperaturas $T_1 - T_2 = 60^\circ\text{C}$) o erro limita-se a 1%. Considerando-se o peso da parcela radiativa frente às outras o erro é ínfimo, excetuando-se aqui o ganho solar, que demanda maiores cuidados. Vários algoritmos para a determinação da chamada temperatura "Ar-Sol" utilizada nesta equação, quando do cálculo de radiação de onda curta, demonstraram resultados aceitáveis (AKUTSU (1983)).

O último fenômeno que merece aqui atenção é o de transferência de massa, modelado pela Lei de Fick:

$$j_1 = -\rho \cdot D_{1-2} \cdot \nabla m_1 \quad (2.10)$$

Onde:

j_1 é a taxa de transferência massa do corpo 1 ($\frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot \text{m}^2$);

ρ é a densidade da mistura ($\rho = \rho_1 + \rho_2$) ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$);

D_{1-2} é o coeficiente de difusão binária, ou difusividade de massa entre os corpos 1

e 2 ($\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$);

∇m_1 é o gradiente da fração mássica da espécie m_1 ($m_1 = \frac{\rho_1}{\rho}$).

A transferência de massa é um fenômeno que aparece nas modelagens de carga térmica embebido no conceito de "calor latente", que é definido como a carga devido à presença de vapor d'água no ambiente, que deve ser retirada pelo sistema de condicionamento para manter as condições de conforto. É mais comum, ao invés de utilizar diretamente a Lei de Fick para mo-

delar o fenômeno, os resultados contidos em cartas psicrométricas, que tratam diretamente do vapor d'água contido em condições atmosféricas comuns, por serem de mais fácil tratamento.

2.2. Métodos de Fatores de Resposta Térmica

Os métodos computacionais de cálculos de carga térmica, mesmo utilizando os balanços de energia, não se adaptam às características dos computadores antes do desenvolvimento dos métodos numéricos para a resolução de equações diferenciais. Tais dificuldades alavancaram o desenvolvimento de sistemas de equações com o auxílio da Teoria de Controle, gerando sistemas lineares, que podiam ser resolvidos mais facilmente por máquinas menos poderosas.

O método dos fatores de resposta térmica, desenvolvido inicialmente por Mitalas e Arseneault (AKUTSU (1983)), utiliza-se da discretização temporal de três tipos de resposta térmica da estrutura em questão, normalmente avaliados por balanços de energia, a partir de funções de entrada padrão conhecidas. A entrada é normalmente um pulso triangular unitário, com intervalo de uma hora, o que representa resultados com a mesma precisão que outros tipos de pulsos simples (quadrados ou retangulares), com maior rapidez de cálculo. (VITTORINO (1994)). A partir de algumas hipóteses simplificadoras comumente adotadas em simulações analíticas (fluxo unidimensional, isoterma, propriedades constantes, etc.) o sistema é descrito por um conjunto de equações lineares e invariantes, o que permite a utilização do Princípio da Superposição.

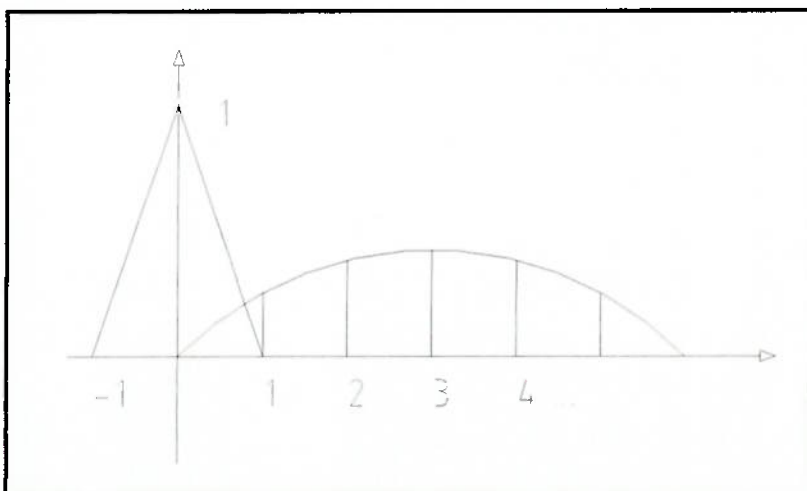


Fig. 1: Exemplo típico de obtenção de fatores de resposta.

Utiliza-se os seguintes fatores na avaliação:

- *Fatores tipo X* - resposta da face externa da estrutura à perturbação triangular aplicada também externamente, mantida a temperatura interna constante;
- *Fatores tipo Y* - resposta da face interna da estrutura à perturbação triangular aplicada agora internamente, mantida a temperatura externa constante;
- *Fatores tipo Z* - resposta da face interna à perturbação triangular aplicada externamente;

A resposta a tempo discreto do sistema térmico fica:

$$Q_{\text{externo}} = \sum_{j=0}^{\infty} Y(j) \cdot T_{\text{sup.int.}}(t-j) - \sum_{j=0}^{\infty} Z(j) \cdot T_{\text{sup.ext.}}(t-j) \quad (2.11)$$

$$Q_{\text{interno}} = \sum_{j=0}^{\infty} X(j) \cdot T_{\text{sup.int.}}(t-j) - \sum_{j=0}^{\infty} Z(j) \cdot T_{\text{sup.ext.}}(t-j) \quad (2.12)$$

Onde:

$T_{\text{sup.ext.}}$ e $T_{\text{sup.int.}}$ representam as temperaturas nas superfícies interna e externa, para o tempo atual de simulação e para o tempo passado.

A função resultante é uma série matemática infinita. A partir de um certo valor, porém, a relação entre um termo de fator de resposta e o do momento imediatamente anterior aproxima-se de uma constante, com:

$$\frac{X(j)}{X(j-1)} = \frac{Y(j)}{Y(j-1)} = \frac{Z(j)}{Z(j-1)} = RC = \text{cte.} \quad (2.13)$$

Podemos ainda transformar os fatores através da constante definida acima, de forma a:

$$\begin{aligned} X'(j) &= X(j) - RC \cdot X'(j-1) \\ Y'(j) &= Y(j) - RC \cdot Y'(j-1) \\ Z'(j) &= Z(j) - RC \cdot Z'(j-1) \end{aligned} \quad (2.14)$$

O que torna a resposta:

$$Q_{\text{externo}}(t) = \sum_{j=0}^N Y'(j) \cdot T_{\text{sup.int.}}(t-j) - \sum_{j=0}^N Z'(j) \cdot T_{\text{sup.ext.}}(t-j) - RC \cdot Q_{\text{externo}}(t-1) \quad (2.15)$$

$$Q_{\text{int.emo}}(t) = \sum_{j=0}^N X'(j) \cdot T_{\text{sup.ext.}}(t-j) - \sum_{j=0}^N Z'(j) \cdot T_{\text{sup.int.}}(t-j) - RC \cdot Q_{\text{int.emo}}(t-1) \quad (2.16)$$

Onde N é o número de fatores de resposta calculados até a condição de igualdade relativa (NC). A partir destes valores, a ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*) tabelou valores de resposta térmica para diversos tipos de materiais, o que tornava, pela primeira vez, cálculos possíveis a uma vasta gama de empresas de consultoria.

Novos programas de simulação - que hoje se tornam populares - já se utilizam de funções internas que calculam os fatores de resposta para qualquer tipo de estrutura, não necessitando recorrer à simplificações para adequar materiais diferentes às poucas categorias da ASHRAE.

2.3. Método de Temperaturas Equivalentes

O último passo dado pela ASHRAE rumo à simplificação foi a criação dos métodos de Temperaturas Equivalentes, o que tornou possível pela primeira vez os cálculos manuais relativamente precisos de cargas térmicas.

Baseia-se na simplificação de todos os modos de transferência de calor na forma habitual da fórmula de troca de calor, com a diferença de temperatura substituída por um fator tabulado. Estes fatores são basicamente de três tipos:

- CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) - utilizado para transferência de calor através do envelope da estrutura.

$$q_{\text{envelope}}(t) = U \cdot A \cdot (CLTD)_t \quad (2.17)$$

Onde:

A é a área em que ocorre o fluxo de calor (m^2);

U é o coeficiente global de transferência de calor, levando em conta todas as

parcelas, condução, radiação e convecção, ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$);

O índice t representa o fato dos coeficientes serem tabulados hora a hora, e deve-

se utilizar os coeficientes de uma hora determinada para o fluxo de calor desta hora.

- SCL (*Solar Cooling Load Factor*) - para ganhos de calor através de estruturas transparentes.

$$q_{\text{vidros}}(t) = A \cdot SC \cdot (SCL)_t \quad (2.18)$$

Onde:

SC é o coeficiente de sombreamento que a área envidraçada sofre.

- CLF (*Cooling Load Factor*) - para ganhos de calor originados dentro do ambiente (luzes, pessoas, equipamentos, etc.)

$$q_{\text{interno}}(t) = q_{\text{interno.bruto}}(t) \cdot (CLF)_t \quad (2.19)$$

Onde:

$q_{\text{interno.bruto}}$ representa o calor bruto gerado pelos aparelhos dentro do ambiente (W);

As tabelas são geradas para uma certa elevação, latitude, dia e material, o que as torna bastante específicas do ponto de vista da utilização. No entanto, fatores de ajuste são publicados por órgãos como a ASHRAE, que tornam possível, dentro de uma margem razoável de erro, a utilização deste método para situações diferentes. A publicação deste método significou um grande salto em qualidade para as pequenas empresas de consultoria que não dispunham de grande capacidade computacional, e tornou o cálculo de cargas térmicas viável para uma enorme gama de situações e projetos que não justificavam a utilização de sistemas de avaliação mais poderosos.

Este sistema era utilizado (e em alguns casos ainda o é) para a determinação da carga de pico em um momento determinado do ano, considerado o dia padrão de projeto (por exemplo, 21 de fevereiro para o caso brasileiro). A carga térmica resultante era estimada como a maior carga possível no ambiente, e o aparelho de condicionamento era escolhido com base nestes números. Como os aparelhos são vendidos em poucos modelos padronizados, o método permitia evitar um super-dimensionamento descontrolado da planta.

No entanto, com as preocupações energéticas e de meio ambiente, este é o momento em que as simulações computacionais retornam - e agora para o usuário comum. Um método manual, ou pelo menos projetado para ser utilizado para cálculos manuais, começa a cair em desuso frente tanto à facilidade de aquisição e utilização dos novos programas, quanto ao menor custo que eles acabam representando. (Devemos aqui lembrar que o custo de mão de obra, em termos de tempo de projeto, se torna cada vez mais o maior de todos os custos).

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DE TROCAS TÉRMICAS

Simulações computacionais têm caracterizado o desenvolvimento de uma nova maneira de abordar problemas de engenharia, tornando-se hoje um instrumento indispensável em projeto de novas estruturas. A tecnologia avança em direção a cada vez melhores algoritmos para prever trocas térmicas e análises energéticas. Um esforço considerável está sendo despendido na comunidade científica no sentido de implementar modelos cada vez mais precisos e aderentes à realidade, seguindo o ganho de performance e a alta aceitação dos computadores disponíveis no mercado.

Uma construção moderna pode ser classificada como um sistema complexo composto de múltiplos subsistemas interagindo entre si. Processos de transferência de energia ocorrem contínua e simultaneamente nas regiões interconectantes da estrutura, como ambientes, paredes, janelas, etc. Esta complexidade é magnificada pelas características dinâmicas do sistema, que correspondem tanto às mudanças climáticas quanto a mudanças em operação (por exemplo, *setpoints* em termostatos, iluminação, etc.).

3.1. Um Histórico da Simulação Computacional

As técnicas de modelagem de estruturas sofreram um acentuado desenvolvimento nestes últimos anos, desde os métodos rústicos tradicionais até os métodos atuais, altamente sofisticados no tratamento das variáveis.

Tradicionalmente, o foco estava em avaliar o consumo de energia e os orçamentos de construção em períodos iniciais do projeto. Este tipo de problema era abordado pela simples automatização de processos manuais, orientados por padrões ditados por normas internacionais, tendo como o exemplo por excelência os métodos de Temperaturas Equivalentes desenvolvidos pela ASHRAE, e citados acima. O sistema era só parcialmente modelado e assumido em regime permanente, o que permitia a resolução analítica devido à simplicidade das equações envolvidas. Vários parâmetros deveriam ser fornecidos pelo usuário, sendo baseados principalmente na experiência pessoal do projetista, e os resultados representavam a resposta tér-

mica mais qualitativa do que quantitativamente, o que de novo necessitava de um bom conhecimento para a avaliação dos resultados. (ASHRAE (1994)).

Os métodos de Fatores de Resposta Térmica, sempre presentes em escala mais reduzida devido à sua aplicabilidade restrita aos grandes computadores, retorna como o método preferencial, por sua facilidade de aplicação.

Além destes métodos, utilizados em programas de grande aceitação hoje, como o BLAST, DOE-2 e NBSLD, começa-se a seguir na linha das simulações abrangentes, com o surgimento de programas como o ESP-r.

3.2. Classificações de Simulações

Considerando o ponto de vista da resposta da edificação, os modelos existentes podem ser categorizados nas seguintes categorias: regime permanente ou transitório, generalistas ou específicos, integrados ou *stand-alone*, abertos ou fechados, conceituais ou explícitos, baseados em processos ou baseados em componentes, seqüenciais ou simultâneos, enfim, possuem uma gama extensa de classificações, típicas de sistemas computacionais genéricos de simulação. Estas categorias foram propostas por HENSEN (1991).

Em termos de regime permanente versus transitório, a tendência a ser seguida deve ser em direção aos sistemas que operam em regime transitório. Entretanto, o consenso entre a comunidade científica tem sido que as características dinâmicas de sistemas térmicos podem ser aproximadas de uma série de estados quase-estáticos, desde que o intervalo temporal entre eles seja grande o suficiente comparado com a resposta dinâmica do sistema térmico, tanto da planta de ar-condicionado quanto do envelope da edificação. A discussão em torno deste ponto parece à primeira vista transcender o escopo da simulação computacional, já que, operando em lógica binária, o computador nunca promove operações em tempo contínuo. O fato é que o modelo pode ser concebido em termos contínuos e resolvido numericamente por um método computacional ou já concebido com a discretização no tempo definida. Esta distinção se aplica à diferença entre o Método dos Fatores de Resposta Térmica, que se enquadra neste último caso, e o método empregado no ESP-r, diferencial em sua natureza.

Em termos de programas generalistas versus específicos, podemos citar certos programas de análise matemática, como o MATLAB/SIMULINK, TUTSIM, EASY5x, EES, que em teoria poderiam ser utilizados em análise energética. O grau de complexidade exigido, porém, parece excluir estes programas deste tipo de simulação.

Programas *stand-alone* parecem também ser uma tendência em desuso, sendo preteridos em face aos programas que integram tanto a análise térmica quanto englobando planta e edificação, gerando também dados sobre os gastos energéticos do sistema como um todo. O NBSLD pode ser classificado desta forma, assim como as primeiras versões dos programas hoje difundidos no mercado.

Um programa recebe a classificação de *fechados* quando alterações no modelo somente podem ser efetuadas mediante modificações no código e posterior recompilação. Apesar da flexibilidade oferecida pela possibilidade de rápidas modificações, programas abertos parecem estar sendo preteridos em favor dos fechados em razão tanto da complexidade resultante quanto de problemas de espaço, devido ao tamanho dos códigos resultantes.

3.3. Níveis de Abstração

Um modo preferencial de abordar a classificação dos *softwares* de simulação é considerar o nível de abstração, de puramente conceitual até totalmente explícito, em termos de especificação do usuário e/ou representação numérica/matemática.

A tabela 1 demonstra os tipos segundo HENSEN (1991):

	Nível	Tipo
A	somente processos térmicos na edificação; planta ideal	CONCEITUAL v
B	modelagem completa da planta (volume de ar variável, água gelada, etc.)	
C	modelagem completa em termos de componentes (dutos, ventiladores, bombas, etc.)	
D	nível de subcomponente, em termos de balanço de energia, de massa, de potência elétrica, etc.)	EXPLÍCITO

Tabela 1: Níveis de abstração de sistema de simulação. HENSEN (1991).

No caso do nível A, a especificação e a representação da planta do sistema é puramente conceitual, e somente processos envolvendo o lado das trocas de calor da estrutura são considerados. Este processo é o utilizado nos programas que possuem como objetivo único a deter-

minação da carga térmica para o selecionamento do sistema de condicionamento, já que sem conhecer-se de antemão a planta, uma abordagem conceitual permite que alternativas sejam avaliadas sem o ônus da especificação detalhada dos sistemas. O NBSLD possui este modo de operação, e o ESP-r pode operar desta forma opcionalmente.

O nível B significa que o programa pode operar com plantas de modo mais complexo, simulando situações térmicas diferentes para plantas diferentes. Ainda são mantidas vantagens de simplificação, podendo modelos deste tipo serem utilizados para projetos em fase inicial, embora sua grande força esteja em simular respostas energéticas de sistemas já determinados. A principal desvantagem provém do fato que na grande maioria das vezes os modelos das plantas já são fornecidas em conjunto com o *software*, o que dificulta mudanças. O DOE-2 e o BLAST se enquadram nesta categoria.

O nível C já é o próximo passo em direção a uma descrição mais detalhada e trata de componentes separadamente. Existem basicamente dois tipos de abordagem que se enquadram nesta categoria: sistemas baseados em dados de entrada e saída, em que cada parte do sistema completo (zona térmica da edificação, componente específico, subsistema, etc.) é descrito por um conjunto de dados de entrada e saída; e sistemas baseados em conservação de energia, em que se opta pela discretização no tempo e no espaço tanto das zonas térmicas como dos sistemas térmicos (serpentinhas, dutos, sub-componentes, etc.), resolvendo-os simultaneamente em uma matriz. No primeiro método, atinge-se uma boa independência entre os sistemas, já que sendo os arquivos interrelacionados apenas em entrada e saída, é possível substituir sub-sistemas ou componentes sem modificar os arquivos restantes. Exemplos deste tipo podem ser encontrados no TRNSYS. Já o último tipo demanda mais potência computacional, gerando resultados mais precisos, mas a entrada de dados torna-se mais complexa. Como exemplos principais, citamos um dos modos de operação do ESP-r e o HVACSIM+.

O nível D, última palavra em métodos explícitos, aplica tanto as equações de Conservação, levando em conta as transferências de energia, quanto modernos modelos de transferência de massa e análises de consumo de energia elétrica baseados em conceitos avançados de computação e engenharia econômica. Aqui, as matrizes de resolução podem ser separadas de

acordo com o tipo de análise que se deseja efetuar, podendo-se utilizar o método de resolução mais adequado ao tipo de equações resultantes, sejam elas lineares, altamente não-lineares, diferenciais, etc. Este método é representado no momento exclusivamente pelo ESP-r.

Quando o nível de abstração muda de conceitual para mais e mais explícito, o número de parâmetros necessários para a simulação aumenta, o que pode gerar um problema prático em duas frentes: a necessidade de poder computacional aumenta muito, justificando a aquisição de uma máquina mais complexa e cara; e o tempo de preparação e os conhecimentos prévios dos parâmetros do projeto crescem substancialmente, gerando um aumento de custos e de tempo de execução do projeto completo de engenharia. Destes fatores, podemos inferir que os programas que se encaixam nos níveis A e B são mais preparados para abordar projetos em fases iniciais, quando a preocupação maior está em reduzir as *demandas* de energia, enquanto os níveis C e D estão mais aptos a abordar problemas em fases mais finais, ou reformas ou ainda projetos muito críticos, que estão relacionados com reduzir os *consumos* de energia.

O ESTADO DA ARTE EM SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

São quatro os programas de maior sucesso, tanto comercial, quanto institucional, de simulações de carga térmica disponíveis hoje no mercado: O BLAST, o NBSLD e o DOE-2, além, é claro do ESP-r. Os três primeiros foram lançados no mercado americano, e possuem grande aceitação pela sua facilidade de uso e resultados satisfatórios. O ESP-r possui boa disseminação na Europa, onde surgiu na década de 80.

Outros programas possuem também boa aceitação, mas estão fora do escopo deste trabalho pela falta de material sobre a aplicação destes em situações brasileiras na literatura. Podemos citar como importantes, o EASY5x da Boeing Computer Services (EUA), o EMGP3 da Universidade de Leuven (Heverlee, Bélgica), o HVACSIM+ do National Institute of Standards and Technology (Gaithersburg, Maryland, EUA), o TRNSYS da Universidade de Wisconsin (Madison, WI, EUA), o TSBI3 do Danish Building Research Institute (Horsholm, Dinamarca) e o TUTSIM da Universidade de Tecnologia Twente (Enschede, Holanda).

4.1. O Programa NBSLD (National Bureau of Standards - Load Determination)

O programa NBSLD foi desenvolvido pelo National Bureau of Standards dos EUA (hoje National Institute of Standards and Technology - NIST), sob a supervisão de Tamami Kusuda, e foi um dos primeiros *softwares* a se utilizar do Método de Resposta Térmica em suas avaliações de transferência de calor.

Foi implantado no IPT no início dos anos 80 e extensos estudos de aplicação e validação a condições brasileiras foram conduzidos por AKUTSU (1983) e VITTORINO (1994), contando inclusive com mudanças de código para adaptação às situações locais. Vem sendo continuamente aprimorado e experimentado, podendo ser processado tanto em computadores de grande porte como em microcomputadores.

As transferências de calor ocorridas no interior do ambiente são modeladas de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica aplicada a cada uma das superfícies internas que com-

põem o envelope da edificação, enquanto os fluxos de calor através destas superfícies são determinados por fatores de resposta térmica.

A entrada de dados é bastante simplificada, permitindo uma rápida avaliação, com a precisão excelente gerada pelo método acima descrito.

São permitidas no programa quatro opções de processamento: determinação da carga térmica especificando uma temperatura constante no interior da edificação (o que trata-se do método de preferência para a escolha primária do sistema de condicionamento); o mesmo, especificando agora uma faixa de temperaturas de operação; o mesmo ainda, especificando, além da faixa de operação, a capacidade térmica do sistema (ambos estes últimos modos de extrema valia quando se faz necessário, a partir de um sistema, determinar índices de conforto, ou capacidade de operação); e por último, a determinação de temperaturas, tanto do ambiente interior quanto das interfaces, quando o ambiente não se encontra condicionado.

São permitidos cálculos tanto de cargas térmicas de resfriamento quanto de aquecimento, e a característica modular do programa permite a modificação independente de arquivos específicos, como clima, dados de ocupação e operação, opções de processamento, etc.

4.2. O Programa DOE-2

Este software foi desenvolvido pelo Laboratório Nacional Lawrence da Universidade de UCLA em Berkeley (LBNL), nos Estados Unidos, sob encomenda do Departamento de Energia daquele país. Baseia-se no método de resposta térmica para a avaliação do fluxo de calor através do envelope da zona térmica, além de lançar mão de fatores de ponderação para estimar outros ganhos, como ventilação, ocupação, iluminação, etc.

O programa utiliza análises desenvolvidas pelo Simulation Research Group do Laboratório Lawrence, na Universidade UCLA em Berkeley, EUA, em conjunto com o Laboratório Nacional de Los Alamos (EUA), financiado pelo Departamento de Energia americano (DOE), e é programado em linguagem FORTRAN. Permite o cálculo de carga de aquecimento e resfriamento, bem como de perfis de temperatura para ambientes não condicionados. Tem a possibilidade ainda de analisar economicamente o sistema proposto, utilizando como dados os custos de

energia, avaliando os tempos de amortização dos investimentos. Este *software* é a referência principal da ASHRAE para o desenvolvimento e validação dos métodos simplificados aprovados pela entidade, além de ser a base de análise no esforço de publicação de padrões e *handbooks*.

É composto de um programa que traduz os dados de entrada e de quatro sub-sistemas que são executados em sequência, conforme descrito a seguir:

- BLD - módulo que promove a conversão da entrada de formato texto para binário, de forma a ser lida pelos outros módulos. Também calcula, de posse dos dados das estruturas constituintes do envelope térmico e das características internas dos ambientes, os Fatores de Resposta Térmica e os Fatores de Ponderação.
- LOADS - módulo de simulação das cargas térmicas. Calcula para cada intervalo de tempo (uma hora) as componentes sensível e latente das cargas de resfriamento ou aquecimento para cada zona térmica, assumindo que os espaços estão a uma temperatura fixa especificada.
- SYSTEMS - simula os componentes do sistema de ar-condicionado, como serpentinas, umidificadores, ventiladores, etc., levando em conta tanto seus ganhos de calor para o ambiente quanto sua capacidade térmica. A saída deste módulo são as cargas térmicas nas serpentinas de condicionamento, ou seja, a carga real que o sistema deve combater, e os requerimentos de quantidade de ar que devem ser direcionados às zonas térmicas. Quando opta-se pela determinação das temperaturas internas, em vez da carga de condicionamento, é este sub-programa que corrige os dados provenientes do LOADS, iterando até atingir a temperatura interna.
- PLANT - simula o sistema primário (caldeiras, turbinas, *chillers*, torres de resfriamento, sistemas de termoacumulação, etc.), partindo do resultado do módulo SYSTEMS, e determinando o consumo energético, seja em termos de eletricidade, ou gás, óleos combustíveis, etc.
- ECONOMICS - trata-se do módulo de análise econômica, que calcula os custos de-

correntes do consumo energético analisado em PLANT. Leva em conta tempos de depreciação, custos de demanda e consumo, tarifas diferenciadas, etc.

O DOE-2 ainda conta com um módulo a ser lançado, chamado SPARK (*Simulation Problem Analysis and Research Kernel*), que permite o projeto de sistemas não-convencionais, permitindo a conexão de componentes como ventiladores, serpentinas, *chillers* a partir de uma coleção de objetos gráficos. É capaz de simular controles e componentes avançados, da mesma forma que o TRNSYS e o HVACSIM+.

Outro desenvolvimento é o PowerDOE, que utiliza as funções do DOE-2 em um ambiente completamente gráfico, orientado a objetos, em ambiente Windows, facilitando a manipulação dos dados de entrada.

4.3. O Programa BLAST (Building Load Analysis and System Thermodynamics)

O BLAST foi lançado em sua versão original em 1977, tendo sido desenvolvido pelo U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory (USACERL), com o apoio do Departamento da Força Aérea (EUA) e do Departamento do Exército (EUA), a partir do NBSLD. O programa foi estendido, com o apoio da Administração Geral de Serviços (EUA) em 1979. Após este período, houve outra extensão, desta vez sobre a supervisão novamente do Departamento da Força Aérea Americana, em conjunto com o Departamento de Energia (EUA) e a Divisão de Sistemas Aeronáuticos (EUA). Está desde 1983 sobre a supervisão da Universidade de Illinois em Champaign-Urbana (EUA).

Ao contrário do DOE-2, utiliza-se da avaliação da Primeira Lei da Termodinâmica para estimar fluxos de calor entre meio externo e ambiente controlado, ainda usando os fatores de resposta térmica para avaliar a condução através do envelope.

O BLAST pode ser utilizado para investigar tanto as cargas térmicas totais de uma edificação quanto estimativas de performance energética, e temperaturas em ambientes não condicionados. Contém ainda bases de dados das estruturas comumente utilizadas em construções. O programa é não proprietário, podendo seu código ser inspecionado e modificado de acordo

com as características especiais do usuário.

O programa é composto de três módulos básicos:

- *SPACE LOAD PREDICTION* - sub-programa que computa as cargas térmicas do ambiente hora a hora, calculando os fatores de resposta para as estruturas especificadas e realizando os cálculos levando em conta os dados da entrada em uma linguagem própria.
- *AIR DISTRIBUTION SYSTEM SIMULATION* - usa as saídas do módulo anterior para computar as cargas de serpentina, e dimensionar as quantidades de ar, e eventualmente as quantidades de água quente ou gelada, gás ou energia elétrica utilizadas no sistema.
- *CENTRAL PLANT SIMULATION* - módulo que utiliza os resultados anteriores para simular as demandas na estação central. Computa ainda os gastos energéticos desta central.

Outros programas, vendidos separadamente como adicionais ao BLAST. Um dos mais notáveis é o LCCID (*Life Cycle Cost in Design*), que como padrão no Departamento de Defesa dos EUA, analisa ciclos de vida para aparelhos ar-condicionado, levando em conta os custos de manutenção presentes e futuros.

Além deste, está disponível uma interface gráfica para Windows, que promove um modo interativo de produzir arquivos de entrada para o BLAST, chamado HBLC (*Heat Balance Loads Calculator*), que torna a operação do programa extremamente simples.

4.4. União dos Programas BLAST e DOE-2

O governo americano, simultaneamente financiando o desenvolvimento de dois programas independentes de cálculo de cargas térmicas, BLAST e DOE-2, decidiu em abril de 1994 uni-los em uma única plataforma, chamada inicialmente de *BestOf!*.

A idéia é combinar o módulo de balanço energético do IBLAST (uma versão do BLAST que combina simulação de edificação, sistema e planta), com um módulo de simulação de sistemas de ar-condicionado que combina partes do BLAST e do DOE-2, assim como interfaces

para o MODSIM (módulo do HVACSIM+) e para o SPARK. Este módulo de balanço também será expandido para acomodar uma rotina de iluminação, além de uma rotina de cálculo através de superfícies transparentes do DOE-2 (WINDOW-4), e de novas rotinas de transferência de calor com o solo e entre as zonas térmicas.

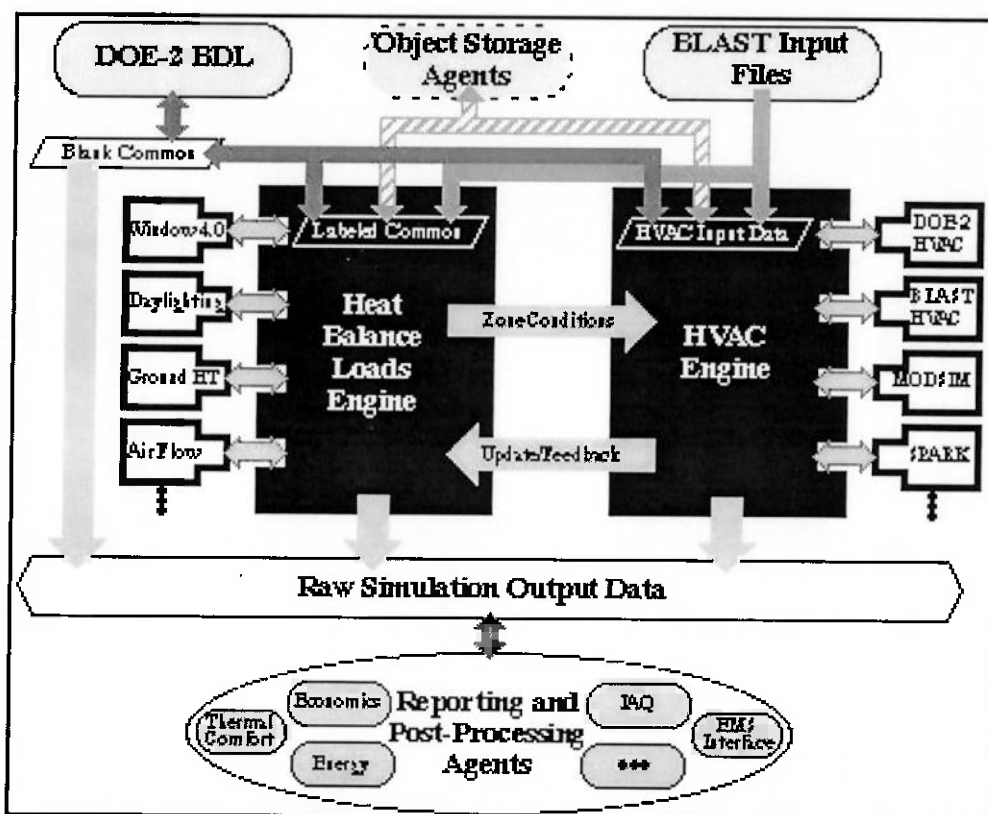


Fig. 2: Fusão BLAST e DOE-2. (http://www.bso.uiuc.edu/papers/ibpsa_me1.jpg)

Será mantida total compatibilidade com os arquivos de entrada de ambos os programas, e uma interface orientada a objeto completamente nova será desenvolvida para a fusão, e o programa sofrerá total reengenharia para garantir a adição de eventuais módulos adicionais, além do código ser convertido de Fortran 77 para Fortran 90, mais atual.

Dois times independentes trabalham no projeto, um trabalhando no USCERL e outro na LBNL, com a data de entrega estimada para meados de 1998. A figura 2 demonstra como está planejada a fusão.

O ENERGY SIMULATION PROGRAM - ESP-R

5.1. Histórico

O ESP-r é um ambiente de simulação térmica dinâmica para a análise de fluxos de energia e massa e controles ambientais na estrutura. O programa ("r" significa *Research*) possibilita a pesquisadores compreender a maneira com que padrões reais de temperatura, interações dos ocupantes, mudanças de parâmetros de projeto e sistemas de controle afetam as demandas de energia e os estados de ambiente. É desenvolvido e distribuído por um consórcio que é baseado principalmente na *Energy Systems Research Unit* (ESRU). A idéia é permitir aos usuários a condução de modelagens de alta integridade, dependentes de princípios fundamentais de transferência de calor, abrangendo todos os aspectos dos sub-sistemas de energia simultaneamente, e no domínio transiente.

O programa surgiu em 1974, quando o Prof. Joseph Clark desenvolveu o primeiro protótipo funcional como base de sua pesquisa de Doutorado. A partir de 1977, passou a ser financiado pelo Conselho de Pesquisa em Ciência e Engenharia do Reino Unido (SERC-UK), e o ESP-r foi refinado em diversos aspectos, adquirindo a interface gráfica e melhoramentos no modelo. Em 1987 o ESRU foi fundado para garantir a centralização em relação às modificações e estudos de validação, sendo hoje responsável por sua distribuição.

5.2. Estrutura do ESP-r

O ESP-r é um sistema que permite ao usuário a utilização em todos os níveis de abstração, tornando-se uma ferramenta bastante poderosa, mas desencadeando com isto a necessidade de ampla modularização. Também suas características de complexa manipulação dos dados e algoritmos de resolução, implicam na utilização de *hardwares* mais poderosos, no caso *workstations* com sistema Unix, ao contrário dos programas citados acima, que podem ser executados em microcomputadores dotados de sistema DOS ou Windows, mais acessíveis.

O programa é separado em módulos e bases de dados, a seguir explicitados:

- **prj** (*Project Manager*) - é o programa principal, de onde outras rotinas e bases de dados são acessados. Permite a visualização e entrada das zonas térmicas e a manipulação das bases de dados utilizadas na simulação.
- **pdb** - é o módulo que gerencia a base de dados contendo informações sobre a planta de condicionamento.
- **win** - realiza a análise espectral das janelas de múltiplas camadas que venham a ser definidas pelo usuário.
- **clm** - é o subprograma que gerencia e analisa os dados climáticos da simulação. É capaz de gerar saídas tabulares ou gráficas para a visualização do clima.
- **bps** - trata-se do módulo de simulação de cargas térmicas e performance da planta. Propõe-se a resolver a matriz gerada para todos os nós definidos no sistema, gerando como saída um arquivo binário para posterior análise.
- **res** - analisa os resultados gerados pelo **bps** tanto de forma gráfica quanto de forma tabular. Também é capaz de retornar índices importantes, como o índice de conforto térmico.
- **ish** - módulo utilitário que prevê a influência do sombreamento causado por obstruções externas tanto na insolação das fachadas externas quanto na passagem de radiação luminosa pelas superfícies transparentes, e posterior absorção pelo interior do ambiente.
- **mrt** - é o responsável pela computação dos fatores de forma para a troca de calor por radiação entre superfícies no interior da zona térmica.
- **mfs** - módulo que realiza a previsão dos fluxos de ar entre zonas térmicas, determinadas tanto pela movimentação do sistema de ar-condicionado quanto por convecção natural causada por diferenças de pressão ou concentração, e pela infiltração, levando em conta fatores como a velocidade do vento e a umidade do ar externo.
- **dbm** - programa utilitário que permite a manipulação das bases de dados binárias do

ESP-r, transformando-as de binário para ASCII, e permitindo sua edição.

- **con** - subprograma que gerencia (cria, modifica, lista e edita) os bancos de dados de construções primitivas e compostas, permitindo tanto a utilização das estruturas fornecidas pelo *software* quanto a criação pelo usuário.

5.3. Modelo Matemático

O ESP-r apresenta, ao contrário de outros programas, a possibilidade de representar todos os fenômenos relevantes, e de processar todos estes fenômenos simultaneamente, de forma a preservar os inter-relacionamentos entre eles.

No sistema de simulação de transferência de energia utilizado no ESP-r, optou-se pelo equacionamento dos balanços de energia e massa e discretizados em volumes finitos, pelo método de diferenças finitas. Isto consiste em dividir a área a ser estudada em um conjunto de pontos (representativos dos volumes), e aproximar a solução das equações diferenciais envolvidas em subtrações, dependentes do tempo, entre estes pontos.

O processo completo pode ser descrito em três etapas, basicamente:

- Primeiramente, o sistema contínuo que representa a área a ser estudada é tornado discreto pela colocação de nós em pontos de interesse pré-selecionados. Estes pontos representam volumes físicos de características constantes, como por exemplo volumes discretos de fluidos, transições entre superfícies, elementos estruturais, etc.
- Uma equação completa de transferência de calor é escrita para cada um dos nós.
- Cada nó destes, por sua vez, é resolvido simultaneamente levando em consideração os pontos circundantes como condições de contorno, em termos das transferências de calor e massa.

Podemos exemplificar a solução de um tipo de equação, e a montagem do sistema através da equação de Fourier para condução unidimensional.

$$\frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} - \frac{q}{\rho \cdot c_p \cdot \alpha} \quad (5.1)$$

Temos: T é a temperatura do ponto a ser estudado, em função do tempo ($^{\circ}\text{C}$ ou K), x é a coordenada espacial (m), ρ é a densidade do material (kg/m^3), c_p é seu calor específico ($\text{J}/\text{kg.K}$) e α é a difusividade térmica (m^2/s), que é dada pela equação:

$$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c_p} \quad (5.2)$$

Onde k é a condutividade térmica do material ($\text{W}/\text{m.K}$).

Vamos proceder agora à análise das expansões de Taylor:

$$\begin{aligned} f(t + \delta t) &= f(t) + \delta t \cdot f'(t) + \frac{(\delta t)^2}{2} \cdot f''(t) + \dots \\ f(t - \delta t) &= f(t) - \delta t \cdot f'(t) + \frac{(\delta t)^2}{2} \cdot f''(t) - \dots \end{aligned} \quad (5.3)$$

A primeira das equações acima representa a expansão para o "avanço" da variável, enquanto que a segunda representa o "regresso". Uma simples manipulação (somas termo a termo) destas formulações nos permite, a partir da desconsideração de derivadas de ordem superior, as seguintes equações:

$$f''(t) = \frac{f(t + \delta t) - 2 \cdot f(t) + f(t - \delta t)}{(\delta t)^2} + \varepsilon[(\delta t)^2] \quad (5.4)$$

A equação (5.4) representa a formulação de Taylor para derivadas de segunda ordem. Para derivadas de primeira ordem, três alternativas de equacionamento são possíveis, dependendo da soma ou subtração que é efetuada no conjunto (5.3): Diferenças para frente (*forward*), para trás (*backward*) e central. Estas alternativas estão, respectivamente nas equações (5.5) a (5.7).

$$f'(t) = \frac{f(t + \delta t) - f(t)}{\delta t} + \varepsilon[(\delta t)] \quad (5.5)$$

$$f'(t) = \frac{f(t) - f(t - \delta t)}{\delta t} + \varepsilon[(\delta t)] \quad (5.6)$$

$$f'(t) = \frac{f(t - \delta t) - f(t + \delta t)}{2 \cdot \delta t} + \varepsilon[(\delta t)] \quad (5.7)$$

A formulação explícita significa apresentar uma equação com os termos agrupados de forma que somente uma variável seja desconhecida, tornando o sistema solúvel sem a necessidade de iterações. A equação (5.1), no método explícito, fica:

$$\frac{T(x + \delta x, t) - 2 \cdot T(x, t) + T(x - \delta x, t)}{(\delta x)^2} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{T(x, t + \delta t) - T(x, t)}{\delta t} - \frac{q(t)}{\rho \cdot c_p} \quad (5.8)$$

O método implícito, em que as variáveis estão representadas no tempo futuro, torna a equação:

$$\frac{T(x + \delta x, t + \delta t) - 2 \cdot T(x, t + \delta t) + T(x - \delta x, t + \delta t)}{(\delta x)^2} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{T(x, t + \delta t) - T(x, t)}{\delta t} - \frac{q(t + \delta t)}{\rho \cdot c_p} \quad (5.9)$$

Ambas as formulações podem ser simplificadas a partir da substituição do adimensional Número de Fourier, que pode ser escrito como:

$$F_o = \frac{\alpha \cdot \delta t}{(\delta x)^2} \quad (5.10)$$

E ficamos com:

$$T(x, t + \delta t) = F_o \cdot T(x - \delta x, t) + (1 - 2 \cdot F_o) \cdot T(x, t) + F_o \cdot T(x + \delta x, t) + \frac{q(t)}{\rho \cdot c_p} \cdot \delta t \quad (5.11)$$

$$(1 + 2 \cdot F_o) \cdot T(x, t + \delta t) = T(x, t) + F_o \cdot [T(x + \delta x, t) + T(x - \delta x, t)] + \frac{q(t + \delta t)}{\rho \cdot c_p} \cdot \delta t \quad (5.12)$$

Podemos utilizar ambas as formulações para resolver nosso problema, já que separadamente, são necessárias restrições para evitar problemas de instabilidade e divergência (CARNAHAN (1969)). Ponderando o termo explícito pelo peso W e o implícito por $(1-W)$, e somando membro a membro, temos:

$$\begin{aligned} (1 + 2 \cdot W \cdot F_o) \cdot T(x, t + \delta t) &= W \cdot F_o \cdot [T(x + \delta x, t + \delta t) + T(x - \delta x, t + \delta t)] + \\ &+ [W - (1 - W) \cdot (1 - 2 \cdot F_o)] \cdot T(x, t) + (1 - W) \cdot F_o \cdot [T(x + \delta x, t) + T(x - \delta x, t)] + \\ &+ \frac{\delta t}{\rho \cdot c_p} \cdot [W \cdot q(t + \delta t) + (1 - W) \cdot q(t)] \end{aligned} \quad (5.13)$$

turo. Este sistema é resolvido iterativamente, de acordo com os métodos apresentados em CLARKE (1985).

A figura 3 apresenta os componentes modelados por este método, bem como as influências entre estes componentes.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA (PROTÓTIPOS)

Dois protótipos foram utilizados na comparação dos resultados do ESP-r com outros *softwares* de simulações térmicas. Estas construções foram primeiro analisadas por AKUTSU (1983) e consistem de duas casas representativas das construções brasileiras típicas, localizadas em Nova Odessa, estado de São Paulo. Fizeram parte do Projeto 03 do Convênio "IPT/ETERNIT: Conforto Térmico", em que procurava-se obter dados experimentais para o estudo do comportamento térmico de coberturas.

Devido ao fato dos ambientes serem não condicionados, o estudo será limitado à obtenção das temperaturas internas, utilizando somente esta capacidade do ESP-r.

Os dois ambientes foram instrumentados devidamente, de forma a obter tanto as temperaturas internas quanto as externas, e as temperaturas superficiais do envelope. Todas as variáveis de interesse no ambiente externo foram medidas, a saber: temperatura de bulbo seco ($^{\circ}\text{C}$), temperatura de orvalho ($^{\circ}\text{C}$), velocidade do vento (m/s), direção do vento (graus a partir do norte), pressão barométrica (mmHg) e radiação horizontal total (W/m^2).

6.1. Protótipo Popular

Este protótipo procura representar uma estrutura típica popular para condições brasileiras. Apresenta forro considerado leve ("Duratex" com 3 mm de espessura). Suas paredes externas e internas são em alvenaria de $\frac{1}{2}$ tijolo, maciço de barro cozido. O telhado é em cimento amianto com pequena inclinação (4°), gerando um espaço ático reduzido, e o piso está em contato direto com o solo. O pé direito para ambos os protótipos é 2,5 metros.

As janelas foram mantidas fechadas durante o experimento, e não havia nenhum móvel nem fonte interna de calor no ambiente.

Os materiais do envelope estão citados na tabela 2.

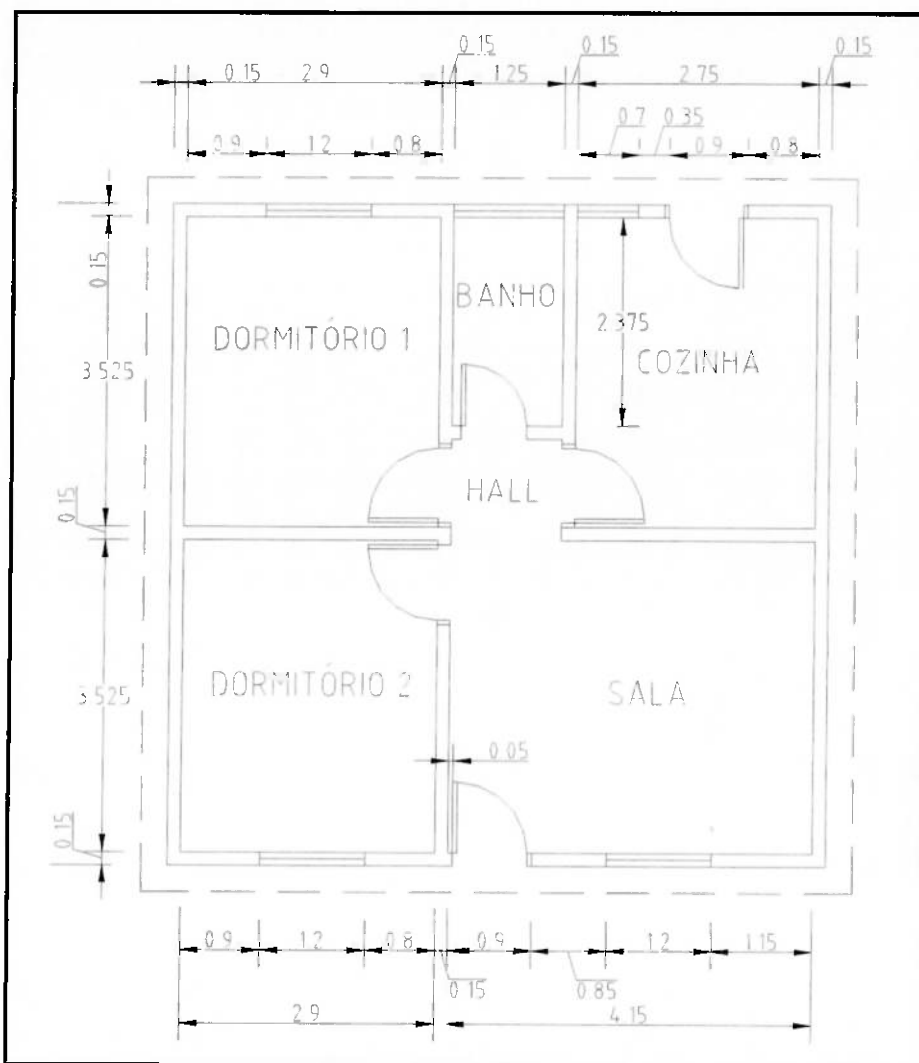


Fig. 4: Planta baixa do Protótipo Popular. AKUTSU (1983).

Material	L (m)	K (W/m.K)	C _p (J/kg.K)	ρ (kg/m ³)	R (K/W)
TETO					
Resistência Superficial					0,140
Canalete 43 Eternit	0,010	0,56	1.000	1.600	
Forro de Madeira					0,227
PAREDES					
Argamassa	0,025	0,80	840	1.800	
Alvenaria ½ tijolo maciço	0,100	0,70	920	1.600	
PISO					
Tacos de peroba	0,015	0,15	2.500	700	
Contrapiso de Concreto	0,100	1,60	840	2.200	
30 cm de solo	0,300	0,60	1.700	2.000	
OUTROS					
Vidro das janelas					0,167
Madeira das portas					0,345

Tabela 2: Materiais utilizados no Protótipo Popular. (VITORINO, 1995).

O protótipo popular foi extensivamente simulado em dois dos trabalhos - AKUTSU (1983) e VITORIANO (1995) - relativos aos programas citados no capítulo 4. Nossos estudos de comparações com os programas NBSLD e BLAST se basearam neste protótipo. As adaptações necessárias para a utilização do ESP-r estão demonstradas no capítulo 7.

6.2. Protótipo Residencial

O protótipo residencial apresenta uma laje mista de concreto e elementos cerâmicos (tipo "PREL" com 12 cm de espessura), paredes externas em alvenaria com 1 tijolo, e internas com ½ tijolo, semelhante ao Popular.

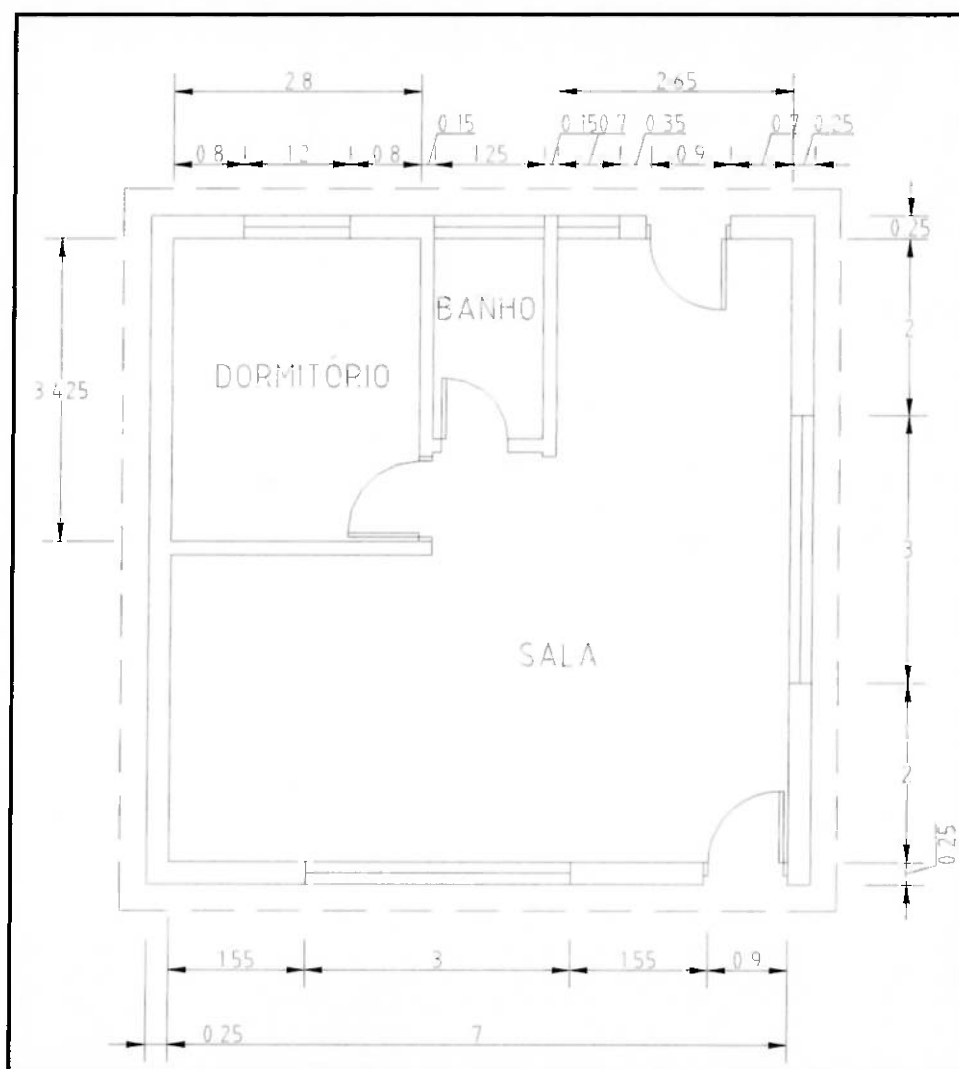


Fig. 5: Planta baixa do Protótipo Residencial. AKUTSU (1983).

Esta estrutura possui apenas 3 compartimentos, enquanto o Popular possui 5, para a

mesma área. As condições de experimento válidas para o Protótipo anterior continuaram válidas para este.

A tabela 3 lista os materiais utilizados na construção do Protótipo, conforme utilizado em trabalhos anteriores.

O protótipo residencial somente foi utilizado para fins de estudos de sensibilidade, em especial na comparação com o Protótipo Popular, não sendo utilizado para validações devido à ausência de dados comparativos.

Material	L (m)	K (W/m.K)	C _P (J/kg.K)	ρ (kg/m ³)	R (K/W)
TETO					
Resistência Superficial					0,140
Canalete 43 Eternit	0,010	0,56	1.000	1.600	
Laje PREL	0,120	0,80	840	2.000	
Forro de Madeira					0,227
PAREDES					
Argamassa	0,025	0,80	840	1.800	
Alvenaria 1 tijolo maciço	0,200	0,70	920	1.600	
Alvenaria ½ tijolo maciço	0,100	0,70	920	1.600	
PISO					
Carpete 3 mm	0,003	0,06	840	100	
Contrapiso de Concreto	0,100	1,60	840	2.200	
30 cm de solo	0,300	0,60	1.700	2.000	
OUTROS					
Vidro das janelas					0,167
Madeira das portas					0,345

Tabela 3: Materiais utilizados no Protótipo Residencial. (VITORINO, 1995).

ENTRADA DE DADOS NO ESP-R

Primeiramente devemos demonstrar as adaptações efetuadas no modelo de estrutura de forma a tornar possível a entrada de dados no programa.

7.1. Arquivo Meteorológico

O ESP-r foi projetado especificamente para trabalhar com dados meteorológicos completos, compilados dia a dia para pelo menos um ano inteiro. Estes dados somente agora se tornam disponíveis no Brasil, mas o custo deste tipo de publicação tornou-se demasiado alto para justificar sua utilização. Possuímos, no entanto, os dados medidos pelo próprio IPT, durante a avaliação do trabalho. Estes dados se limitam aos dias 15 a 17 de fevereiro de 1982, dias em que também foram medidas as temperaturas internas do Protótipo.

Nos deparamos com um problema inerente ao tipo de simulação que o ESP-r promove, no entanto. Devido à utilização de equações diferenciais, em solução matricial iterativa, condições de contorno apropriadas são necessárias - em especial condições iniciais. O sistema linear opera com duas matrizes de soluções: a matriz de temperaturas atuais e a matriz de temperaturas no tempo anterior. É de se esperar que no início da simulação, as temperaturas anteriores sejam indeterminadas, e diversos passos de iteração são necessários para atingir-se o "regime permanente", em que a estrutura responde de acordo com os estímulos externos de forma adequada e esperada. Para tanto, o ESP-r opera com o chamado "*start-up period*", que consiste em dias de simulação extras, antes dos dias em que se espera um resultado confiável. Um algoritmo interior, provavelmente baseado na difusividade térmica do envelope (α), sugere uma quantidade de dias de simulação anteriores à coleta de dados, que no nosso caso está em torno de 32 dias. Não possuímos os dados meteorológicos anteriores a 15 de fevereiro, o que tornou necessária a simples repetição do conjunto de dados para os dias excedentes.

Os dados medidos pelo IPT também contém a Temperatura de Orvalho hora a hora, em graus celsius, enquanto precisamos da umidade relativa. A conversão dos valores foi efetuada através do Programa de Cálculos Psicrométricos desenvolvido no SISEA (Laboratório de Siste-

mas Energéticos Alternativos do Departamento de Engenharia Mecânica da USP), mas os cálculos são facilmente verificados em ASHRAE (1994). O IPT também mediu somente a Radiação Horizontal Total, sem dividi-la em Direta e Difusa, como exige o programa. Para sanar este problema preferiu-se seguir os valores calculados pelo Blast, com o conceito de *clearness*, utilizado por VITORIANO (1994) em seu trabalho (arquivo meteorológico 3, p.64).

A listagem do arquivo utilizado (sp82-1.txt) está no Anexo C.

7.2. Dados de Estrutura

Os dados, da forma como foram utilizados em trabalhos anteriores, não são totalmente compatíveis com a entrada de material do ESP-r. O critério foi mais uma vez tentar manter-se o mais possível fiel aos dados utilizados em outros programas de forma a obter uma confiável base de comparação entre os *softwares*. Desta forma, as modificações foram mínimas.

Primeiramente, ao contrário do Blast e do NBSLD, não há a opção de inserir as características de material tanto pela resistência global à transmissão de calor (R em $^{\circ}\text{C}/\text{W}$) quanto pelas características individuais - calores específicos, densidades, etc. Somente a segunda opção é permitida. Então, optou-se por uma referência nacional - uma das poucas disponíveis - para extrair os valores necessários (AKUTSU (1993)). Tal problema se apresentou para o forro de madeira e para as portas.

Para a resistência superficial, onde é possível fornecer o valor total de resistência, foi resolvido diminuir o valor de $0,14^{\circ}\text{C}/\text{W}$ para $0,13^{\circ}\text{C}/\text{W}$, já que este valor seria utilizado para a modelagem do teto a um ângulo de 4° . Esta inclinação, apesar de pequena, gera algum efeito de movimentação de ar devido às diferenças de densidade, e não foi modelada em simulações anteriores. Além disto, a variação deste valor é negligenciável.

Finalmente, os vidros das janelas não possuem modelagem tão simples quanto em simuladores anteriores. São necessários os valores de absorvidade e transmissividade para 5 ângulos diferentes, além do coeficiente global de transmissão de calor. Como estes valores não são facilmente encontráveis, e o vidro não está claramente especificado, um vidro padrão do ESP-r foi utilizado para fins de modelagem. Trata-se do vidro mais simples, de 4 mm, que os bancos

de dados possuem.

Uma tradução em modo texto do banco de dados binário dos materiais de construção primários, bem como os dois arquivos que compõem as construções de múltiplas camadas estão em anexo.

7.3. Entrada de Dados dos Protótipos

Existem duas formas de entrada de dados geométricos de estruturas no ESP-r. Podemos definir os envelopes das zonas térmicas levando em conta o volume interno e descontando a espessura das paredes e teto, ou utilizar as cotas médias.

Os métodos têm suas vantagens e desvantagens. Ao aplicarmos o primeiro método podemos manter os volumes originais das estruturas, o que torna a análise de fluxos de massa, bem como o posicionamento dos nós intermediários para as transferências de energia, mais precisos. No entanto, é necessário algum cálculo manual de forma a decrementar das cotas originais as espessuras das estruturas de envelope. No segundo método, podemos utilizar as dimensões da arquitetura diretamente. Além disto, as interações entre as zonas térmicas são mais facilmente calculadas pelo algoritmo interno de checagem de conexões. Pela facilidade de uso, aliada à não necessidade de análises de fluxo de massa, optamos pelo segundo método para ambos os protótipos.

O Protótipo Popular foi simulado de duas formas, uma com 5 zonas térmicas, outra com 6 zonas, com a adição de um ático ventilado (com 1 troca de ar por hora), enquanto que o Residencial foi somente simulado com a presença do ático.

A entrada de dados de estrutura envolve a manipulação de arquivos, com a terminação ".geo", através do módulo **prj**. É realizada primeiramente a entrada dos nós que representam os vértices da zona térmica. Após esta etapa, realiza-se a inserção das áreas que representam as paredes do envelope, pela entrada dos vértices que compõem estas áreas. O programa tem a opção de gerar nós e áreas automaticamente, mas torna difícil a correta compatibilização entre as zonas térmicas, e o processo manual, apesar de pouco atraente pela dificuldade inicial, torna o processo de divisão das paredes em sub-áreas mais simples, posteriormente. É possível, a tí-

tulo de ilustração, observar nos arquivos das zonas apresentados nos anexos A e B, a presença destas sub-divisões, aparentemente desnecessárias quando analisadas isoladamente, mas que demonstram o seu valor quando verificadas nos arquivos ".geo", que demonstram as conexões.

Os arquivos ".con", também obrigatórios para a simulação, envolvem os dados de envelope (condutividades térmicas, densidades, espessuras, etc.), e são gerados automaticamente pelo módulo *Project Manager*, através dos dados de tipo de envelope especificados nos arquivos ".geo" e dos dados das próprias estruturas contidos nos arquivos ".mlc" e ".db1", que são respectivamente os bancos de dados dos materiais compostos ("paredes", "pisos", etc.) e dos materiais primitivos ("laje PREL", "Canalete Eternit", "Argamassa", etc.).

O terceiro arquivo obrigatório é o de terminação ".opr", que exprime os modos de ocupação, operação, ventilação e infiltração hora a hora. Estes arquivos são utilizados nesta modelagem apenas para determinar a infiltração de ar externo nas zonas, decorrentes de abertura e fechamento das portas e janelas, além de frestas. Devido à garantia da não abertura destes, modelou-se a infiltração total como 0,7 trocas de ar por hora, bastante alta em parâmetros internacionais, mas baixas quando se leva em conta a pouca confiança que esboçamos nos métodos de construção nacionais.

COMPARAÇÕES COM DADOS EXPERIMENTAIS E PROGRAMAS

Esta primeira etapa do desenvolvimento do trabalho centrou-se na validação experimental do ESP-r, em frente tanto aos dados experimentais colhidos durante a pesquisa do IPT, quanto aos resultados apresentados em dois trabalhos anteriores sobre programas de estimativa de resposta térmica, para o Protótipo Popular: AKUTSU (1983) e VITORIANO (1995).

Devemos ressaltar que já foram efetuadas diversas validações do ESP-r em trabalhos internacionais, como em CLARKE (1985), HENSEN (1991), HENSEN (1995b) e AASEM (1995), além de um trabalho nacional, NEGRÃO (1996). Podemos considerar que o modelo já está plenamente validado, porém não podemos descartar a hipótese válida do sistema de simulação estar otimizado (poderíamos usar "viciado") para materiais e métodos de construção utilizados na Europa e na América do Norte, e não emulados aqui. De fato, suspeitas se levantam sobre este tipo de restrição artificial, quando observamos a presença de diversas checagens de valores no módulo de entrada de dados (*Project Manager*), e em programas auxiliares, que impedem a utilização de valores considerados "excessivos" ou que são julgados por um algoritmo interno como fora dos padrões. Podemos citar como um exemplo a checagem de radiação solar nos arquivos de meteorologia, que impede a entrada de valores acima de 600 W/m^2 , o que provavelmente nunca ocorre nas proximidades do Círculo Polar Ártico, mas certamente valores acima de 1.000 W/m^2 são comuns em regiões tropicais. Alguns problemas deste tipo podem ser resolvidos via a importação de arquivos, que não são sujeitos a estas checagens, mas devemos supor que, além de algumas destas restrições que estão ocultas em código passaram despercebidas durante a simulação, mas também que restrições durante as iterações de simulação existem, sob as quais temos menos controle ainda, sem a manipulação direta do código, não compilado, em Fortran.

Portanto, uma comparação com os dados experimentais e com programas já consagrados pode ser um indicativo de onde estão estas restrições, e pode levar a futuras adaptações para a utilização com dados nacionais.

Primeiramente, um problema de modelagem precisou ser resolvido. Tratava-se da opção

de modelar os protótipos através de cinco ou seis zonas térmicas. Este problema envolvia a colocação ou não da região delimitada entre o forro de madeira do teto e as telhas de cerâmica. Para tal, montamos dois conjuntos de arquivos e tomamos os resultados, e o gráfico abaixo mostra o resultado, para o dia 17 de fevereiro, dos dois modelos.

Podemos notar claramente a influência de dissipação de temperatura proporcionada pelo ático ventilado. Ao observar a tabela no Anexo D, onde são tabuladas as temperaturas durante o experimento pelo Ático, observamos as altas temperaturas internas que este atinge, demonstrando o efeito de "acumulador" de calor, que é dissipado por convecção pelo ar que ventila a zona, antes de se transferir por radiação e condução para as zonas habitadas.

Este gráfico também torna fácil perceber a variação do tempo de resposta entre as duas modelagens. O ático, além de ser uma barreira para a transferência de calor, também age para retardar a resposta da área habitada.

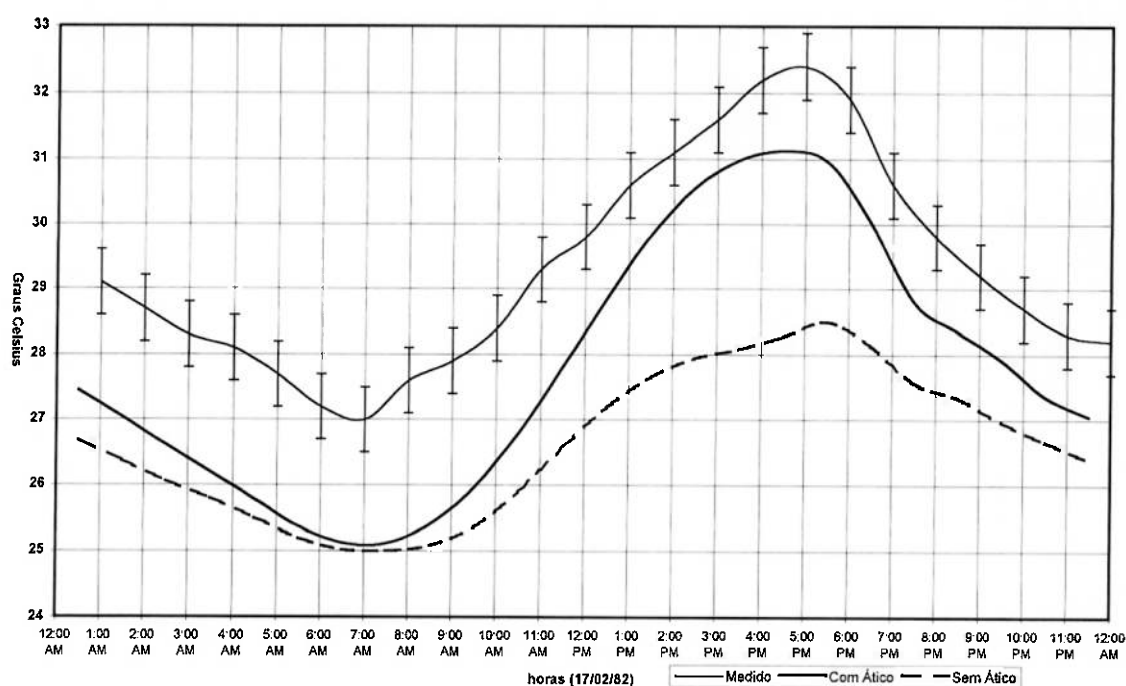


Fig. 6: Gráfico Comparativo entre modelos com e sem Ático.

Podemos admitir que a modelagem por seis zonas é a que mais se aproxima da situação real, o que já era esperado, pela análise da resposta, que mais se aproxima das temperaturas medidas durante o experimento.

A figura 7, a seguir, relaciona as temperaturas obtidas para o ESP-r, com seis zonas,

com os resultados simulados no Blast e no NBSLD. Podemos notar aqui a provável presença das restrições citadas acima para as modelagens internas ao programa. Apesar do ESP-r modelar fatores como transferência de calor por radiação entre as paredes internas, fluxo de ar entre as zonas e temperaturas do céu e do solo, fatores que os outros programas não simulam, e que certamente contribuiriam para um aumento de temperatura, o que não foi observado. O ESP-r sistematicamente apresenta temperaturas inferiores aos outros *softwares*, apesar de acompanhar perfeitamente a curva experimental, coincidindo os momentos de máximo e mínimo de temperatura, e com os padrões esperados. O NBSLD acompanha com bastante precisão as curvas de temperatura, chegando a representar perfeitamente a resposta da estrutura após 7:00 PM, mas apresenta uma defasagem temporal de seus máximos e mínimos, o que é típico de programas que se utilizam de métodos de fatores de resposta térmica, que possuem a tendência de ser mais sensíveis à variações de característica de materiais, já que medem um conjunto de respostas ideais ponderadas, validadas para os materiais europeus e norte-americanos, mais pesados em geral.

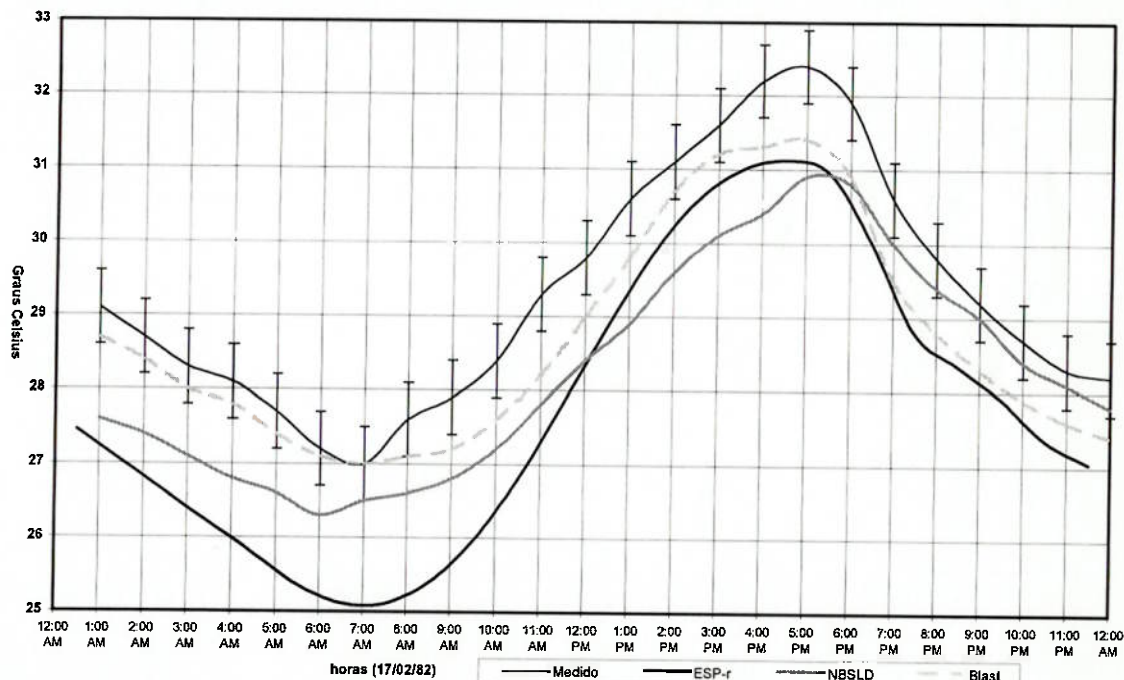


Fig. 7: Gráfico comparativo entre resultados do ESP-r, Blast (VITORIANO (1995)), e NBSLD (AKUTSU (1983)).

O Blast possui uma curva de resposta excepcional, mas isto se deve ao fato do autor ex-

plicitamente procurar dentre diversas opções de entrada de dados a que melhor se adaptasse aos dados experimentais. Seu objetivo era adequar o programa às condições brasileiras de forma a nortear uma determinação de parâmetros para a correta simulação de estruturas nacionais, o que não pretendemos no presente estudo. Ver VITORIANO (1995) para maiores detalhes.

As figuras 8 a 10 apresentam uma forma muito interessante de apresentação dos resultados. Na abcissa apresentamos os valores esperados (medidos) das temperaturas, enquanto a ordenada contém os valores obtidos no programa. Plotando um conjunto de dados contra o outro, hora a hora, obtemos um gráfico de região, em que uma perfeita adequação significaria todos os pontos colocados sobre a linha a 45° , ou a igualdade entre o medido e o esperado. Pontos abaixo desta reta são temperaturas simuladas abaixo do medido, enquanto pontos acima desta representam temperaturas acima das medidas.

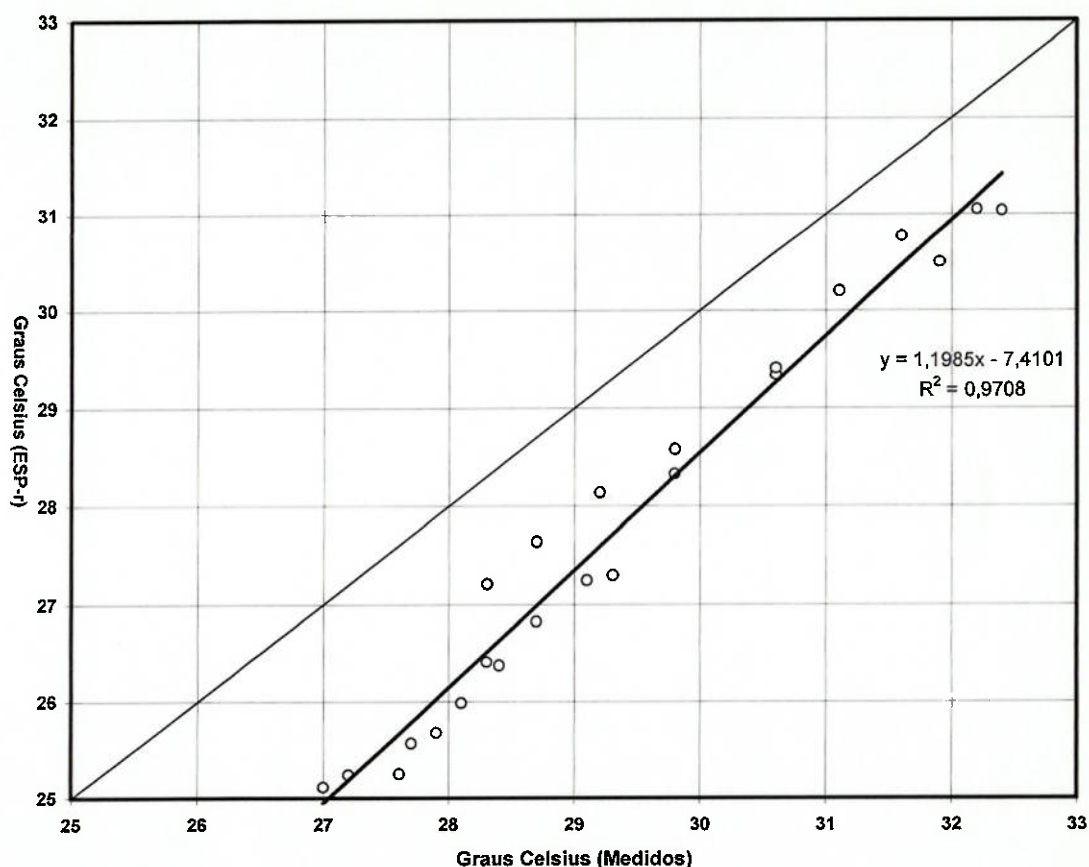


Fig. 8: Comparação entre dados do ESP-r e Medidos.

Uma regressão linear destes pontos demonstra a tendência do erro da simulação. Esta reta é útil na medida em que coloca em perspectiva as propagações dos erros, através de três valores importantes para a análise: a inclinação da reta, que demonstra uma tendência de paralelismo; a distância da reta ao ideal, significando o *offset* dos dados medidos, e o erro quadrático médio, uma estimativa da concordância dos pontos na reta.

Para a montagem destes gráficos e sempre quando efetuar-se uma comparação entre os programas, tomamos uma média simples entre os dados de dois tempos consecutivos para obter a temperatura do ESP-r para comparação. Isto ocorre pelo fato de o ESP-r calcular, para o intervalo de incremento de simulação utilizado na confecção dos resultados, da temperatura nos tempos 00:30, 01:30, etc, enquanto comparamos com resultados em horas cheias medidas e calculadas por outros programas. Estima-se que o erro por esta simplificação não compromete as comparações.

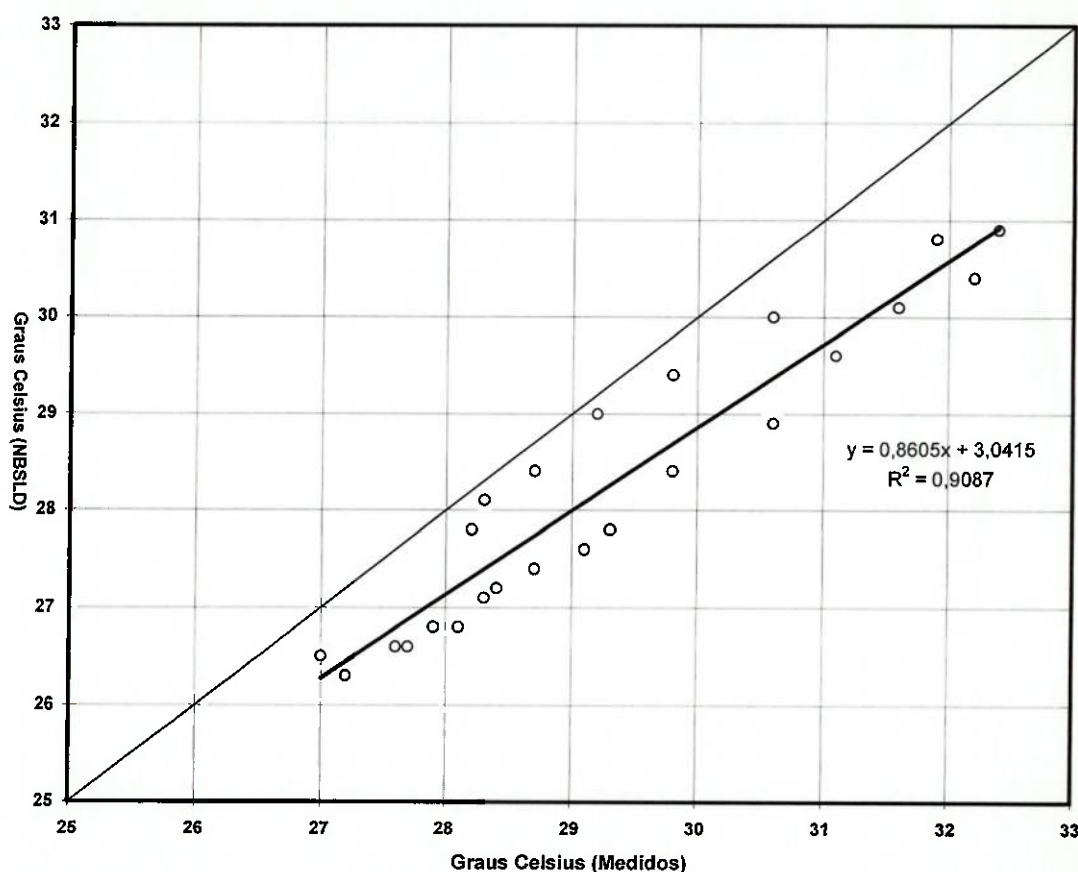


Fig. 9: Comparação entre dados do NBSLD e Medidos.

O gráfico 8 demonstra os resultados para o ESP-r, que possui um resultado superior aos dois outros programas em relação ao erro quadrático, o que demonstra uma capacidade melhor de coincidência entre o erro das temperaturas. O *offset* médio é no entanto o maior dos três *softwares*, chegando a 1º celsius nos piores momentos. É interessante também a inversão da tendência de erro nos programas. O Blast e o NBSLD tendem a errar mais as temperaturas mais altas, enquanto o ESP-r possui os melhores resultados nestes momentos, para este tipo de modelagem. Isto é um fator extremamente importante nas determinações de carga térmica, estimadas pela carga de pico.

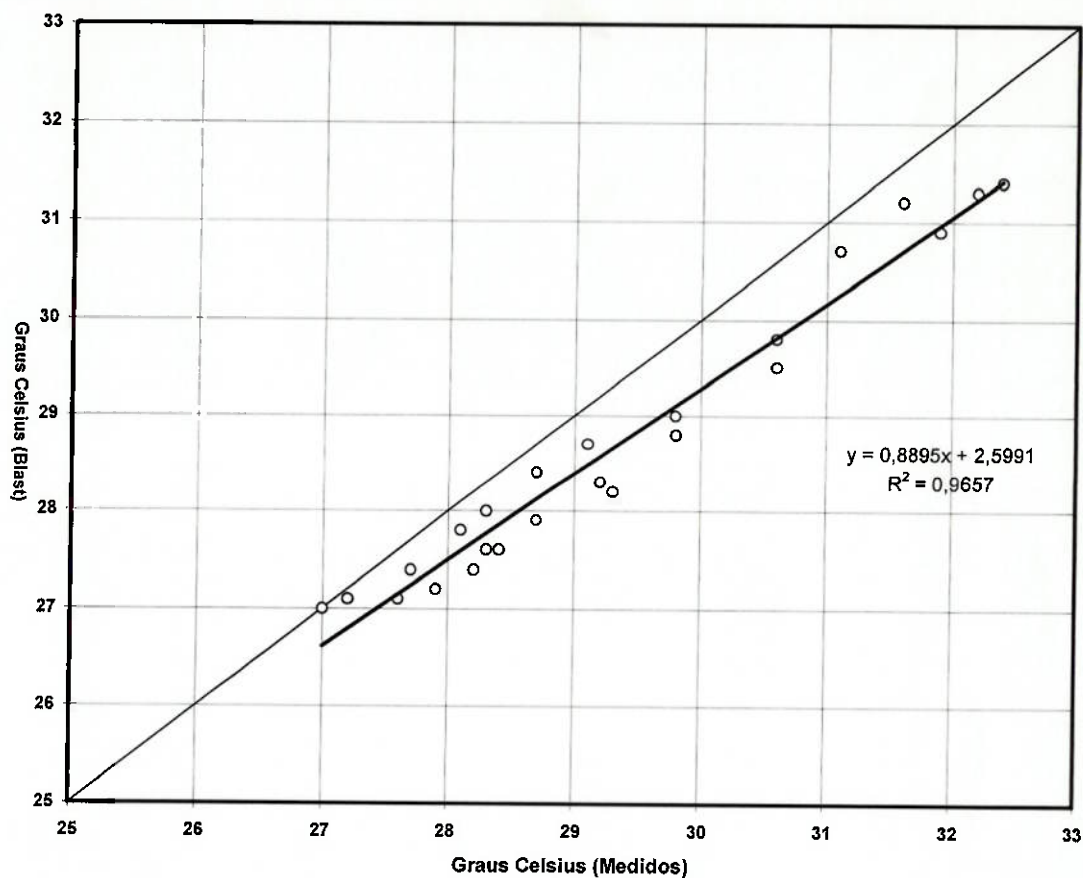


Fig. 10: Comparação entre dados do Blast e Medidos.

É interessante também notar que os três simuladores apresentam seus valores sempre abaixo das temperaturas esperadas. Isto pode levar à hipótese tanto de alguma discrepância entre os dados reais das simulações e o modelado (como por exemplo as cores e acabamento do envelope, o que será analisado adiante, ou a influência de fatores estranhos à medida, como

exposição direta à radiação solar nos termopares) por um erro maior que o esperado nas medições, quanto ao já esposto sobre a otimização para construções pesadas.

Ponderando os resultados, somos forçados à conclusão que o Blast se apresentou como o melhor dos três na simulação do ambiente, mas o ESP-r se coloca como um candidato válido para simulações de resposta térmica mesmo em sua versão atual. Soma-se a isso a possibilidade de mudanças expressivas em seu código de simulação, que poderia levar a uma melhor resposta, mas que não foi abordada neste trabalho.

ANÁLISES DE SENSIBILIDADE

O problema proposto aqui envolve duas frentes. Primeiramente, estudaremos o modelo adaptado no ESP-r, de forma a determinar como uma variação de alguns fatores influencia o resultado final. Testamos a sensibilidade matemática do modelo em si. Ao mesmo tempo, o fato dos materiais de construção apresentarem variações bastante grandes em suas propriedades, tanto pelos processos de fabricação de certa forma arcaicos, como pela falta sistemática de um controle de qualidade abrangente, torna este também um estudo do erro esperado quando realizamos uma simulação de resposta térmica.

Estamos partindo da validação dos dados do ESP-r realizada no capítulo 8, colocando os dados obtidos no Caso Base como verdadeiros, e analisando as variações como variações esperadas em uma estrutura real. As conclusões se baseiam nesta premissa.

9.1. Variação de Tempo de *Start-Up*

Para um modelo de equações diferenciais, a quantidade de dados para efetuar-se a simulação é um fator crítico. A convergência da matriz de solução das temperaturas é uma função da quantidade de tempo de simulação, já que há a necessidade dos dados atingirem um regime em que as variações acontecem devido às condições externas, não a fatores matemáticos relacionados ao cálculo matricial.

Este fator nos causa um problema pela ausência de dados meteorológicos confiáveis e ao longo de um ano padrão. Só dispomos dos dados captados durante os dias de simulação, e mais dados anteriores seriam necessários. O problema foi contornado assumindo que as temperaturas colhidas durante os dias 15 a 17 de fevereiro são típicas, e promovemos a simples repetição destes dados tanto quanto fosse necessário para os dias que não possuímos.

Para demonstrar o efeito destes fatores, o gráfico da figura 11 foi montado, a partir de dados gerados com 1, 5, 15 e 40 dias de simulação anteriores aos medidos, em conjunto com o requerido pela simulação, 32 dias.

Vê-se claramente a tendência de adequação dos pontos, que se estabiliza a partir de 32

dias, bem como a importância do *start-up period*, quando verificamos o erro em relação ao base de quase 3^o celsius para 1 dia de simulação.

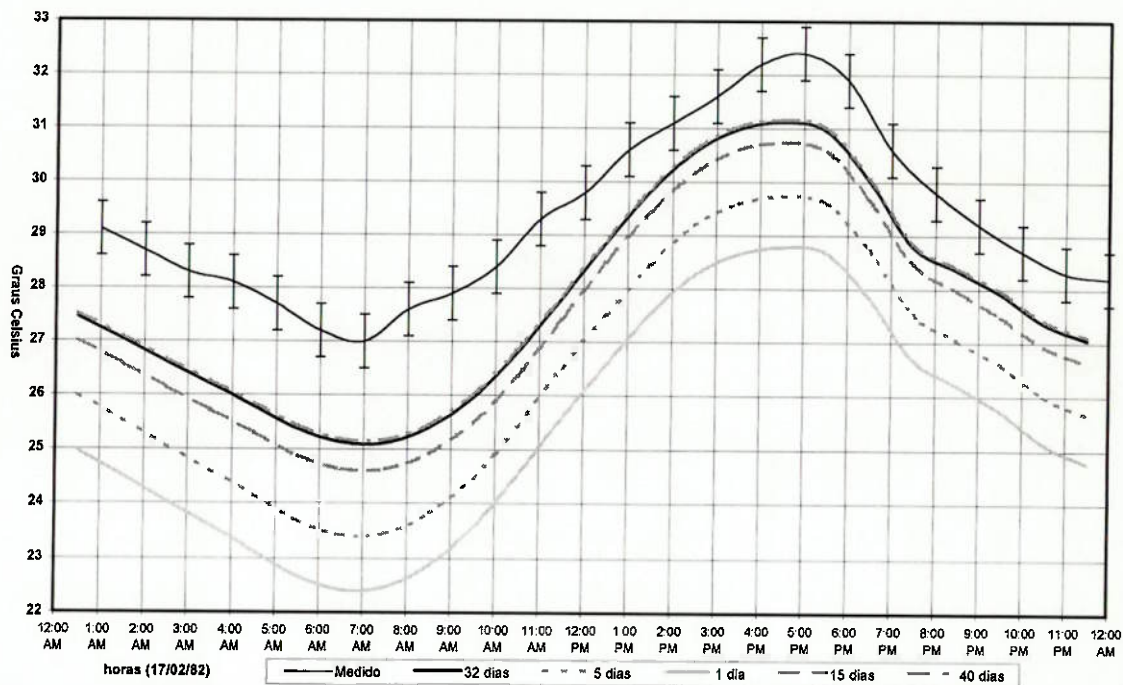


Fig. 11: Comparação entre as Respostas para diferentes tempos de *Start-Up*.

9.2. Variações de Características Gerais de Envelope

9.2.1. Variação das Características das Paredes

Material	-10%	Base	+10%
Canalete Eternit	0,5940	0,6600	0,7260
Forro de Madeira	0,1296	0,1440	0,1584
Argamassa	0,7200	0,8000	0,8800
Alvenaria	0,6300	0,7000	0,7700

Tabela 4: Variações de Condutividade Térmica (W/mK) para os Materiais.

Primeiramente vamos proceder à variação das características em conjunto para as paredes. São elas a condutividade térmica, o calor específico e a densidade dos materiais de envelope, que sofreram uma variação para mais e menos 10%. As propriedades de radiação foram deixadas de lado no experimento nesta fase. As tabela 4 a 6 demonstram os valores modifica-

dos para as análises de sensibilidade. Somente foram modificados neste experimento os constituintes das paredes, argamassa e alvenaria. As demais variações são utilizadas adiante.

Material	-10%	Base	+10%
Canalete Eternit	1440,0 *	1.600,0	1760,0
Forro de Madeira	553,5	615,0	676,5
Argamassa	1620,0	1.800,0	1980,0
Alvenaria	1440,0	1.600,0	1760,0

Tabela 5: Variações de Densidade (kg/m^3) para os Materiais.

Material	-10%	Base	+10%
Canalete Eternit	900,0	1.000,0	1.100,0
Forro de Madeira	1.467,0	1.630,0	1793,0
Argamassa	756,0	840,0	924,0
Alvenaria	828,0	920,0	1.012,0

Tabela 6: Variações de Calor Específico (J/kg.K) para os Materiais.

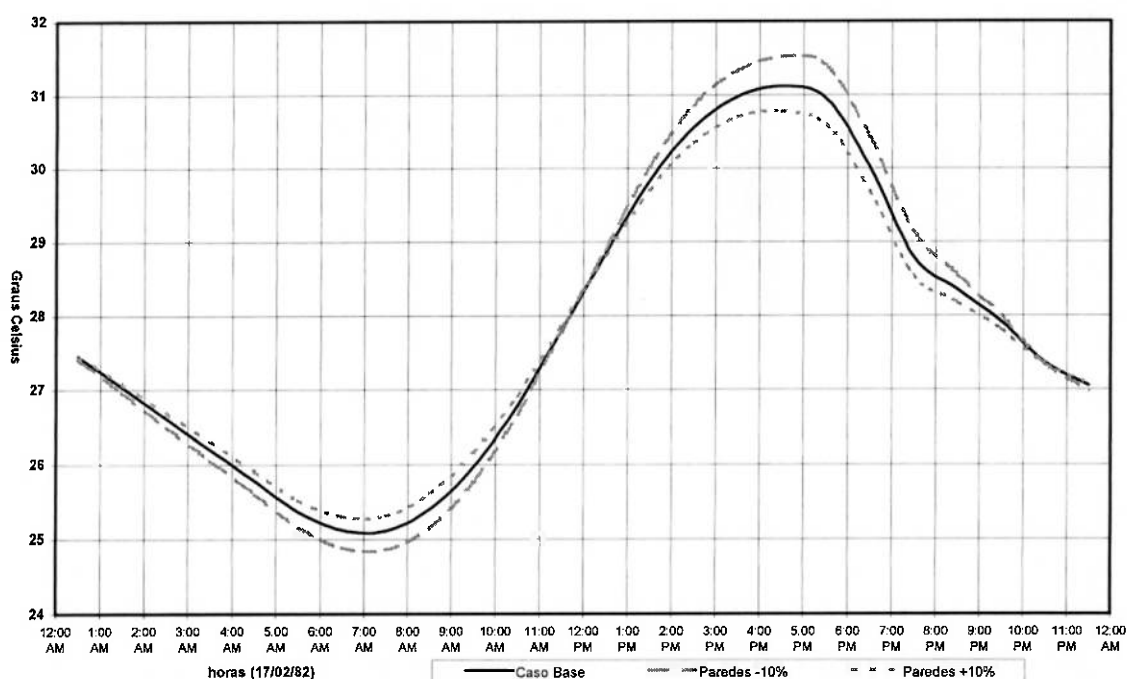


Fig. 12: Variação das Características Gerais das Paredes do Protótipo Popular.

A figura 12 apresenta os resultados colhidos nas duas simulações, em comparação com os resultados do Caso Base. Em uma análise preliminar, podemos notar o fato do aumento da

amplitude de oscilação de temperatura interna, quando as características são diminuídas de 10%, e o inverso na outra situação. Daqui tiramos a conclusão que a condutividade térmica é um fator bastante mais sensível que os outros fatores, já que esta é a única que apresenta a tendência de aumento de temperatura, enquanto que densidade e calor específico apresentam a tendência inversa, como podemos observar da análise da equação de Fourier de condução de calor em (5.1) e (5.2).

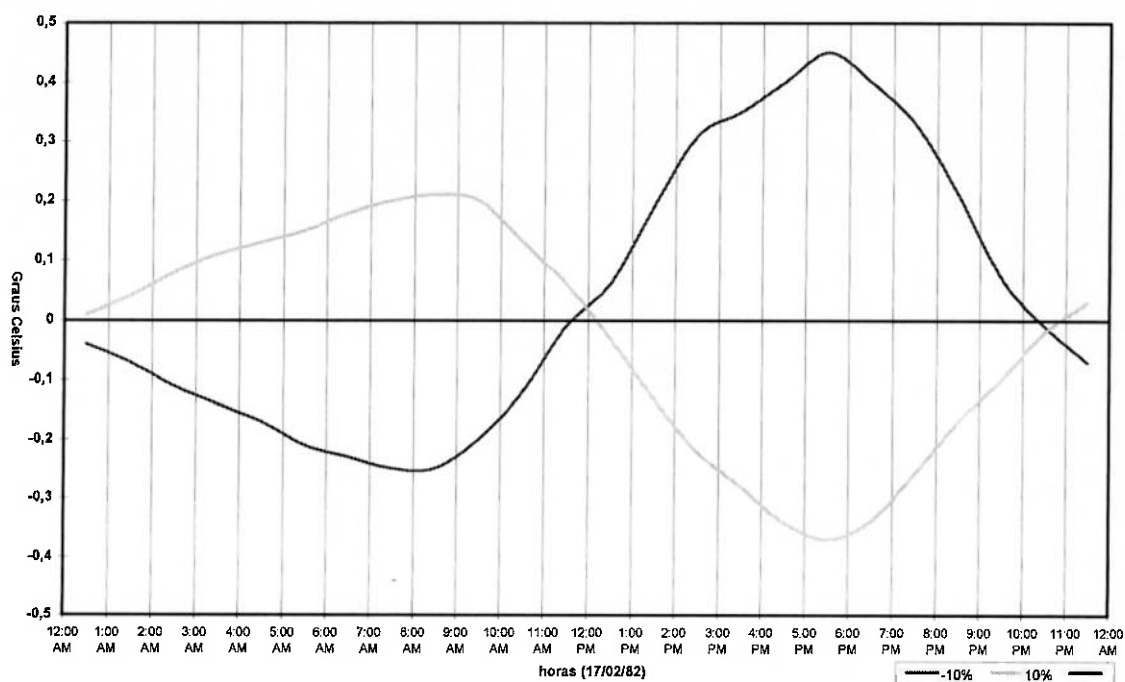


Fig. 13: Variação Relativa entre os Arquivos de Paredes +10% e -10% em relação ao Caso Base.

A figura 13 demonstra a diferença entre o valor base e o valor do arquivo de características variadas, hora a hora. Este arquivo é bastante útil quando se pretende analisar as diferenças quando a visualização no gráfico original é difícil por problemas de escala. Aqui podemos notar que houve coincidência entre os momentos de ocorrência dos máximos e mínimos para os dois arquivos, e que as diferenças para mais ou menos são mais ou menos equivalentes. Uma variação destas propriedades de 10% provoca uma diferença de cerca de $0,4^{\circ}\text{C}$ na máxima temperatura, para mais ou para menos. Inusitadamente o erro é bastante pequeno para esta grande variação de propriedades, já acima dos padrões internacionais, e dentro dos erros experimentais dos termopares.

9.2.2. Variação das Características do Teto

Os valores do teto foram variados de acordo com as tabelas 4 a 6, mas desta vez somente para forro e telhas. Esperávamos um resultado bastante diferente do que obtivemos, e que está demonstrado na figura 14. Os valores estão realmente próximos do Caso Base, para uma variação considerada bastante elevada das características.

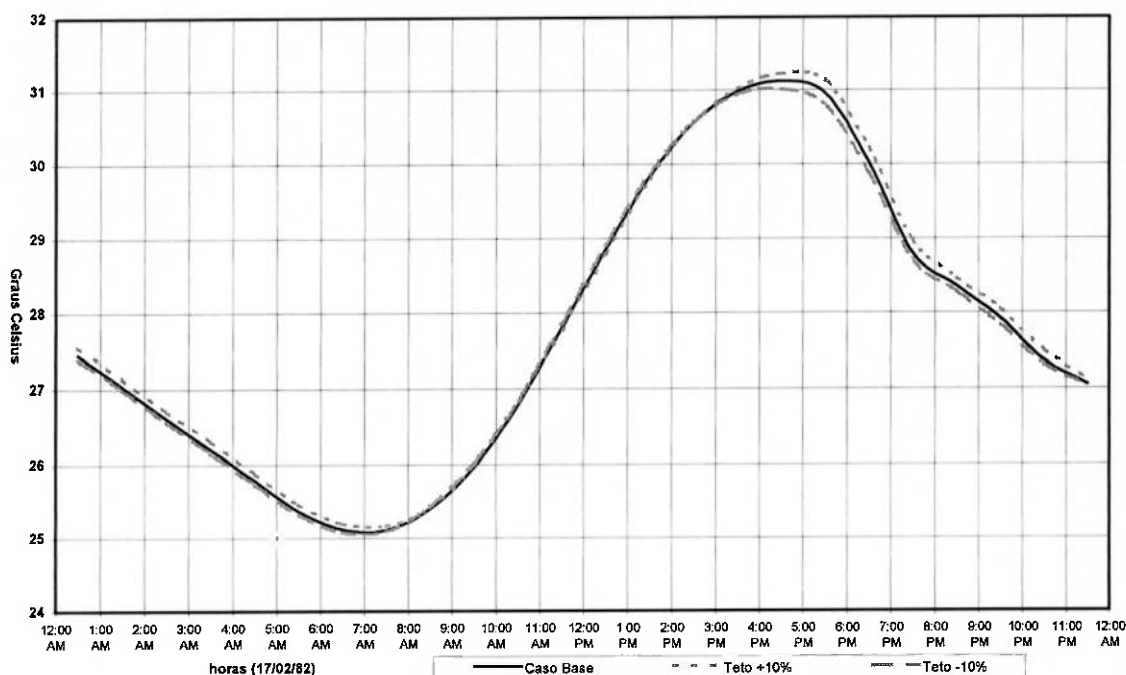


Fig. 14: Variação das Características Gerais do Teto do Protótipo Popular.

Podemos citar como causa a modelagem da sexta zona térmica como um ático ventilado. Este ático, com uma troca de ar por hora, estaria agindo como um *buffer* térmico, que dissiparia a radiação solar direta que atinge o teto neste ar de ventilação. De fato, ao analisarmos os valores plotados para o Ático nas tabelas geradoras destes gráficos, notamos as altas temperaturas que estas zonas atingem durante o dia.

Isto estaria plenamente condizente com o bom senso do projetista de ar-condicionado, já que áticos ventilados são utilizados há anos como forma de diminuição da carga térmica de um ambiente. Já é um indicativo do *offset* encontrado em relação aos dados experimentais. É possível que o ático do problema real seja menos ventilado, sendo responsável por um aumento generalizado das temperaturas na sala. Explicaria também o fato do maior erro encontrado para temperaturas mais baixas, já que este ático funcionaria como um acumulador de calor, liberan-

do o calor nestes momentos.

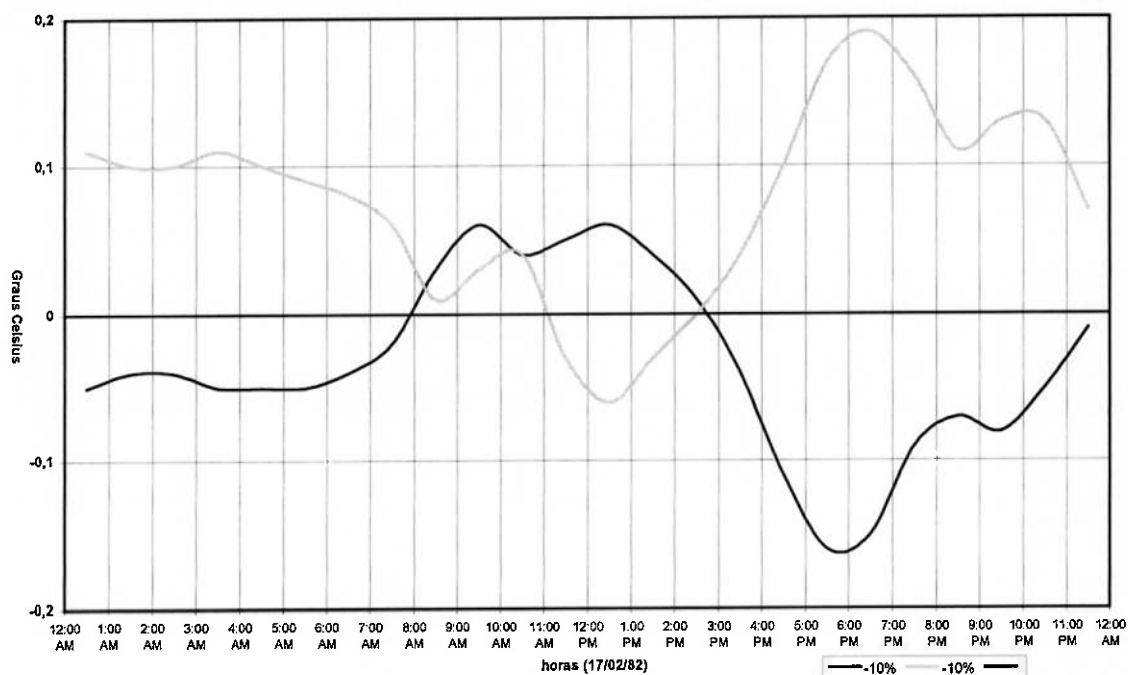


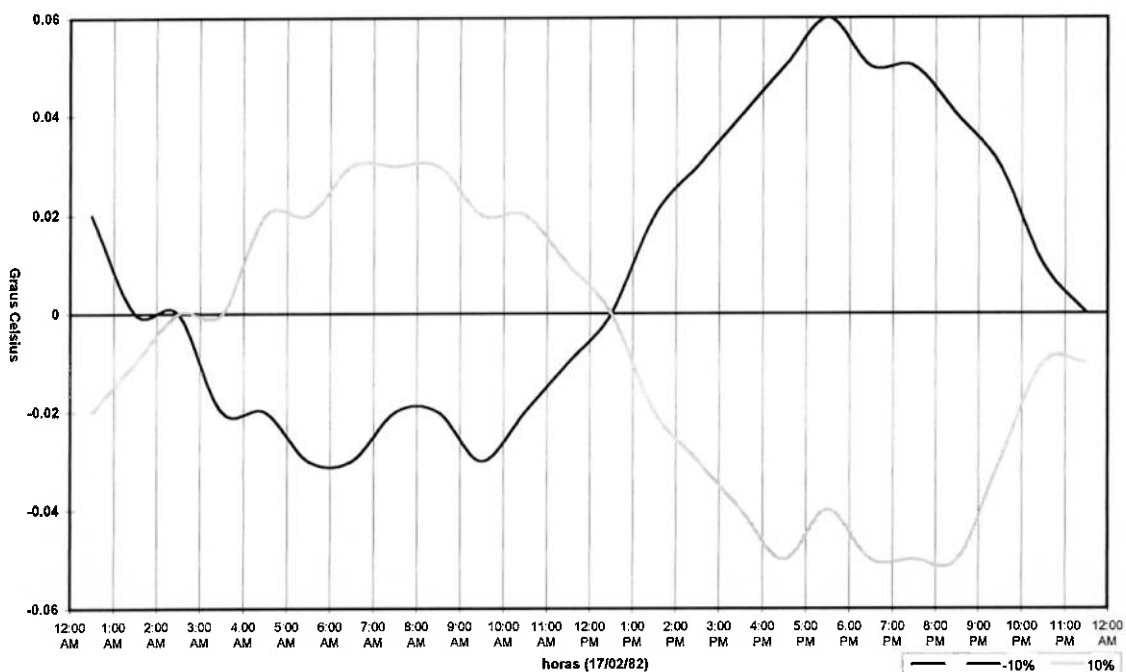
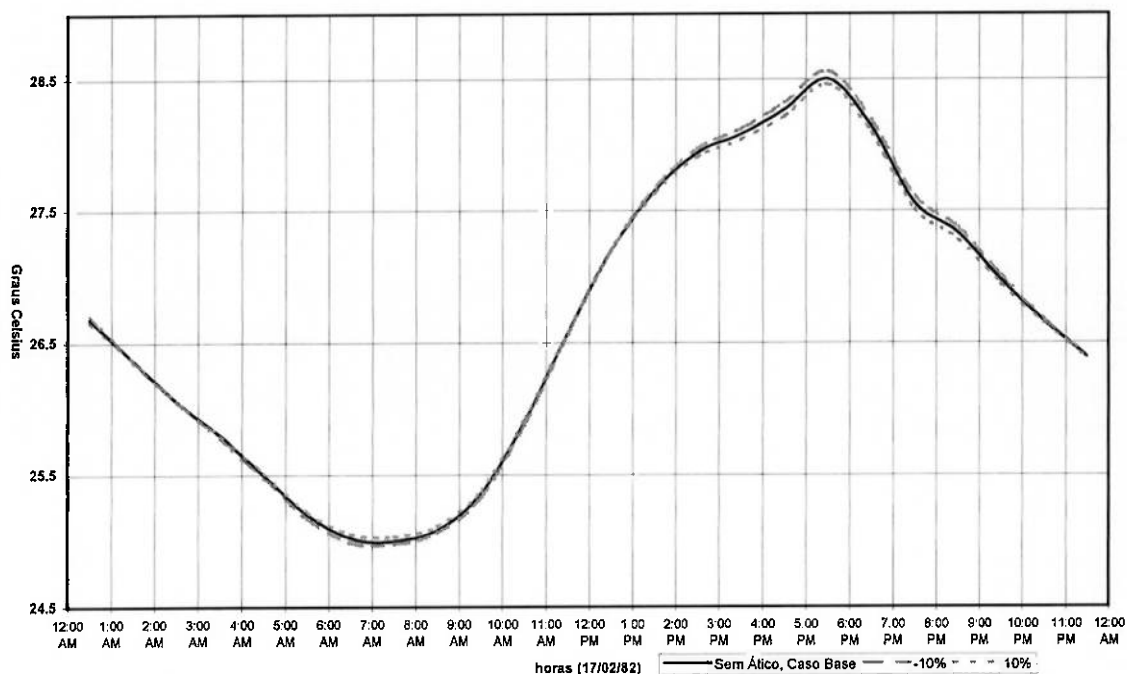
Fig. 15: Variação Relativa entre os Arquivos de Teto +10% e -10% em relação ao Caso Base.

A figura 15 mostra mais uma vez a variação em relação ao Caso Base. Nota-se uma inversão das influências de condutividade e o conjunto calor específico/densidade. Desta vez o segundo conjunto é mais influente que a condutividade em quase todos os momentos do dia, a não ser nas horas de pico de insolação, onde a variação desta última torna as temperaturas para uma variação de -10% eleva a temperatura do Caso Base.

Para uma análise mais profunda, apresentamos uma variação das características do teto, desta vez para o caso sem ático. As figuras 16 e 17 demonstram estes resultados. É possível observar que a presença ou não do ático não modifica substancialmente os resultados, já que temos o mesmo padrão de pequenas variações observado anteriormente. Apenas as variações aumentaram de $0,2^{\circ}\text{C}$ para $0,6^{\circ}\text{C}$ no ponto de máximo, o que indica somente que o fato de não haver ventilação da área (ou desta ventilação ser de 0,7 trocas por hora ao invés de uma) torna menor a dissipação de calor.

Nota-se mais uma vez a característica inversão, na figura 17, entre os valores relativos de variações de -10% e +10%, no momento de pico solar, como foi descrito acima. A inversão também ocorre aqui em um momento anterior do que no caso anterior, e com uma amplitude

maior. Isto pode ser explicado pelo fato de nesta simulação a sala receber uma região do teto inclinada em 4° voltada para leste, que apresenta pico de carga mais cedo.



9.2.3. Variação das Características de Paredes e Teto em Conjunto

Avaliamos também uma mudança global das características, teto e paredes, para checar os erros máximos nas estimativas de materiais. É esperado que as variações sejam uma composição dos resultados hora a hora para as variações individuais de teto e de parede.

A figura 18 apresenta os resultados para esta simulação. Percebe-se desde já que os resultados são coerentes com a hipótese da composição dos resultados. É interessante notar que devido à inversão que apresenta o teto nas influências das características, as variações demonstradas na figura 19 apresentam a amplitude máxima de cerca de $0,35^{\circ}\text{C}$, enquanto que para a análise de variações de paredes somente, temos quase $0,6^{\circ}\text{C}$.

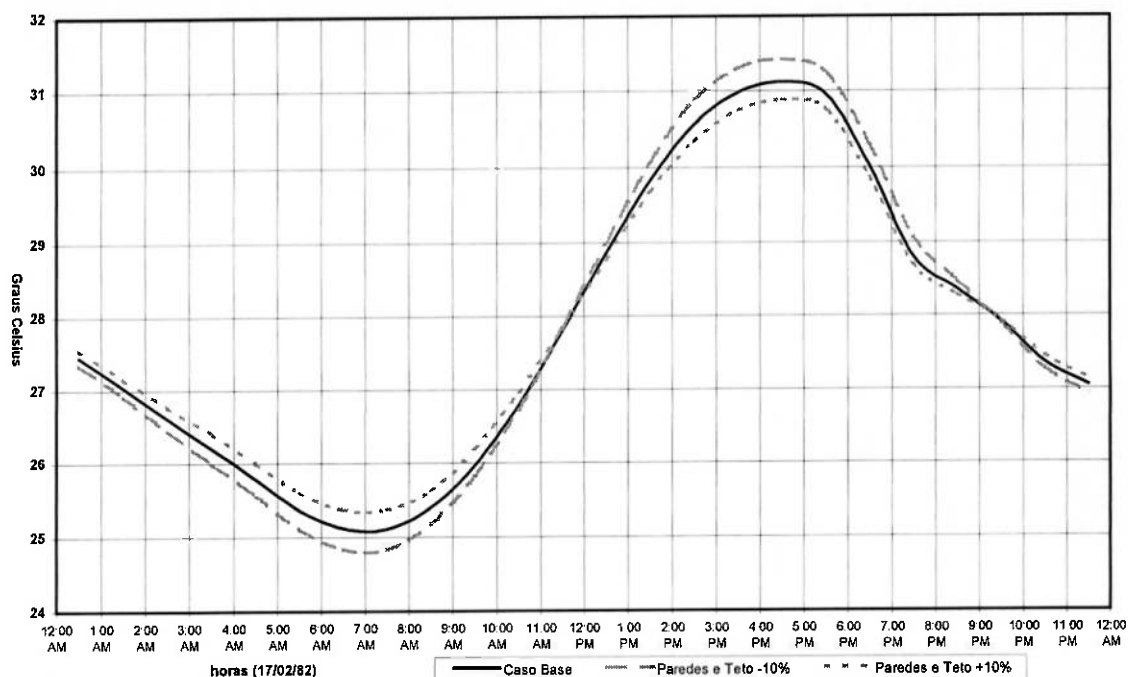


Fig. 18: Variação das Características Gerais de Paredes e Teto do Protótipo Popular.

Este resultado é bastante inesperado, já que estávamos prevendo que erros de medida de +10% (ou -10%) em todos os materiais retornariam o máximo erro. Uma conclusão a ser tomada desde já é que não é interessante, em uma aplicação em que se deseja obter segurança em uma medida não precisa de propriedades, aplicar um fator de segurança uniforme para todas as características.

Observa-se também a formação de um tipo de platô na região entre 2:00 PM e 8:00 PM, para variação negativa de 10%, onde as diferenças de temperatura são mais ou menos cons-

tantes. Isto ocasiona uma defasagem do pico para um horário mais cedo.

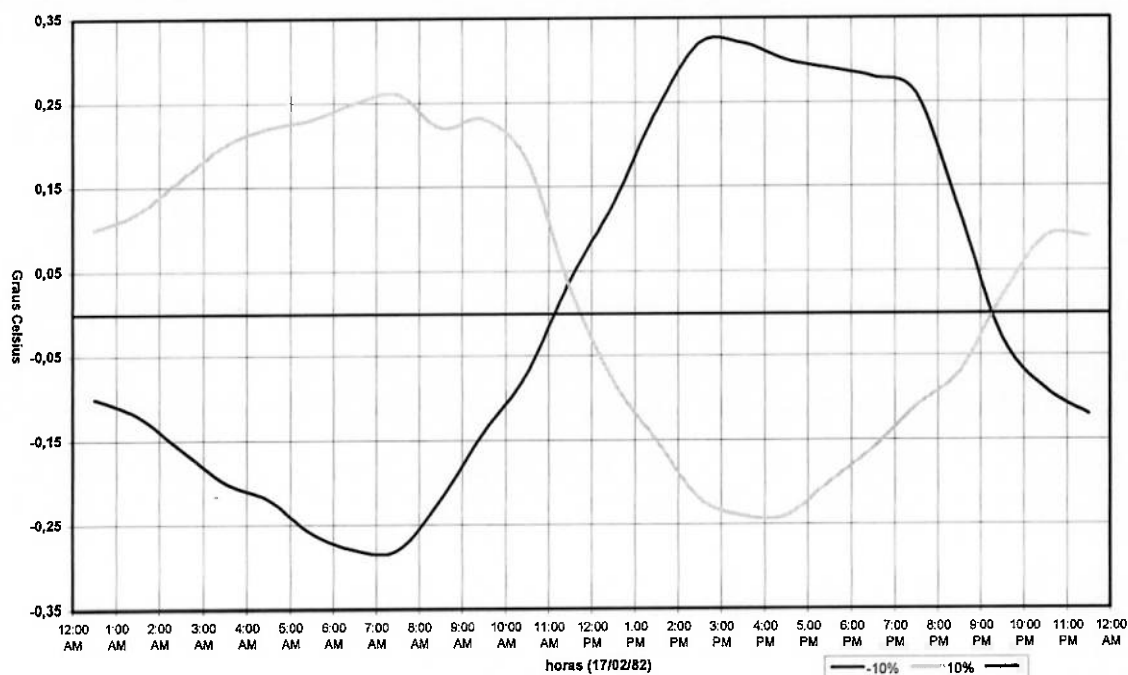


Fig. 19: Variação Relativa entre os Arquivos de Paredes e Teto +10% e -10% em relação ao Caso Base.

9.3. Variações de Características Individuais - Condutividade Térmica, Densidade e Calor Específico

Um estudo de sensibilidade precisa também conter as variações de características individuais dos materiais. Estas variações precisariam ser idealmente efetuadas em cada uma das exposições, em cada um dos tipos de materiais, mas o problema do tempo reduzido mais uma vez se faz presente. Um estudo menos completo, porém ainda bastante válido, é apresentado aqui, onde variam-se as características para todos os materiais. Desta forma, não podemos captar as nuances inesperadas, como a apresentada para a variação conjunta de paredes e teto, apresentada acima, mas podemos inferir algumas conclusões importantes sobre o modelo matemático, assim como para os erros esperados para uma medida específica que possua baixa confiabilidade.

9.3.1. Variação da Condutividade Térmica (K)

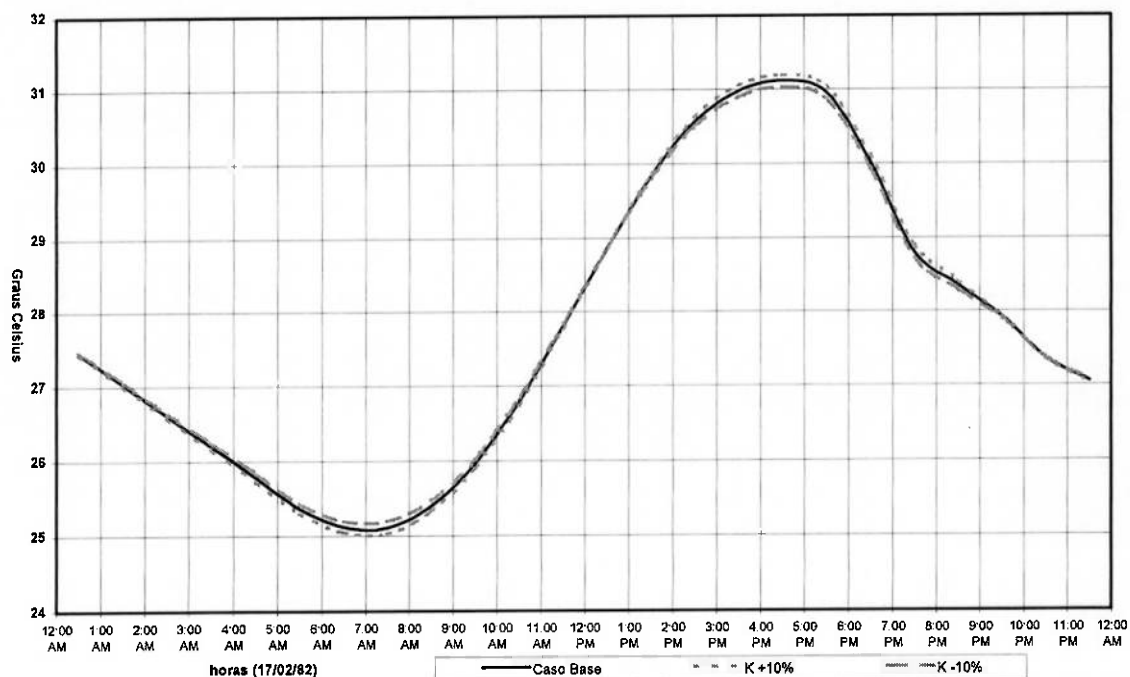


Fig. 20: Variação da Condutividade Térmica para o Protótipo Popular.

A condutividade térmica é geralmente o fator considerado mais importante nas modelagens térmicas, já que consta nos cálculos simplificados de condução na Equação de Fourier (ver (2.1)). Ocorre, porém, que nesta simplificação não são modelados a densidade e o calor específico, que são fatores também críticos.

O gráfico da figura 20 demonstra o erro no argumento da simplificação, já que a variação é bastante reduzida para modificações de 10%.

No gráfico 21, a variação relativa ao Caso Base também demonstra que estamos discutindo amplitudes máximas da ordem de $0,1^{\circ}\text{C}$, o que está bem dentro dos erros de termopar. Podemos verificar o afirmado anteriormente sobre a influência da condutividade na equação de Fourier, na difusividade, verificando que a variação tem o sinal adequado quando a estrutura está recebendo energia do ambiente (de 12:00PM a 10:00PM), quando um aumento na variável causa aumento de temperatura, e vice-versa.

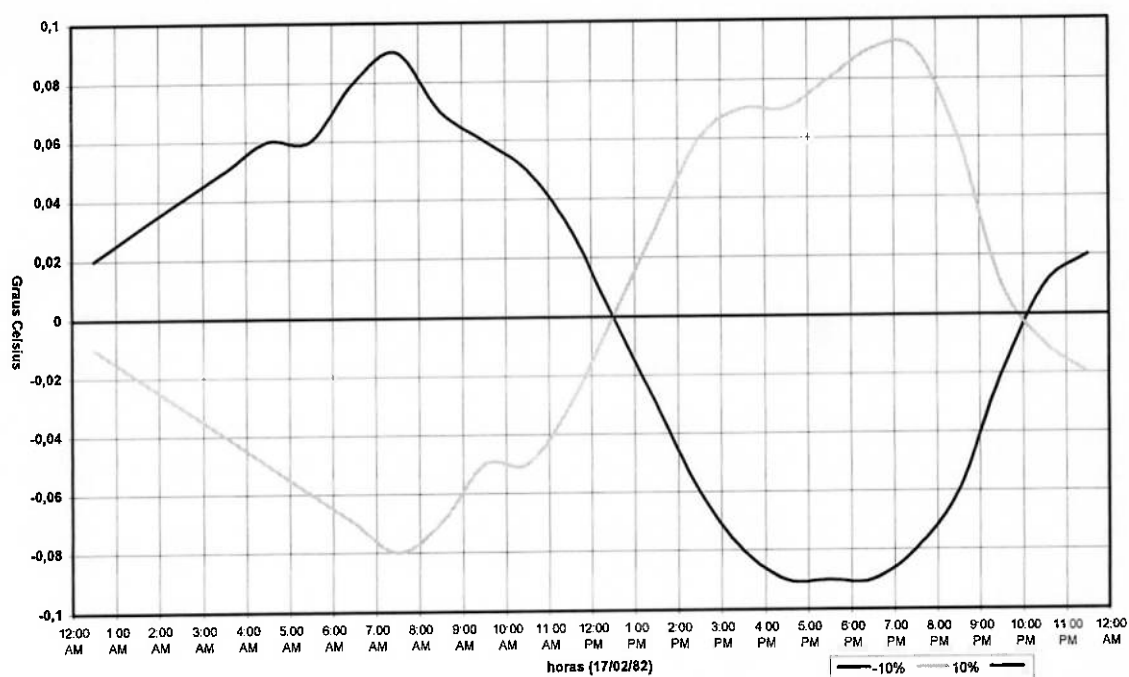


Fig. 21: Variação Relativa entre os Arquivos de Condutividade Térmica +10% e -10% em relação ao Caso Base.

9.3.2. Variação da Densidade (ρ)

A densidade da estrutura é comumente conhecida como a “capacitância” térmica, utilizando-se da analogia elétrica. Sua principal característica é deslocar o ponto de pico de uma resposta térmica (CARRIER (1996)).

Na análise da figura 22, é difícil discernir qualquer variação no momento do pico de máximas temperaturas. No entanto, o gráfico 23 é um auxílio que nos permite identificar uma maior variação cerca de 1:30 horas antes do pico observado no gráfico anterior. Isto é um indicativo claro da defasagem esperada. Também nesta figura, o caráter inversamente proporcional desta característica é bastante visível. Um erro nas determinações de densidade acarreta um erro total de $0,2^{\circ}\text{C}$.

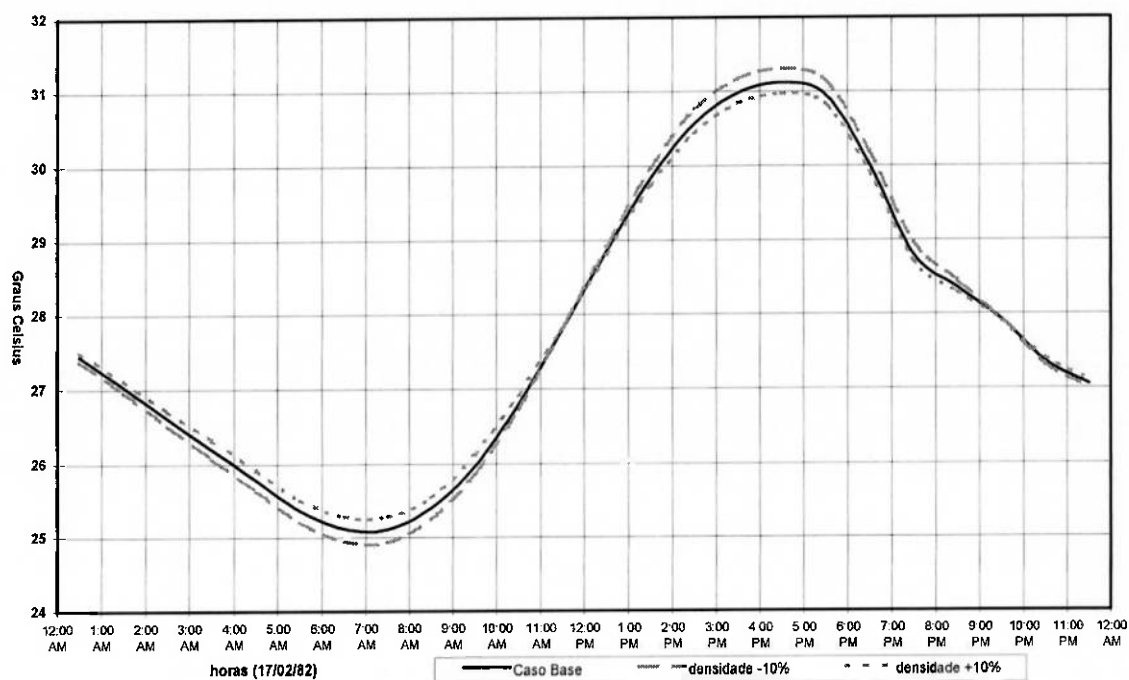


Fig. 22: Variação da Densidade para o Protótipo Popular.

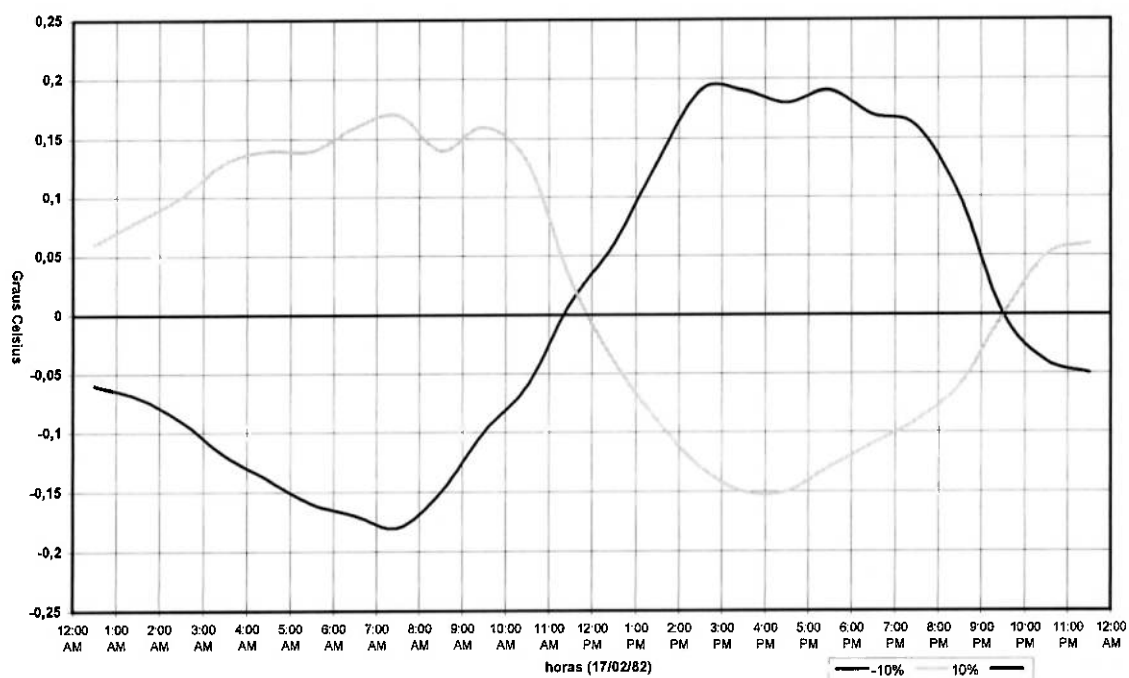


Fig. 23: Variação Relativa entre os Arquivos de Densidade +10% e -10% em relação ao Caso Base.

9.3.3. Variação do Calor Específico (C_p)

O calor específico tende a agir analogamente à densidade do material, em sua capaci-

de de modificar as regiões de máximos e mínimos. É de se esperar, também, que devido à modelagem utilizando a difusividade térmica, a variação seja bastante próxima da apresentada no estudo da densidade, já que como os termos estão multiplicados na equação, uma variação percentual em qualquer um deles produz o mesmo resultado, já que o produto fica decrementado desta porcentagem. É exatamente o observado no resultado, nas figuras 24 e 25.

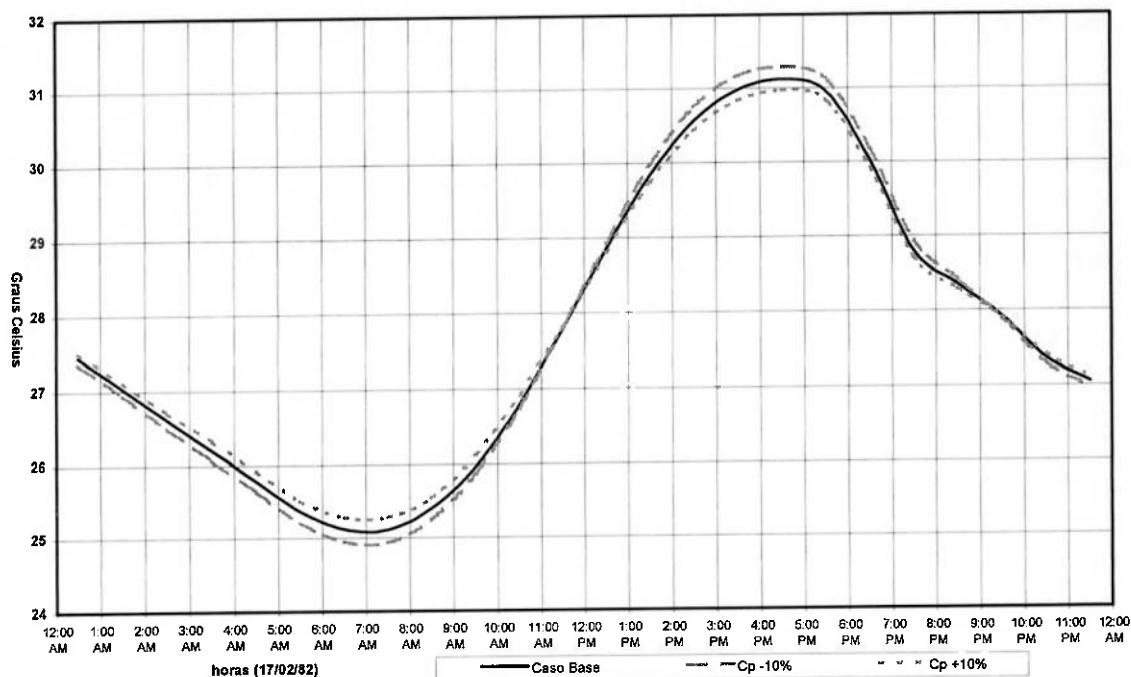


Fig. 24: Variação do Calor Específico para o Protótipo Popular.

Ocorre a formação do platô, analogamente ao caso anterior, e as variações estão bastante próximas do obtido para a densidade. As eventuais discrepâncias entre os gráficos de densidade e calor específico podem ser relegadas à explicação de erros decorrentes ao método matemático.

A medição do calor específico é, porém, mais difícil do que a densidade. Deve-se tomar um pouco mais de cuidado, portanto, com este valor na modelagem do material.

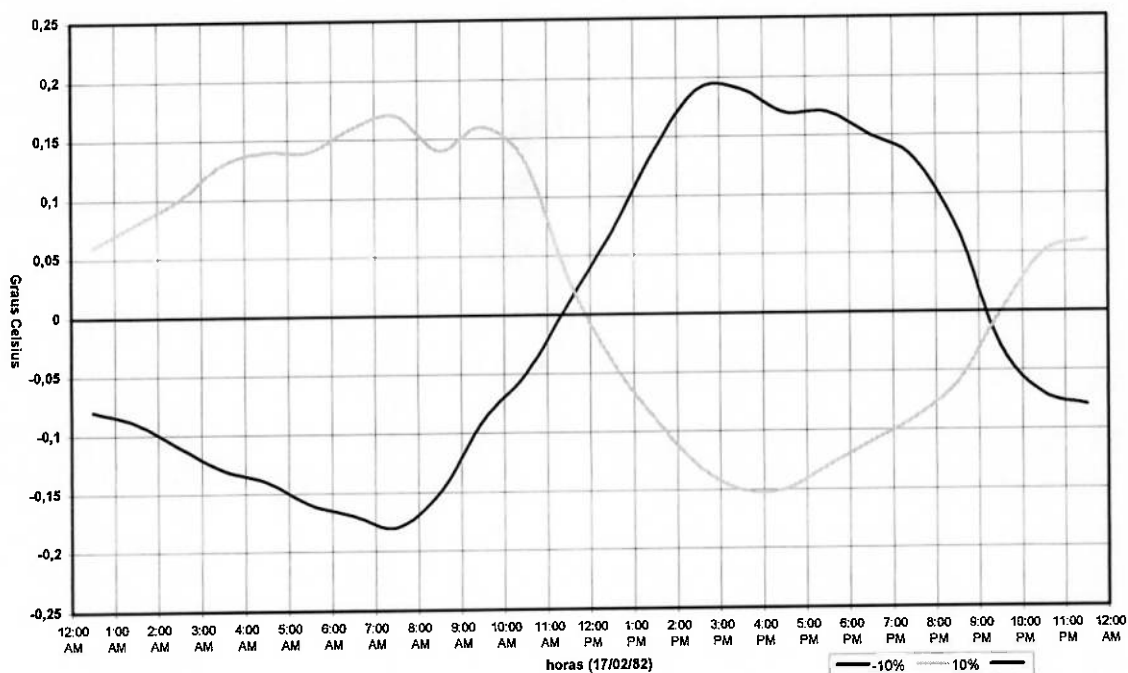


Fig. 25: Variação Relativa entre os Arquivos de Calor Específico +10% e -10% em relação ao Caso Base.

9.4. Variações de Características de Transmissão por Radiação -

Emissividade e Absorvidade

A radiação no ESP-r é linearizada. Este fato parece à primeira vista decrementar um pouco da elegância da solução computacional empregada, mas diversos cuidados durante a simulação garantem uma boa modelagem dos fenômenos de transferência por radiação. Os cálculos de fatores de forma e os algoritmos de temperaturas ar-sol são apenas alguns exemplos.

Os parâmetros a serem modificados para uma análise de sensibilidade provaram ser muito mais fáceis de modificar, mas isto se deve ao próprio modelo de radiação, que somente necessita de emissividades e absorvidades para caracterizar uma estrutura. Vamos nos ater aos dois parâmetros em nossa análise, de novo modificando-os para todos os materiais ao mesmo tempo.

Primeiramente, modificamos a emissividade térmica. Temos a possibilidade de modificar isoladamente tanto a emissividade externa, quanto a interna para nosso Protótipo, mas vamos proceder à modificação de ambas ao mesmo tempo, simulando um equipamento de medição

mal calibrado, ou uma consulta equivocada às tabelas de materiais. Uma variação de 10% nesta etapa seria irrealista, já que os materiais possuem uma gama estreita de variações, e uma consulta a AKUTSU (1993) nos guiou na escolha das variações. Basicamente, tomamos os valores inferiores e superiores das emissividades estipuladas para um determinado material. Como a escolha do valor entre os extremos fica a encargo do projetista, nos pareceu viável agir desta maneira. Os valores de emissividade escolhidos seguem a tabela 7.

Material	-5,6%	Base	+5,6%
Canalete Eternit	0,85	0,90	0,95
Forro de Madeira	0,85	0,90	0,95
Argamassa	0,86	0,91	0,96

Tabela 7: Variações de Emissividade para os Materiais.

Material	Base	+30%
Canalete Eternit	0,60	0,78
Forro de Madeira	0,65	0,85
Argamassa	0,50	0,65

Tabela 8: Variações de Absorvidade para os Materiais.

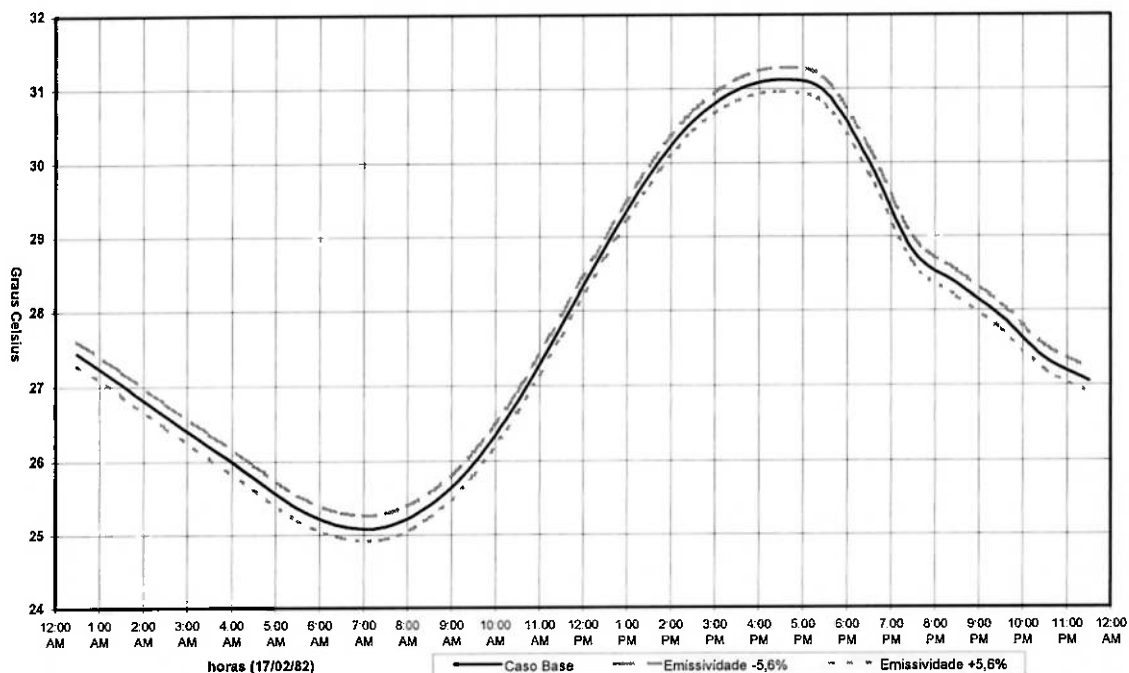


Fig. 26: Variação da Emissividade Externa e Interna para o Protótipo Popular.

A figura 26 nos mostra o resultado da simulação efetuada com estes valores, onde podemos verificar que as respostas para os valores modificados seguem paralelamente às temperaturas do Caso Base. A figura 27 mostra ainda melhor esta tendência.

O perfil de temperatura que estamos medindo é a temperatura interna da zona. Esta é convectiva por natureza, já que significa a temperatura de um nó específico no centro da região, ou seja, a temperatura do ar interno. Quando modificamos as características de condução, como fizemos em simulações anteriores, estamos também modificando o tempo em que este aumento de temperatura condutiva se transfere para o ar interno. Por isto os gráficos anteriores não demonstram a tendência de paralelismo. Com a radiação, não há um tempo de transferência do ganho proveniente para este nó, já que a transmissão de calor se dá por meio de ondas eletromagnéticas, que trafegam à velocidade da luz. Por esta razão, notamos este resultado.

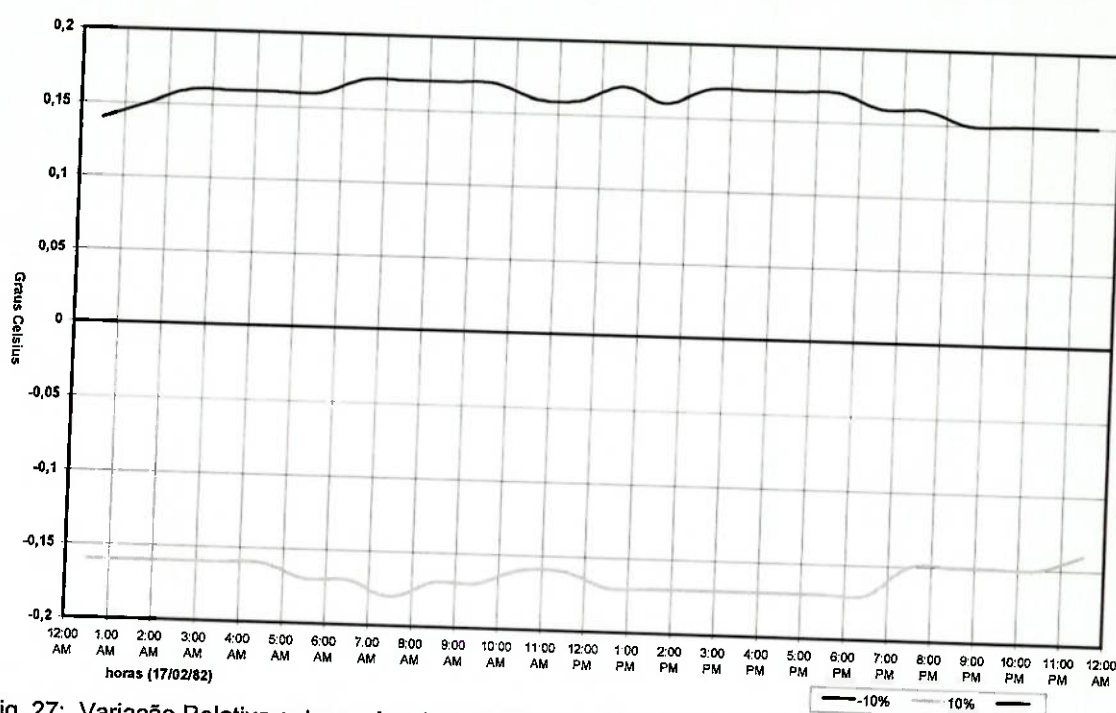


Fig. 27: Variação Relativa entre os Arquivos de Emissividade +5,6% e -5,6% em relação ao Caso Base.

Parece haver uma relação direta entre o aumento ou diminuição da emissividade para um aumento de temperatura, o que nos permite agora afirmar que um aumento de 5,6% na emissividade causa um aumento constante de $0,15^{\circ}\text{C}$ nas temperaturas, o análogo ocorrendo com a diminuição.

No caso da absorvidade, também não é conveniente trabalhar com variações de 10%.

Esta característica está ligada ao comprimento de onda absorvida pela superfície, e à energia que decorre disto. Portanto, superfícies com diferentes absorvidades apresentam cores visíveis diferentes, sendo este fator uma medida da cor. Quanto mais próximo de zero for este fator, mais clara será a superfície, enquanto valores próximos da unidade significam cores mais escuras. Mas uma cor específica possui uma larga faixa de valores possíveis.

Desta forma, julgou-se mais apropriado para efeito de análise a mudança do valor da absorvidade para a cor mais próxima do espectro. O Protótipo Popular está pintado na cor branca, e comparou-se com a hipótese destas paredes estarem na cor amarela (AKUTSU (1993)), o que significa uma variação de 30%. Visando a compatibilidade, os valores para o teto também foram acrescidos deste fator.

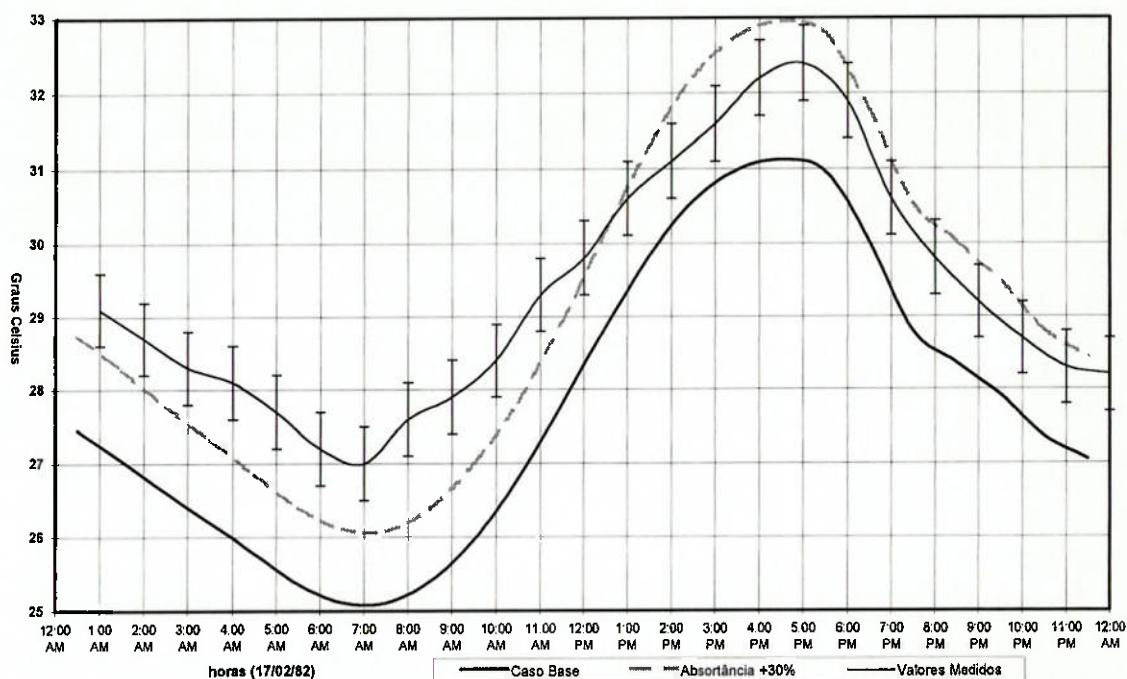


Fig. 28: Variação da Absorvidade para o Protótipo Popular, em relação ao Caso Base e às Temperaturas Medidas.

É interessante notar que ao efetuar esta modificação, as temperaturas calculadas atingem quase perfeitamente as temperaturas medidas, como demonstra a figura 28. Isto chega a lançar algumas dúvidas quanto à decisão de modelar a estrutura com uma emissividade tão baixa em um primeiro momento, mas devemos lembrar que não é nosso objetivo a modificação da modelagem para aderir ao medido, mas determinar se a utilização dos parâmetros correntes

satisfaz a um critério mínimo de compatibilidade com os dados.

Este fato pode ser explicado pela deposição de material particulado nas paredes e teto da estrutura, tanto decorrentes de métodos de construção, como da poluição de São Paulo. De qualquer forma, procedendo à análise da figura 29, podemos notar que este aumento de temperatura, ao contrário do ocorrido com a emissividade, não ocorre paralelamente ao Caso Base. Podemos explicar isto pelo fato do Protótipo conter janelas preferencialmente na orientação oeste, e à tarde o sol promove um maior aquecimento por radiação direta nas áreas internas. O modelo do ESP-r também leva em conta as emissões internas por paredes aquecidas.

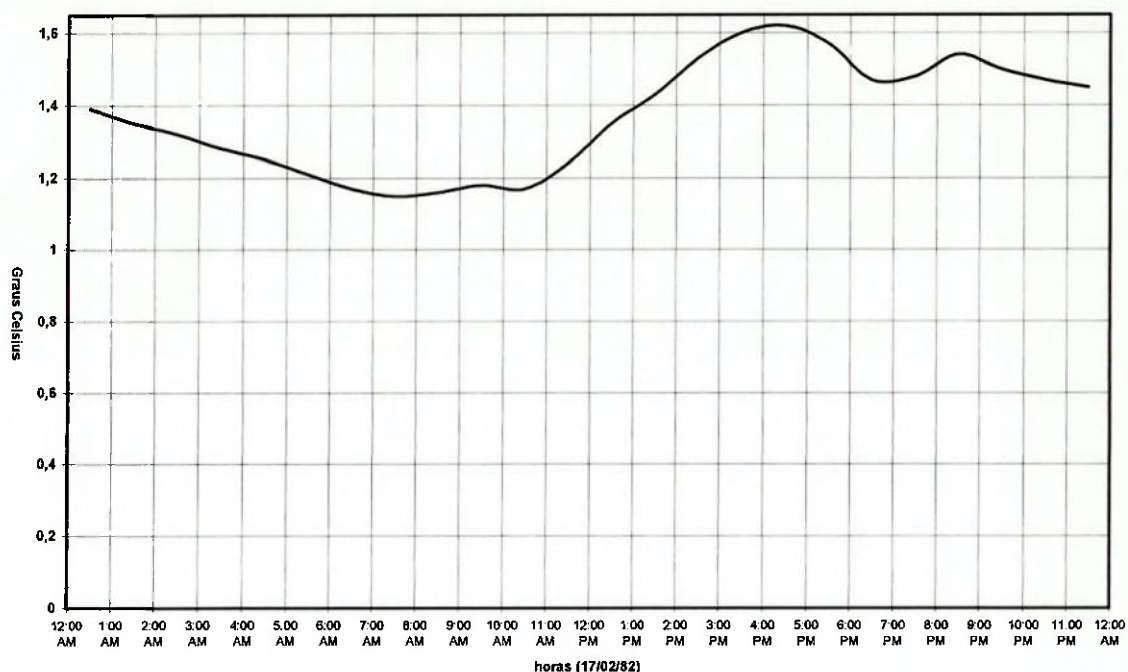


Fig. 29: Variação Relativa entre o Arquivo de Absorvidade +30% em relação ao Caso Base.

9.5. Protótipo Residencial - Simulação e Comentários

Para reforçar nossos resultados, apresentamos o gráfico relativo ao Protótipo Residencial, que possui uma maior espessura das paredes externas, para uma mesma área interna útil. As temperaturas aqui possuem um perfil bastante distinto das do Protótipo Popular. Isto é um resultado bastante espantoso, já que este Protótipo possui paredes externas mais espessas, além de uma laje de concreto no teto, o que deveria servir de barreira térmica. Possui, além disso, a mesma área interna do Popular.

O que pode estar causando esta grande variação é a imensa janela localizada na orientação oeste, que recebe o sol da tarde diretamente. A área envidraçada do Protótipo Residencial é consideravelmente maior que a do Popular. Esta mesma janela, com o decréscimo de temperatura experimentado à noite, dissipa esta calor mais rapidamente, já que sua condutividade térmica é muito maior que as paredes ($2,9 \text{ W/m.k}$ contra $0,8 \text{ W/m.K}$).

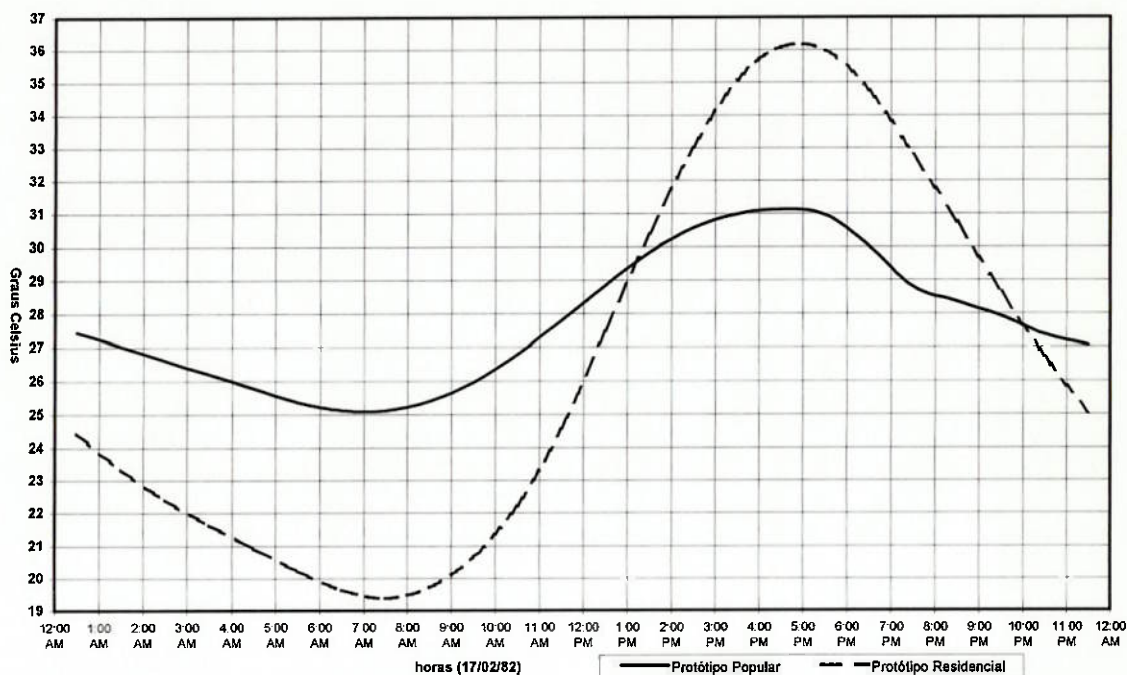


Fig. 30: Simulação do Protótipo Residencial.

O resultado serve ainda para ressaltar o fato de que não basta somente isolar termicamente uma estrutura e desconsiderar outros fatores igualmente, ou mais, importantes para a resposta térmica.

CONCLUSÕES

A análise do ESP-r em conjunto com os outros programas demonstra que ele é utilizável para simulações térmicas em ambientes nacionais, mesmo em seu estágio atual. O erro experimental, apesar de alto, não torna o resultado inválido, já este é da ordem de 7,4% no pior caso. Podemos afirmar, porém, que o ESP-r no seu atual estágio de estudos não é o melhor *software* para a simulação de respostas térmicas. O Blast, por exemplo, já é estudado a mais tempo, e está melhor "climatizado".

A falta de dados meteorológicos começa a se tornar um problema sério quando utilizamos programas baseados em soluções diferenciais. Já o era para aplicações como o Blast, mas para o ESP-r é realmente crítico que se possua dados confiáveis. É necessário, de acordo com os padrões internacionais, 70 anos de medidas meteorológicas precisas de forma a criar-se um ano padrão para fins de simulação, e o primeiro compêndio nacional foi publicado somente em 1994. Já existem empresas que produzem tabelas com as condições meteorológicas para várias regiões brasileiras, mas o custo da obtenção destes trabalhos ainda é proibitivo. No entanto, com algumas medições precisas é possível simular algumas estruturas, desde que se mantenha em mente os maiores erros - controláveis - que se obtêm.

Durante a análise de sensibilidade, foi possível confirmar algumas previsões provenientes da teoria de transferência de calor, além de ser possível refutar alguns conceitos pré-estabelecidos sobre as características de envelope, como demonstrou-se no estudo das influências conjuntas de condutividade térmica, calor específico e densidade na resposta térmica. O modelo respondeu muito pouco às mudanças relativamente grandes de características condutivas de envelope, inferindo sua pouca importância relativa. Além disto, confirmamos o importante papel da transferência por radiação nas temperaturas internas (sem contar nas temperaturas médias radiantes) de uma zona habitada, modificando parâmetros de conforto muito facilmente, como uma pequena variação dos parâmetros.

Em resumo, o ESP-r apresenta-se como um programa bastante robusto, já que suas curvas de resposta podem ser plenamente explicadas na análise do modelo e do método. Suas

previsões condizem razoavelmente com o esperado, e mesmo uma falta crítica de parâmetros de entrada não compromete a análise qualitativa.

Alguns comentários devem ser efetuados, no entanto, quanto à interface com o usuário. Apesar de ser um enorme avanço frente à outros programas de sua complexidade, o ESP-r ainda deixa a desejar, principalmente no tempo envolvido na elaboração da simulação. Em comparação a outros *softwares* de resposta térmica, o tempo dispendido na entrada de dados é muito maior e mais complexo. Quando se leva em conta que o tempo de engenharia é o maior dos gastos em empresas de consultoria, a utilização do ESP-r para cálculos cotidianos se torna inviável. É necessária uma modificação de modo a tornar mais rápidas simulações onde não se deseja controle sobre todas as variáveis possíveis no algoritmo.

Ainda assim, em estudos acadêmicos sobre respostas térmicas, o programa é imbatível.

LISTAGEM DO PROTÓTIPO POPULAR

A.1. Modelagem com 6 zonas térmicas (Ático)

9.3.3. Arquivo de Configuração - pop2.cfg

```
* CONFIGURATION
# ESRU system configuration defined by file
# pop2.cfg
      1          # Building only
-22.750    2.250  # Latitude & Longitude
      3    0.200  # Site exposure & ground refl
* DATABASES
*prm  ../con/constr.dbl
*mlc  ../con/popular.mlc
*opt  /usr/esru/esp-r/defaults/defodb
*prs  /usr/esru/esp-r/defaults/defpres
*evn  /usr/esru/esp-r/defaults/defprdb
*clm  ../climate/sp82-1.clm
*pdb  /usr/esru/esp-r/defaults/defpldb
* PROJ LOG
pop2.txt
* Building
Prototipo Popular - IPT
      6  # no of zones
      1  # reference for cozinha
zones/cozinha.opr  # schedules
zones/cozinha.geo  # geometry
zones/cozinha.con  # constructions
      0
      2  # reference for dormitorio1
zones/dormitorio1.opr  # schedules
zones/dormitorio1.geo  # geometry
zones/dormitorio1.con  # constructions
      0
      3  # reference for dormitorio2
zones/dormitorio2.opr  # schedules
zones/dormitorio2.geo  # geometry
zones/dormitorio2.con  # constructions
      0
      4  # reference for sala
zones/sala.opr  # schedules
zones/sala.geo  # geometry
zones/sala.con  # constructions
      0
      5  # reference for banho
zones/banho.opr  # schedules
zones/banho.geo  # geometry
zones/banho.con  # constructions
      0
      6  # reference for atico
zones/atico.opr  # schedules
zones/atico.geo  # geometry
zones/atico.con  # constructions
      0
      54  # number of connections
      1  1  0  0  0  # 1  sul in cozinha is External
      1  2  3  4  1  # 2  norte in cozinha >|< sul in sala
      1  3  0  0  0  # 3  oeste in cozinha is External
      1  4  3  6  5  # 4  teto in cozinha >|< cozinha in atico
      1  5  5  0  0  # 5  piso in cozinha is adiabatic
```

```

1 6 0 0 0 # 6 porta_sul in cozinha is External
1 7 3 5 4 # 7 leste in cozinha >|< oeste in banho
1 8 3 4 11 # 8 leste_hall in cozinha >|< oeste_coz in sala
1 9 3 4 14 # 9 porta_leste in cozinha >|< porta_coz in sala
2 1 0 0 0 # 10 sul in dormitorio1 is External
2 2 0 0 0 # 11 leste in dormitorio1 is External
2 3 3 3 1 # 12 norte in dormitorio1 >|< sul in dormitorio2
2 4 3 6 7 # 13 teto in dormitorio1 >|< dormitorio1 in atico
2 5 5 0 0 # 14 piso in dormitorio1 is adiabatic
2 6 3 5 2 # 15 oeste in dormitorio1 >|< leste in banho
2 7 3 4 10 # 16 oeste_hall in dormitorio1 >|< leste_dorm in sala
2 8 3 4 13 # 17 porta_oeste in dormitorio1 >|< porta_dorm in sala
3 1 3 2 3 # 18 sul in dormitorio2 >|< norte in dormitorio1
3 2 0 0 0 # 19 leste in dormitorio2 is External
3 3 0 0 0 # 20 norte in dormitorio2 is External
3 4 3 4 2 # 21 oeste in dormitorio2 >|< leste in sala
3 5 3 6 8 # 22 teto in dormitorio2 >|< dormitorio2 in atico
3 6 5 0 0 # 23 piso in dormitorio2 is adiabatic
3 7 3 4 8 # 24 porta_oeste in dormitorio2 >|< porta_leste in
sala
4 1 3 1 2 # 25 sul in sala >|< norte in cozinha
4 2 3 3 4 # 26 leste in sala >|< oeste in dormitorio2
4 3 0 0 0 # 27 norte in sala is External
4 4 0 0 0 # 28 oeste in sala is External
4 5 3 6 9 # 29 teto in sala >|< sala in atico
4 6 5 0 0 # 30 piso in sala is adiabatic
4 7 0 0 0 # 31 porta_norte in sala is External
4 8 3 3 7 # 32 porta_leste in sala >|< porta_oeste in
dormitorio2
4 9 3 5 3 # 33 sul banho in sala >|< norte in banho
4 10 3 2 7 # 34 leste_dorm in sala >|< oeste_hall in dormitorio1
4 11 3 1 8 # 35 oeste_coz in sala >|< leste_hall in cozinha
4 12 3 5 7 # 36 porta_banho in sala >|< porta_norte in banho
4 13 3 2 8 # 37 porta_dorm in sala >|< porta_oeste in dormitorio1
4 14 3 1 9 # 38 porta_coz in sala >|< porta_leste in cozinha
5 1 0 0 0 # 39 sul in banho is External
5 2 3 2 6 # 40 leste in banho >|< oeste in dormitorio1
5 3 3 4 9 # 41 norte in banho >|< sul_banho in sala
5 4 3 1 7 # 42 oeste in banho >|< leste in cozinha
5 5 3 6 6 # 43 teto in banho >|< banho in atico
5 6 5 0 0 # 44 piso in banho is adiabatic
5 7 3 4 12 # 45 porta_norte in banho >|< porta_banho in sala
6 1 0 0 0 # 46 sul in atico is External
6 2 0 0 0 # 47 norte in atico is External
6 3 0 0 0 # 48 oeste in atico is External
6 4 0 0 0 # 49 leste in atico is External
6 5 3 1 4 # 50 cozinha in atico >|< teto in cozinha
6 6 3 5 5 # 51 banho in atico >|< teto in banho
6 7 3 2 4 # 52 dormitorio1 in atico >|< teto in dormitorio1
6 8 3 3 5 # 53 dormitorio2 in atico >|< teto in dormitorio2
6 9 3 4 5 # 54 sala in atico >|< teto in sala
0 # no mass flow analysis

```

A.1.2. Zona 1 (COZINHA) - Arquivo de Geometria - zones/cozinha.geo

```

# geometry of cozinha defined in: zones/cozinha.geo
GEN cozinha # type zone name
18 9 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
0.000 0.000 0.000 # vert 1
2.900 0.000 0.000 # vert 2
2.900 3.675 0.000 # vert 3
0.000 3.675 0.000 # vert 4
0.000 0.000 2.500 # vert 5
2.900 0.000 2.500 # vert 6
2.900 3.675 2.500 # vert 7
0.000 3.675 2.500 # vert 8

```

```

0.875    0.000    0.000 # vert 9
1.775    0.000    0.000 # vert 10
1.775    0.000    2.150 # vert 11
0.875    0.000    2.150 # vert 12
2.900    2.525    0.000 # vert 13
2.900    2.525    2.500 # vert 14
2.900    2.700    0.000 # vert 15
2.900    3.600    0.000 # vert 16
2.900    3.600    2.150 # vert 17
2.900    2.700    2.150 # vert 18
# no of vertices followed by list of associated vert
8, 1, 9, 12, 11, 10, 2, 6, 5,
4, 3, 4, 8, 7,
4, 4, 1, 5, 8,
4, 5, 6, 7, 8,
9, 1, 4, 3, 16, 15, 13, 2, 10, 9,
4, 9, 10, 11, 12,
4, 2, 13, 14, 6,
8, 13, 15, 18, 17, 16, 3, 7, 14,
4, 15, 16, 17, 18,
# number of default windows within each surface
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
2.125 1.000 0.700 1.100 SC 8985_04nb # in sul
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede EXTERIOR
2, norte OPAQ VERT parede sala
3, oeste OPAQ VERT parede EXTERIOR
4, teto OPAQ CEIL forro atico
5, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
6, porta_sul OPAQ VERT porta EXTERIOR
7, leste OPAQ VERT parede banho
8, leste_hall OPAQ VERT parede sala
9, porta_leste OPAQ VERT porta sala

```

A.1.3. Zona 1 (COZINHA) - Arquivo de Construção - zones/cozinha.con

```

# thermophysical properties of cozinha defined in zones/cozinha.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 norte parede
3, 0 # 3 oeste parede
1, 0 # 4 teto forro
3, 0 # 5 piso piso
1, 0 # 6 porta_sul porta
3, 0 # 7 leste parede
3, 0 # 8 leste_hall parede
1, 0 # 9 porta_leste porta
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 4 1
0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 5 1

```



```

1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
0.1500, 700.0, 2500.0, 0.0150 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 6 1
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 7 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 8 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 9 1
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
# |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles) |U value|
0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 1 win 1
0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.65, 0.40, 0.50, 0.50, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.85, 0.40, 0.50, 0.50, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00

```

A.1.4. Zona 1 (COZINHA) - Arquivo de Operação - zones/cozinha.opr

```

# operations of cozinha defined in:
# zones/cozinha.opr
nil_operations # operation name
# control(no control of air flow ), low & high setpoints
0 0.000 0.000
1 # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Weekday casual gains
# Wkd: type, start, stop, sens, latent, rad_frac, conv_frac
1, 0, 24, 0.0, 0.0, 0.500, 0.500
0 # no Saturday casual gains
0 # no Sunday casual gains

```

A.1.5. Zona 2 (DORMITORIO1) - Arquivo de Geometria - zones/dormitorio1.geo

```

# geometry of dormitorio1 defined in: zones/dormitorio1.geo
GEN dormitorio1 # type zone name
14 8 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
7.350 0.000 0.000 # vert 1
7.350 3.675 0.000 # vert 2
4.300 3.675 0.000 # vert 3
4.300 0.000 2.500 # vert 4
7.350 0.000 2.500 # vert 5
7.350 3.675 2.500 # vert 6
4.300 3.675 2.500 # vert 7
4.300 2.525 0.000 # vert 8
4.300 2.525 2.500 # vert 9
4.300 3.600 0.000 # vert 10

```

```

4.300      2.700      0.000 # vert 11
4.300      2.700      2.150 # vert 12
4.300      3.600      2.150 # vert 13
4.300      0.000      0.000 # vert 14
# no of vertices followed by list of associated vert
4, 14, 1, 5, 4,
4, 1, 2, 6, 5,
4, 2, 3, 7, 6,
4, 4, 5, 6, 7,
7, 14, 8, 11, 10, 3, 2, 1,
4, 8, 14, 4, 9,
8, 3, 10, 13, 12, 11, 8, 9, 7,
4, 10, 11, 12, 13,
# number of default windows within each surface
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
0.875 1.000 1.200 1.200 SC 8985_04nb # in sul
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede EXTERIOR
2, leste OPAQ VERT parede EXTERIOR
3, norte OPAQ VERT parede dormitorio2
4, teto OPAQ CEIL forro atico
5, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
6, oeste OPAQ VERT parede banho
7, oeste_hall OPAQ VERT parede sala
8, porta_oeste OPAQ VERT porta sala

```

A.1.6. Zona 2 (DORMITORIO1) - Arquivo de Construção - zones/dormitorio1.con

```

# thermophysical properties of dormitorio1 defined in zones/dormitorio1.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 leste parede
3, 0 # 3 norte parede
1, 0 # 4 teto forro
3, 0 # 5 piso piso
3, 0 # 6 oeste parede
3, 0 # 7 oeste_hall parede
1, 0 # 8 porta_oeste porta
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 4 1
0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 5 1
1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
0.1500, 700.0, 2500.0, 0.0150 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 6 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 7 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 8 1

```

```
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
#                                     |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles)         |U value|
# 0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 1 win 1
# 0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
# 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
# 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
# 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.65, 0.50, 0.50, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
# 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.85, 0.50, 0.50, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
# 0.00 0.00
```

A.1.7. Zona 2 (DORMITORIO1) - Arquivo de Operação - zones/dormitorio1.opr

```
# operations of dormitorio1 defined in:
# zones/dormitorio1.opr
nil_operations # operation name
# control(no control of air flow ), low & high setpoints
# 0 0.000 0.000
# 1 # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
# 0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
# 1 # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
# 0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
# 1 # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
# 0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
# 0 # no Weekday casual gains
# 0 # no Saturday casual gains
# 0 # no Sunday casual gains
```

A.1.8. Zona 3 (DORMITORIO2) - Arquivo de Geometria - zones/dormitorio2.geo

```
# geometry of dormitorio2 defined in: zones/dormitorio2.geo
GEN dormitorio2 # type zone name
# 12 7 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
# 4.300 3.675 0.000 # vert 1
# 7.350 3.675 0.000 # vert 2
# 7.350 7.350 0.000 # vert 3
# 4.300 7.350 0.000 # vert 4
# 4.300 3.675 2.500 # vert 5
# 7.350 3.675 2.500 # vert 6
# 7.350 7.350 2.500 # vert 7
# 4.300 7.350 2.500 # vert 8
# 4.300 4.650 0.000 # vert 9
# 4.300 3.750 0.000 # vert 10
# 4.300 3.750 2.150 # vert 11
# 4.300 4.650 2.150 # vert 12
# no of vertices followed by list of associated vert
# 4, 1, 2, 6, 5,
# 4, 2, 3, 7, 6,
# 4, 3, 4, 8, 7,
# 8, 4, 9, 12, 11, 10, 1, 5, 8,
# 4, 5, 6, 7, 8,
# 6, 1, 10, 9, 4, 3, 2,
# 4, 9, 10, 11, 12,
# number of default windows within each surface
# 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0,
```

```
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
0.975 1.000 1.200 1.200 SC 8985_04nb # in norte
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede dormitoriol
2, leste OPAQ VERT parede EXTERIOR
3, norte OPAQ VERT parede EXTERIOR
4, oeste OPAQ VERT parede sala
5, teto OPAQ CEIL forro atico
6, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
7, porta_oeste OPAQ VERT porta sala
```

A.1.9. Zona 3 (DORMITORIO2) - Arquivo de Construção - zones/dormitorio2.con

```
# thermophysical properties of dormitorio2 defined in zones/dormitorio2.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 leste parede
3, 0 # 3 norte parede
3, 0 # 4 oeste parede
1, 0 # 5 teto forro
3, 0 # 6 piso piso
1, 0 # 7 porta_oeste porta
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 4 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 5 1
0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 6 1
1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
0.1500, 700.0, 2500.0, 0.0150 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 7 1
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
# |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles) |U value|
0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 3 win 1
0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.65, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.85, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00
```

A.1.10. Zona 3 (DORMITORIO2) - Arquivo de Operação - zones/dormitorio2.opr

```
# operations of dormitorio2 defined in:
# zones/dormitorio2.opr
nil_operations      # operation name
# control(no control of air flow ), low & high setpoints
0      0.000      0.000
1      # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24,      0.700      0.000      0      0.000
1      # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24,      0.700      0.000      0      0.000
1      # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24,      0.700      0.000      0      0.000
0      # no Weekday casual gains
0      # no Saturday casual gains
0      # no Sunday casual gains
```

A.1.11. Zona 4 (BANHO) - Arquivo de Geometria - zones/banho.geo

```
# geometry of banho defined in: zones/banho.geo
GEN banho          # type zone name
12      7      0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
2.900      0.000      0.000 # vert 1
4.300      0.000      0.000 # vert 2
4.300      2.525      0.000 # vert 3
2.900      2.525      0.000 # vert 4
2.900      0.000      2.500 # vert 5
4.300      0.000      2.500 # vert 6
4.300      2.525      2.500 # vert 7
2.900      2.525      2.500 # vert 8
4.225      2.525      0.000 # vert 9
3.325      2.525      0.000 # vert 10
3.325      2.525      2.150 # vert 11
4.225      2.525      2.150 # vert 12
# no of vertices followed by list of associated vert
4, 1, 2, 6, 5,
4, 2, 3, 7, 6,
8, 3, 9, 12, 11, 10, 4, 8, 7,
4, 4, 1, 5, 8,
4, 5, 6, 7, 8,
6, 1, 4, 10, 9, 3, 2,
4, 9, 10, 11, 12,
# number of default windows within each surface
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
0.075      1.800      1.250      0.400      SC_8985_04nb # in sul
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface      geom loc/ mlc db      environment
# no name      type posn name      other side
1, sul      OPAQ VERT parede      EXTERIOR
2, leste      OPAQ VERT parede      dormitorio1
3, norte      OPAQ VERT parede      sala
4, oeste      OPAQ VERT parede      cozinha
5, teto      OPAQ CEIL forro      atico
6, piso      OPAQ FLOR piso      ADIABATIC
7, porta_norte OPAQ VERT porta      sala
```


A.1.12.Zona 4 (BANHO) - Arquivo de Construção - zones/banho.con

```
# thermophysical properties of banho defined in zones/banho.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
    3,    0 # 1 sul      parede
    3,    0 # 2 leste    parede
    3,    0 # 3 norte    parede
    3,    0 # 4 oeste    parede
    1,    0 # 5 teto     forro
    3,    0 # 6 piso     piso
    1,    0 # 7 porta_norte porta
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity  |         | heat    | ness(m)|   |
    0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
    0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
    0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
    0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
    0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
    0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
    0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
    0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
    0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
    0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 4 1
    0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
    0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
    0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 5 1
    0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 6 1
    1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
    0.1500, 700.0, 2500.0, 0.0150 # 3
    2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 7 1
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
#                                     |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles) |U value|
    0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 1 win 1
    0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
    0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
    0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
    0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.65, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
    0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.85, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
    0.00 0.00
```

A.1.13.Zona 4 (BANHO) - Arquivo de Operação - zones/banho.opr

```
# operations of banho defined in:
# zones/banho.opr
nil_operations # operation name
# control(no control of air flow ), low & high setpoints
    0 0.000 0.000
    1 # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
    0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
    1 # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
    0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
    1 # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
    0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
    0 # no Weekday casual gains
    0 # no Saturday casual gains
```

0 # no Sunday casual gains

A.1.14. Zona 5 (SALA) - Arquivo de Geometria - zones/sala.geo

```
# geometry of sala defined in: zones/sala.geo
GEN sala # type zone name
34 14 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
0.000 3.675 0.000 # vert 1
4.300 3.675 0.000 # vert 2
4.300 7.350 0.000 # vert 3
0.000 7.350 0.000 # vert 4
0.000 3.675 2.500 # vert 5
4.300 3.675 2.500 # vert 6
4.300 7.350 2.500 # vert 7
0.000 7.350 2.500 # vert 8
4.175 7.350 0.000 # vert 9
3.275 7.350 0.000 # vert 10
3.275 7.350 2.150 # vert 11
4.175 7.350 2.150 # vert 12
2.900 3.675 0.000 # vert 13
2.900 3.675 2.500 # vert 14
4.300 4.650 0.000 # vert 15
4.300 4.650 2.150 # vert 16
4.300 3.750 2.150 # vert 17
4.300 3.750 0.000 # vert 18
2.900 2.525 0.000 # vert 19
4.300 2.525 0.000 # vert 20
2.900 2.525 2.500 # vert 21
4.300 2.525 2.500 # vert 22
2.900 3.600 0.000 # vert 23
2.900 2.700 0.000 # vert 24
2.900 2.700 2.150 # vert 25
2.900 3.600 2.150 # vert 26
3.325 2.525 0.000 # vert 27
4.225 2.525 0.000 # vert 28
4.225 2.525 2.150 # vert 29
3.325 2.525 2.150 # vert 30
4.300 2.700 0.000 # vert 31
4.300 3.600 0.000 # vert 32
4.300 3.600 2.150 # vert 33
4.300 2.700 2.150 # vert 34
# no of vertices followed by list of associated vert
4, 1, 13, 14, 5,
8, 2, 18, 17, 16, 15, 3, 7, 6,
8, 3, 9, 12, 11, 10, 4, 8, 7,
4, 4, 1, 5, 8,
7, 5, 14, 21, 22, 6, 7, 8,
17, 1, 4, 10, 9, 3, 15, 18, 2, 32, 31, 20, 28, 27, 19, 24, 23, 13,
4, 9, 10, 11, 12,
4, 18, 15, 16, 17,
8, 19, 27, 30, 29, 28, 20, 22, 21,
8, 20, 31, 34, 33, 32, 2, 6, 22,
8, 13, 23, 26, 25, 24, 19, 21, 14,
4, 27, 28, 29, 30,
4, 31, 32, 33, 34,
4, 23, 24, 25, 26,
# number of default windows within each surface
0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
1.875 1.000 1.200 1.200 SC 8985_04nb # in norte
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
```

1, sul	OPAQ	VERT	parede	cozinha
2, leste	OPAQ	VERT	parede	dormitorio2
3, norte	OPAQ	VERT	parede	EXTERIOR
4, oeste	OPAQ	VERT	parede	EXTERIOR
5, teto	OPAQ	CEIL	forro	ático
6, piso	OPAQ	FLOR	piso	ADIABATIC
7, porta_norte	OPAQ	VERT	porta	EXTERIOR
8, porta_leste	OPAQ	VERT	porta	dormitorio2
9, sul_banho	OPAQ	VERT	parede	banho
10, leste_dorm	OPAQ	VERT	parede	dormitorio1
11, oeste_coz	OPAQ	VERT	parede	cozinha
12, porta_banho	OPAQ	VERT	porta	banho
13, porta_dorm	OPAQ	VERT	porta	dormitorio1
14, porta_coz	OPAQ	VERT	porta	cozinha

A.1.15. Zona 5 (SALA) - Arquivo de Construção - zones/sala.con

```
# thermophysical properties of sala defined in zones/sala.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 leste parede
3, 0 # 3 norte parede
3, 0 # 4 oeste parede
1, 0 # 5 teto forro
3, 0 # 6 piso piso
1, 0 # 7 porta_norte porta
1, 0 # 8 porta_leste porta
3, 0 # 9 sul_banho parede
3, 0 # 10 leste_dorm parede
3, 0 # 11 oeste_coz parede
1, 0 # 12 porta_banho porta
1, 0 # 13 porta_dorm porta
1, 0 # 14 porta_coz porta
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 4 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 5 1
0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 6 1
1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
0.1500, 700.0, 2500.0, 0.0150 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 7 1
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 8 1
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 9 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 10 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 11 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 12 1
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 13 1
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 14 1
# default window details, 2 lines for each window:
```



```
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
#                                     |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles)      |U value|
0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 3 win 1
0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91,
0.91, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91,
0.91, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.65, 0.40, 0.40, 0.50, 0.50,
0.50, 0.40, 0.40, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.85, 0.40, 0.40, 0.50, 0.50,
0.50, 0.40, 0.40, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00
```

A.1.16. Zona 5 (SALA) - Arquivo de Operação - zones/sala.opr

```
# operations of sala defined in:
# zones/sala.opr
nil_operations # operation name
# control(no control of air flow ), low & high setpoints
0 0.000 0.000
1 # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
0 # no Weekday casual gains
0 # no Saturday casual gains
0 # no Sunday casual gains
```

A.1.17. Zona 6 (ATICO) - Arquivo de Geometria - zones/atico.geo

```
# geometry of atico defined in: zones/atico.geo
GEN atico # type zone name
15 9 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
0.000 0.000 2.500 # vert 1
0.000 7.350 2.500 # vert 2
7.350 7.350 2.500 # vert 3
7.350 0.000 2.500 # vert 4
3.675 0.000 2.757 # vert 5
3.675 7.350 2.757 # vert 6
0.000 3.675 2.500 # vert 7
2.900 3.675 2.500 # vert 8
2.900 2.525 2.500 # vert 9
2.900 0.000 2.500 # vert 10
4.300 0.000 2.500 # vert 11
4.300 2.525 2.500 # vert 12
4.300 3.675 2.500 # vert 13
4.300 7.350 2.500 # vert 14
7.350 3.675 2.500 # vert 15
# no of vertices followed by list of associated vert
5, 1, 10, 11, 4, 5,
4, 3, 14, 2, 6,
4, 2, 1, 5, 6,
```

```

4, 4, 3, 6, 5,
5, 7, 8, 9, 10, 1,
4, 9, 12, 11, 10,
5, 13, 15, 4, 11, 12,
4, 14, 3, 15, 13,
7, 2, 14, 13, 12, 9, 8, 7,
# number of default windows within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede EXTERIOR
2, norte OPAQ VERT parede EXTERIOR
3, oeste OPAQ UNKN teto EXTERIOR
4, leste OPAQ UNKN teto EXTERIOR
5, cozinha OPAQ FLOR forro cozinha
6, banho OPAQ FLOR forro banho
7, dormitorio1 OPAQ FLOR forro dormitorio1
8, dormitorio2 OPAQ FLOR forro dormitorio2
9, sala OPAQ FLOR forro sala

```

A.1.18. Zona 6 (ATICO) - Arquivo de Construção - zones/atico.con

```

# thermophysical properties of atico defined in zones/atico.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 norte parede
1, 0 # 3 oeste teto
1, 0 # 4 leste teto
1, 0 # 5 cozinha forro
1, 0 # 6 banho forro
1, 0 # 7 dormitorio1 forro
1, 0 # 8 dormitorio2 forro
1, 0 # 9 sala forro
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.6600, 1600.0, 1000.0, 0.0100 # 3 1
0.6600, 1600.0, 1000.0, 0.0100 # 4 1
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 5 1
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 6 1
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 7 1
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 8 1
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 9 1
# for each surface: inside face emissivity
0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.60, 0.60, 0.65, 0.65, 0.65, 0.65, 0.65,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.60, 0.60, 0.65, 0.65, 0.65, 0.65, 0.65,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00

```

A.1.19. Zona 6 (ATICO) - Arquivo de Operação - zones/atico.opr

```
# operations of atico defined in:
# zones/atico.opr
nil_operations      # operation name
# control(no control of air flow ), low & high setpoints
  0      0.000      0.000
  1      # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
  0, 24,      1.000      0.000      0      0.000
  1      # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
  0, 24,      1.000      0.000      0      0.000
  1      # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
  0, 24,      1.000      0.000      0      0.000
  0      # no Weekday casual gains
  0      # no Saturday casual gains
  0      # no Sunday casual gains
```

A.2. Modelagem com 5 zonas térmicas (sem Ático)

Os arquivos de Operação são aqui omitidos, já que são idênticos aos listados acima.

A.2.1. Arquivo de Configuração - pop2.cfg

```
* CONFIGURATION
# ESRU system configuration defined by file
# pop2.cfg
  1      # Building only
-22.750      2.250      # Latitude & Longitude
  3      0.200      # Site exposure & ground refl
* DATABASES
*prm  ../con/constr.db1
*mlc  ../con/popular.mlc
*opt  /usr/esru/esp-r/defaults/defodb
*prs  /usr/esru/esp-r/defaults/defpres
*evn  /usr/esru/esp-r/defaults/defprdb
*clm  ../climate/sp82-1.clm
*pdb  /usr/esru/esp-r/defaults/defpldb
* PROJ LOG
pop2.txt
* Building
Prototipo Popular - IPT
  5      # no of zones
  1      # reference for cozinha
zones/cozinha.opr      # schedules
zones/cozinha.geo      # geometry
zones/cozinha.con      # constructions
  0
  2      # reference for dormitorio1
zones/dormitorio1.opr  # schedules
zones/dormitorio1.geo  # geometry
zones/dormitorio1.con  # constructions
  0
  3      # reference for dormitorio2
zones/dormitorio2.opr  # schedules
zones/dormitorio2.geo  # geometry
zones/dormitorio2.con  # constructions
  0
  4      # reference for sala
zones/sala.opr      # schedules
zones/sala.geo      # geometry
```

```

zones/sala.con      # constructions
0
5      # reference for banho
zones/banho.opr     # schedules
zones/banho.geo     # geometry
zones/banho.con     # constructions
0
47    # number of connections
1 1 0 0 0 # 1 sul in cozinha is External
1 2 3 4 1 # 2 norte in cozinha >|< sul in sala
1 3 0 0 0 # 3 oeste in cozinha is External
1 4 0 0 0 # 4 teto in cozinha is External
1 5 5 0 0 # 5 piso in cozinha is adiabatic
1 6 0 0 0 # 6 porta_sul in cozinha is External
1 7 3 5 4 # 7 leste in cozinha >|< oeste in banho
1 8 3 4 11 # 8 leste_hall in cozinha >|< oeste_coz in sala
1 9 3 4 14 # 9 porta_leste in cozinha >|< porta_coz in sala
2 1 0 0 0 # 10 sul in dormitorio1 is External
2 2 0 0 0 # 11 leste in dormitorio1 is External
2 3 3 3 1 # 12 norte in dormitorio1 >|< sul in dormitorio2
2 4 0 0 0 # 13 teto in dormitorio1 is External
2 5 5 0 0 # 14 piso in dormitorio1 is adiabatic
2 6 3 5 2 # 15 oeste in dormitorio1 >|< leste in banho
2 7 3 4 10 # 16 oeste_hall in dormitorio1 >|< leste_dorm in sala
2 8 3 4 13 # 17 porta_oeste in dormitorio1 >|< porta_dorm in sala
3 1 3 2 3 # 18 sul in dormitorio2 >|< norte in dormitorio1
3 2 0 0 0 # 19 leste in dormitorio2 is External
3 3 0 0 0 # 20 norte in dormitorio2 is External
3 4 3 4 2 # 21 oeste in dormitorio2 >|< leste in sala
3 5 0 0 0 # 22 teto in dormitorio2 is External
3 6 5 0 0 # 23 piso in dormitorio2 is adiabatic
3 7 3 4 8 # 24 porta_oeste in dormitorio2 >|< porta_leste in
sala
4 1 3 1 2 # 25 sul in sala >|< norte in cozinha
4 2 3 3 4 # 26 leste in sala >|< oeste in dormitorio2
4 3 0 0 0 # 27 norte in sala is External
4 4 0 0 0 # 28 oeste in sala is External
4 5 0 0 0 # 29 teto_leste in sala is External
4 6 5 0 0 # 30 piso in sala is adiabatic
4 7 0 0 0 # 31 porta_norte in sala is External
4 8 3 3 7 # 32 porta_leste in sala >|< porta_oeste in
dormitorio2
4 9 3 5 3 # 33 sul_banho in sala >|< norte in banho
4 10 3 2 7 # 34 leste_dorm in sala >|< oeste_hall in dormitorio1
4 11 3 1 8 # 35 oeste_coz in sala >|< leste_hall in cozinha
4 12 3 5 7 # 36 porta_banho in sala >|< porta_norte in banho
4 13 3 2 8 # 37 porta_dorm in sala >|< porta_oeste in dormitorio1
4 14 3 1 9 # 38 porta_coz in sala >|< porta_leste in cozinha
4 15 0 0 0 # 39 teto_oeste in sala is External
5 1 0 0 0 # 40 sul in banho is External
5 2 3 2 6 # 41 leste in banho >|< oeste in dormitorio1
5 3 3 4 9 # 42 norte in banho >|< sul_banho in sala
5 4 3 1 7 # 43 oeste in banho >|< leste in cozinha
5 5 0 0 0 # 44 teto_oeste in banho is External
5 6 5 0 0 # 45 piso in banho is adiabatic
5 7 3 4 12 # 46 porta_norte in banho >|< porta_banho in sala
5 8 0 0 0 # 47 teto_leste in banho is External
0      # no mass flow analysis

```

A.2.2. Zona 1 (COZINHA) - Arquivo de Geometria - zones/cozinha.geo

```

# geometry of cozinha defined in: zones/cozinha.geo
GEN cozinha      # type zone name
18      9      0.000      # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
0.000      0.000      0.000 # vert 1
2.900      0.000      0.000 # vert 2

```

```

2.900      3.675      0.000 # vert 3
0.000      3.675      0.000 # vert 4
0.000      0.000      2.500 # vert 5
2.900      0.000      2.703 # vert 6
2.900      3.675      2.703 # vert 7
0.000      3.675      2.500 # vert 8
0.875      0.000      0.000 # vert 9
1.775      0.000      0.000 # vert 10
1.775      0.000      2.150 # vert 11
0.875      0.000      2.150 # vert 12
2.900      2.525      0.000 # vert 13
2.900      2.525      2.703 # vert 14
2.900      2.700      0.000 # vert 15
2.900      3.600      0.000 # vert 16
2.900      3.600      2.150 # vert 17
2.900      2.700      2.150 # vert 18
# no of vertices followed by list of associated vert
8, 1, 9, 12, 11, 10, 2, 6, 5,
4, 3, 4, 8, 7,
4, 4, 1, 5, 8,
5, 8, 7, 14, 6, 5,
9, 1, 4, 3, 16, 15, 13, 2, 10, 9,
4, 9, 10, 11, 12,
4, 2, 13, 14, 6,
8, 13, 15, 18, 17, 16, 3, 7, 14,
4, 15, 16, 17, 18,
# number of default windows within each surface
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
2.125 1.000 0.700 1.100 SC_8985_04nb # in sul
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede EXTERIOR
2, norte OPAQ VERT parede sala
3, oeste OPAQ VERT parede EXTERIOR
4, teto OPAQ CEIL teto1 EXTERIOR
5, piso OPAQ FLOR piso1 ADIABATIC
6, porta_sul OPAQ VERT porta EXTERIOR
7, leste OPAQ VERT parede banho
8, leste_hall OPAQ VERT parede sala
9, porta_leste OPAQ VERT porta sala

```

A.2.3. Zona 1 (COZINHA) - Arquivo de Construção - zones/cozinha.con

```

# thermophysical properties of cozinha defined in zones/cozinha.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 norte parede
3, 0 # 3 oeste parede
4, 1 # 4 teto teto1
3, 0 # 5 piso piso1
1, 0 # 6 porta_sul porta
3, 0 # 7 leste parede
3, 0 # 8 leste_hall parede
1, 0 # 9 porta_leste porta
# air gap position & resistance for surface 4
2, 0.130,
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3

```

```

0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.6600, 1600.0, 1000.0, 0.0100 # 4 1
0.0000, 0.0, 0.0, 0.0100 # 2
0.8000, 840.0, 2000.0, 0.1200 # 3
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 4
0.0600, 100.0, 840.0, 0.0030 # 5 1
1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 6 1
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 7 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 8 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 9 1
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
# |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles) |U value|
0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 1 win 1
0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.65, 0.40, 0.50, 0.50, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.60, 0.65, 0.85, 0.40, 0.50, 0.50, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00

```

A.2.4. Zona 2 (DORMITORIO1) - Arquivo de Geometria - zones/dormitorio1.geo

```

# geometry of dormitorio1 defined in: zones/dormitorio1.geo
GEN dormitorio1 # type zone name
14 8 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
7.350 0.000 0.000 # vert 1
7.350 3.675 0.000 # vert 2
4.300 3.675 0.000 # vert 3
4.300 0.000 2.703 # vert 4
7.350 0.000 2.500 # vert 5
7.350 3.675 2.500 # vert 6
4.300 3.675 2.703 # vert 7
4.300 2.525 0.000 # vert 8
4.300 2.525 2.703 # vert 9
4.300 3.600 0.000 # vert 10
4.300 2.700 0.000 # vert 11
4.300 2.700 2.150 # vert 12
4.300 3.600 2.150 # vert 13
4.300 0.000 0.000 # vert 14
# no of vertices followed by list of associated vert
4, 14, 1, 5, 4,
4, 1, 2, 6, 5,
4, 2, 3, 7, 6,
5, 7, 6, 5, 4, 9,
7, 14, 8, 11, 10, 3, 2, 1,
4, 8, 14, 4, 9,
8, 3, 10, 13, 12, 11, 8, 9, 7,

```



```

4, 10, 11, 12, 13,
# number of default windows within each surface
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
0.875 1.000 1.200 1.200 SC 8985_04nb # in sul
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede EXTERIOR
2, leste OPAQ VERT parede EXTERIOR
3, norte OPAQ VERT parede dormitorio2
4, teto OPAQ CEIL tetol EXTERIOR
5, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
6, oeste OPAQ VERT parede banho
7, oeste_hall OPAQ VERT parede sala
8, porta_oeste OPAQ VERT porta sala

```

9.3.3. Zona 2 (DORMITORIO1) - Arquivo de Construção - zones/dormitorio1.con

```

# thermophysical properties of dormitorio1 defined in zones/dormitorio1.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 leste parede
3, 0 # 3 norte parede
4, 1 # 4 teto tetol
3, 0 # 5 piso piso
3, 0 # 6 oeste parede
3, 0 # 7 oeste_hall parede
1, 0 # 8 porta_oeste porta
# air gap position & resistance for surface 4
2, 0.130,
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.6600, 1600.0, 1000.0, 0.0100 # 4 1
0.0000, 0.0, 0.0, 0.0100 # 2
0.8000, 840.0, 2000.0, 0.1200 # 3
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 4
0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 5 1
1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
0.1500, 700.0, 2500.0, 0.0150 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 6 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 7 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 8 1
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
# |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles) |U value|
0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 1 win 1
0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400

```

```
# for each surface: inside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.65, 0.50, 0.50, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.60, 0.85, 0.50, 0.50, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00
```

A.2.6. Zona 3 (DORMITORIO2) - Arquivo de Geometria - zones/dormitorio2.geo

```
# geometry of dormitorio2 defined in: zones/dormitorio2.geo
GEN dormitorio2 # type zone name
12 7 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
4.300 3.675 0.000 # vert 1
7.350 3.675 0.000 # vert 2
7.350 7.350 0.000 # vert 3
4.300 7.350 0.000 # vert 4
4.300 3.675 2.703 # vert 5
7.350 3.675 2.500 # vert 6
7.350 7.350 2.500 # vert 7
4.300 7.350 2.703 # vert 8
4.300 4.650 0.000 # vert 9
4.300 3.750 0.000 # vert 10
4.300 3.750 2.150 # vert 11
4.300 4.650 2.150 # vert 12
# no of vertices followed by list of associated vert
4, 1, 2, 6, 5,
4, 2, 3, 7, 6,
4, 3, 4, 8, 7,
8, 4, 9, 12, 11, 10, 1, 5, 8,
4, 8, 7, 6, 5,
6, 1, 10, 9, 4, 3, 2,
4, 9, 10, 11, 12,
# number of default windows within each surface
0, 0, 1, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
0.975 1.000 1.200 1.200 SC_8985_04nb # in norte
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede dormitorio1
2, leste OPAQ VERT parede EXTERIOR
3, norte OPAQ VERT parede EXTERIOR
4, oeste OPAQ VERT parede sala
5, teto OPAQ CEIL tetol EXTERIOR
6, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
7, porta_oeste OPAQ VERT porta sala
```

A.2.7. Zona 3 (DORMITORIO2) - Arquivo de Construção - zones/dormitorio2.con

```
# thermophysical properties of dormitorio2 defined in zones/dormitorio2.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 leste parede
3, 0 # 3 norte parede
3, 0 # 4 oeste parede
4, 1 # 5 teto tetol
3, 0 # 6 piso piso
```



```

1,      0 # 7 porta_oeste porta
# air gap position & resistance for surface 5
2,      0.130,
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity  |         | heat    | ness(m)|   |
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 1 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 2 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 4 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.6600,   1600.0,   1000.0,  0.0100 # 5 1
0.0000,    0.0,    0.0,    0.0100 # 2
0.8000,    840.0,   2000.0,  0.1200 # 3
0.1440,    615.0,   1630.0,  0.0300 # 4
0.6000,   2000.0,   1700.0,  0.3000 # 6 1
1.6000,   2200.0,    840.0,  0.1000 # 2
0.1500,    700.0,   2500.0,  0.0150 # 3
2.9000,    700.0,   2500.0,  0.0200 # 7 1
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
#                                     |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles)      |U value|
0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 3 win 1
0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.65, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.60, 0.85, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00

```

A.2.8. Zona 4 (SALA) - Arquivo de Geometria - zones/sala.geo

```

# geometry of sala defined in: zones/sala.geo
GEN sala # type zone name
36 15 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
0.000 3.675 0.000 # vert 1
4.300 3.675 0.000 # vert 2
4.300 7.350 0.000 # vert 3
0.000 7.350 0.000 # vert 4
0.000 3.675 2.500 # vert 5
4.300 3.675 2.703 # vert 6
4.300 7.350 2.703 # vert 7
0.000 7.350 2.500 # vert 8
4.175 7.350 0.000 # vert 9
3.275 7.350 0.000 # vert 10
3.275 7.350 2.150 # vert 11
4.175 7.350 2.150 # vert 12
2.900 3.675 0.000 # vert 13
2.900 3.675 2.703 # vert 14
4.300 4.650 0.000 # vert 15
4.300 4.650 2.150 # vert 16
4.300 3.750 2.150 # vert 17
4.300 3.750 0.000 # vert 18

```

```

2.900      2.525      0.000 # vert 19
4.300      2.525      0.000 # vert 20
2.900      2.525      2.703 # vert 21
4.300      2.525      2.703 # vert 22
2.900      3.600      0.000 # vert 23
2.900      2.700      0.000 # vert 24
2.900      2.700      2.150 # vert 25
2.900      3.600      2.150 # vert 26
3.325      2.525      0.000 # vert 27
4.225      2.525      0.000 # vert 28
4.225      2.525      2.150 # vert 29
3.325      2.525      2.150 # vert 30
4.300      2.700      0.000 # vert 31
4.300      3.600      0.000 # vert 32
4.300      3.600      2.150 # vert 33
4.300      2.700      2.150 # vert 34
3.675      7.350      2.757 # vert 35
3.675      2.525      2.757 # vert 36
# no of vertices followed by list of associated vert
4, 1, 13, 14, 5,
8, 2, 18, 17, 16, 15, 3, 7, 6,
9, 3, 9, 12, 11, 10, 4, 8, 35, 7,
4, 4, 1, 5, 8,
5, 35, 7, 6, 22, 36,
17, 1, 4, 10, 9, 3, 15, 18, 2, 32, 31, 20, 28, 27, 19, 24, 23, 13,
4, 9, 10, 11, 12,
4, 18, 15, 16, 17,
9, 19, 27, 30, 29, 28, 20, 22, 36, 21,
8, 20, 31, 34, 33, 32, 2, 6, 22,
8, 13, 23, 26, 25, 24, 19, 21, 14,
4, 27, 28, 29, 30,
4, 31, 32, 33, 34,
4, 23, 24, 25, 26,
6, 8, 35, 36, 21, 14, 5,
# number of default windows within each surface
0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
1.875 1.000 1.200 1.200 SC_8985_04nb # in norte
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede cozinha
2, leste OPAQ VERT parede dormitorio2
3, norte OPAQ VERT parede EXTERIOR
4, oeste OPAQ VERT parede EXTERIOR
5, teto_leste OPAQ CEIL teto1 EXTERIOR
6, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
7, porta_norte OPAQ VERT porta EXTERIOR
8, porta_leste OPAQ VERT porta dormitorio2
9, sul_banho OPAQ VERT parede banho
10, leste_dorm OPAQ VERT parede dormitorio1
11, oeste_coz OPAQ VERT parede cozinha
12, porta_banho OPAQ VERT porta banho
13, porta_dorm OPAQ VERT porta dormitorio1
14, porta_coz OPAQ VERT porta cozinha
15, teto_oeste OPAQ CEIL teto1 EXTERIOR

```

A.2.9. Zona 4 (SALA) - Arquivo de Construção - zones/sala.con

```

# thermophysical properties of sala defined in zones/sala.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 leste parede

```

```

3,      0 # 3 norte      parede
3,      0 # 4 oeste      parede
4,      1 # 5 teto_leste  tetol
3,      0 # 6 piso       piso
1,      0 # 7 porta_norte porta
1,      0 # 8 porta_leste porta
3,      0 # 9 sul_banho  parede
3,      0 # 10 leste_dorm  parede
3,      0 # 11 oeste_coz   parede
1,      0 # 12 porta_banho porta
1,      0 # 13 porta_dorm  porta
1,      0 # 14 porta_coz   porta
4,      1 # 15 teto_oeste tetol
# air gap position & resistance for surface 5
2,      0.130,
# air gap position & resistance for surface 15
2,      0.130,
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity  |         | heat    | ness(m)|   |
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 1 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 2 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 4 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.6600,   1600.0,   1000.0,  0.0100 # 5 1
0.0000,    0.0,     0.0,     0.0100 # 2
0.8000,   840.0,   2000.0,  0.1200 # 3
0.1440,   615.0,   1630.0,  0.0300 # 4
0.6000,   2000.0,  1700.0,  0.3000 # 6 1
1.6000,   2200.0,   840.0,   0.1000 # 2
0.1500,    700.0,  2500.0,  0.0150 # 3
2.9000,    700.0,  2500.0,  0.0200 # 7 1
2.9000,    700.0,  2500.0,  0.0200 # 8 1
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 9 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 10 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 11 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 # 2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3
2.9000,    700.0,  2500.0,  0.0200 # 12 1
2.9000,    700.0,  2500.0,  0.0200 # 13 1
2.9000,    700.0,  2500.0,  0.0200 # 14 1
0.6600,   1600.0,   1000.0,  0.0100 # 15 1
0.0000,    0.0,     0.0,     0.0100 # 2
0.8000,   840.0,   2000.0,  0.1200 # 3
0.1440,   615.0,   1630.0,  0.0300 # 4
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
#                                     |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles)      |U value|
0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 3 win 1
0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91,
0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90
# for each surface: outside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.91, 0.91,

```

```

0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.65, 0.40, 0.40, 0.50, 0.50,
0.50, 0.40, 0.40, 0.40, 0.65
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.60, 0.85, 0.40, 0.40, 0.50, 0.50,
0.50, 0.40, 0.40, 0.40, 0.60
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00

```

A.2.10. Zona 5 (BANHO) - Arquivo de Geometria - zones/banho.geo

```

# geometry of banho defined in: zones/banho.geo
GEN banho # type zone name
14 8 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
2.900 0.000 0.000 # vert 1
4.300 0.000 0.000 # vert 2
4.300 2.525 0.000 # vert 3
2.900 2.525 0.000 # vert 4
2.900 0.000 2.703 # vert 5
4.300 0.000 2.703 # vert 6
4.300 2.525 2.703 # vert 7
2.900 2.525 2.703 # vert 8
4.225 2.525 0.000 # vert 9
3.325 2.525 0.000 # vert 10
3.325 2.525 2.150 # vert 11
4.225 2.525 2.150 # vert 12
3.675 0.000 2.757 # vert 13
3.675 2.525 2.757 # vert 14
# no of vertices followed by list of associated vert
5, 1, 2, 6, 13, 5,
4, 2, 3, 7, 6,
9, 3, 9, 12, 11, 10, 4, 8, 14, 7,
4, 4, 1, 5, 8,
4, 8, 14, 13, 5,
6, 1, 4, 10, 9, 3, 2,
4, 9, 10, 11, 12,
4, 14, 7, 6, 13,
# number of default windows within each surface
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
0.075 1.800 1.250 0.400 SC_8985_04nb # in sul
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede EXTERIOR
2, leste OPAQ VERT parede dormitório1
3, norte OPAQ VERT parede sala
4, oeste OPAQ VERT parede cozinha
5, teto_oeste OPAQ CEIL tetol EXTERIOR
6, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
7, porta_norte OPAQ VERT porta sala
8, teto_leste OPAQ CEIL tetol EXTERIOR

```

A.2.11. Zona 5 (BANHO) - Arquivo de Construção - zones/banho.con

```

# thermophysical properties of banho defined in zones/banho.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede
3, 0 # 2 leste parede
3, 0 # 3 norte parede

```

```

3,      0 # 4 oeste      parede
4,      1 # 5 teto_oeste tetol
3,      0 # 6 piso      piso
1,      0 # 7 porta_norte porta
4,      1 # 8 teto_este tetol
# air gap position & resistance for surface 5
2,      0.130,
# air gap position & resistance for surface 8
2,      0.130,
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity  |         | heat    | ness(m)|   |
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 1 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 #   2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 #   3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 2 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 #   2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 #   3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 3 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 #   2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 #   3
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 # 4 1
0.7000,   1600.0,   920.0,   0.1000 #   2
0.8000,   1800.0,   840.0,   0.0250 #   3
0.6600,   1600.0,   1000.0,  0.0100 # 5 1
0.0000,    0.0,     0.0,     0.0100 #   2
0.8000,    840.0,   2000.0,  0.1200 #   3
0.1440,    615.0,   1630.0,  0.0300 #   4
0.6000,   2000.0,   1700.0,  0.3000 # 6 1
1.6000,   2200.0,    840.0,  0.1000 #   2
0.1500,    700.0,   2500.0,  0.0150 #   3
2.9000,    700.0,   2500.0,  0.0200 # 7 1
0.6600,   1600.0,   1000.0,  0.0100 # 8 1
0.0000,    0.0,     0.0,     0.0100 #   2
0.8000,    840.0,   2000.0,  0.1200 #   3
0.1440,    615.0,   1630.0,  0.0300 #   4
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
#                                     |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles)      |U value|
0.819, 0.802, 0.761, 0.621, 0.376, 0.890, # surf 1 win 1
0.860, 0.850, 0.800, 0.650, 0.420, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.91, 0.91, 0.91, 0.91, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.65, 0.40, 0.40, 0.65,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.50, 0.50, 0.50, 0.50, 0.60, 0.85, 0.40, 0.60,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00

```

LISTAGEM DO PROTÓTIPO RESIDENCIAL

B.1. Arquivo de Configuração - res.cfg

```

* CONFIGURATION
# ESRU system configuration defined by file
# res.cfg
    1          # Building only
-22.750      2.250  # Latitude & Longitude
    2      0.200  # Site exposure & ground refl
* DATABASES
*prm  ../con/constr.db1
*mlc  ../con/resid.mlc
*opt  /usr/esru/esp-r/defaults/defodb
*prs  /usr/esru/esp-r/defaults/defpres
*evn  /usr/esru/esp-r/defaults/defprdb
*clm  ../climate/sp82-1.clm
*pdb  /usr/esru/esp-r/defaults/defpldb
* PROJ LOG
job.notes
* Building
Maria Akutsu (1983)
    4  # no of zones
    1  # reference for sala
zones/sala.opr      # schedules
zones/sala.geo      # geometry
zones/sala.con      # constructions
    0
    2  # reference for dormitoriol
zones/dormitoriol.opr  # schedules
zones/dormitoriol.geo  # geometry
zones/dormitoriol.con  # constructions
    0
    3  # reference for banho
zones/banho.opr      # schedules
zones/banho.geo      # geometry
zones/banho.con      # constructions
    0
    4  # reference for atico
zones/atico.opr      # schedules
zones/atico.geo      # geometry
zones/atico.con      # constructions
    0
    37  # number of connections
    1  1  0  0  0  # 1  sul in sala is External
    1  2  3  3  4  # 2  leste_banho in sala >|< oeste in banho
    1  3  3  3  3  # 3  sul_banho in sala >|< norte in banho
    1  4  3  2  7  # 4  leste_dorm in sala >|< oeste_hall in dormitoriol
    1  5  3  2  3  # 5  sul_dorm in sala >|< norte in dormitoriol
    1  5  3  2  3  # 6  sul_dorm in sala >|< norte in dormitoriol
    1  6  0  0  0  # 7  leste in sala is External
    1  7  0  0  0  # 8  norte in sala is External
    1  9  3  4  7  # 9  teto in sala >|< sala in atico
    1  9  3  4  7  # 10  teto in sala >|< sala in atico
    1  11  0  0  0  # 11  porta_sul in sala is External
    1  12  0  0  0  # 12  porta_norte in sala is External
    1  13  3  3  7  # 13  porta_banho in sala >|< porta_norte in banho
    1  14  3  2  8  # 14  porta_dorm in sala >|< porta_oeste in dormitoriol
    1  10  5  0  0  # 15  piso in sala is adiabatic
    2  1  0  0  0  # 16  sul in dormitoriol is External
    2  3  3  1  5  # 17  norte in dormitoriol >|< sul_dorm in sala
    2  4  3  4  6  # 18  teto in dormitoriol >|< dormitoriol in atico

```



```

2  4  3  4  6  # 19  teto in dormitoriol >|< dormitoriol in atico
2  6  3  3  2  # 20  oeste in dormitoriol >|< leste in banho
2  7  3  1  4  # 21  oeste_hall in dormitoriol >|< leste_dorm in sala
2  8  3  1  14 # 22  porta_oeste in dormitoriol >|< porta_dorm in sala
2  8  3  1  14 # 23  porta_oeste in dormitoriol >|< porta_dorm in sala
3  2  3  2  6  # 24  leste in banho >|< oeste in dormitoriol
3  3  3  1  3  # 25  norte in banho >|< sul_banho in sala
3  4  3  1  2  # 26  oeste in banho >|< leste_banho in sala
3  5  3  4  5  # 27  teto in banho >|< banho in atico
3  5  3  4  5  # 28  teto in banho >|< banho in atico
3  7  3  1  13 # 29  porta_norte in banho >|< porta_banho in sala
3  7  3  1  13 # 30  porta_norte in banho >|< porta_banho in sala
4  1  0  0  0  # 31  sul in atico is External
4  2  0  0  0  # 32  norte in atico is External
4  3  0  0  0  # 33  oeste in atico is External
4  5  3  3  5  # 34  banho in atico >|< teto in banho
4  6  3  2  4  # 35  dormitoriol in atico >|< teto in dormitoriol
4  7  3  1  9  # 36  sala in atico >|< teto in sala
4  7  3  1  9  # 37  sala in atico >|< teto in sala
0  # no mass flow analysis

```

B.2. Zona 1 (SALA) - Arquivo de Geometria - zones/sala.geo

```

# geometry of sala defined in: zones/sala.geo
GEN sala # type zone name
32 14 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
0.000 0.000 0.000 # vert 1
2.900 0.000 0.000 # vert 2
2.900 2.525 0.000 # vert 3
4.300 2.525 0.000 # vert 4
4.300 3.675 0.000 # vert 5
7.350 3.675 0.000 # vert 6
7.350 7.350 0.000 # vert 7
0.000 7.350 0.000 # vert 8
0.000 0.000 2.500 # vert 9
2.900 0.000 2.500 # vert 10
2.900 2.525 2.500 # vert 11
4.300 2.525 2.500 # vert 12
4.300 3.675 2.500 # vert 13
7.350 3.675 2.500 # vert 14
7.350 7.350 2.500 # vert 15
0.000 7.350 2.500 # vert 16
0.700 0.000 0.000 # vert 17
1.600 0.000 0.000 # vert 18
1.600 0.000 2.150 # vert 19
0.700 0.000 2.150 # vert 20
0.900 7.350 0.000 # vert 21
0.000 7.350 0.000 # vert 22
0.000 7.350 2.150 # vert 23
0.900 7.350 2.150 # vert 24
3.325 2.525 0.000 # vert 25
4.225 2.525 0.000 # vert 26
4.225 2.525 2.150 # vert 27
3.325 2.525 2.150 # vert 28
4.300 2.700 0.000 # vert 29
4.300 3.600 0.000 # vert 30
4.300 3.600 2.150 # vert 31
4.300 2.700 2.150 # vert 32
# no of vertices followed by list of associated vert
8, 1, 17, 20, 19, 18, 2, 10, 9,
4, 2, 3, 11, 10,
8, 3, 25, 28, 27, 26, 4, 12, 11,
8, 4, 29, 32, 31, 30, 5, 13, 12,
4, 5, 6, 14, 13,
4, 6, 7, 15, 14,
8, 7, 21, 24, 23, 22, 8, 16, 15,

```

```

4, 8, 1, 9, 16,
8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16,
16, 1, 8, 22, 21, 7, 6, 5, 30, 29, 4, 26, 25, 3, 2, 18, 17,
4, 17, 18, 19, 20,
4, 21, 22, 23, 24,
4, 25, 26, 27, 28,
4, 29, 30, 31, 32,
# number of default windows within each surface
1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
1.950 1.100 0.700 1.100 SC_8985_04ib # in sul
1.550 1.000 3.000 1.200 SC_8985_04ib # in norte
2.000 1.000 3.000 1.200 SC_8985_04ib # in oeste
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede_ext EXTERIOR
2, leste_banho OPAQ VERT parede_int banho
3, sul_banho OPAQ VERT parede_int banho
4, leste_dorm OPAQ VERT parede_int dormitoriol
5, sul_dorm OPAQ VERT parede_int dormitoriol
6, leste OPAQ VERT parede_ext EXTERIOR
7, norte OPAQ VERT parede_ext EXTERIOR
8, oeste OPAQ VERT parede_ext EXTERIOR
9, teto OPAQ CEIL forro atico
10, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
11, porta_sul OPAQ VERT porta EXTERIOR
12, porta_norte OPAQ VERT porta EXTERIOR
13, porta_banho OPAQ VERT porta banho
14, porta_dorm OPAQ VERT porta dormitoriol

```

B.3. Zona 1 (SALA) - Arquivo de Construção - zones/sala.con

```

# thermophysical properties of sala defined in zones/sala.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede_ext
3, 0 # 2 leste_banho parede_int
3, 0 # 3 sul_banho parede_int
3, 0 # 4 leste_dorm parede_int
3, 0 # 5 sul_dorm parede_int
3, 0 # 6 leste parede_ext
3, 0 # 7 norte parede_ext
3, 0 # 8 oeste parede_ext
1, 0 # 9 teto forro
3, 0 # 10 piso piso
1, 0 # 11 porta_sul porta
1, 0 # 12 porta_norte porta
1, 0 # 13 porta_banho porta
1, 0 # 14 porta_dorm porta
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.2000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 4 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3

```



```

0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 5 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 6 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.2000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 7 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.2000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 8 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.2000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 9 1
0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 10 1
1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
0.0600, 100.0, 840.0, 0.0030 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 11 1
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 12 1
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 13 1
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 14 1
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
# |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles) {U value|
0.087, 0.067, 0.053, 0.035, 0.018, 0.890, # surf 1 win 1
0.348, 0.332, 0.315, 0.272, 0.195, 5.400
0.087, 0.067, 0.053, 0.035, 0.018, 0.890, # surf 7 win 1
0.348, 0.332, 0.315, 0.272, 0.195, 5.400
0.087, 0.067, 0.053, 0.035, 0.018, 0.890, # surf 8 win 1
0.348, 0.332, 0.315, 0.272, 0.195, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.90, 0.90,
0.90, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.90, 0.90,
0.90, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.40, 0.65,
0.40, 0.40, 0.40, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.40, 0.85,
0.40, 0.40, 0.40, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00

```

B.4. Zona 1 (SALA) - Arquivo de Operação - zones/sala.opr

```

# operations of sala defined in:
# zones/sala.opr
nil_operations # operation name
# control(no control of air flow ), low & high setpoints
0 0.000 0.000
1 # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
0 # no Weekday casual gains
0 # no Saturday casual gains
0 # no Sunday casual gains

```

B.5. Zona 2 (DORMITORIO1) - Arquivo de Geometria - zones/dormitorio1.geo

```
# geometry of dormitorio1 defined in: zones/dormitorio1.geo
GEN dormitorio1 # type zone name
14 8 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
7.350 0.000 0.000 # vert 1
7.350 3.675 0.000 # vert 2
4.300 3.675 0.000 # vert 3
4.300 0.000 2.500 # vert 4
7.350 0.000 2.500 # vert 5
7.350 3.675 2.500 # vert 6
4.300 3.675 2.500 # vert 7
4.300 2.525 0.000 # vert 8
4.300 2.525 2.500 # vert 9
4.300 3.600 0.000 # vert 10
4.300 2.700 0.000 # vert 11
4.300 2.700 2.150 # vert 12
4.300 3.600 2.150 # vert 13
4.300 0.000 0.000 # vert 14
# no of vertices followed by list of associated vert
4, 14, 1, 5, 4,
4, 1, 2, 6, 5,
4, 2, 3, 7, 6,
4, 4, 5, 6, 7,
7, 14, 8, 11, 10, 3, 2, 1,
4, 8, 14, 4, 9,
8, 3, 10, 13, 12, 11, 8, 9, 7,
4, 10, 11, 12, 13,
# number of default windows within each surface
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
0.875 1.000 1.200 1.200 SC_8985_04ib # in sul
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede_ext EXTERIOR
2, leste OPAQ VERT parede_ext EXTERIOR
3, norte OPAQ VERT parede_int sala
4, teto OPAQ CEIL forro atico
5, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
6, oeste OPAQ VERT parede_int banho
7, oeste_hall OPAQ VERT parede_int sala
8, porta_oeste OPAQ VERT porta sala
```

B.6. Zona 2 (DORMITORIO1) - Arquivo de Construção - zones/dormitorio1.con

```
# thermophysical properties of dormitorio1 defined in zones/dormitorio1.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede_ext
3, 0 # 2 leste parede_ext
3, 0 # 3 norte parede_int
1, 0 # 4 teto forro
3, 0 # 5 piso piso
3, 0 # 6 oeste parede_int
3, 0 # 7 oeste_hall parede_int
1, 0 # 8 porta_oeste porta
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.2000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
```

```

0.7000, 1600.0, 920.0, 0.2000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 4 1
0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 5 1
1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
0.0600, 100.0, 840.0, 0.0030 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 6 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 7 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 8 1
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) {visible|
#                                     |trans. |
# followed by:
# heat gain factor (5 angles) |U value|
0.087, 0.067, 0.053, 0.035, 0.018, 0.890, # surf 1 win 1
0.348, 0.332, 0.315, 0.272, 0.195, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.95, 0.95, 0.95, 0.90, 0.90, 0.95, 0.95, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.95, 0.95, 0.95, 0.90, 0.90, 0.95, 0.95, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.70, 0.70, 0.70, 0.40, 0.65, 0.70, 0.70, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.70, 0.70, 0.70, 0.40, 0.85, 0.70, 0.70, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00

```

B.7. Zona 2 (DORMITORIO1) - Arquivo de Operação - zones/dormitorio1.opr

```

# operations of dormitorio1 defined in:
# zones/dormitorio1.opr
nil_operations # operation name
# control(no flow control), low & high setpoints
0 0.000 0.000
1 # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
0 # no Weekday casual gains
0 # no Saturday casual gains
0 # no Sunday casual gains

```

B.8. Zona 3 (BANHO) - Arquivo de Geometria - zones/banho.geo

```

# geometry of banho defined in: zones/banho.geo
GEN banho # type zone name
12 7 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
2.900 0.000 0.000 # vert 1
4.300 0.000 0.000 # vert 2
4.300 2.525 0.000 # vert 3
2.900 2.525 0.000 # vert 4
2.900 0.000 2.500 # vert 5
4.300 0.000 2.500 # vert 6

```

```

4.300      2.525      2.500 # vert 7
2.900      2.525      2.500 # vert 8
4.225      2.525      0.000 # vert 9
3.325      2.525      0.000 # vert 10
3.325      2.525      2.150 # vert 11
4.225      2.525      2.150 # vert 12
# no of vertices followed by list of associated vert
4, 1, 2, 6, 5,
4, 2, 3, 7, 6,
8, 3, 9, 12, 11, 10, 4, 8, 7,
4, 4, 1, 5, 8,
4, 5, 6, 7, 8,
6, 1, 4, 10, 9, 3, 2,
4, 9, 10, 11, 12,
# number of default windows within each surface
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# window X offset, Z offset, width, height, optical id
0.075 1.800 1.250 0.400 SC_8985_04ib # in sul
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
# id surface geom loc/ mlc db environment
# no name type posn name other side
1, sul OPAQ VERT parede_ext EXTERIOR
2, leste OPAQ VERT parede_int dormitoriol
3, norte OPAQ VERT parede_int sala
4, oeste OPAQ VERT parede_int sala
5, teto OPAQ CEIL forro atico
6, piso OPAQ FLOR piso ADIABATIC
7, porta_norte OPAQ VERT porta sala

```

B.9. Zona 3 (BANHO) - Arquivo de Construção - zones/banho.con

```

# thermophysical properties of banho defined in zones/banho.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede_ext
3, 0 # 2 leste parede_int
3, 0 # 3 norte parede_int
3, 0 # 4 oeste parede_int
1, 0 # 5 teto forro
3, 0 # 6 piso piso
1, 0 # 7 porta_norte porta
# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m)| |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.2000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 4 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.1000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 5 1
0.6000, 2000.0, 1700.0, 0.3000 # 6 1
1.6000, 2200.0, 840.0, 0.1000 # 2
0.0600, 100.0, 840.0, 0.0030 # 3
2.9000, 700.0, 2500.0, 0.0200 # 7 1
# default window details, 2 lines for each window:
# direct solar transmit (5 angles) |visible|
# |trans. |
# followed by:

```

```
# heat gain factor (5 angles)      |U value|
0.087, 0.067, 0.053, 0.035, 0.018, 0.890, # surf 1 win 1
0.348, 0.332, 0.315, 0.272, 0.195, 5.400
# for each surface: inside face emissivity
0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.40, 0.65, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.70, 0.70, 0.70, 0.70, 0.40, 0.85, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00
```

B.10. Zona 3 (BANHO) - Arquivo de Operação - zones/banho.opr

```
# operations of banho defined in:
# zones/banho.opr
nil_operations # operation name
# control(no flow control      ), low & high setpoints
0 0.000 0.000
1 # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
1 # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 0.700 0.000 0 0.000
0 # no Weekday casual gains
0 # no Saturday casual gains
0 # no Sunday casual gains
```

B.11. Zona 4 (ATICO) - Arquivo de Geometria - zones/atico.geo

```
# geometry of atico defined in: zones/atico.geo
GEN atico # type zone name
12 7 0.000 # vertices, surfaces, rotation angle
# X co-ord, Y co-ord, Z co-ord
0.000 0.000 2.500 # vert 1
0.000 7.350 2.500 # vert 2
7.350 7.350 2.500 # vert 3
7.350 0.000 2.500 # vert 4
3.675 0.000 2.757 # vert 5
3.675 7.350 2.757 # vert 6
2.900 2.525 2.500 # vert 7
2.900 0.000 2.500 # vert 8
4.300 0.000 2.500 # vert 9
4.300 2.525 2.500 # vert 10
4.300 3.675 2.500 # vert 11
7.350 3.675 2.500 # vert 12
# no of vertices followed by list of associated vert
5, 1, 8, 9, 4, 5,
3, 3, 2, 6,
4, 2, 1, 5, 6,
4, 4, 3, 6, 5,
4, 7, 10, 9, 8,
5, 11, 12, 4, 9, 10,
8, 1, 2, 3, 12, 11, 10, 7, 8,
# number of default windows within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0, 0,
# number of default doors within each surface
0, 0, 0, 0, 0, 0,
3 0 0 0 # default insolation distribution
# surface attributes follow:
```

# id	surface	geom	loc/	mlc db	environment
# no	name	type	posn	name	other side
1,	sul	OPAQ	VERT	parede_ext	EXTERIOR
2,	norte	OPAQ	VERT	parede_ext	EXTERIOR
3,	oeste	OPAQ	UNKN	teto	EXTERIOR
4,	leste	OPAQ	UNKN	teto	EXTERIOR
5,	banho	OPAQ	FLOR	forro	banho
6,	dormitorio1	OPAQ	FLOR	forro	dormitorio1
7,	sala	OPAQ	FLOR	forro	sala

B.12. Zona 4 (ATICO) - Arquivo de Construção - zones/atico.con

```
# thermophysical properties of atico defined in zones/atico.con
# no of |air |surface(from geo)| multilayer construction
# layers|gaps| no. name | database name
3, 0 # 1 sul parede_ext
3, 0 # 2 norte parede_ext
2, 0 # 3 oeste teto
2, 0 # 4 leste teto
1, 0 # 5 banho forro
1, 0 # 6 dormitorio1 forro
1, 0 # 7 sala forro

# conduc- | density | specific | thick- | surf|layer
# tivity | | heat | ness(m) | |
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 1 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.2000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 2 1
0.7000, 1600.0, 920.0, 0.2000 # 2
0.8000, 1800.0, 840.0, 0.0250 # 3
0.6600, 1600.0, 1000.0, 0.0100 # 3 1
0.8000, 2000.0, 840.0, 0.1200 # 2
0.6600, 1600.0, 1000.0, 0.0100 # 4 1
0.8000, 2000.0, 840.0, 0.1200 # 2
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 5 1
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 6 1
0.1440, 615.0, 1630.0, 0.0300 # 7 1

# for each surface: inside face emissivity
0.95, 0.95, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: outside face emissivity
0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.90, 0.90, 0.90,
# for each surface: inside face solar absorptivity
0.70, 0.70, 0.65, 0.65, 0.40, 0.40, 0.40,
# for each surface: outside face solar absorptivity
0.70, 0.70, 0.80, 0.80, 0.40, 0.40, 0.40,
# inside and exterior glazing maintenance factors
0.00 0.00
```

B.13. Zona 4 (ATICO) - Arquivo de Operação - zones/atico.opr

```
# operations of atico defined in:
# zones/atico.opr
nil_operations # operation name
# control(no flow control ), low & high setpoints
0 0.000 0.000
1 # no Weekday flow periods
# Wkd: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 1.000 0.000 0 0.000
1 # no Saturday flow periods
# Sat: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 1.000 0.000 0 0.000
1 # no Sunday flow periods
# Sun: start, stop, infil, ventil, source, data
0, 24, 1.000 0.000 0 0.000
0 # no Weekday casual gains
0 # no Saturday casual gains
```


0 # no Sunday casual gains

ARQUIVOS DE CONFIGURAÇÃO: CLIMA E MATERIAIS

Aqui estão listados os arquivos auxiliares à simulação dos dois protótipos: os arquivos de meteorologia e de materiais de construção, primitivos e compostos.

C.1. Arquivo Meteorológico para São Paulo - sp82-1.txt

Por problemas de espaço, só apresentaremos os dados dos dias 15, 16 e 17 de fevereiro, também porque os demais dias são a cópia fiel destes dias, repetidos desde o dia 15 de janeiro até 14 de fevereiro, e do dia 18 de fevereiro até o dia 20. Este arquivo é utilizado no ESP-r através de uma conversão interna no módulo *clm*, para *sp82-1.clm*, que é em formato próprio, binário.

```
*CLIMATE
# ascii climate file from sp82 binary db,
# defined in: sp82.txt
# col 1: Diffuse solar on the horizontal (W/m**2)
# col 2: External dry bulb temperature (Tenths DEG.C)
# col 3: Direct normal solar intensity (W/m**2)
# col 4: Prevailing wind speed (Tenths m/s)
# col 5: Wind direction (clockwise deg from north)
# col 6: Relative humidity (Percent)
sp82-1 # site name
1982 -22.75 0 0 # year, latitude, long diff, rad flag
12 51 # period (julian days)
* day 12 month 1
0 214 0 21 15 76

...ETC...

* day 15 month 2
0 214 0 21 15 76
0 214 0 3 20 76
0 206 0 4 7 80
0 214 0 7 10 74
0 204 0 3 32 81
3 194 0 5 33 87
54 207 910 22 38 86
53 232 886 21 34 79
60 261 1008 40 39 67
66 266 1111 38 38 65
54 292 901 43 33 55
59 306 989 32 32 46
25 300 415 12 4 44
62 322 1044 33 39 42
20 314 333 23 17 42
33 312 556 15 15 42
40 315 671 16 46 39
18 303 309 21 46 45
0 291 0 21 10 46
0 258 0 34 10 66
0 249 0 70 10 66
0 223 0 18 11 82
```


0	239	0	25	9	74
0	236	0	23	11	75
* day 16 month 2					
0	233	0	21	10	78
0	231	0	44	7	79
0	232	0	54	8	76
0	223	0	44	8	83
0	218	0	7	17	84
4	216	0	16	7	87
43	220	726	22	7	86
56	238	939	26	34	82
42	255	705	22	37	73
55	277	911	22	35	65
57	288	945	28	39	61
52	302	866	36	27	55
45	305	752	34	25	53
40	313	661	24	34	49
45	316	744	7	33	45
50	315	839	14	44	45
35	314	582	13	15	44
10	302	168	15	39	43
0	289	0	20	40	53
0	279	0	34	43	58
0	259	0	18	13	72
0	253	0	12	13	77
0	252	0	16	12	75
0	244	0	17	14	74
* day 17 month 2					
0	243	0	9	9	75
0	232	0	2	26	83
0	230	0	9	10	83
0	227	0	7	40	84
0	216	0	14	13	88
5	212	0	13	33	94
39	219	657	2	31	95
38	237	638	21	39	84
33	253	557	23	37	76
58	271	969	36	40	69
58	292	962	28	31	57
59	301	981	27	5	53
61	309	1024	22	42	51
56	317	929	10	13	46
36	315	606	18	28	47
18	311	300	12	32	49
16	310	267	2	34	49
29	307	496	17	19	50
0	218	0	36	14	100
0	218	0	21	16	100
0	217	0	24	15	100
0	224	0	25	16	100
0	228	0	19	15	97
0	229	0	4	12	94
* day 18 month 2					
0	214	0	21	15	76
0	214	0	3	20	76
0	206	0	4	7	80

...ETC...

C.2. Arquivo de Construções Primitivas - constr.db1.a

Este arquivo é gerado pela conversão dos dados do arquivo de banco de dados constr.db1. O módulo de construção é um dos poucos na arquitetura do ESP-r que não

permite a importação de um arquivo em padrão ASCII.

```
# primitives construction db defined in constr.db1.a
16 # number of classifications
# class|no elements|description
1 10 Geral
1 Laje Prel
0.800, 2000.000, 840.000, 0.900, 0.650, 12.000
2 Canaleta 43 Eternit
0.660, 1600.000, 1000.000, 0.950, 0.800, 20.000
3 Argamassa
0.800, 1800.000, 840.000, 0.950, 0.700, 11.000
4 Alvenaria 1 Tijolo Macico
0.700, 1600.000, 920.000, 0.930, 0.700, 12.000
5 Carpete 3 mm
0.060, 100.000, 840.000, 0.900, 0.650, 10.000
6 30 cm de solo
0.600, 2000.000, 1700.000, 0.900, 0.850, 2.000
7 Contrapiso de Concreto
1.600, 2200.000, 840.000, 0.900, 0.850, 2.000
8 Tacos de Peroba
0.150, 700.000, 2500.000, 0.900, 0.400, 12.000
9 Porta de Madeira
2.900, 700.000, 2500.000, 0.900, 0.400, 9.000
10 Duratex 3mm
0.144, 615.000, 1630.000, 0.900, 0.400, 9.000
# class|no elements|description
2 0
# class|no elements|description
3 0
# class|no elements|description
4 0
# class|no elements|description
5 0
# class|no elements|description
6 0
# class|no elements|description
7 0
# class|no elements|description
8 0
# class|no elements|description
9 0
# class|no elements|description
10 0
# class|no elements|description
11 0
# class|no elements|description
12 0
# class|no elements|description
13 0
# class|no elements|description
14 0
# class|no elements|description
15 0
# class|no elements|description
16 0
```

C.3. Arquivo de Construções Multi-Camada

C.3.1. Construções Multi-camada para o Protótipo Popular - popular.mlc

```
# composite construction db defined in ../con/popular.mlc
# based on primitive construction db ../con/constr.db1
6 # no of composites
```

```

# layers description optics
3 parede OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
3 0.025 Argamassa
4 0.100 Alvenaria 1 Tijolo Macico
3 0.025 Argamassa
# layers description optics
1 teto OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
2 0.010 Canaleta 43 Eternit
# layers description optics
3 piso OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
6 0.300 30 cm de solo
7 0.100 Contrapiso de Concreto
8 0.015 Tacos de Peroba
# layers description optics
1 porta OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
9 0.020 Porta de Madeira
# layers description optics
1 forro OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
10 0.030 Duratex 3mm
# layers description optics
3 tetol OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
2 0.010 Canaleta 43 Eternit
0 0.010 air 0.130 0.130 0.130
10 0.030 Duratex 3mm

```

C.3.2. Construções Multi-camada para o Protótipo Residencial - resid.mlc

```

# composite construction db defined in ../con/resid.mlc
# based on primitive construction db ../con/constr.db1
7 # no of composites
# layers description optics
3 parede_ext OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
3 0.025 Argamassa
4 0.200 Alvenaria 1 Tijolo Macico
3 0.025 Argamassa
# layers description optics
2 teto OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
2 0.010 Canaleta 43 Eternit
1 0.120 Laje Prel
# layers description optics
3 piso OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
6 0.300 30 cm de solo
7 0.100 Contrapiso de Concreto
5 0.003 Carpete 3 mm
# layers description optics
1 porta OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
9 0.020 Porta de Madeira
# layers description optics
1 forro OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
10 0.030 Duratex 3mm
# layers description optics
4 tetol OPAQ OPAQUE
# db ref thick db name & air gap R
2 0.010 Canaleta 43 Eternit
0 0.010 air 0.130 0.130 0.130
1 0.120 Laje Prel

```

10	0.030	Duratex 3mm	
# layers	description	optics	
3	parede_int	OPAQ	OPAQUE
# db ref	thick	db name & air gap R	
3	0.025	Argamassa	
4	0.100	Alvenaria 1 Tijolo Macico	
3	0.025	Argamassa	

TABELAS DE RESULTADOS

A seguir estão listados todos os resultados obtidos nas simulações contidas neste trabalho. Foi considerada útil a apresentação destas tabelas que, apesar do espaço que ocupam no texto são valiosas quando se pretende analisar os dados quanto às influências em outras zonas térmicas, e em outros dias que não os demonstrados.

O trabalho presente se fixou apenas na Sala dos protótipos, no dia 17 de fevereiro, devido ao fato de possuímos os dados somente deste dia e zona para a comparação com os outros programas. As análises de sensibilidade foram somente efetuadas nestes dias por um problema de presentabilidade dos resultados, e uma base comum precisava ser escolhida.

De todo o modo, apresentamos as tabelas, se um dia se fizerem necessários mais estudos de sensibilidade, ou de outras zonas, ou para outros dias.

D.1. Arquivo pop2.cfg - Caso Base

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,54	22,15	26,60	26,54	27,27	20,82	00:30	26,69	23,45	26,81	26,72	27,17	22,13
01:30	26,05	21,40	26,16	26,07	26,99	19,83	01:30	26,27	23,20	26,45	26,31	26,97	21,89
02:30	25,59	21,00	25,77	25,64	26,70	18,76	02:30	25,98	23,15	26,18	26,04	26,81	22,21
03:30	25,16	21,00	25,36	25,21	26,40	18,31	03:30	25,65	22,75	25,87	25,72	26,58	22,16
04:30	24,74	20,90	24,95	24,80	26,09	18,28	04:30	25,32	22,05	25,57	25,41	26,34	21,10
05:30	24,29	19,90	24,49	24,34	25,72	17,75	05:30	25,00	21,70	25,29	25,12	26,11	19,98
06:30	24,06	20,05	24,20	24,05	25,51	20,36	06:30	24,78	21,80	25,04	24,85	25,92	21,97
07:30	24,19	21,95	24,34	24,13	25,54	27,57	07:30	24,78	22,90	25,04	24,81	25,87	27,83
08:30	24,62	24,65	25,03	24,66	25,79	34,21	08:30	25,09	24,65	25,53	25,17	26,05	33,70
09:30	25,26	26,35	26,14	25,52	26,22	39,15	09:30	25,59	26,60	26,43	25,83	26,42	38,68
10:30	26,00	27,90	27,33	26,48	26,74	42,96	10:30	26,24	28,25	27,55	26,72	26,91	44,55
11:30	26,89	29,90	28,56	27,54	27,30	45,57	11:30	27,06	29,50	28,71	27,77	27,45	47,52
12:30	27,54	30,30	29,38	28,32	27,62	45,99	12:30	27,85	30,35	29,64	28,67	27,88	45,91
13:30	28,09	31,10	29,93	28,96	27,98	44,94	13:30	28,45	30,90	30,22	29,33	28,24	44,51
14:30	28,71	31,80	30,40	29,60	28,36	43,93	14:30	28,91	31,45	30,54	29,79	28,52	45,08
15:30	29,02	31,30	30,39	29,80	28,46	38,72	15:30	29,35	31,55	30,69	30,13	28,75	45,63
16:30	29,36	31,35	30,41	29,96	28,66	35,35	16:30	29,90	31,45	30,82	30,50	29,01	41,74
17:30	29,70	30,90	30,31	30,09	28,75	34,55	17:30	30,48	30,80	30,81	30,83	29,18	33,59
18:30	29,81	29,70	29,86	29,98	28,62	28,10	18:30	30,68	29,55	30,44	30,83	29,11	27,69
19:30	29,59	27,45	29,22	29,62	28,34	24,25	19:30	30,39	28,40	29,81	30,44	28,85	25,95
20:30	28,98	25,35	28,41	28,89	27,93	24,55	20:30	29,77	26,90	29,12	29,74	28,50	24,82
21:30	28,17	23,60	27,79	28,04	27,61	23,02	21:30	29,06	25,60	28,58	28,97	28,24	23,39
22:30	27,52	23,10	27,43	27,46	27,47	21,69	22:30	28,50	25,25	28,27	28,43	28,18	22,90
23:30	27,16	23,75	27,19	27,16	27,40	21,91	23:30	27,96	24,80	27,92	27,94	28,01	22,85

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,44	24,35	27,51	27,45	27,79	22,33
01:30	27,01	23,75	27,17	27,04	27,59	21,50
02:30	26,56	23,10	26,78	26,61	27,32	20,90
03:30	26,15	22,85	26,38	26,20	27,07	20,69
04:30	25,72	22,15	25,97	25,78	26,77	20,43
05:30	25,31	21,40	25,55	25,37	26,47	20,00
06:30	25,09	21,55	25,32	25,12	26,30	22,33
07:30	25,10	22,80	25,35	25,11	26,26	27,54
08:30	25,33	24,50	25,74	25,40	26,38	31,33
09:30	25,73	26,20	26,49	25,96	26,65	35,52
10:30	26,30	28,15	27,51	26,79	27,05	42,87
11:30	27,08	29,65	28,62	27,80	27,56	48,63
12:30	27,98	30,50	29,62	28,85	28,09	51,41
13:30	28,84	31,30	30,48	29,83	28,62	54,27
14:30	29,59	31,60	31,06	30,56	29,04	51,99
15:30	30,12	31,30	31,30	30,98	29,33	42,19
16:30	30,40	31,05	31,29	31,12	29,46	33,64
17:30	30,50	30,85	30,98	30,96	29,43	30,51
18:30	29,94	26,25	29,79	30,02	28,83	27,03
19:30	28,96	21,80	28,52	28,80	28,10	22,00
20:30	28,42	21,75	28,21	28,35	28,01	20,50
21:30	27,95	22,05	27,79	27,92	27,88	21,13
22:30	27,41	22,60	27,30	27,36	27,69	21,25
23:30	27,05	22,85	27,08	27,05	27,58	21,29

Tabela 9: Temperaturas do Protótipo Popular, Caso Base (°C).

D.2. Arquivo pop2-1.cfg - Paredes -10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,41	22,15	26,47	26,42	27,34	20,79	00:30	26,62	23,45	26,76	26,66	27,28	22,11
01:30	25,88	21,40	26,01	25,92	27,00	19,78	01:30	26,16	23,20	26,34	26,21	27,02	21,86
02:30	25,40	21,00	25,57	25,46	26,66	18,70	02:30	25,85	23,15	26,05	25,91	26,82	22,18
03:30	24,93	21,00	25,13	25,00	26,30	18,24	03:30	25,48	22,75	25,71	25,57	26,54	22,12
04:30	24,46	20,90	24,68	24,55	25,94	18,19	04:30	25,12	22,05	25,39	25,23	26,26	21,04
05:30	23,97	19,90	24,19	24,06	25,52	17,65	05:30	24,77	21,70	25,09	24,92	26,00	19,91
06:30	23,72	20,05	23,90	23,75	25,28	20,25	06:30	24,53	21,80	24,83	24,63	25,78	21,90
07:30	23,84	21,95	24,06	23,82	25,27	27,48	07:30	24,53	22,90	24,85	24,58	25,70	27,76
08:30	24,30	24,65	24,82	24,37	25,53	34,17	08:30	24,85	24,65	25,39	24,95	25,88	33,68
09:30	25,01	26,35	26,12	25,31	26,00	39,19	09:30	25,41	26,60	26,43	25,67	26,26	38,72
10:30	25,86	27,90	27,47	26,36	26,53	43,06	10:30	26,15	28,25	27,69	26,64	26,78	44,66
11:30	26,84	29,90	28,73	27,52	27,12	45,73	11:30	27,06	29,50	28,90	27,77	27,34	47,69
12:30	27,59	30,30	29,61	28,41	27,52	46,18	12:30	27,93	30,35	29,90	28,79	27,85	46,11
13:30	28,23	31,10	30,20	29,14	27,96	45,14	13:30	28,62	30,90	30,53	29,55	28,28	44,72
14:30	28,93	31,80	30,66	29,85	28,41	44,10	14:30	29,17	31,45	30,84	30,08	28,63	45,28
15:30	29,26	31,30	30,67	30,10	28,57	38,86	15:30	29,66	31,55	30,99	30,45	28,92	45,81
16:30	29,67	31,35	30,68	30,31	28,83	35,45	16:30	30,34	31,45	31,12	30,90	29,24	41,90
17:30	30,16	30,90	30,56	30,50	28,97	34,62	17:30	31,07	30,80	31,10	31,35	29,46	33,69
18:30	30,30	29,70	30,07	30,39	28,86	28,13	18:30	31,27	29,55	30,70	31,34	29,41	27,76
19:30	30,01	27,45	29,36	29,98	28,57	24,28	19:30	30,86	28,40	29,99	30,84	29,15	26,01
20:30	29,27	25,35	28,51	29,14	28,17	24,59	20:30	30,07	26,90	29,25	29,98	28,80	24,90
21:30	28,30	23,60	27,87	28,16	27,85	23,04	21:30	29,19	25,60	28,70	29,09	28,55	23,45
22:30	27,56	23,10	27,46	27,50	27,66	21,70	22:30	28,55	25,25	28,34	28,51	28,44	22,90
23:30	27,13	23,75	27,18	27,14	27,55	21,90	23:30	27,96	24,80	27,94	27,96	28,23	22,86

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,38	24,35	27,51	27,41	27,97	22,33
01:30	26,91	23,75	27,09	26,97	27,71	21,49
02:30	26,43	23,10	26,66	26,50	27,39	20,87
03:30	25,99	22,85	26,23	26,06	27,09	20,65
04:30	25,53	22,15	25,77	25,61	26,74	20,38
05:30	25,08	21,40	25,33	25,16	26,39	19,94
06:30	24,82	21,55	25,08	24,89	26,17	22,26
07:30	24,82	22,80	25,12	24,86	26,10	27,48
08:30	25,06	24,50	25,57	25,15	26,20	31,28
09:30	25,50	26,20	26,42	25,76	26,48	35,52
10:30	26,15	28,15	27,54	26,67	26,93	42,95
11:30	27,01	29,65	28,74	27,79	27,47	48,79
12:30	28,00	30,50	29,82	28,91	28,02	51,64
13:30	28,99	31,30	30,76	30,02	28,63	54,53
14:30	29,85	31,60	31,37	30,87	29,14	52,26
15:30	30,49	31,30	31,63	31,33	29,50	42,21
16:30	30,88	31,05	31,63	31,52	29,69	33,59
17:30	30,98	30,85	31,29	31,41	29,69	30,61
18:30	30,37	26,25	30,01	30,42	29,10	27,04
19:30	29,32	21,80	28,66	29,13	28,38	22,01
20:30	28,66	21,75	28,32	28,56	28,28	20,57
21:30	28,03	22,05	27,82	27,99	28,11	21,14
22:30	27,39	22,60	27,28	27,35	27,86	21,25
23:30	26,97	22,85	27,01	26,98	27,70	21,28

Tabela 10: Temperaturas do Protótipo Popular para Paredes -10% (°C).

D.3. Arquivo pop2-2.cfg - Paredes +10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,62	22,15	26,66	26,61	27,20	20,83	00:30	26,74	23,45	26,84	26,75	27,08	22,14
01:30	26,16	21,40	26,28	26,17	26,96	19,87	01:30	26,35	23,20	26,51	26,38	26,91	21,92
02:30	25,74	21,00	25,92	25,78	26,71	18,81	02:30	26,09	23,15	26,28	26,14	26,78	22,25
03:30	25,34	21,00	25,54	25,38	26,45	18,38	03:30	25,78	22,75	26,00	25,84	26,59	22,20
04:30	24,95	20,90	25,17	24,99	26,18	18,35	04:30	25,46	22,05	25,71	25,54	26,38	21,14
05:30	24,53	19,90	24,73	24,56	25,85	17,84	05:30	25,18	21,70	25,46	25,27	26,18	20,04
06:30	24,33	20,05	24,47	24,30	25,68	20,44	06:30	24,98	21,80	25,22	25,03	26,03	22,03
07:30	24,49	21,95	24,59	24,40	25,73	27,64	07:30	25,00	22,90	25,22	25,00	26,00	27,89
08:30	24,90	24,65	25,22	24,92	25,99	34,26	08:30	25,30	24,65	25,66	25,36	26,18	33,74
09:30	25,50	26,35	26,23	25,74	26,41	39,14	09:30	25,77	26,60	26,46	26,00	26,54	38,66
10:30	26,15	27,90	27,30	26,63	26,87	42,88	10:30	26,35	28,25	27,47	26,82	26,99	44,47
11:30	26,94	29,90	28,43	27,61	27,41	45,44	11:30	27,10	29,50	28,57	27,79	27,50	47,37
12:30	27,54	30,30	29,18	28,29	27,71	45,82	12:30	27,83	30,35	29,44	28,61	27,91	45,73
13:30	28,02	31,10	29,72	28,84	28,02	44,77	13:30	28,34	30,90	29,97	29,19	28,22	44,27
14:30	28,56	31,80	30,18	29,42	28,35	43,76	14:30	28,73	31,45	30,29	29,58	28,45	44,86
15:30	28,82	31,30	30,16	29,57	28,40	38,58	15:30	29,11	31,55	30,44	29,86	28,63	45,48
16:30	29,09	31,35	30,18	29,68	28,55	35,24	16:30	29,57	31,45	30,57	30,17	28,85	41,57
17:30	29,35	30,90	30,10	29,77	28,61	34,47	17:30	30,02	30,80	30,56	30,41	28,98	33,48
18:30	29,43	29,70	29,68	29,64	28,45	28,06	18:30	30,18	29,55	30,21	30,40	28,88	27,63
19:30	29,22	27,45	29,08	29,30	28,16	24,22	19:30	29,96	28,40	29,64	30,07	28,62	25,88
20:30	28,70	25,35	28,32	28,64	27,75	24,52	20:30	29,46	26,90	28,98	29,48	28,28	24,76
21:30	28,01	23,60	27,71	27,89	27,43	23,00	21:30	28,88	25,60	28,46	28,81	28,02	23,35
22:30	27,45	23,10	27,39	27,39	27,32	21,68	22:30	28,40	25,25	28,20	28,34	27,96	22,87
23:30	27,16	23,75	27,19	27,15	27,29	21,91	23:30	27,92	24,80	27,88	27,90	27,82	22,83

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,44	24,35	27,50	27,46	27,63	22,33
01:30	27,05	23,75	27,19	27,08	27,46	21,51
02:30	26,64	23,10	26,84	26,69	27,24	20,92
03:30	26,26	22,85	26,49	26,31	27,02	20,73
04:30	25,86	22,15	26,11	25,91	26,77	20,48
05:30	25,47	21,40	25,72	25,52	26,50	20,06
06:30	25,28	21,55	25,51	25,30	26,37	22,39
07:30	25,32	22,80	25,55	25,31	26,35	27,62
08:30	25,56	24,50	25,90	25,61	26,49	31,39
09:30	25,94	26,20	26,58	26,16	26,77	35,52
10:30	26,46	28,15	27,51	26,92	27,15	42,81
11:30	27,17	29,65	28,53	27,86	27,63	48,50
12:30	27,98	30,50	29,45	28,82	28,14	51,22
13:30	28,75	31,30	30,26	29,70	28,60	54,04
14:30	29,39	31,60	30,79	30,34	28,97	51,74
15:30	29,86	31,30	31,01	30,70	29,20	42,25
16:30	30,07	31,05	31,01	30,78	29,29	33,77
17:30	30,10	30,85	30,72	30,59	29,23	30,40
18:30	29,56	26,25	29,58	29,68	28,62	27,04
19:30	28,63	21,80	28,37	28,54	27,89	21,99
20:30	28,19	21,75	28,11	28,18	27,80	20,44
21:30	27,83	22,05	27,74	27,82	27,70	21,11
22:30	27,38	22,60	27,30	27,34	27,54	21,25
23:30	27,08	22,85	27,11	27,08	27,47	21,30

Tabela 11: Temperaturas do Protótipo Popular para Paredes +10% (°C).

D.4. Arquivo pop2-3.cfg - Teto -10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,52	22,15	26,56	26,51	27,24	20,73	00:30	26,64	23,45	26,74	26,65	27,11	22,06
01:30	26,00	21,40	26,11	26,02	26,94	19,60	01:30	26,22	23,20	26,39	26,26	26,91	21,80
02:30	25,54	21,00	25,71	25,58	26,65	18,48	02:30	25,94	23,15	26,13	25,99	26,76	22,22
03:30	25,10	21,00	25,29	25,15	26,35	18,11	03:30	25,60	22,75	25,81	25,67	26,53	22,12
04:30	24,69	20,90	24,89	24,74	26,04	18,16	04:30	25,27	22,05	25,52	25,36	26,29	20,93
05:30	24,25	19,90	24,44	24,30	25,68	17,58	05:30	24,96	21,70	25,24	25,07	26,06	19,77
06:30	24,02	20,05	24,17	24,01	25,48	20,58	06:30	24,72	21,80	24,98	24,79	25,87	22,12
07:30	24,17	21,95	24,32	24,11	25,51	28,50	07:30	24,75	22,90	25,00	24,76	25,83	28,55
08:30	24,66	24,65	25,06	24,70	25,80	35,12	08:30	25,11	24,65	25,55	25,19	26,05	34,47
09:30	25,29	26,35	26,13	25,53	26,22	39,97	09:30	25,64	26,60	26,49	25,89	26,44	39,47
10:30	26,00	27,90	27,29	26,45	26,73	43,87	10:30	26,29	28,25	27,60	26,78	26,92	45,64
11:30	26,92	29,90	28,62	27,60	27,33	46,33	11:30	27,10	29,50	28,75	27,81	27,44	48,20
12:30	27,55	30,30	29,41	28,35	27,61	46,33	12:30	27,87	30,35	29,68	28,71	27,88	46,06
13:30	28,06	31,10	29,90	28,92	27,95	44,98	13:30	28,42	30,90	30,22	29,32	28,21	44,54
14:30	28,66	31,80	30,35	29,54	28,33	43,91	14:30	28,85	31,45	30,50	29,73	28,47	45,13
15:30	28,96	31,30	30,32	29,71	28,40	38,14	15:30	29,28	31,55	30,65	30,05	28,70	45,71
16:30	29,28	31,35	30,33	29,86	28,60	35,05	16:30	29,86	31,45	30,79	30,45	28,98	41,32
17:30	29,62	30,90	30,21	29,99	28,68	34,50	17:30	30,44	30,80	30,78	30,78	29,14	32,60
18:30	29,74	29,70	29,77	29,88	28,55	27,39	18:30	30,60	29,55	30,36	30,74	29,03	26,77
19:30	29,53	27,45	29,14	29,53	28,27	23,73	19:30	30,29	28,40	29,70	30,33	28,75	25,29
20:30	28,91	25,35	28,33	28,81	27,85	24,28	20:30	29,68	26,90	29,02	29,63	28,40	24,48
21:30	28,10	23,60	27,70	27,95	27,54	22,66	21:30	29,00	25,60	28,52	28,91	28,18	23,17
22:30	27,47	23,10	27,35	27,39	27,42	21,46	22:30	28,47	25,25	28,24	28,42	28,14	22,74
23:30	27,11	23,75	27,12	27,09	27,35	21,88	23:30	27,93	24,80	27,87	27,92	27,97	22,78

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,39	24,35	27,46	27,40	27,74	22,11
01:30	26,96	23,75	27,11	27,00	27,53	21,28
02:30	26,51	23,10	26,71	26,57	27,27	20,73
03:30	26,09	22,85	26,32	26,15	27,02	20,57
04:30	25,67	22,15	25,91	25,73	26,72	20,32
05:30	25,27	21,40	25,50	25,32	26,42	19,88
06:30	25,05	21,55	25,27	25,08	26,25	22,68
07:30	25,08	22,80	25,32	25,09	26,23	28,44
08:30	25,35	24,50	25,77	25,43	26,38	31,96
09:30	25,78	26,20	26,54	26,02	26,67	36,17
10:30	26,33	28,15	27,54	26,83	27,06	43,97
11:30	27,11	29,65	28,66	27,85	27,57	49,51
12:30	28,02	30,50	29,67	28,91	28,11	52,16
13:30	28,86	31,30	30,52	29,87	28,62	55,09
14:30	29,58	31,60	31,05	30,57	29,03	51,98
15:30	30,07	31,30	31,26	30,94	29,30	40,74
16:30	30,31	31,05	31,20	31,01	29,39	32,30
17:30	30,36	30,85	30,83	30,80	29,32	29,98
18:30	29,82	26,25	29,66	29,87	28,72	26,34
19:30	28,88	21,80	28,43	28,71	28,03	21,26
20:30	28,37	21,75	28,14	28,28	27,95	20,13
21:30	27,88	22,05	27,71	27,84	27,81	20,88
22:30	27,36	22,60	27,23	27,31	27,64	21,06
23:30	27,04	22,85	27,06	27,04	27,56	21,27

Tabela 12: Temperaturas do Protótipo Popular para Teto -10% (°C).

D.5. Arquivo pop2-4.cfg - Teto +10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,59	26,58	26,66	26,60	27,33	20,86	00:30	26,78	26,81	26,90	26,81	27,25	22,16
01:30	26,11	26,18	26,25	26,14	27,06	20,00	01:30	26,35	26,45	26,53	26,39	27,04	21,97
02:30	25,66	25,79	25,86	25,72	26,77	18,99	02:30	26,05	26,21	26,25	26,11	26,88	22,21
03:30	25,24	25,41	25,46	25,31	26,48	18,51	03:30	25,72	25,90	25,94	25,79	26,65	22,19
04:30	24,83	25,01	25,04	24,90	26,16	18,40	04:30	25,38	25,59	25,63	25,48	26,41	21,24
05:30	24,36	24,55	24,57	24,43	25,79	17,92	05:30	25,07	25,31	25,36	25,19	26,18	20,17
06:30	24,12	24,33	24,28	24,12	25,58	20,18	06:30	24,85	25,12	25,11	24,93	26,00	21,85
07:30	24,23	24,50	24,40	24,18	25,59	26,69	07:30	24,85	25,15	25,10	24,87	25,94	27,17
08:30	24,62	25,10	25,03	24,66	25,81	33,30	08:30	25,10	25,56	25,54	25,18	26,08	32,95
09:30	25,26	26,12	26,10	25,49	26,24	38,38	09:30	25,62	26,44	26,46	25,85	26,46	37,91
10:30	26,02	27,24	27,30	26,46	26,76	42,09	10:30	26,28	27,47	27,59	26,75	26,95	43,41
11:30	26,85	28,34	28,52	27,49	27,29	44,80	11:30	27,02	28,43	28,66	27,71	27,43	46,59
12:30	27,51	29,11	29,34	28,28	27,63	45,54	12:30	27,82	29,29	29,60	28,62	27,88	45,52
13:30	28,11	29,65	29,93	28,96	28,01	44,80	13:30	28,46	29,89	30,23	29,34	28,27	44,26
14:30	28,75	30,11	30,42	29,63	28,40	43,88	14:30	28,97	30,24	30,58	29,84	28,58	44,82
15:30	29,10	30,16	30,44	29,87	28,51	39,21	15:30	29,43	30,43	30,75	30,21	28,81	45,47
16:30	29,44	30,23	30,48	30,05	28,73	35,72	16:30	29,96	30,58	30,87	30,58	29,06	42,05
17:30	29,80	30,20	30,40	30,20	28,83	34,70	17:30	30,54	30,63	30,87	30,90	29,24	34,49
18:30	29,91	29,81	29,95	30,09	28,70	28,81	18:30	30,76	30,34	30,53	30,93	29,19	28,57
19:30	29,68	29,18	29,30	29,71	28,42	24,89	19:30	30,51	29,79	29,94	30,58	28,96	26,54
20:30	29,07	28,42	28,50	28,99	28,02	24,88	20:30	29,91	29,09	29,24	29,91	28,61	25,42
21:30	28,27	27,80	27,89	28,15	27,71	23,40	21:30	29,18	28,50	28,67	29,12	28,33	23,82
22:30	27,61	27,42	27,53	27,56	27,56	22,01	22:30	28,55	28,18	28,34	28,51	28,25	23,00
23:30	27,24	27,18	27,27	27,25	27,48	21,97	23:30	28,03	27,84	27,99	28,03	28,08	22,89

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,53	27,45	27,59	27,56	27,86	22,46
01:30	27,09	27,11	27,24	27,14	27,65	21,68
02:30	26,65	26,73	26,85	26,71	27,39	21,05
03:30	26,24	26,37	26,47	26,31	27,15	20,80
04:30	25,81	25,97	26,05	25,88	26,85	20,54
05:30	25,39	25,56	25,62	25,46	26,54	20,12
06:30	25,17	25,36	25,39	25,20	26,36	22,07
07:30	25,16	25,41	25,40	25,17	26,31	26,78
08:30	25,34	25,76	25,75	25,41	26,41	30,69
09:30	25,76	26,48	26,51	25,99	26,70	34,88
10:30	26,35	27,40	27,55	26,83	27,11	41,73
11:30	27,06	28,31	28,58	27,77	27,56	47,51
12:30	27,94	29,17	29,56	28,79	28,09	50,52
13:30	28,83	30,01	30,46	29,80	28,63	53,33
14:30	29,59	30,61	31,05	30,56	29,07	51,72
15:30	30,16	30,93	31,33	31,02	29,37	43,52
16:30	30,49	31,02	31,38	31,22	29,53	35,01
17:30	30,63	30,84	31,13	31,13	29,53	31,09
18:30	30,08	29,79	29,94	30,21	28,94	27,93
19:30	29,06	28,50	28,64	28,96	28,20	22,87
20:30	28,50	28,12	28,31	28,46	28,09	20,95
21:30	28,05	27,79	27,92	28,05	27,98	21,37
22:30	27,50	27,31	27,43	27,49	27,77	21,45
23:30	27,10	27,00	27,15	27,12	27,64	21,32

Tabela 13: Temperaturas do Protótipo Popular para Teto +10% (°C).

D.6. Arquivo pop2-5.cfg - Paredes e Teto -10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,38	22,15	26,43	26,37	27,30	20,72	00:30	26,55	23,45	26,68	26,58	27,22	22,04
01:30	25,83	21,40	25,95	25,85	26,95	19,57	01:30	26,10	23,20	26,28	26,15	26,97	21,77
02:30	25,34	21,00	25,51	25,39	26,60	18,43	02:30	25,80	23,15	25,99	25,86	26,77	22,18
03:30	24,86	21,00	25,06	24,92	26,25	18,04	03:30	25,43	22,75	25,65	25,52	26,49	22,08
04:30	24,40	20,90	24,62	24,47	25,88	18,07	04:30	25,07	22,05	25,33	25,18	26,21	20,88
05:30	23,92	19,90	24,14	24,00	25,48	17,48	05:30	24,73	21,70	25,04	24,86	25,94	19,70
06:30	23,68	20,05	23,85	23,70	25,24	20,48	06:30	24,47	21,80	24,76	24,57	25,72	22,04
07:30	23,82	21,95	24,03	23,79	25,24	28,42	07:30	24,49	22,90	24,80	24,53	25,66	28,48
08:30	24,34	24,65	24,86	24,41	25,54	35,09	08:30	24,87	24,65	25,41	24,97	25,87	34,45
09:30	25,05	26,35	26,10	25,32	26,00	40,02	09:30	25,46	26,60	26,50	25,73	26,29	39,52
10:30	25,87	27,90	27,42	26,34	26,52	44,00	10:30	26,20	28,25	27,76	26,69	26,80	45,76
11:30	26,89	29,90	28,80	27,58	27,15	46,51	11:30	27,10	29,50	28,95	27,82	27,35	48,39
12:30	27,61	30,30	29,65	28,44	27,52	46,54	12:30	27,96	30,35	29,95	28,83	27,85	46,28
13:30	28,21	31,10	30,18	29,11	27,93	45,17	13:30	28,61	30,90	30,53	29,55	28,26	44,86
14:30	28,88	31,80	30,62	29,80	28,37	44,08	14:30	29,11	31,45	30,79	30,02	28,58	45,41
15:30	29,21	31,30	30,60	30,01	28,52	38,28	15:30	29,61	31,55	30,93	30,37	28,88	45,86
16:30	29,61	31,35	30,59	30,21	28,77	35,15	16:30	30,31	31,45	31,08	30,85	29,21	41,48
17:30	30,08	30,90	30,45	30,39	28,89	34,57	17:30	31,03	30,80	31,06	31,31	29,42	32,72
18:30	30,22	29,70	29,98	30,29	28,79	27,41	18:30	31,20	29,55	30,61	31,26	29,34	26,84
19:30	29,95	27,45	29,27	29,89	28,50	23,75	19:30	30,76	28,40	29,87	30,72	29,04	25,35
20:30	29,20	25,35	28,42	29,04	28,09	24,30	20:30	29,98	26,90	29,14	29,87	28,70	24,48
21:30	28,23	23,60	27,78	28,07	27,77	22,67	21:30	29,14	25,60	28,63	29,02	28,49	23,20
22:30	27,50	23,10	27,38	27,42	27,61	21,46	22:30	28,53	25,25	28,30	28,49	28,40	22,80
23:30	27,07	23,75	27,10	27,06	27,49	21,87	23:30	27,92	24,80	27,89	27,93	28,18	22,78

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,33	24,35	27,43	27,35	27,91	22,11
01:30	26,87	23,75	27,03	26,92	27,65	21,28
02:30	26,38	23,10	26,59	26,45	27,33	20,70
03:30	25,93	22,85	26,15	26,00	27,02	20,53
04:30	25,48	22,15	25,71	25,56	26,68	20,26
05:30	25,03	21,40	25,27	25,11	26,33	19,82
06:30	24,78	21,55	25,02	24,84	26,12	22,60
07:30	24,80	22,80	25,09	24,83	26,06	28,36
08:30	25,08	24,50	25,59	25,18	26,20	31,91
09:30	25,55	26,20	26,48	25,82	26,50	36,17
10:30	26,18	28,15	27,59	26,72	26,95	44,05
11:30	27,05	29,65	28,78	27,84	27,49	49,70
12:30	28,05	30,50	29,89	28,98	28,04	52,39
13:30	29,02	31,30	30,81	30,07	28,64	55,37
14:30	29,85	31,60	31,38	30,88	29,13	52,26
15:30	30,46	31,30	31,60	31,30	29,47	40,87
16:30	30,79	31,05	31,54	31,42	29,62	32,35
17:30	30,84	30,85	31,14	31,25	29,59	29,99
18:30	30,27	26,25	29,86	30,30	28,99	26,32
19:30	29,26	21,80	28,56	29,06	28,30	21,34
20:30	28,59	21,75	28,25	28,47	28,22	20,23
21:30	27,95	22,05	27,74	27,89	28,04	20,93
22:30	27,33	22,60	27,21	27,27	27,81	21,08
23:30	26,94	22,85	26,98	26,93	27,67	21,28

Tabela 14: Temperaturas do Protótipo Popular para Paredes e Teto -10% (°C).

D.7. Arquivo pop2-6.cfg - Paredes e Teto +10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,67	22,15	26,71	26,66	27,25	20,89	00:30	26,82	23,45	26,91	26,83	27,16	22,18
01:30	26,23	21,40	26,35	26,24	27,02	20,04	01:30	26,42	23,20	26,58	26,45	26,98	21,99
02:30	25,81	21,00	25,99	25,85	26,78	19,04	02:30	26,15	23,15	26,34	26,20	26,85	22,24
03:30	25,42	21,00	25,63	25,46	26,52	18,58	03:30	25,84	22,75	26,06	25,90	26,65	22,23
04:30	25,03	20,90	25,25	25,08	26,25	18,48	04:30	25,52	22,05	25,77	25,60	26,45	21,29
05:30	24,60	19,90	24,81	24,64	25,92	18,01	05:30	25,24	21,70	25,52	25,34	26,25	20,23
06:30	24,39	20,05	24,53	24,36	25,74	20,26	06:30	25,05	21,80	25,29	25,10	26,10	21,91
07:30	24,53	21,95	24,64	24,45	25,78	26,76	07:30	25,06	22,90	25,27	25,06	26,06	27,22
08:30	24,90	24,65	25,22	24,91	26,01	33,35	08:30	25,31	24,65	25,67	25,37	26,21	32,99
09:30	25,50	26,35	26,19	25,71	26,43	38,38	09:30	25,80	26,60	26,49	26,03	26,58	37,90
10:30	26,16	27,90	27,28	26,61	26,89	42,03	10:30	26,40	28,25	27,52	26,87	27,05	43,34
11:30	26,91	29,90	28,39	27,56	27,40	44,69	11:30	27,06	29,50	28,52	27,74	27,50	46,47
12:30	27,52	30,30	29,15	28,26	27,72	45,38	12:30	27,80	30,35	29,39	28,57	27,92	45,36
13:30	28,04	31,10	29,72	28,85	28,06	44,63	13:30	28,36	30,90	29,99	29,20	28,26	44,09
14:30	28,61	31,80	30,21	29,46	28,39	43,72	14:30	28,79	31,45	30,32	29,63	28,51	44,66
15:30	28,90	31,30	30,22	29,64	28,46	39,06	15:30	29,19	31,55	30,49	29,95	28,70	45,30
16:30	29,17	31,35	30,25	29,76	28,62	35,60	16:30	29,63	31,45	30,61	30,24	28,91	41,89
17:30	29,45	30,90	30,18	29,87	28,69	34,62	17:30	30,08	30,80	30,60	30,48	29,04	34,45
18:30	29,52	29,70	29,76	29,74	28,53	28,73	18:30	30,27	29,55	30,29	30,50	28,96	28,56
19:30	29,30	27,45	29,17	29,39	28,24	24,83	19:30	30,07	28,40	29,75	30,21	28,73	26,47
20:30	28,78	25,35	28,40	28,74	27,84	24,85	20:30	29,60	26,90	29,08	29,64	28,38	25,38
21:30	28,10	23,60	27,80	27,99	27,52	23,38	21:30	29,00	25,60	28,53	28,95	28,11	23,78
22:30	27,54	23,10	27,48	27,48	27,41	21,99	22:30	28,46	25,25	28,25	28,40	28,04	22,96
23:30	27,23	23,75	27,26	27,23	27,36	21,97	23:30	27,99	24,80	27,93	27,98	27,89	22,87

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,53	24,35	27,56	27,55	27,70	22,45
01:30	27,13	23,75	27,25	27,16	27,53	21,68
02:30	26,72	23,10	26,91	26,77	27,31	21,06
03:30	26,34	22,85	26,56	26,40	27,10	20,83
04:30	25,94	22,15	26,17	26,00	26,84	20,58
05:30	25,55	21,40	25,78	25,60	26,57	20,17
06:30	25,35	21,55	25,57	25,37	26,44	22,13
07:30	25,38	22,80	25,59	25,37	26,41	26,84
08:30	25,57	24,50	25,90	25,62	26,53	30,74
09:30	25,97	26,20	26,59	26,19	26,82	34,90
10:30	26,52	28,15	27,56	26,97	27,21	41,69
11:30	27,15	29,65	28,52	27,83	27,64	47,40
12:30	27,95	30,50	29,41	28,77	28,14	50,34
13:30	28,75	31,30	30,24	29,68	28,62	53,11
14:30	29,41	31,60	30,79	30,34	29,00	51,48
15:30	29,91	31,30	31,05	30,74	29,25	43,38
16:30	30,17	31,05	31,10	30,88	29,36	34,94
17:30	30,24	30,85	30,87	30,76	29,34	30,99
18:30	29,70	26,25	29,72	29,86	28,73	27,84
19:30	28,74	21,80	28,47	28,69	27,99	22,80
20:30	28,27	21,75	28,20	28,28	27,88	20,90
21:30	27,94	22,05	27,86	27,94	27,79	21,34
22:30	27,47	22,60	27,41	27,45	27,62	21,44
23:30	27,13	22,85	27,17	27,14	27,52	21,33

Tabela 15: Temperaturas do Protótipo Popular para Paredes e Teto +10% (°C).

D.8. Arquivo pop2-7.cfg - Condutividade Térmica -10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,57	22,15	26,64	26,57	27,27	20,75	00:30	26,72	23,45	26,86	26,75	27,17	22,09
01:30	26,09	21,40	26,24	26,11	27,00	19,77	01:30	26,31	23,20	26,51	26,35	26,97	21,86
02:30	25,64	21,00	25,85	25,70	26,73	18,70	02:30	26,03	23,15	26,26	26,09	26,83	22,18
03:30	25,22	21,00	25,46	25,28	26,45	18,25	03:30	25,70	22,75	25,95	25,78	26,61	22,14
04:30	24,82	20,90	25,07	24,89	26,15	18,22	04:30	25,37	22,05	25,65	25,47	26,38	21,07
05:30	24,37	19,90	24,61	24,44	25,79	17,69	05:30	25,07	21,70	25,39	25,19	26,16	19,95
06:30	24,15	20,05	24,33	24,15	25,60	20,29	06:30	24,86	21,80	25,15	24,94	25,99	21,93
07:30	24,29	21,95	24,46	24,24	25,63	27,55	07:30	24,87	22,90	25,15	24,90	25,95	27,83
08:30	24,71	24,65	25,10	24,75	25,88	34,26	08:30	25,16	24,65	25,60	25,25	26,12	33,76
09:30	25,34	26,35	26,15	25,60	26,31	39,21	09:30	25,65	26,60	26,44	25,89	26,47	38,75
10:30	26,07	27,90	27,29	26,54	26,83	43,01	10:30	26,28	28,25	27,51	26,77	26,96	44,63
11:30	26,91	29,90	28,50	27,57	27,38	45,63	11:30	27,08	29,50	28,66	27,80	27,49	47,63
12:30	27,54	30,30	29,30	28,33	27,67	46,07	12:30	27,86	30,35	29,58	28,67	27,92	46,01
13:30	28,09	31,10	29,86	28,94	28,03	45,03	13:30	28,43	30,90	30,16	29,31	28,27	44,59
14:30	28,69	31,80	30,34	29,57	28,40	44,02	14:30	28,88	31,45	30,49	29,76	28,54	45,20
15:30	28,99	31,30	30,34	29,75	28,47	38,82	15:30	29,30	31,55	30,64	30,07	28,75	45,80
16:30	29,29	31,35	30,36	29,89	28,67	35,41	16:30	29,81	31,45	30,77	30,41	29,00	41,86
17:30	29,60	30,90	30,27	30,01	28,75	34,63	17:30	30,32	30,80	30,76	30,70	29,16	33,65
18:30	29,69	29,70	29,83	29,88	28,60	28,16	18:30	30,50	29,55	30,40	30,69	29,07	27,74
19:30	29,46	27,45	29,20	29,51	28,31	24,25	19:30	30,25	28,40	29,80	30,33	28,82	26,01
20:30	28,88	25,35	28,41	28,81	27,90	24,55	20:30	29,67	26,90	29,12	29,67	28,47	24,90
21:30	28,12	23,60	27,80	28,00	27,58	23,02	21:30	29,00	25,60	28,58	28,93	28,20	23,40
22:30	27,51	23,10	27,45	27,45	27,45	21,66	22:30	28,46	25,25	28,28	28,40	28,13	22,83
23:30	27,17	23,75	27,22	27,17	27,39	21,86	23:30	27,95	24,80	27,93	27,94	27,98	22,81

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,45	24,35	27,54	27,47	27,76	22,30
01:30	27,02	23,75	27,21	27,07	27,57	21,46
02:30	26,59	23,10	26,84	26,65	27,32	20,84
03:30	26,19	22,85	26,46	26,25	27,08	20,64
04:30	25,77	22,15	26,05	25,84	26,80	20,38
05:30	25,36	21,40	25,64	25,43	26,51	19,95
06:30	25,15	21,55	25,42	25,20	26,35	22,29
07:30	25,18	22,80	25,45	25,20	26,32	27,55
08:30	25,40	24,50	25,81	25,47	26,44	31,37
09:30	25,79	26,20	26,54	26,02	26,71	35,55
10:30	26,34	28,15	27,54	26,84	27,10	42,91
11:30	27,10	29,65	28,59	27,83	27,61	48,72
12:30	27,98	30,50	29,56	28,85	28,13	51,51
13:30	28,82	31,30	30,43	29,80	28,64	54,38
14:30	29,53	31,60	31,00	30,50	29,05	52,14
15:30	30,04	31,30	31,24	30,90	29,32	42,29
16:30	30,32	31,05	31,25	31,03	29,45	33,70
17:30	30,39	30,85	30,95	30,87	29,42	30,62
18:30	29,83	26,25	29,78	29,93	28,81	27,11
19:30	28,85	21,80	28,52	28,72	28,07	22,00
20:30	28,33	21,75	28,22	28,29	27,97	20,49
21:30	27,91	22,05	27,82	27,90	27,85	21,11
22:30	27,41	22,60	27,35	27,37	27,67	21,23
23:30	27,06	22,85	27,13	27,07	27,57	21,23

Tabela 16: Temperaturas do Protótipo Popular para Condutividade Térmica -10% (°C).

D.9. Arquivo pop2-8.cfg - Condutividade Térmica +10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,52	22,15	26,54	26,51	27,27	20,87	00:30	26,66	23,45	26,77	26,69	27,17	22,16
01:30	26,01	21,40	26,10	26,02	26,98	19,87	01:30	26,23	23,20	26,39	26,27	26,95	21,92
02:30	25,55	21,00	25,69	25,59	26,68	18,80	02:30	25,94	23,15	26,12	25,99	26,79	22,25
03:30	25,10	21,00	25,27	25,15	26,36	18,36	03:30	25,60	22,75	25,80	25,67	26,54	22,19
04:30	24,68	20,90	24,84	24,73	26,03	18,33	04:30	25,27	22,05	25,49	25,36	26,30	21,12
05:30	24,21	19,90	24,38	24,26	25,66	17,80	05:30	24,94	21,70	25,20	25,05	26,06	20,01
06:30	23,97	20,05	24,09	23,96	25,44	20,41	06:30	24,70	21,80	24,94	24,77	25,86	21,99
07:30	24,10	21,95	24,24	24,03	25,45	27,57	07:30	24,70	22,90	24,95	24,72	25,80	27,82
08:30	24,54	24,65	24,96	24,58	25,71	34,15	08:30	25,02	24,65	25,47	25,10	25,99	33,65
09:30	25,15	26,35	26,13	25,44	26,14	39,10	09:30	25,54	26,60	26,43	25,77	26,36	38,62
10:30	25,89	27,90	27,32	26,41	26,66	42,93	10:30	26,21	28,25	27,59	26,68	26,86	44,48
11:30	26,86	29,90	28,67	27,53	27,26	45,55	11:30	27,04	29,50	28,76	27,75	27,40	47,42
12:30	27,53	30,30	29,44	28,32	27,57	45,93	12:30	27,85	30,35	29,71	28,67	27,84	45,82
13:30	28,09	31,10	29,99	28,97	27,94	44,88	13:30	28,46	30,90	30,28	29,35	28,21	44,47
14:30	28,72	31,80	30,44	29,63	28,34	43,85	14:30	28,94	31,45	30,58	29,83	28,51	45,00
15:30	29,05	31,30	30,43	29,84	28,44	38,64	15:30	29,39	31,55	30,72	30,17	28,75	45,48
16:30	29,41	31,35	30,45	30,02	28,66	35,30	16:30	29,98	31,45	30,85	30,58	29,03	41,63
17:30	29,79	30,90	30,33	30,17	28,76	34,48	17:30	30,63	30,80	30,84	30,95	29,21	33,54
18:30	29,93	29,70	29,88	30,07	28,63	28,06	18:30	30,83	29,55	30,46	30,96	29,14	27,66
19:30	29,70	27,45	29,23	29,71	28,36	24,26	19:30	30,51	28,40	29,81	30,54	28,88	25,90
20:30	29,06	25,35	28,41	28,96	27,95	24,55	20:30	29,85	26,90	29,10	29,80	28,52	24,78
21:30	28,20	23,60	27,78	28,06	27,63	23,02	21:30	29,10	25,60	28,57	29,00	28,27	23,42
22:30	27,52	23,10	27,40	27,46	27,49	21,73	22:30	28,52	25,25	28,26	28,45	28,22	22,96
23:30	27,14	23,75	27,16	27,14	27,41	21,96	23:30	27,96	24,80	27,89	27,95	28,04	22,89

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,43	24,35	27,47	27,44	27,80	22,36
01:30	26,99	23,75	27,12	27,02	27,59	21,55
02:30	26,53	23,10	26,71	26,58	27,31	20,95
03:30	26,11	22,85	26,31	26,16	27,05	20,74
04:30	25,68	22,15	25,88	25,73	26,74	20,47
05:30	25,26	21,40	25,46	25,31	26,43	20,05
06:30	25,03	21,55	25,22	25,05	26,25	22,37
07:30	25,03	22,80	25,26	25,03	26,20	27,54
08:30	25,27	24,50	25,68	25,33	26,32	31,29
09:30	25,68	26,20	26,47	25,91	26,60	35,48
10:30	26,25	28,15	27,51	26,74	27,00	42,81
11:30	27,06	29,65	28,65	27,77	27,51	48,53
12:30	27,98	30,50	29,66	28,85	28,06	51,31
13:30	28,86	31,30	30,54	29,86	28,59	54,16
14:30	29,64	31,60	31,11	30,62	29,04	51,85
15:30	30,16	31,30	31,35	31,05	29,34	42,10
16:30	30,46	31,05	31,33	31,19	29,47	33,58
17:30	30,60	30,85	31,00	31,04	29,44	30,40
18:30	30,04	26,25	29,80	30,11	28,85	26,97
19:30	29,06	21,80	28,53	28,89	28,14	22,00
20:30	28,51	21,75	28,20	28,41	28,05	20,51
21:30	27,97	22,05	27,76	27,93	27,91	21,13
22:30	27,40	22,60	27,25	27,35	27,70	21,27
23:30	27,03	22,85	27,03	27,03	27,59	21,34

Tabela 17: Temperaturas do Protótipo Popular para Condutividade Térmica +10% (°C).

D.10. Arquivo pop2-9.cfg - Densidade -10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,45	22,15	26,48	26,45	27,29	20,80	00:30	26,61	23,45	26,71	26,63	27,19	22,11
01:30	25,93	21,40	26,02	25,94	26,97	19,72	01:30	26,17	23,20	26,32	26,20	26,96	21,85
02:30	25,44	21,00	25,59	25,49	26,64	18,62	02:30	25,87	23,15	26,04	25,92	26,77	22,22
03:30	24,98	21,00	25,15	25,03	26,30	18,20	03:30	25,52	22,75	25,71	25,59	26,51	22,14
04:30	24,54	20,90	24,72	24,60	25,96	18,20	04:30	25,17	22,05	25,39	25,26	26,25	21,00
05:30	24,06	19,90	24,25	24,12	25,57	17,64	05:30	24,83	21,70	25,11	24,95	25,99	19,86
06:30	23,82	20,05	23,96	23,82	25,33	20,45	06:30	24,58	21,80	24,84	24,66	25,78	22,02
07:30	23,95	21,95	24,12	23,90	25,34	28,01	07:30	24,59	22,90	24,86	24,61	25,73	28,15
08:30	24,43	24,65	24,90	24,48	25,62	34,63	08:30	24,94	24,65	25,43	25,02	25,92	34,05
09:30	25,10	26,35	26,09	25,34	26,05	39,57	09:30	25,49	26,60	26,45	25,74	26,32	39,07
10:30	25,88	27,90	27,37	26,33	26,57	43,51	10:30	26,20	28,25	27,66	26,68	26,82	45,12
11:30	26,88	29,90	28,71	27,55	27,20	46,10	11:30	27,07	29,50	28,85	27,78	27,36	47,92
12:30	27,57	30,30	29,54	28,38	27,53	46,29	12:30	27,90	30,35	29,83	28,75	27,84	46,06
13:30	28,15	31,10	30,07	29,03	27,93	45,06	13:30	28,53	30,90	30,40	29,44	28,23	44,63
14:30	28,81	31,80	30,52	29,71	28,35	44,00	14:30	29,02	31,45	30,69	29,92	28,54	45,18
15:30	29,14	31,30	30,50	29,92	28,47	38,49	15:30	29,48	31,55	30,83	30,27	28,80	45,67
16:30	29,52	31,35	30,51	30,11	28,71	35,23	16:30	30,13	31,45	30,97	30,72	29,11	41,55
17:30	29,94	30,90	30,38	30,28	28,82	34,53	17:30	30,84	30,80	30,96	31,13	29,31	33,11
18:30	30,08	29,70	29,92	30,18	28,70	27,74	18:30	31,03	29,55	30,54	31,11	29,23	27,23
19:30	29,84	27,45	29,23	29,80	28,43	24,00	19:30	30,65	28,40	29,84	30,64	28,96	25,61
20:30	29,14	25,35	28,39	29,01	28,02	24,43	20:30	29,93	26,90	29,12	29,84	28,61	24,59
21:30	28,23	23,60	27,76	28,07	27,70	22,85	21:30	29,12	25,60	28,60	29,02	28,38	23,28
22:30	27,51	23,10	27,38	27,43	27,54	21,60	22:30	28,53	25,25	28,29	28,49	28,31	22,89
23:30	27,11	23,75	27,11	27,10	27,45	21,92	23:30	27,95	24,80	27,89	27,95	28,11	22,83

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,38	24,35	27,45	27,39	27,85	22,23
01:30	26,93	23,75	27,07	26,97	27,61	21,41
02:30	26,46	23,10	26,65	26,52	27,32	20,83
03:30	26,02	22,85	26,23	26,08	27,03	20,64
04:30	25,58	22,15	25,79	25,64	26,71	20,37
05:30	25,15	21,40	25,36	25,21	26,38	19,93
06:30	24,90	21,55	25,12	24,95	26,18	22,48
07:30	24,91	22,80	25,16	24,93	26,12	27,94
08:30	25,17	24,50	25,63	25,25	26,26	31,60
09:30	25,61	26,20	26,47	25,86	26,55	35,82
10:30	26,21	28,15	27,55	26,73	26,97	43,42
11:30	27,05	29,65	28,71	27,81	27,49	49,12
12:30	28,01	30,50	29,77	28,91	28,04	51,86
13:30	28,94	31,30	30,68	29,96	28,61	54,77
14:30	29,74	31,60	31,25	30,75	29,08	52,08
15:30	30,32	31,30	31,48	31,17	29,40	41,42
16:30	30,64	31,05	31,43	31,30	29,54	32,88
17:30	30,72	30,85	31,07	31,15	29,51	30,15
18:30	30,15	26,25	29,84	30,19	28,91	26,61
19:30	29,16	21,80	28,55	28,96	28,21	21,64
20:30	28,55	21,75	28,23	28,45	28,13	20,32
21:30	27,97	22,05	27,74	27,92	27,97	21,01
22:30	27,37	22,60	27,23	27,32	27,75	21,16
23:30	26,99	22,85	27,00	27,00	27,63	21,30

Tabela 18: Temperaturas do Protótipo Popular para Densidade -10% (°C).

D.11. Arquivo pop2-10.cfg - Densidade +10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,62	22,15	26,68	26,62	27,27	20,82	00:30	26,77	23,45	26,88	26,79	27,16	22,14
01:30	26,16	21,40	26,29	26,18	27,01	19,92	01:30	26,37	23,20	26,54	26,40	26,98	21,93
02:30	25,73	21,00	25,92	25,77	26,76	18,88	02:30	26,09	23,15	26,30	26,14	26,84	22,21
03:30	25,32	21,00	25,54	25,37	26,49	18,42	03:30	25,77	22,75	26,00	25,84	26,63	22,18
04:30	24,92	20,90	25,15	24,98	26,20	18,35	04:30	25,45	22,05	25,71	25,54	26,41	21,18
05:30	24,48	19,90	24,70	24,53	25,86	17,85	05:30	25,16	21,70	25,45	25,26	26,20	20,09
06:30	24,27	20,05	24,42	24,25	25,67	20,27	06:30	24,95	21,80	25,21	25,02	26,04	21,92
07:30	24,41	21,95	24,54	24,34	25,70	27,13	07:30	24,96	22,90	25,20	24,98	26,00	27,53
08:30	24,80	24,65	25,15	24,83	25,94	33,80	08:30	25,23	24,65	25,63	25,30	26,16	33,38
09:30	25,42	26,35	26,17	25,65	26,37	38,80	09:30	25,70	26,60	26,48	25,96	26,51	38,32
10:30	26,12	27,90	27,29	26,57	26,86	42,51	10:30	26,31	28,25	27,53	26,83	26,99	43,98
11:30	26,90	29,90	28,45	27,56	27,39	45,16	11:30	27,07	29,50	28,58	27,76	27,50	47,05
12:30	27,53	30,30	29,24	28,29	27,69	45,73	12:30	27,83	30,35	29,49	28,62	27,91	45,69
13:30	28,07	31,10	29,80	28,90	28,04	44,84	13:30	28,39	30,90	30,08	29,26	28,26	44,37
14:30	28,65	31,80	30,28	29,51	28,39	43,87	14:30	28,83	31,45	30,41	29,70	28,52	44,95
15:30	28,94	31,30	30,28	29,70	28,46	38,95	15:30	29,24	31,55	30,57	30,02	28,72	45,54
16:30	29,23	31,35	30,31	29,84	28,64	35,49	16:30	29,72	31,45	30,69	30,34	28,95	41,88
17:30	29,53	30,90	30,23	29,95	28,72	34,60	17:30	30,20	30,80	30,68	30,60	29,10	34,01
18:30	29,61	29,70	29,80	29,81	28,57	28,44	18:30	30,39	29,55	30,35	30,60	29,01	28,10
19:30	29,39	27,45	29,18	29,46	28,28	24,53	19:30	30,16	28,40	29,78	30,28	28,77	26,24
20:30	28,84	25,35	28,40	28,78	27,87	24,69	20:30	29,64	26,90	29,10	29,66	28,42	25,14
21:30	28,12	23,60	27,80	28,00	27,55	23,19	21:30	28,99	25,60	28,55	28,94	28,15	23,59
22:30	27,53	23,10	27,46	27,47	27,43	21,82	22:30	28,45	25,25	28,26	28,41	28,08	22,90
23:30	27,20	23,75	27,24	27,20	27,38	21,91	23:30	27,97	24,80	27,93	27,96	27,93	22,86

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,49	24,35	27,55	27,51	27,73	22,40
01:30	27,07	23,75	27,23	27,12	27,55	21,59
02:30	26,65	23,10	26,87	26,71	27,31	20,97
03:30	26,26	22,85	26,51	26,33	27,09	20,75
04:30	25,85	22,15	26,11	25,92	26,82	20,49
05:30	25,45	21,40	25,71	25,51	26,54	20,07
06:30	25,25	21,55	25,49	25,28	26,39	22,21
07:30	25,28	22,80	25,51	25,28	26,36	27,20
08:30	25,48	24,50	25,85	25,54	26,48	31,07
09:30	25,89	26,20	26,57	26,12	26,77	35,22
10:30	26,44	28,15	27,55	26,92	27,17	42,28
11:30	27,12	29,65	28,55	27,83	27,62	48,03
12:30	27,96	30,50	29,48	28,81	28,13	50,91
13:30	28,78	31,30	30,34	29,74	28,63	53,74
14:30	29,47	31,60	30,90	30,43	29,02	51,81
15:30	29,98	31,30	31,15	30,83	29,29	43,24
16:30	30,25	31,05	31,18	30,97	29,41	34,66
17:30	30,32	30,85	30,91	30,83	29,38	30,72
18:30	29,77	26,25	29,76	29,91	28,77	27,46
19:30	28,80	21,80	28,50	28,71	28,03	22,38
20:30	28,31	21,75	28,21	28,29	27,92	20,68
21:30	27,93	22,05	27,84	27,92	27,82	21,22
22:30	27,44	22,60	27,37	27,41	27,65	21,34
23:30	27,10	22,85	27,14	27,11	27,55	21,29

Tabela 19: Temperaturas do Protótipo Popular para Densidade +10% (°C).

D.12. Arquivo pop2-11.cfg - Calor Específico - 10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,62	22,15	26,48	26,43	27,25	20,75	00:30	26,75	23,45	26,71	26,61	27,14	22,08
01:30	26,15	21,40	26,01	25,93	26,94	19,69	01:30	26,34	23,20	26,31	26,18	26,92	21,83
02:30	25,70	21,00	25,58	25,48	26,62	18,59	02:30	26,06	23,15	26,03	25,90	26,74	22,20
03:30	25,28	21,00	25,15	25,03	26,29	18,18	03:30	25,73	22,75	25,70	25,58	26,49	22,13
04:30	24,87	20,90	24,72	24,60	25,95	18,18	04:30	25,40	22,05	25,39	25,26	26,23	21,00
05:30	24,43	19,90	24,24	24,13	25,57	17,63	05:30	25,10	21,70	25,10	24,95	25,98	19,86
06:30	24,21	20,05	23,96	23,83	25,34	20,45	06:30	24,89	21,80	24,83	24,66	25,78	22,02
07:30	24,34	21,95	24,12	23,92	25,36	28,01	07:30	24,90	22,90	24,86	24,62	25,73	28,15
08:30	24,74	24,65	24,90	24,50	25,64	34,64	08:30	25,18	24,65	25,43	25,03	25,93	34,06
09:30	25,35	26,35	26,09	25,35	26,07	39,58	09:30	25,64	26,60	26,45	25,75	26,33	39,08
10:30	26,04	27,90	27,37	26,35	26,60	43,51	10:30	26,23	28,25	27,66	26,69	26,83	45,15
11:30	26,82	29,90	28,71	27,57	27,23	46,10	11:30	26,99	29,50	28,85	27,79	27,38	47,96
12:30	27,42	30,30	29,54	28,39	27,56	46,33	12:30	27,73	30,35	29,83	28,76	27,85	46,11
13:30	27,94	31,10	30,07	29,03	27,95	45,12	13:30	28,26	30,90	30,41	29,45	28,24	44,71
14:30	28,81	31,80	30,52	29,70	28,36	44,05	14:30	28,69	31,45	30,69	29,92	28,54	45,27
15:30	28,80	31,30	30,50	29,91	28,47	38,54	15:30	29,09	31,55	30,83	30,27	28,80	45,74
16:30	29,10	31,35	30,51	30,10	28,70	35,27	16:30	29,58	31,45	30,97	30,71	29,10	41,60
17:30	29,41	30,90	30,39	30,26	28,80	34,56	17:30	30,08	30,80	30,96	31,11	29,29	33,16
18:30	29,51	29,70	29,92	30,16	28,68	27,75	18:30	30,28	29,55	30,54	31,09	29,20	27,26
19:30	29,31	27,45	29,23	29,78	28,39	23,99	19:30	30,06	28,40	29,84	30,62	28,92	25,63
20:30	28,77	25,35	28,39	28,98	27,97	24,42	20:30	29,56	26,90	29,12	29,81	28,56	24,58
21:30	28,07	23,60	27,76	28,04	27,65	22,83	21:30	28,95	25,60	28,60	28,98	28,32	23,25
22:30	27,49	23,10	27,37	27,40	27,49	21,56	22:30	28,45	25,25	28,28	28,45	28,25	22,83
23:30	27,18	23,75	27,11	27,07	27,40	21,89	23:30	27,97	24,80	27,89	27,92	28,05	22,79

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,47	24,35	27,45	27,37	27,80	22,20
01:30	27,06	23,75	27,07	26,95	27,57	21,38
02:30	26,63	23,10	26,64	26,50	27,28	20,80
03:30	26,23	22,85	26,22	26,07	27,01	20,61
04:30	25,81	22,15	25,78	25,64	26,69	20,35
05:30	25,40	21,40	25,35	25,21	26,37	19,92
06:30	25,20	21,55	25,11	24,95	26,18	22,47
07:30	25,23	22,80	25,16	24,93	26,13	27,94
08:30	25,44	24,50	25,62	25,25	26,27	31,61
09:30	25,80	26,20	26,46	25,87	26,56	35,83
10:30	26,32	28,15	27,54	26,74	26,98	43,45
11:30	27,04	29,65	28,71	27,81	27,51	49,17
12:30	27,87	30,50	29,77	28,92	28,07	51,91
13:30	28,65	31,30	30,68	29,97	28,63	54,83
14:30	29,32	31,60	31,25	30,75	29,09	52,15
15:30	29,81	31,30	31,48	31,17	29,40	41,52
16:30	30,08	31,05	31,44	31,29	29,54	32,97
17:30	30,16	30,85	31,08	31,13	29,49	30,21
18:30	29,65	26,25	29,84	30,17	28,89	26,63
19:30	28,72	21,80	28,55	28,93	28,18	21,62
20:30	28,26	21,75	28,23	28,42	28,09	20,29
21:30	27,90	22,05	27,74	27,89	27,93	20,97
22:30	27,44	22,60	27,22	27,29	27,71	21,11
23:30	27,11	22,85	27,00	26,97	27,59	21,24

Tabela 20: Temperaturas do Protótipo Popular para Calor Específico -10% (°C).

D.13. Arquivo pop2-12.cfg - Calor Específico +10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,62	22,15	26,68	26,62	27,27	20,82	00:30	26,77	23,45	26,88	26,79	27,16	22,14
01:30	26,16	21,40	26,29	26,18	27,01	19,92	01:30	26,37	23,20	26,54	26,40	26,98	21,93
02:30	25,73	21,00	25,92	25,77	26,76	18,88	02:30	26,09	23,15	26,30	26,14	26,84	22,21
03:30	25,32	21,00	25,54	25,37	26,49	18,42	03:30	25,77	22,75	26,00	25,84	26,63	22,18
04:30	24,92	20,90	25,15	24,98	26,20	18,35	04:30	25,45	22,05	25,71	25,54	26,41	21,18
05:30	24,48	19,90	24,70	24,53	25,86	17,85	05:30	25,16	21,70	25,45	25,26	26,20	20,09
06:30	24,27	20,05	24,42	24,25	25,67	20,27	06:30	24,95	21,80	25,21	25,02	26,04	21,92
07:30	24,41	21,95	24,54	24,34	25,70	27,13	07:30	24,96	22,90	25,20	24,98	26,00	27,53
08:30	24,80	24,65	25,15	24,83	25,94	33,80	08:30	25,23	24,65	25,63	25,30	26,16	33,38
09:30	25,42	26,35	26,17	25,65	26,37	38,80	09:30	25,70	26,60	26,48	25,96	26,51	38,32
10:30	26,12	27,90	27,29	26,57	26,86	42,51	10:30	26,31	28,25	27,53	26,83	26,99	43,98
11:30	26,90	29,90	28,45	27,56	27,39	45,16	11:30	27,07	29,50	28,58	27,76	27,50	47,05
12:30	27,53	30,30	29,24	28,29	27,69	45,73	12:30	27,83	30,35	29,49	28,62	27,91	45,69
13:30	28,07	31,10	29,80	28,90	28,04	44,84	13:30	28,39	30,90	30,08	29,26	28,26	44,37
14:30	28,65	31,80	30,28	29,51	28,39	43,87	14:30	28,83	31,45	30,41	29,70	28,52	44,95
15:30	28,94	31,30	30,28	29,70	28,46	38,95	15:30	29,24	31,55	30,57	30,02	28,72	45,54
16:30	29,23	31,35	30,31	29,84	28,64	35,49	16:30	29,72	31,45	30,69	30,34	28,95	41,88
17:30	29,53	30,90	30,23	29,95	28,72	34,60	17:30	30,20	30,80	30,68	30,60	29,10	34,01
18:30	29,61	29,70	29,80	29,81	28,57	28,44	18:30	30,39	29,55	30,35	30,60	29,01	28,10
19:30	29,39	27,45	29,18	29,46	28,28	24,53	19:30	30,16	28,40	29,78	30,28	28,77	26,24
20:30	28,84	25,35	28,40	28,78	27,87	24,69	20:30	29,64	26,90	29,10	29,66	28,42	25,14
21:30	28,12	23,60	27,80	28,00	27,55	23,19	21:30	28,99	25,60	28,55	28,94	28,15	23,59
22:30	27,53	23,10	27,46	27,47	27,43	21,82	22:30	28,45	25,25	28,26	28,41	28,08	22,90
23:30	27,20	23,75	27,24	27,20	27,38	21,91	23:30	27,97	24,80	27,93	27,96	27,93	22,86

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,49	24,35	27,55	27,51	27,73	22,40
01:30	27,07	23,75	27,23	27,12	27,55	21,59
02:30	26,65	23,10	26,87	26,71	27,31	20,97
03:30	26,26	22,85	26,51	26,33	27,09	20,75
04:30	25,85	22,15	26,11	25,92	26,82	20,49
05:30	25,45	21,40	25,71	25,51	26,54	20,07
06:30	25,25	21,55	25,49	25,28	26,39	22,21
07:30	25,28	22,80	25,51	25,28	26,36	27,20
08:30	25,48	24,50	25,85	25,54	26,48	31,07
09:30	25,89	26,20	26,57	26,12	26,77	35,22
10:30	26,44	28,15	27,55	26,92	27,17	42,28
11:30	27,12	29,65	28,55	27,83	27,62	48,03
12:30	27,96	30,50	29,48	28,81	28,13	50,91
13:30	28,78	31,30	30,34	29,74	28,63	53,74
14:30	29,47	31,60	30,90	30,43	29,02	51,81
15:30	29,98	31,30	31,15	30,83	29,29	43,24
16:30	30,25	31,05	31,18	30,97	29,41	34,66
17:30	30,32	30,85	30,91	30,83	29,38	30,72
18:30	29,77	26,25	29,76	29,91	28,77	27,46
19:30	28,80	21,80	28,50	28,71	28,03	22,38
20:30	28,31	21,75	28,21	28,29	27,92	20,68
21:30	27,93	22,05	27,84	27,92	27,82	21,22
22:30	27,44	22,60	27,37	27,41	27,65	21,34
23:30	27,10	22,85	27,14	27,11	27,55	21,29

Tabela 21: Temperaturas do Protótipo Popular para Calor Específico +10% (°C).

D.14. Arquivo pop2-13.cfg - Emissividade -5,6%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,70	22,15	26,75	26,70	27,42	20,99	00:30	26,87	23,45	26,96	26,88	27,33	22,29
01:30	26,21	21,40	26,32	26,23	27,14	20,06	01:30	26,44	23,20	26,60	26,47	27,12	22,06
02:30	25,76	21,00	25,93	25,81	26,86	19,01	02:30	26,15	23,15	26,34	26,20	26,97	22,36
03:30	25,33	21,00	25,53	25,39	26,57	18,57	03:30	25,81	22,75	26,02	25,88	26,74	22,30
04:30	24,92	20,90	25,13	24,98	26,26	18,51	04:30	25,49	22,05	25,72	25,57	26,50	21,28
05:30	24,47	19,90	24,67	24,53	25,90	17,99	05:30	25,18	21,70	25,45	25,29	26,28	20,20
06:30	24,24	20,05	24,38	24,23	25,69	20,57	06:30	24,95	21,80	25,20	25,02	26,10	22,16
07:30	24,38	21,95	24,52	24,31	25,72	27,68	07:30	24,96	22,90	25,21	24,98	26,05	27,97
08:30	24,80	24,65	25,20	24,84	25,97	34,34	08:30	25,26	24,65	25,69	25,33	26,22	33,87
09:30	25,44	26,35	26,29	25,68	26,41	39,31	09:30	25,75	26,60	26,57	25,98	26,58	38,91
10:30	26,16	27,90	27,48	26,63	26,92	43,10	10:30	26,38	28,25	27,68	26,86	27,07	44,79
11:30	27,02	29,90	28,71	27,68	27,48	45,78	11:30	27,20	29,50	28,86	27,90	27,61	47,79
12:30	27,68	30,30	29,53	28,45	27,79	46,34	12:30	27,99	30,35	29,79	28,80	28,05	46,24
13:30	28,24	31,10	30,09	29,09	28,16	45,43	13:30	28,58	30,90	30,37	29,46	28,41	44,90
14:30	28,86	31,80	30,56	29,74	28,54	44,35	14:30	29,06	31,45	30,69	29,93	28,69	45,56
15:30	29,19	31,30	30,55	29,95	28,64	39,17	15:30	29,49	31,55	30,83	30,27	28,91	46,21
16:30	29,52	31,35	30,57	30,11	28,83	35,81	16:30	30,05	31,45	30,96	30,64	29,17	42,31
17:30	29,86	30,90	30,46	30,25	28,92	34,93	17:30	30,63	30,80	30,95	30,97	29,34	34,12
18:30	29,98	29,70	30,01	30,14	28,78	28,40	18:30	30,84	29,55	30,58	30,99	29,26	28,13
19:30	29,77	27,45	29,37	29,78	28,49	24,52	19:30	30,57	28,40	29,96	30,61	29,01	26,26
20:30	29,16	25,35	28,56	29,06	28,08	24,78	20:30	29,96	26,90	29,26	29,92	28,65	25,12
21:30	28,35	23,60	27,94	28,20	27,76	23,22	21:30	29,24	25,60	28,72	29,15	28,39	23,63
22:30	27,69	23,10	27,58	27,62	27,63	21,91	22:30	28,66	25,25	28,41	28,59	28,32	23,03
23:30	27,33	23,75	27,33	27,32	27,56	22,08	23:30	28,12	24,80	28,05	28,10	28,15	23,00

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,61	24,35	27,65	27,62	27,93	22,51
01:30	27,17	23,75	27,31	27,21	27,74	21,71
02:30	26,73	23,10	26,93	26,78	27,48	21,11
03:30	26,32	22,85	26,54	26,37	27,23	20,89
04:30	25,89	22,15	26,13	25,95	26,93	20,63
05:30	25,48	21,40	25,71	25,54	26,63	20,20
06:30	25,26	21,55	25,48	25,30	26,47	22,53
07:30	25,28	22,80	25,52	25,29	26,43	27,75
08:30	25,50	24,50	25,90	25,57	26,55	31,54
09:30	25,90	26,20	26,65	26,12	26,82	35,71
10:30	26,45	28,15	27,67	26,93	27,21	43,04
11:30	27,22	29,65	28,78	27,94	27,72	48,87
12:30	28,11	30,50	29,76	28,98	28,26	51,78
13:30	28,98	31,30	30,63	29,96	28,78	54,75
14:30	29,73	31,60	31,21	30,70	29,21	52,64
15:30	30,27	31,30	31,46	31,13	29,50	43,37
16:30	30,57	31,05	31,46	31,28	29,63	34,68
17:30	30,67	30,85	31,16	31,13	29,60	30,94
18:30	30,12	26,25	29,97	30,20	28,99	27,45
19:30	29,14	21,80	28,70	28,99	28,26	22,31
20:30	28,60	21,75	28,37	28,53	28,16	20,73
21:30	28,12	22,05	27,95	28,09	28,03	21,29
22:30	27,58	22,60	27,46	27,53	27,84	21,41
23:30	27,21	22,85	27,24	27,22	27,73	21,44

Tabela 22: Temperaturas do Protótipo Popular para Emissividade -5,6% ($^{\circ}\text{C}$).

D.15. Arquivo pop2-14.cfg - Emissividade +5,6%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,38	26,37	26,45	26,38	27,12	20,65	00:30	26,52	26,57	26,66	26,56	27,01	21,97
01:30	25,88	25,94	26,01	25,91	26,84	19,61	01:30	26,10	26,22	26,30	26,15	26,81	21,73
02:30	25,42	25,54	25,60	25,47	26,54	18,51	02:30	25,82	25,98	26,03	25,88	26,65	22,08
03:30	24,99	25,15	25,19	25,04	26,24	18,07	03:30	25,48	25,67	25,72	25,56	26,41	22,03
04:30	24,57	24,74	24,78	24,62	25,92	18,05	04:30	25,15	25,36	25,41	25,25	26,17	20,92
05:30	24,11	24,30	24,31	24,16	25,55	17,52	05:30	24,84	25,09	25,14	24,96	25,94	19,77
06:30	23,87	24,08	24,03	23,87	25,34	20,15	06:30	24,60	24,88	24,88	24,68	25,75	21,78
07:30	24,01	24,27	24,16	23,95	25,36	27,42	07:30	24,61	24,92	24,88	24,64	25,70	27,68
08:30	24,44	24,93	24,86	24,49	25,61	34,06	08:30	24,92	25,40	25,38	25,01	25,88	33,53
09:30	25,07	25,99	25,98	25,36	26,04	38,99	09:30	25,43	26,27	26,29	25,69	26,25	38,44
10:30	25,83	27,10	27,18	26,33	26,55	42,80	10:30	26,10	27,29	27,41	26,59	26,75	44,30
11:30	26,75	28,22	28,41	27,41	27,12	45,36	11:30	26,93	28,34	28,57	27,64	27,27	47,23
12:30	27,39	28,98	29,22	28,19	27,44	45,62	12:30	27,71	29,19	29,50	28,55	27,71	45,56
13:30	27,94	29,49	29,78	28,82	27,80	44,46	13:30	28,31	29,73	30,08	29,21	28,07	44,08
14:30	28,56	29,91	30,24	29,46	28,18	43,51	14:30	28,77	30,04	30,40	29,66	28,36	44,58
15:30	28,86	29,94	30,23	29,65	28,28	38,29	15:30	29,20	30,21	30,55	29,99	28,58	45,08
16:30	29,20	30,00	30,25	29,81	28,49	34,89	16:30	29,76	30,37	30,68	30,36	28,85	41,18
17:30	29,54	29,95	30,15	29,94	28,58	34,19	17:30	30,33	30,42	30,67	30,69	29,03	33,07
18:30	29,65	29,56	29,71	29,82	28,45	27,80	18:30	30,51	30,09	30,29	30,67	28,95	27,28
19:30	29,42	28,94	29,06	29,46	28,18	23,99	19:30	30,21	29,49	29,66	30,28	28,70	25,66
20:30	28,80	28,17	28,26	28,73	27,78	24,35	20:30	29,59	28,81	28,97	29,56	28,35	24,58
21:30	27,99	27,54	27,64	27,87	27,45	22,83	21:30	28,87	28,25	28,43	28,80	28,10	23,22
22:30	27,34	27,17	27,27	27,29	27,32	21,49	22:30	28,32	27,96	28,13	28,28	28,04	22,78
23:30	26,99	26,94	27,04	27,00	27,25	21,74	23:30	27,79	27,62	27,77	27,79	27,86	22,72

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,27	27,21	27,36	27,29	27,63	22,17
01:30	26,84	26,87	27,01	26,89	27,43	21,31
02:30	26,39	26,48	26,62	26,46	27,16	20,71
03:30	25,98	26,11	26,22	26,04	26,91	20,51
04:30	25,55	25,71	25,80	25,62	26,61	20,25
05:30	25,14	25,32	25,38	25,20	26,30	19,81
06:30	24,92	25,12	25,15	24,96	26,13	22,14
07:30	24,93	25,18	25,18	24,94	26,08	27,36
08:30	25,16	25,58	25,58	25,23	26,21	31,13
09:30	25,57	26,29	26,34	25,81	26,48	35,32
10:30	26,15	27,20	27,36	26,65	26,89	42,69
11:30	26,94	28,19	28,47	27,67	27,40	48,37
12:30	27,83	29,07	29,47	28,72	27,92	51,03
13:30	28,70	29,88	30,34	29,70	28,45	53,78
14:30	29,45	30,46	30,90	30,43	28,87	51,35
15:30	29,96	30,73	31,14	30,84	29,16	41,39
16:30	30,24	30,76	31,12	30,96	29,29	32,95
17:30	30,33	30,52	30,80	30,79	29,26	30,07
18:30	29,77	29,46	29,62	29,85	28,66	26,71
19:30	28,78	28,21	28,35	28,63	27,95	21,73
20:30	28,25	27,86	28,05	28,18	27,86	20,29
21:30	27,77	27,48	27,63	27,75	27,73	20,97
22:30	27,24	27,01	27,14	27,20	27,54	21,11
23:30	26,89	26,79	26,93	26,90	27,44	21,14

Tabela 23: Temperaturas do Protótipo Popular para Emissividade +5,6% (°C).

D.16. Arquivo pop2-15.cfg - Absorvidade +30%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,90	22,15	27,81	27,83	28,68	21,19	00:30	28,00	23,45	27,96	27,95	28,51	22,51
01:30	27,34	21,40	27,32	27,30	28,36	20,20	01:30	27,51	23,20	27,54	27,48	28,27	22,26
02:30	26,82	21,00	26,88	26,81	28,03	19,15	02:30	27,16	23,15	27,22	27,14	28,08	22,57
03:30	26,32	21,00	26,43	26,33	27,70	18,73	03:30	26,76	22,75	26,86	26,77	27,81	22,50
04:30	25,86	20,90	25,97	25,88	27,34	18,68	04:30	26,39	22,05	26,53	26,42	27,54	21,44
05:30	25,37	19,90	25,48	25,38	26,94	18,16	05:30	26,03	21,70	26,21	26,10	27,27	20,35
06:30	25,09	20,05	25,16	25,04	26,69	21,57	06:30	25,76	21,80	25,93	25,79	27,05	22,98
07:30	25,20	21,95	25,29	25,09	26,69	30,52	07:30	25,74	22,90	25,93	25,72	26,98	30,41
08:30	25,67	24,65	26,06	25,66	26,96	38,49	08:30	26,08	24,65	26,49	26,11	27,17	37,68
09:30	26,33	26,35	27,24	26,49	27,38	44,36	09:30	26,64	26,60	27,52	26,84	27,56	43,71
10:30	27,09	27,90	28,62	27,48	27,88	48,99	10:30	27,35	28,25	28,83	27,79	28,06	50,94
11:30	28,14	29,90	30,16	28,77	28,58	51,99	11:30	28,27	29,50	30,19	28,93	28,67	54,31
12:30	28,91	30,30	31,08	29,68	29,00	52,29	12:30	29,18	30,35	31,28	29,99	29,22	51,83
13:30	29,51	31,10	31,66	30,37	29,40	50,84	13:30	29,85	30,90	31,92	30,76	29,63	49,82
14:30	30,21	31,80	32,12	31,10	29,82	49,20	14:30	30,37	31,45	32,24	31,27	29,94	50,66
15:30	30,56	31,30	32,10	31,35	29,95	42,40	15:30	30,83	31,55	32,37	31,64	30,19	51,53
16:30	30,96	31,35	32,06	31,55	30,16	38,33	16:30	31,53	31,45	32,50	32,14	30,51	46,35
17:30	31,39	30,90	31,83	31,71	30,23	37,30	17:30	32,36	30,80	32,48	32,64	30,73	35,84
18:30	31,58	29,70	31,30	31,63	30,07	29,18	18:30	32,65	29,55	32,03	32,70	30,64	28,46
19:30	31,39	27,45	30,59	31,29	29,76	24,47	19:30	32,31	28,40	31,24	32,22	30,30	26,25
20:30	30,72	25,35	29,75	30,48	29,34	24,87	20:30	31,57	26,90	30,46	31,36	29,93	24,97
21:30	29,76	23,60	29,11	29,49	29,03	23,25	21:30	30,70	25,60	29,93	30,46	29,70	23,55
22:30	28,99	23,10	28,67	28,82	28,87	21,96	22:30	30,03	25,25	29,59	29,87	29,60	23,14
23:30	28,55	23,75	28,37	28,46	28,77	22,27	23:30	29,41	24,80	29,18	29,30	29,41	23,15

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	28,80	24,35	28,74	28,74	29,18	22,65
01:30	28,30	23,75	28,34	28,27	28,94	21,85
02:30	27,79	23,10	27,90	27,78	28,64	21,28
03:30	27,32	22,85	27,46	27,32	28,35	21,08
04:30	26,84	22,15	27,00	26,85	28,02	20,81
05:30	26,38	21,40	26,55	26,40	27,68	20,38
06:30	26,12	21,55	26,28	26,11	27,47	23,54
07:30	26,11	22,80	26,31	26,08	27,41	30,25
08:30	26,37	24,50	26,76	26,39	27,54	34,68
09:30	26,81	26,20	27,62	27,00	27,83	39,60
10:30	27,41	28,15	28,77	27,83	28,22	48,76
11:30	28,27	29,65	30,03	28,93	28,80	55,78
12:30	29,25	30,50	31,18	30,15	29,44	59,05
13:30	30,27	31,30	32,20	31,31	30,05	62,59
14:30	31,20	31,60	32,88	32,22	30,57	59,42
15:30	31,86	31,30	33,15	32,75	30,93	46,43
16:30	32,23	31,05	33,12	32,95	31,08	35,76
17:30	32,33	30,85	32,69	32,78	31,00	32,16
18:30	31,74	26,25	31,33	31,77	30,30	27,85
19:30	30,77	21,80	30,03	30,53	29,58	22,15
20:30	30,19	21,75	29,71	30,02	29,55	20,69
21:30	29,59	22,05	29,19	29,47	29,38	21,36
22:30	28,93	22,60	28,62	28,81	29,16	21,49
23:30	28,50	22,85	28,36	28,43	29,03	21,61

Tabela 24: Temperaturas do Protótipo Popular para Absorvidade +30% (°C).

D.17. Arquivo pop2-16.cfg - Start-Up 1 dia

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	22,05	22,15	22,06	22,00	21,35	18,75	00:30	23,73	23,45	23,82	23,67	23,48	20,85
01:30	21,62	21,40	21,71	21,58	21,16	17,78	01:30	23,28	23,20	23,43	23,24	23,30	20,63
02:30	21,17	21,00	21,36	21,16	21,05	16,77	02:30	22,99	23,15	23,22	22,98	23,21	21,08
03:30	20,77	21,00	21,01	20,76	20,89	16,14	03:30	22,66	22,75	22,93	22,68	23,02	21,07
04:30	20,37	20,90	20,63	20,36	20,68	16,22	04:30	22,30	22,05	22,60	22,32	22,81	19,94
05:30	19,94	19,90	20,19	19,90	20,40	15,75	05:30	21,98	21,70	22,31	22,00	22,62	18,75
06:30	19,77	20,05	19,98	19,67	20,31	18,47	06:30	21,77	21,80	22,08	21,75	22,47	20,77
07:30	20,05	21,95	20,28	19,93	20,50	25,96	07:30	21,84	22,90	22,13	21,76	22,46	26,80
08:30	20,71	24,65	21,19	20,70	20,98	32,76	08:30	22,24	24,65	22,72	22,24	22,72	32,68
09:30	21,51	26,35	22,54	21,79	21,53	37,73	09:30	22,89	26,60	23,80	23,07	23,20	37,60
10:30	22,32	27,90	23,82	22,86	22,00	41,67	10:30	23,64	28,25	25,02	24,07	23,70	43,55
11:30	23,30	29,90	25,04	23,97	22,62	44,37	11:30	24,45	29,50	26,12	25,10	24,16	46,56
12:30	23,99	30,30	25,88	24,78	23,02	44,78	12:30	25,23	30,35	27,04	26,01	24,63	45,03
13:30	24,55	31,10	26,50	25,44	23,44	43,73	13:30	25,82	30,90	27,65	26,67	25,02	43,66
14:30	25,19	31,80	27,02	26,11	23,90	42,75	14:30	26,27	31,45	27,96	27,11	25,31	44,17
15:30	25,49	31,30	27,03	26,30	24,06	37,54	15:30	26,69	31,55	28,12	27,43	25,56	44,66
16:30	25,88	31,35	27,11	26,50	24,34	34,18	16:30	27,26	31,45	28,26	27,80	25,84	40,78
17:30	26,36	30,90	27,09	26,76	24,51	33,34	17:30	27,90	30,80	28,27	28,19	26,04	32,59
18:30	26,52	29,70	26,71	26,70	24,47	27,23	18:30	28,14	29,55	27,97	28,26	25,99	26,71
19:30	26,38	27,45	26,19	26,40	24,31	23,35	19:30	27,91	28,40	27,45	27,94	25,81	25,08
20:30	25,91	25,35	25,55	25,83	24,07	23,39	20:30	27,35	26,90	26,81	27,28	25,55	24,43
21:30	25,23	23,60	24,88	25,10	23,76	21,99	21:30	26,70	25,60	26,22	26,55	25,28	22,79
22:30	24,62	23,10	24,40	24,48	23,58	20,49	22:30	26,18	25,25	25,86	26,02	25,16	21,81
23:30	24,21	23,75	24,21	24,12	23,62	20,68	23:30	25,62	24,80	25,50	25,51	25,06	21,98

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	25,07	24,35	25,05	24,97	24,89	21,34
01:30	24,59	23,75	24,67	24,52	24,70	20,43
02:30	24,11	23,10	24,25	24,04	24,46	19,82
03:30	23,67	22,85	23,85	23,60	24,23	19,61
04:30	23,20	22,15	23,40	23,13	23,93	19,38
05:30	22,75	21,40	22,96	22,68	23,63	18,98
06:30	22,52	21,55	22,73	22,42	23,47	21,32
07:30	22,60	22,80	22,82	22,47	23,46	26,61
08:30	22,91	24,50	23,30	22,87	23,62	30,45
09:30	23,39	26,20	24,24	23,55	23,96	34,65
10:30	24,09	28,15	25,38	24,50	24,43	42,03
11:30	24,93	29,65	26,38	25,56	24,90	47,80
12:30	25,75	30,50	27,36	26,56	25,38	50,63
13:30	26,60	31,30	28,26	27,52	25,91	53,49
14:30	27,35	31,60	28,80	28,25	26,34	51,22
15:30	27,84	31,30	29,07	28,64	26,63	41,84
16:30	28,14	31,05	29,06	28,78	26,76	33,25
17:30	28,29	30,85	28,78	28,68	26,74	29,64
18:30	27,77	26,25	27,71	27,83	26,17	27,11
19:30	26,90	21,80	26,44	26,68	25,47	21,42
20:30	26,43	21,75	26,01	26,20	25,38	19,06
21:30	25,86	22,05	25,65	25,73	25,29	20,51
22:30	25,26	22,60	25,14	25,12	25,11	20,40
23:30	24,89	22,85	24,81	24,77	25,02	20,38

Tabela 25: Temperaturas do Protótipo Popular para Start-Up 1 dia (°C).

D.18. Arquivo pop2-17.cfg - Start-Up 5 dias

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	24,68	22,15	24,67	24,57	25,12	20,08	00:30	25,09	23,45	25,15	25,03	25,28	21,48
01:30	24,14	21,40	24,22	24,05	24,83	19,04	01:30	24,62	23,20	24,76	24,58	25,06	21,25
02:30	23,63	21,00	23,78	23,57	24,53	17,98	02:30	24,31	23,15	24,51	24,30	24,92	21,62
03:30	23,17	21,00	23,36	23,11	24,23	17,45	03:30	23,96	22,75	24,19	23,96	24,69	21,59
04:30	22,71	20,90	22,92	22,65	23,91	17,45	04:30	23,58	22,05	23,84	23,60	24,44	20,49
05:30	22,21	19,90	22,41	22,14	23,53	16,93	05:30	23,25	21,70	23,54	23,27	24,21	19,33
06:30	21,97	20,05	22,13	21,85	23,32	19,58	06:30	23,03	21,80	23,28	23,00	24,02	21,32
07:30	22,17	21,95	22,32	22,00	23,37	26,96	07:30	23,07	22,90	23,30	22,99	23,99	27,29
08:30	22,71	24,65	23,10	22,65	23,67	33,60	08:30	23,43	24,65	23,86	23,44	24,20	33,16
09:30	23,42	26,35	24,41	23,67	24,13	38,52	09:30	24,02	26,60	24,95	24,23	24,62	38,09
10:30	24,24	27,90	25,72	24,73	24,66	42,43	10:30	24,77	28,25	26,19	25,21	25,13	44,01
11:30	25,24	29,90	26,90	25,85	25,25	45,07	11:30	25,63	29,50	27,26	26,28	25,64	46,99
12:30	25,88	30,30	27,69	26,63	25,57	45,48	12:30	26,39	30,35	28,17	27,18	26,09	45,43
13:30	26,40	31,10	28,27	27,23	25,93	44,41	13:30	26,97	30,90	28,78	27,82	26,45	44,05
14:30	27,01	31,80	28,74	27,87	26,32	43,41	14:30	27,43	31,45	29,08	28,26	26,73	44,58
15:30	27,30	31,30	28,73	28,05	26,42	38,17	15:30	27,82	31,55	29,23	28,59	26,96	45,09
16:30	27,64	31,35	28,77	28,22	26,63	34,81	16:30	28,38	31,45	29,36	28,96	27,23	41,20
17:30	28,04	30,90	28,69	28,40	26,74	33,98	17:30	29,03	30,80	29,36	29,32	27,41	33,03
18:30	28,19	29,70	28,26	28,31	26,62	27,71	18:30	29,24	29,55	29,02	29,36	27,35	27,14
19:30	27,99	27,45	27,68	27,97	26,38	23,82	19:30	28,97	28,40	28,47	29,00	27,13	25,45
20:30	27,41	25,35	26,92	27,32	26,01	23,95	20:30	28,38	26,90	27,78	28,33	26,82	24,51
21:30	26,65	23,60	26,22	26,49	25,66	22,47	21:30	27,71	25,60	27,19	27,57	26,54	22,93
22:30	25,99	23,10	25,79	25,83	25,51	21,07	22:30	27,16	25,25	26,87	27,03	26,45	22,25
23:30	25,57	23,75	25,56	25,49	25,49	21,29	23:30	26,59	24,80	26,50	26,52	26,33	22,35

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,05	24,35	26,04	25,99	26,13	21,76
01:30	25,58	23,75	25,66	25,53	25,92	20,88
02:30	25,09	23,10	25,24	25,06	25,66	20,26
03:30	24,64	22,85	24,83	24,61	25,41	20,06
04:30	24,17	22,15	24,38	24,14	25,10	19,82
05:30	23,71	21,40	23,92	23,67	24,78	19,40
06:30	23,47	21,55	23,69	23,41	24,61	21,73
07:30	23,53	22,80	23,75	23,44	24,58	27,00
08:30	23,83	24,50	24,21	23,81	24,73	30,82
09:30	24,30	26,20	25,08	24,47	25,04	35,00
10:30	24,97	28,15	26,22	25,41	25,52	42,37
11:30	25,82	29,65	27,31	26,51	26,03	48,14
12:30	26,66	30,50	28,28	27,50	26,48	50,95
13:30	27,51	31,30	29,16	28,45	27,01	53,81
14:30	28,26	31,60	29,72	29,19	27,44	51,54
15:30	28,74	31,30	29,98	29,59	27,72	41,86
16:30	29,04	31,05	29,97	29,73	27,85	33,29
17:30	29,19	30,85	29,67	29,60	27,82	30,01
18:30	28,66	26,25	28,56	28,72	27,26	26,78
19:30	27,73	21,80	27,27	27,53	26,54	21,68
20:30	27,23	21,75	26,85	27,04	26,42	19,96
21:30	26,69	22,05	26,45	26,58	26,31	20,68
22:30	26,12	22,60	25,95	26,00	26,14	20,77
23:30	25,74	22,85	25,68	25,65	26,04	20,75

Tabela 26: Temperaturas do Protótipo Popular para Start-Up 5 dias (°C).

D.19. Arquivo pop2-18.cfg - Start-Up 15 dias

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	25,97	22,15	26,01	25,92	26,64	20,58	00:30	26,19	23,45	26,30	26,18	26,61	21,95
01:30	25,47	21,40	25,58	25,44	26,35	19,60	01:30	25,74	23,20	25,93	25,77	26,40	21,71
02:30	25,00	21,00	25,18	25,01	26,06	18,52	02:30	25,47	23,15	25,68	25,50	26,24	22,04
03:30	24,57	21,00	24,77	24,58	25,76	18,06	03:30	25,13	22,75	25,37	25,18	26,00	22,00
04:30	24,15	20,90	24,36	24,17	25,44	18,03	04:30	24,79	22,05	25,06	24,86	25,76	20,92
05:30	23,70	19,90	23,90	23,71	25,07	17,51	05:30	24,48	21,70	24,78	24,57	25,53	19,79
06:30	23,47	20,05	23,62	23,42	24,87	20,13	06:30	24,26	21,80	24,53	24,30	25,35	21,78
07:30	23,61	21,95	23,77	23,52	24,89	27,38	07:30	24,27	22,90	24,54	24,27	25,31	27,68
08:30	24,05	24,65	24,46	24,06	25,16	34,04	08:30	24,58	24,65	25,04	24,64	25,49	33,55
09:30	24,65	26,35	25,59	24,92	25,56	38,98	09:30	25,09	26,60	25,96	25,32	25,86	38,51
10:30	25,39	27,90	26,85	25,90	26,12	42,84	10:30	25,77	28,25	27,14	26,24	26,39	44,40
11:30	26,41	29,90	28,12	27,07	26,76	45,47	11:30	26,65	29,50	28,33	27,35	26,94	47,37
12:30	27,10	30,30	28,91	27,88	27,04	45,87	12:30	27,46	30,35	29,24	28,27	27,37	45,77
13:30	27,61	31,10	29,47	28,47	27,40	44,81	13:30	28,03	30,90	29,82	28,91	27,73	44,40
14:30	28,22	31,80	29,94	29,11	27,79	43,80	14:30	28,49	31,45	30,14	29,36	28,01	44,96
15:30	28,53	31,30	29,93	29,31	27,88	38,59	15:30	28,92	31,55	30,28	29,70	28,24	45,47
16:30	28,87	31,35	29,96	29,47	28,08	35,21	16:30	29,48	31,45	30,41	30,07	28,51	41,59
17:30	29,23	30,90	29,86	29,62	28,18	34,40	17:30	30,07	30,80	30,41	30,41	28,68	33,43
18:30	29,35	29,70	29,42	29,51	28,05	28,01	18:30	30,27	29,55	30,04	30,41	28,61	27,54
19:30	29,13	27,45	28,80	29,16	27,79	24,15	19:30	29,99	28,40	29,44	30,04	28,37	25,81
20:30	28,54	25,35	28,01	28,45	27,38	24,39	20:30	29,39	26,90	28,75	29,35	28,03	24,70
21:30	27,73	23,60	27,33	27,60	27,03	22,87	21:30	28,68	25,60	28,18	28,58	27,77	23,27
22:30	27,06	23,10	26,91	26,97	26,91	21,53	22:30	28,11	25,25	27,87	28,04	27,69	22,75
23:30	26,68	23,75	26,68	26,63	26,85	21,74	23:30	27,58	24,80	27,49	27,54	27,53	22,71

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,03	24,35	27,05	27,01	27,31	22,18
01:30	26,56	23,75	26,70	26,57	27,10	21,33
02:30	26,11	23,10	26,31	26,14	26,83	20,72
03:30	25,69	22,85	25,92	25,72	26,57	20,51
04:30	25,26	22,15	25,50	25,29	26,27	20,26
05:30	24,84	21,40	25,08	24,87	25,96	19,83
06:30	24,63	21,55	24,85	24,63	25,79	22,16
07:30	24,65	22,80	24,89	24,63	25,75	27,38
08:30	24,88	24,50	25,29	24,92	25,88	31,19
09:30	25,29	26,20	26,06	25,50	26,16	35,37
10:30	25,88	28,15	27,11	26,35	26,58	42,72
11:30	26,71	29,65	28,24	27,42	27,11	48,49
12:30	27,63	30,50	29,25	28,49	27,64	51,28
13:30	28,47	31,30	30,12	29,44	28,16	54,14
14:30	29,21	31,60	30,69	30,17	28,59	51,86
15:30	29,73	31,30	30,93	30,60	28,88	42,07
16:30	30,02	31,05	30,92	30,73	29,01	33,51
17:30	30,13	30,85	30,62	30,58	28,98	30,37
18:30	29,58	26,25	29,46	29,66	28,39	26,95
19:30	28,62	21,80	28,15	28,46	27,66	21,90
20:30	28,09	21,75	27,77	27,97	27,55	20,35
21:30	27,58	22,05	27,38	27,49	27,44	21,00
22:30	27,02	22,60	26,89	26,93	27,24	21,11
23:30	26,65	22,85	26,66	26,62	27,13	21,13

Tabela 27: Temperaturas do Protótipo Popular para Start-Up 15 dias (°C).

D.20. Arquivo pop2-19.cfg - Start-Up 40 dias

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	26,61	22,15	26,67	26,61	27,35	20,84	00:30	26,76	23,45	26,87	26,79	27,24	22,15
01:30	26,12	21,40	26,23	26,14	27,07	19,86	01:30	26,33	23,20	26,51	26,38	27,04	21,91
02:30	25,66	21,00	25,84	25,71	26,78	18,79	02:30	26,05	23,15	26,24	26,11	26,88	22,24
03:30	25,23	21,00	25,43	25,29	26,48	18,34	03:30	25,71	22,75	25,93	25,79	26,65	22,18
04:30	24,81	20,90	25,02	24,88	26,17	18,31	04:30	25,38	22,05	25,63	25,48	26,41	21,12
05:30	24,36	19,90	24,56	24,42	25,80	17,78	05:30	25,07	21,70	25,35	25,19	26,18	20,00
06:30	24,13	20,05	24,27	24,13	25,59	20,38	06:30	24,84	21,80	25,10	24,92	25,99	21,99
07:30	24,26	21,95	24,41	24,20	25,62	27,59	07:30	24,84	22,90	25,10	24,87	25,94	27,84
08:30	24,69	24,65	25,09	24,73	25,87	34,23	08:30	25,15	24,65	25,59	25,23	26,12	33,72
09:30	25,33	26,35	26,20	25,59	26,30	39,17	09:30	25,65	26,60	26,48	25,89	26,48	38,70
10:30	26,07	27,90	27,39	26,55	26,82	42,97	10:30	26,30	28,25	27,60	26,79	26,98	44,57
11:30	26,95	29,90	28,61	27,61	27,38	45,59	11:30	27,11	29,50	28,76	27,83	27,51	47,54
12:30	27,59	30,30	29,43	28,38	27,68	46,00	12:30	27,90	30,35	29,69	28,72	27,94	45,92
13:30	28,15	31,10	29,99	29,02	28,05	44,96	13:30	28,49	30,90	30,27	29,38	28,30	44,52
14:30	28,77	31,80	30,45	29,66	28,43	43,95	14:30	28,96	31,45	30,59	29,85	28,59	45,10
15:30	29,08	31,30	30,44	29,86	28,53	38,74	15:30	29,40	31,55	30,74	30,18	28,81	45,65
16:30	29,42	31,35	30,46	30,02	28,73	35,36	16:30	29,95	31,45	30,87	30,56	29,07	41,75
17:30	29,76	30,90	30,36	30,15	28,82	34,57	17:30	30,53	30,80	30,86	30,88	29,25	33,60
18:30	29,87	29,70	29,91	30,04	28,69	28,11	18:30	30,73	29,55	30,48	30,88	29,17	27,71
19:30	29,65	27,45	29,26	29,67	28,40	24,27	19:30	30,44	28,40	29,85	30,49	28,91	25,96
20:30	29,03	25,35	28,47	28,95	27,99	24,57	20:30	29,82	26,90	29,16	29,79	28,55	24,84
21:30	28,22	23,60	27,85	28,09	27,68	23,04	21:30	29,10	25,60	28,63	29,02	28,30	23,41
22:30	27,58	23,10	27,49	27,51	27,54	21,72	22:30	28,54	25,25	28,33	28,48	28,24	22,91
23:30	27,22	23,75	27,25	27,22	27,47	21,93	23:30	28,01	24,80	27,97	28,00	28,07	22,86

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	Ático
00:30	27,48	24,35	27,57	27,51	27,84	22,34
01:30	27,06	23,75	27,23	27,10	27,65	21,52
02:30	26,62	23,10	26,84	26,67	27,38	20,92
03:30	26,20	22,85	26,44	26,26	27,13	20,71
04:30	25,78	22,15	26,02	25,84	26,83	20,45
05:30	25,37	21,40	25,61	25,43	26,53	20,02
06:30	25,15	21,55	25,37	25,18	26,36	22,35
07:30	25,16	22,80	25,41	25,17	26,32	27,56
08:30	25,38	24,50	25,80	25,45	26,44	31,35
09:30	25,78	26,20	26,54	26,02	26,71	35,53
10:30	26,34	28,15	27,56	26,84	27,11	42,88
11:30	27,12	29,65	28,66	27,85	27,62	48,65
12:30	28,02	30,50	29,65	28,89	28,15	51,43
13:30	28,89	31,30	30,53	29,87	28,67	54,28
14:30	29,63	31,60	31,10	30,61	29,10	52,01
15:30	30,16	31,30	31,34	31,03	29,38	42,20
16:30	30,45	31,05	31,33	31,16	29,52	33,65
17:30	30,54	30,85	31,02	31,01	29,48	30,52
18:30	29,98	26,25	29,83	30,06	28,88	27,04
19:30	29,00	21,80	28,57	28,85	28,16	22,01
20:30	28,47	21,75	28,26	28,40	28,07	20,52
21:30	27,99	22,05	27,84	27,97	27,94	21,14
22:30	27,45	22,60	27,35	27,41	27,75	21,27
23:30	27,10	22,85	27,13	27,11	27,64	21,31

Tabela 28: Temperaturas do Protótipo Popular para Start-Up 40 dias (°C).

D.21. Arquivo pop1.cfg - Caso Base sem Ático

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho	16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho
00:30	26.17	25.85	25.96	25.92	26.12	00:30	26.32	26.11	26.23	26.13	26.10
01:30	25.83	25.56	25.65	25.58	25.96	01:30	26.03	25.86	25.96	25.84	25.99
02:30	25.53	25.29	25.39	25.29	25.81	02:30	25.79	25.65	25.73	25.61	25.89
03:30	25.29	25.04	25.12	25.03	25.67	03:30	25.54	25.41	25.48	25.36	25.75
04:30	25.03	24.77	24.85	24.76	25.50	04:30	25.30	25.17	25.25	25.11	25.59
05:30	24.70	24.45	24.50	24.42	25.26	05:30	25.06	24.95	25.04	24.87	25.45
06:30	24.56	24.33	24.30	24.21	25.16	06:30	24.94	24.86	24.89	24.71	25.38
07:30	24.66	24.51	24.44	24.28	25.20	07:30	25.00	24.95	24.96	24.73	25.39
08:30	24.80	24.94	24.93	24.55	25.31	08:30	25.08	25.26	25.28	24.89	25.45
09:30	24.97	25.53	25.58	24.90	25.45	09:30	25.22	25.82	25.90	25.21	25.61
10:30	25.28	26.29	26.43	25.44	25.65	10:30	25.51	26.55	26.75	25.75	25.84
11:30	25.77	27.11	27.37	26.18	25.99	11:30	25.92	27.21	27.52	26.39	26.10
12:30	26.08	27.47	27.78	26.57	26.13	12:30	26.33	27.65	28.04	26.89	26.31
13:30	26.42	27.78	28.13	26.92	26.33	13:30	26.65	27.93	28.35	27.21	26.47
14:30	26.83	28.00	28.38	27.36	26.54	14:30	26.96	28.12	28.51	27.50	26.65
15:30	27.07	27.95	28.25	27.37	26.54	15:30	27.39	28.23	28.59	27.75	26.79
16:30	27.57	28.07	28.34	27.63	26.71	16:30	28.03	28.31	28.62	28.08	26.92
17:30	28.13	28.10	28.32	28.02	26.83	17:30	28.68	28.29	28.54	28.45	26.97
18:30	28.45	27.90	28.07	28.12	26.76	18:30	29.05	28.12	28.36	28.64	26.95
19:30	28.45	27.55	27.70	28.01	26.61	19:30	29.06	27.91	28.13	28.61	26.93
20:30	28.11	27.16	27.27	27.64	26.46	20:30	28.74	27.60	27.80	28.32	26.85
21:30	27.61	26.77	26.88	27.14	26.28	21:30	28.26	27.28	27.44	27.86	26.73
22:30	27.08	26.51	26.62	26.72	26.22	22:30	27.78	27.04	27.20	27.43	26.67
23:30	26.68	26.38	26.49	26.46	26.24	23:30	27.30	26.77	26.95	27.03	26.59

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho
00:30	26.86	26.52	26.69	26.68	26.48
01:30	26.53	26.28	26.45	26.37	26.36
02:30	26.23	26.00	26.17	26.06	26.22
03:30	25.97	25.77	25.92	25.80	26.10
04:30	25.70	25.48	25.61	25.50	25.93
05:30	25.42	25.20	25.31	25.20	25.75
06:30	25.27	25.09	25.16	25.02	25.67
07:30	25.29	25.15	25.20	25.00	25.67
08:30	25.30	25.38	25.43	25.08	25.68
09:30	25.41	25.83	25.94	25.36	25.80
10:30	25.68	26.48	26.72	25.90	26.02
11:30	26.08	27.10	27.48	26.57	26.28
12:30	26.56	27.58	28.07	27.19	26.53
13:30	27.01	27.98	28.51	27.65	26.74
14:30	27.34	28.20	28.69	27.94	26.90
15:30	27.70	28.29	28.73	28.08	26.98
16:30	28.20	28.32	28.72	28.27	27.05
17:30	28.62	28.38	28.69	28.50	27.18
18:30	28.53	27.82	28.04	28.14	26.86
19:30	28.11	27.11	27.32	27.56	26.46
20:30	27.81	26.94	27.14	27.33	26.49
21:30	27.39	26.67	26.83	26.97	26.44
22:30	26.95	26.44	26.59	26.66	26.40
23:30	26.59	26.22	26.38	26.39	26.32

Tabela 29: Temperaturas do Protótipo Popular sem Ático ($^{\circ}\text{C}$).

D.22. Arquivo pop1-1.cfg - Prot. Popular s/ Ático com Teto -10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho
00:30	26.17	25.84	25.95	25.91	26.13
01:30	25.82	25.55	25.64	25.56	25.97
02:30	25.52	25.27	25.37	25.26	25.82
03:30	25.27	25.02	25.10	24.99	25.67
04:30	25.01	24.75	24.82	24.73	25.49
05:30	24.68	24.41	24.47	24.38	25.25
06:30	24.54	24.30	24.26	24.17	25.14
07:30	24.64	24.48	24.40	24.24	25.19
08:30	24.77	24.90	24.89	24.51	25.29
09:30	24.94	25.51	25.55	24.87	25.43
10:30	25.26	26.27	26.41	25.41	25.64
11:30	25.76	27.10	27.37	26.17	25.98
12:30	26.08	27.48	27.79	26.57	26.12
13:30	26.42	27.80	28.15	26.94	26.33
14:30	26.84	28.03	28.41	27.38	26.55
15:30	27.09	27.98	28.28	27.41	26.55
16:30	27.59	28.11	28.38	27.68	26.73
17:30	28.16	28.14	28.36	28.07	26.84
18:30	28.48	27.95	28.12	28.17	26.78
19:30	28.48	27.58	27.74	28.06	26.64
20:30	28.15	27.20	27.31	27.68	26.49
21:30	27.64	26.82	26.92	27.19	26.31
22:30	27.11	26.54	26.65	26.75	26.24
23:30	26.70	26.40	26.51	26.47	26.26

16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho
00:30	26.32	26.11	26.24	26.14	26.11
01:30	26.03	25.86	25.97	25.84	26.00
02:30	25.79	25.64	25.72	25.60	25.90
03:30	25.54	25.39	25.47	25.35	25.76
04:30	25.29	25.15	25.24	25.09	25.60
05:30	25.05	24.93	25.02	24.85	25.45
06:30	24.93	24.84	24.87	24.69	25.38
07:30	24.99	24.94	24.94	24.71	25.39
08:30	25.06	25.25	25.27	24.88	25.45
09:30	25.21	25.80	25.88	25.18	25.60
10:30	25.50	26.54	26.74	25.73	25.83
11:30	25.92	27.21	27.53	26.39	26.10
12:30	26.34	27.67	28.05	26.90	26.32
13:30	26.67	27.96	28.37	27.23	26.48
14:30	26.98	28.16	28.55	27.54	26.67
15:30	27.42	28.27	28.63	27.79	26.81
16:30	28.07	28.36	28.67	28.13	26.94
17:30	28.72	28.34	28.59	28.50	27.01
18:30	29.09	28.17	28.41	28.70	26.99
19:30	29.10	27.96	28.18	28.67	26.97
20:30	28.78	27.66	27.85	28.36	26.89
21:30	28.30	27.32	27.49	27.90	26.76
22:30	27.82	27.07	27.24	27.46	26.70
23:30	27.32	26.79	26.97	27.06	26.61

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho
00:30	26.88	26.53	26.71	26.70	26.50
01:30	26.54	26.28	26.46	26.37	26.38
02:30	26.24	26.00	26.17	26.06	26.23
03:30	25.97	25.76	25.91	25.78	26.11
04:30	25.69	25.47	25.60	25.48	25.94
05:30	25.41	25.18	25.29	25.17	25.75
06:30	25.27	25.06	25.13	24.99	25.67
07:30	25.28	25.14	25.18	24.98	25.66
08:30	25.29	25.36	25.41	25.06	25.68
09:30	25.39	25.81	25.92	25.33	25.79
10:30	25.67	26.47	26.71	25.88	26.01
11:30	26.08	27.10	27.48	26.56	26.28
12:30	26.56	27.59	28.08	27.19	26.54
13:30	27.02	28.00	28.53	27.67	26.75
14:30	27.36	28.24	28.73	27.97	26.92
15:30	27.74	28.33	28.77	28.12	27.00
16:30	28.23	28.37	28.77	28.32	27.08
17:30	28.66	28.42	28.74	28.56	27.22
18:30	28.56	27.86	28.08	28.19	26.91
19:30	28.15	27.16	27.37	27.61	26.51
20:30	27.85	26.98	27.18	27.37	26.51
21:30	27.41	26.69	26.85	27.00	26.46
22:30	26.97	26.45	26.60	26.67	26.42
23:30	26.59	26.22	26.38	26.39	26.34

Tabela 30: Temperaturas do Protótipo Popular sem Ático para Teto -10% (°C).

D.23. Arquivo pop1-2.cfg - Prot. Popular s/ Ático com Teto +10%

15/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho
00:30	26.17	25.86	25.96	25.92	26.11
01:30	25.84	25.57	25.67	25.59	25.96
02:30	25.54	25.31	25.41	25.31	25.81
03:30	25.30	25.07	25.15	25.06	25.66
04:30	25.05	24.80	24.88	24.80	25.50
05:30	24.72	24.48	24.54	24.46	25.27
06:30	24.59	24.37	24.34	24.26	25.17
07:30	24.69	24.53	24.47	24.31	25.22
08:30	24.83	24.96	24.95	24.58	25.33
09:30	24.99	25.56	25.60	24.94	25.47
10:30	25.30	26.31	26.45	25.46	25.67
11:30	25.79	27.12	27.39	26.20	26.00
12:30	26.09	27.47	27.78	26.58	26.14
13:30	26.42	27.77	28.13	26.92	26.33
14:30	26.82	27.98	28.36	27.34	26.54
15:30	27.06	27.92	28.22	27.34	26.53
16:30	27.55	28.04	28.31	27.60	26.70
17:30	28.10	28.07	28.28	27.99	26.81
18:30	28.42	27.87	28.04	28.09	26.74
19:30	28.42	27.51	27.67	27.97	26.58
20:30	28.09	27.12	27.23	27.61	26.42
21:30	27.59	26.73	26.84	27.11	26.26
22:30	27.06	26.48	26.59	26.68	26.20
23:30	26.66	26.36	26.47	26.43	26.23

16/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho
00:30	26.31	26.10	26.22	26.13	26.09
01:30	26.03	25.86	25.96	25.84	25.98
02:30	25.79	25.65	25.73	25.62	25.88
03:30	25.55	25.41	25.49	25.37	25.74
04:30	25.31	25.18	25.26	25.13	25.59
05:30	25.07	24.97	25.06	24.90	25.45
06:30	24.96	24.88	24.91	24.74	25.38
07:30	25.00	24.97	24.98	24.75	25.40
08:30	25.09	25.28	25.30	24.92	25.46
09:30	25.24	25.83	25.91	25.23	25.61
10:30	25.52	26.57	26.75	25.76	25.84
11:30	25.93	27.22	27.52	26.40	26.10
12:30	26.33	27.64	28.03	26.88	26.31
13:30	26.64	27.91	28.33	27.19	26.46
14:30	26.94	28.10	28.49	27.48	26.64
15:30	27.36	28.20	28.55	27.72	26.77
16:30	28.01	28.27	28.58	28.04	26.90
17:30	28.64	28.24	28.50	28.40	26.95
18:30	29.01	28.08	28.32	28.59	26.92
19:30	29.02	27.86	28.08	28.56	26.89
20:30	28.70	27.55	27.75	28.27	26.81
21:30	28.23	27.23	27.39	27.81	26.70
22:30	27.75	27.01	27.17	27.39	26.64
23:30	27.27	26.74	26.92	27.00	26.56

17/2	Coz.	Dorm.1	Dorm.2	Sala	Banho
00:30	26.84	26.50	26.67	26.66	26.46
01:30	26.52	26.27	26.44	26.36	26.34
02:30	26.23	26.00	26.17	26.06	26.20
03:30	25.97	25.77	25.92	25.80	26.09
04:30	25.71	25.50	25.62	25.52	25.92
05:30	25.43	25.22	25.33	25.22	25.74
06:30	25.29	25.11	25.18	25.05	25.67
07:30	25.29	25.17	25.22	25.03	25.67
08:30	25.31	25.40	25.45	25.11	25.69
09:30	25.42	25.85	25.96	25.38	25.81
10:30	25.70	26.49	26.73	25.92	26.02
11:30	26.10	27.11	27.48	26.58	26.28
12:30	26.56	27.58	28.07	27.19	26.53
13:30	27.00	27.97	28.49	27.63	26.73
14:30	27.32	28.18	28.66	27.91	26.89
15:30	27.68	28.25	28.69	28.04	26.96
16:30	28.17	28.28	28.68	28.22	27.03
17:30	28.58	28.34	28.65	28.46	27.15
18:30	28.49	27.78	28.00	28.09	26.81
19:30	28.08	27.07	27.28	27.51	26.41
20:30	27.78	26.90	27.10	27.28	26.47
21:30	27.36	26.64	26.81	26.94	26.42
22:30	26.94	26.43	26.58	26.65	26.38
23:30	26.58	26.21	26.37	26.38	26.31

Tabela 31: Temperaturas do Protótipo Popular sem Ático para Teto +10% (°C).

D.24. Arquivo res.cfg - Protótipo Residencial

15/2	Coz.	Dorm.1	Banho	Sala
00:30	24,65	22,23	23,12	23,63
01:30	24,19	21,90	22,93	22,50
02:30	23,89	21,65	22,77	21,51
03:30	23,65	21,44	22,65	20,64
04:30	23,40	21,22	22,50	19,87
05:30	22,99	20,87	22,23	19,18
06:30	22,99	20,91	22,27	18,62
07:30	23,55	21,25	22,47	18,44
08:30	24,14	21,46	22,53	18,99
09:30	24,83	21,86	22,71	20,39
10:30	25,52	22,30	22,87	22,50
11:30	26,29	22,82	23,11	25,08
12:30	26,62	23,10	23,15	27,61
13:30	27,72	23,46	23,31	29,75
14:30	28,76	23,92	23,55	31,47
15:30	28,47	23,81	23,43	32,55
16:30	29,56	24,03	23,69	32,92
17:30	29,87	24,28	23,90	32,61
18:30	28,22	23,96	23,75	31,80
19:30	26,87	23,51	23,55	30,51
20:30	26,04	23,13	23,37	28,88
21:30	25,44	22,79	23,24	27,09
22:30	25,08	22,55	23,16	25,31
23:30	25,10	22,50	23,22	23,78

16/2	Coz.	Dorm.1	Banho	Sala
00:30	24,86	22,27	23,11	22,49
01:30	24,51	21,98	22,97	21,42
02:30	24,30	21,79	22,88	20,49
03:30	24,00	21,51	22,70	19,61
04:30	23,61	21,18	22,48	18,83
05:30	23,28	20,90	22,27	18,19
06:30	23,23	20,86	22,26	17,77
07:30	23,55	20,98	22,35	17,74
08:30	23,90	21,04	22,34	18,36
09:30	24,42	21,35	22,45	19,74
10:30	25,29	21,90	22,70	21,83
11:30	26,02	22,35	22,88	24,58
12:30	26,66	22,74	23,01	27,38
13:30	27,47	23,10	23,14	29,58
14:30	28,47	23,44	23,28	31,26
15:30	29,57	23,68	23,43	32,60
16:30	30,05	23,81	23,58	33,73
17:30	29,24	23,84	23,65	34,31
18:30	27,90	23,69	23,61	33,91
19:30	27,13	23,56	23,60	32,54
20:30	26,77	23,36	23,53	30,69
21:30	26,31	23,08	23,42	28,84
22:30	26,01	22,94	23,42	27,16
23:30	25,76	22,79	23,37	25,70

17/2	Coz.	Dorm.1	Banho	Sala
00:30	25,39	22,55	23,27	24,44
01:30	25,04	22,31	23,16	23,34
02:30	24,67	22,03	23,00	22,41
03:30	24,38	21,83	22,88	21,63
04:30	24,04	21,57	22,70	20,92
05:30	23,64	21,26	22,48	20,24
06:30	23,67	21,28	22,51	19,65
07:30	24,01	21,46	22,61	19,38
08:30	24,24	21,54	22,58	19,71
09:30	24,85	21,91	22,75	20,66
10:30	25,86	22,48	23,05	22,21
11:30	26,59	22,86	23,22	24,56
12:30	27,40	23,23	23,39	27,49
13:30	28,53	23,64	23,57	30,39
14:30	29,12	23,85	23,63	33,02
15:30	28,90	23,90	23,64	35,06
16:30	28,75	23,97	23,77	36,08
17:30	29,50	24,33	24,08	35,98
18:30	28,63	23,90	23,80	34,74
19:30	25,82	22,88	23,22	32,79
20:30	25,01	22,78	23,30	30,74
21:30	25,33	22,85	23,37	28,64
22:30	25,20	22,71	23,37	26,68
23:30	25,14	22,62	23,39	25,04

Tabela 32: Temperaturas do Protótipo Residencial (°C).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASEM, E. *Current Building Systems Modelling Potential of ESP-r*. Glasgow, University of Strathclyde, 1995.
- AKUTSU, M. *Aplicação do Método dos Fatores de Resposta Térmica para a Determinação da Resposta Térmica de Edificações*. São Paulo, 1983. n.p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- AKUTSU, M.; SATO, N.; PEDROSO, N. *Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais e Escolares - Manual de Procedimentos para Avaliação*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1993.
- AKUTSU, M.; VITTORINO, F. *Estudo Comparativo dos Programas NBLSD e DOE-2*. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1996.
- ASHRAE. *Handbook of Fundamentals*. Atlanta, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, 1993.
- CARNAHAN, B.; LUTHER, H.; WILKES, J. *Applied Numerical Methods*. New York, John Wiley & Sons, 1969.
- CARRIER. *System Basic Design Course. Module I. Book 1*. Syracuse, Carrier, 1996.
- CLARKE, J. *Energy Simulation in Building Design*. Bristol, Adam Hilger, 1985.
- ENERGY RESEARCH UNIT. *ESP-r - A Program for Building Energy Simulation. Version 8 Series. ESRU Manual U93/1*. 162p. Glasgow, University of Strathclyde, 1993. /Xerocopiado/
- HAND, J.; HENSEN, J. *Recent Experiences and Developments in the Training of Simulationists*. In: BUILDING SIMULATION '95. *Proceedings*. Madison, s.ed., 1995. p.346-353.
- HENSEN, J. *On the Thermal Interaction of Building Structure and Heating and Ventilating System*. Eindhoven, 1991. n.p. Tese (Doutorado) - Technische Universiteit Eindhoven.
- HENSEN, J. *Application of Modelling and Simulation to HVAC Systems*. Glasgow, University of Strathclyde, 1995.
- HENSEN, J. *On System Simulation for Building Performance Evaluation*. In: BUILDING SIMULATION '95. *Proceedings*. Madison, s.ed., 1995. p.259-267.
- HOLMAN, J. *Heat Transfer*. 6.ed. New York, McGraw Hill, 1986.
- INCROPERA, F.; DE WITT, D. *Fundamentos de Transferência de Calor e Massa*. São Paulo, LTC, 1992.
- MCQUINSTON, F.; PARKER, J. *Heating, Ventilating and Air Conditioning - Analysis and Design*. New York, John Wiley & Sons, 1994.
- NEGRÃO, C. *Conflation of Computational Fluid Dynamics and Building Thermal Simulation*. Glasgow, 1995. n.p. Tese (Doutorado) - University of Strathclyde.

- NEGRÃO, C. ***Simulação Térmica de Edificações e Equipamentos de Climatização: O Potencial de Modelação do Programa ESP-r***. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.
- VAN WYLEN, G.; SONNTAG, R. BORGNAKKE, C. ***Fundamentos da Termodinâmica Clássica***. Trad. de Euryale Zerbini e Ricardo Simões. 4.ed. São Paulo, Edgar Blücher, 1995.
- VITORIANO, E. ***Verificação do Programa BLAST a condições Brasileiras***. São Paulo, 1995. 86 p. Trabalho de Formatura - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- VITTORINO, F. ***Estudo Teórico-Experimental de Método de Cálculo para a Determinação de Cargas Térmicas, da Temperatura e da Umidade do Ar de Ambientes Condicionados***. São Paulo, 1994. 184 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

UTILIZAÇÃO DE *SCRIPTS* PARA ENTRADA DE DADOS NO ESP-R

Uma dificuldade encontrada no decorrer dos experimentos foi a manipulação dos dados de entrada de forma a efetuar estudos de sensibilidade. Estes estudos envolveram uma modificação sistemática de diversos fatores, como densidade dos materiais de construção, emissividades, absorvâncias, etc.

O modo gráfico do ESP-r, aliado à sua implementação em *workstations* em Unix, torna difícil - se não improvável - esta modificação contínua dos dados de entrada. A nosso favor, temos a estrutura do programa, que apresenta-se bastante modularizado. Para simulações de resposta térmica, necessitamos de somente três tipos de arquivo, identificados por sua extensão, tal qual como é feito em sistemas MS-DOS. Estes são:

- xxxxxxxx.geo - Arquivo de Detalhes de Geometria
- xxxxxxxx.con - Arquivo de Materiais de Construção
- xxxxxxxx.opr - Arquivo de *Schedules* de Operações

Estes arquivos são originalmente gerados pelo módulo *Project Manager*, mas podem ser obtidos em qualquer editor que opere com o padrão ASCII, co-mo editores do sistema DOS. Eles possuem, porém, uma diagramação especial, já que sua utilidade está em principalmente checar os dados de entrada antes da simulação.

Durante este trabalho, foram efetuadas diversas cópias destes arquivos, e os fatores de interesse foram diretamente modificados via editor de texto. Este processo, embora simples em princípio, envolvia um trabalho repetitivo e inerentemente envolto em erros, alguns de difícil detecção. Os valores a serem modificados geralmente estão colocados em locais inconvenientes nos arquivos, na maior parte das vezes cercado de outros valores numéricos.

O trabalho envolvido na confecção dos arquivos modificados (no total, quase cinquenta) pelo método exposto tornou improvável a simulação de sensibilidade por valores intermediários aos -10% e +10%, o que aumentaria a qualidade do nosso estudo, por problemas de tempo. No entanto, a confecção de um programa em linguagem C ou Pascal é simples em termos de algoritmo, e tornaria bastante mais simples as análises. Tal programa seria apenas um gerador de arquivos ASCII, com uma interface simples para o usuário. Não houve condições de confeccionar este gerador para o presente trabalho, mas certamente seria um excelente adendo ao ESP-r, em trabalhos futuros.

Os arquivos gerados desta forma precisam passar pelo módulo de simulação do ESP-r, o *bps*, e pelo módulo de manuseio de resultados, *res*, de forma a gerar as tabelas e gráficos que foram apresentados aqui. Estes programas também são baseados em X-Windows, em Unix, e seu manuseio demanda uma quantidade de tempo grande, para efetuar repetitivamente os mesmos comandos. Este problema, porém, os projetistas do *software* mantiveram em mente quando compilaramno, talvez porque a versão em modo puramente texto, o que precisamos, foi

lançada anteriormente à versão com capacidades gráficas.

O que precisávamos era rodar as simulações em modo totalmente automático, e todos os arquivos de configuração ao mesmo tempo. O ESP-r prevê este tipo de operação em um modo especial de execução, com parâmetros na linha de comando, chamado "modo *script*". É ativado por uma linha de comando do tipo:

```
bps -mode script < scripts/bps7.script
```

Esta linha, rodada em um *shell* em separado do Unix (comando *sh*), pede comandos do *script* contido em *bps7.script*, e utiliza-o como entrada para o módulo *bps*. O formato deste arquivo, mostrado abaixo, é apenas uma lista de comandos que o módulo normalmente requeria durante uma operação normal.

```
1
pop2-7.cfg
n
../climate/sp82-1.clm
2
res1/simul7.res
15 2
17 2
1
s
n
y
y
-
f
y
```

Verificando no programa, nota-se o significado dos comandos. Por exemplo, nas primeiras linhas, "1" significa a escolha da opção 1 do menu principal, que é a entrada do arquivo de configuração a ser utilizado; "pop2-7.cfg" é o nome do arquivo; "n" é a resposta à pergunta de se deve modificar os 32 dias especificados para *start-up*, etc.

Da mesma forma, montamos um arquivo, no exemplo *res7.script*, para obter os resultados no módulo *res*:

```
res1/simul7.res
y
a
n
c
>
res1/simul7.txt
g
a
a
b
a
c
a
d
a
e
a
f
```

!
-
-
y

Este tipo promove a chamada ao arquivo `simul7.res`, criado por `bps`, e a criação do arquivo `simul7.txt`, em padrão ASCII, contendo as temperaturas internas de todas as zonas térmicas. Este arquivo pode ser importado por uma Planilha Eletrônica, que gera os gráficos.

Para gerar os resultados, todos ao mesmo tempo, podemos agrupá-los todos em um arquivo, e torná-lo executável em Unix, através do comando:

```
chmod +x <arquivo>
```

Este arquivo possuiria as linhas de comando referentes à análise e à coleta de resultados, como o arquivo `main`, gerado para o trabalho:

```
bps -mode script < scripts/bps0.script  
bps -mode script < scripts/bps1.script  
bps -mode script < scripts/bps2.script  
bps -mode script < scripts/bps3.script  
bps -mode script < scripts/bps4.script  
bps -mode script < scripts/bps5.script  
bps -mode script < scripts/bps6.script  
bps -mode script < scripts/bps7.script  
bps -mode script < scripts/bps8.script  
... ETC ...  
res -mode script < scripts/res7.script  
res -mode script < scripts/res8.script  
res -mode script < scripts/res9.script  
res -mode script < scripts/res10.script  
res -mode script < scripts/res11.script  
res -mode script < scripts/res12.script  
res -mode script < scripts/res13.script  
res -mode script < scripts/res14.script  
res -mode script < scripts/res15.script  
... ETC ...
```

Executando este arquivo, temos todos os resultados em formato texto, após um tempo reduzido em relação ao método manual. Desta forma, trabalhos futuros em sensibilidade devem se basear neste método, e melhorá-lo através do programa gerador de arquivos citado acima. Isto garantiria a continuação do estudo do ESP-r para futuras simulações e estudos sobre resposta térmica de estruturas.