



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

# **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE BAIXO CUSTO ESTRUTURADAS EM AÇO**

**AUTOR: HÉLDER LUÍS FRANSOZO**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Henor Artur de Souza

CO – ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcílio Sousa da Rocha Freitas

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Metálica*

Ouro Preto, agosto de 2003

F814a Franzo, Hélder Luís.  
Avaliação de desempenho de habitações de baixo custo estruturadas em aço / Hélder Luís Franzo. -- Ouro Preto : UFOP, 2003.  
xxii, 244p. : il., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. Conforto térmico. 2. Construção metálica. 3. Desempenho térmico. I. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. II. Título.

CDU: 6214.014

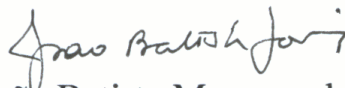
**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE  
HABITAÇÕES DE BAIXO CUSTO ESTRUTURADAS EM AÇO**

**AUTOR: HÉLDER LUÍS FRANZOZO**

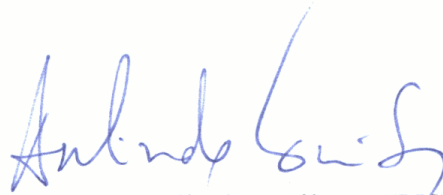
Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 29 de agosto de 2003, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Dr. Henor Artur de Souza (Orientador / UFOP)



Prof. Dr. João Batista Marques de Sousa Jr. (UFOP)



Prof. Dr. Arlindo Tribess (USP)

## DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação  
aos meus pais, à minha irmã e em  
especial à minha esposa, aos meus  
filhos e à minha sogra.

Agradeço,

À Deus por ter me dado o dom da Vida, e  
à minha família pelos momentos de amor,  
dedicação e paciência, durante todo este  
período de nossas vidas, que certamente  
ficarão gravados por todo o sempre.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Ouro Preto e à Escola de Minas pela oportunidade de aprendizado e de crescimento na vida profissional.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Henor Artur de Souza e Prof. Dr. Marcílio Sousa da Rocha Freitas, por me guiarem no processo de pesquisa, assim se tornaram, além de orientadores, pessoas amigas.

Aos professores do PROPEC/DECIV, e em especial aos do Mestrado em Estruturas Metálicas, pelos momentos de aprendizado, convivência e companheirismo.

Aos Profs. Drs. Antonio Maria Claret de Gouveia e Jorge Adílio Pena, pela recomendação e pelo incentivo para cursar o mestrado.

Ao Prof. Msc. Jaime Rios pelas palavras de estímulo nas horas difíceis e, ao Prof. Dr. José Tomás Gama da Silva, pelas aulas de Inglês e ajuda nas traduções, tão necessárias no desenvolvimento dessa dissertação.

Aos meus colegas de curso, que foram companheiros nesta árdua caminhada, especialmente ao Wellington e Rildo, que sempre serão lembrados.

À todos os professores e funcionários da EM/UFOP que direta ou indiretamente com seu trabalho, fazem com que esta instituição seja reconhecida mundialmente no campo da Engenharia, e que muito me ajudaram e incentivaram com as suas atitudes de despreendimento e dedicação no seu trabalho.

Aos alunos bolsistas de graduação que me auxiliaram durante o período de desenvolvimento desta dissertação.

As diversas empresas que através de seus sites na Internet, me auxiliaram nas pesquisas para o desenvolvimento desse trabalho.

## RESUMO

O aço está se tornando um elemento construtivo muito importante na construção civil brasileira. Isto se deve às vantagens que ele apresenta, tais como: alta eficiência construtiva, alívio das fundações em relação a estruturas feitas de concreto, redução do tempo de construção e do volume de desperdícios em obra, e as diversas possibilidades arquitetônicas oferecidas. Somando todas essas vantagens a um projeto que integre, de maneira eficaz, os vários sistemas associados ao aço, as edificações em estrutura metálica têm a possibilidade de conduzir a empreendimentos eficientes e economicamente viáveis. Dentre os sistemas complementares em uma edificação metálica, um dos mais importantes é o sistema de fechamentos, para o qual o mercado brasileiro já apresenta diversos tipos de painéis industrializados. Para que a escolha dos fechamentos represente uma solução eficiente, é necessário que se levem em conta tanto os detalhes construtivos como o bom desempenho no que diz respeito ao conforto ambiental. Com o objetivo de avaliar o desempenho térmico de vários sistemas de fechamento existentes no mercado brasileiro e da construção estruturada em aço, o presente trabalho apresenta uma avaliação, realizada através de simulações computacionais, do desempenho térmico de edificações em estrutura metálica populares e/ou de pequeno porte, para várias regiões climáticas do país. Neste estudo, são levados em consideração os princípios da arquitetura climática de regiões diferentes, as propriedades dos materiais, bem como as fontes internas e externas de calor em relação ao ambiente analisado. As simulações computacionais são realizadas utilizando o Programa ESP-r. Os resultados obtidos permitirão determinar qual o tipo de elemento de fechamento mais adequado para a obtenção da condição de conforto térmico para os ocupantes dessas edificações.

## **ABSTRACT**

Steel is becoming a very important constructive element in Brazil's civil construction, because of the steel structures advantages: high constructive efficiency, foundation relief as compared with structures in concrete, cutting in time of construction and in waste, and the many possibilities of architectural design it provides. Adding all these advantages together to a good design, buildings in metallic structure are becoming an effective system with the additional gain for the earlier occupation of the building. Besides, there are in Brazil several types of insulation panels that will be a really economical solution if suitably chosen for each region during the designing phase. In order to select correctly these insulation panels it is necessary to observe both the constructive details and their thermal performance. This work presents the results of a comparative study on the thermal performance of several closing systems existing in the Brazilian market intended for popular and/or small buildings in metallic structure. Panels in cement plate, solid concrete, cellular concrete, masonry for external and internal closing and carton chalk panels are evaluated. In this study, climate architectural principles, materials properties as well as external and internal heat sources regarding the analyzed environment were taken in consideration. Computational simulations using the ESP-r program were performed and the results allow to determine which type of insulation element is the best to obtain the ideal thermal comfort for the users.

## SUMÁRIO

<b>Resumo</b> .....	VI
<b>Abstract</b> .....	VII
<b>Lista de Figuras</b> .....	XII
<b>Lista de Tabelas</b> .....	XXI
<b>Anexos</b> .....	???

### CAPÍTULO I

1. – <b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. – Objetivos do trabalho .....	4
1.2. – Estrutura do trabalho .....	5

### CAPÍTULO II

2. – <b>CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO</b> .....	7
2.1. – Importância do aço na construção civil .....	7
2.2. – Construção industrializada .....	12
2.2.1. – Sistemas de fechamento.....	13
2.2.1.1. – Alvenaria de Tijolos ou Blocos Cerâmicos .....	15
2.2.1.2. – Painéis e Blocos de Concreto Celular Autoclavado .....	19
2.2.1.3. – Painéis de Poliestireno Expandido (EPS).....	27
2.2.1.4. – Painéis Isolite.....	28
2.2.1.5. – Painéis com Placas Cimentícias .....	32
2.2.1.6. – Coberturas.....	36
2.2.1.7. – Tetos/Forros e Laje.....	41



2.2.1.8. – Revestimentos cerâmicos .....	44
2.2.1.9. – Revestimentos com Madeira .....	47
2.2.1.10.– Portas e Janelas .....	49

### **CAPÍTULO III**

<b>3. – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO .....</b>	<b>51</b>
3.1. – Considerações gerais .....	51
3.2. – Regulamentação ou Critérios existentes no Brasil .....	52
3.3. – Climatologia .....	53
3.3.1. – Formação do clima da Terra .....	53
3.3.2. – Clima do Brasil .....	54
3.3.2.1. – Classificação de Koppen - Geiger .....	57
3.3.2.2. – Clima regional brasileiro .....	58
3.3.2.3. – Zoneamento bioclimático brasileiro .....	61
3.4. – Ventilação e Conforto Térmico .....	67
3.4.1. – Ventilação e Conforto de verão .....	69
3.4.2. – Critérios de Ventilação .....	70
3.5. – Etapas do processo de avaliação.....	71
3.5.1. – Caracterização das exigências humanas .....	71
3.5.2. – Caracterização das condições climáticas .....	74
3.5.2.1. – Clima de Belo Horizonte/MG.....	75
3.5.2.2. – Clima de Brasília/DF .....	76
3.5.2.3. – Clima de Curitiba/PR.....	76
3.5.2.4. – Clima de Porto Alegre/RS .....	76
3.5.2.5. – Clima de Porto Velho/RO.....	77
3.5.2.6. – Clima de São Paulo/SP .....	77
3.5.3. – Caracterização da edificação e de sua ocupação .....	77
3.5.4. – Caracterização do comportamento térmico da edificação .....	77
3.6. – Critérios de avaliação .....	78

## CAPÍTULO IV

<b>4. ....</b>	<b>– METODOLOGIA ADOTADA .....</b>	<b>82</b>
4.1. ....	– Metodologia Adotada .....	82
4.2. ....	– Projeto de Habitações de baixo custo .....	83
4.3. ....	– Programa USITETO .....	84
4.4. ....	– Estudo de caso – Habitação analisada .....	89
4.5. ....	– Etapas de simulação.....	90
4.5.1.	– Programa de simulação <i>ESP-r</i> .....	90
4.5.2.	– Dados Climáticos.....	92
4.5.3.	– Dados de Materiais, Componentes e Elementos da edificação .....	92
4.5.4.	– Dados de Ocupação da habitação .....	95

## CAPÍTULO V

<b>5. ....</b>	<b>– RESULTADOS .....</b>	<b>97</b>
5.1.	– Resultados da Avaliação.....	97
5.2.	– Resultados para as condições climáticas de Belo Horizonte.....	100
5.3.	– Resultados para as condições climáticas de Brasília .....	113
5.4.	– Resultados para as condições climáticas de Curitiba .....	125
5.5.	– Resultados para as condições climáticas de Porto Alegre.....	137
5.6.	– Resultados para as condições climáticas de Porto Velho.....	149
5.7.	– Resultados para as condições climáticas de São Paulo .....	161
5.8.	– Considerações finais .....	173

## CAPÍTULO VI

<b>6. ....</b>	<b>– CONCLUSÕES FINAIS .....</b>	<b>175</b>
6.1.	– Estratégias Bioclimáticas.....	176
6.2.	– Sugestões de Trabalhos futuros .....	180

## **CAPÍTULO VII**

<b>7. ....-</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>181</b>
-----------------	---	------------

## **ANEXOS**

<b>I.</b>	<b>- TABELAS DAS TEMPERATURAS INTERNAS .....</b>	<b>I - 1</b>
I.1.	- Temperaturas internas da habitação em Belo Horizonte/MG .....	I - 1
I.2.	- Temperaturas internas da habitação em Brasília/DF .....	I - 9
I.3.	- Temperaturas internas da habitação em Curitiba/PR.....	I - 17
I.4.	- Temperaturas internas da habitação em Porto Alegre/RS .....	I - 25
I.5.	- Temperaturas internas da habitação em Porto Velho/RO .....	I - 33
I.6.	- Temperaturas internas da habitação em São Paulo/SP.....	I - 41
<b>II.</b>	<b>- GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS.....</b>	<b>II - 1</b>

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

FIGURA 2.1	– <i>World Trade Center</i> (Nova York).....	08
FIGURA 2.2	– Estação Ferroviária da Luz .....	09
FIGURA 2.3	– Viaduto Santa Efigênia .....	09
FIGURA 2.4	– Usina Presidente Vargas – CSN/Volta Redonda/RJ .....	10
FIGURA 2.5	– Palácio de Cristal/Londres .....	13
FIGURA 2.6	– Tijolo cerâmico maciço.....	17
FIGURA 2.7	– Tijolo furado para revestimento externo.....	17
FIGURA 2.8	– Bloco cerâmico 10 x 15 x 25 cm de seis furos .....	18
FIGURA 2.9	– Tijolos especiais vazados (cobogós) para fechamentos.....	18
FIGURA 2.10	– Linha de produtos de CCA .....	19
FIGURA 2.11	– Alvenaria de fechamento com blocos de CCA .....	20
FIGURA 2.12	– Dimensões de Bloco convencional de CCA .....	20
FIGURA 2.13	– Painel seccionado de CCA.....	23
FIGURA 2.14	– Painel convencional de CCA.. .....	23
FIGURA 2.15	– Painel revestido de CCA.....	24
FIGURA 2.16	– Detalhe da montagem do insert metálico - EPS.....	25
FIGURA 2.17	– Painéis em fase de montagem .. .....	25
FIGURA 2.18	– Detalhe da Placa padrão CCA para casas populares .....	26
FIGURA 2.19	– Sistema de montagem das Placas padrão CCA .....	26
FIGURA 2.20	– Habitação com placa padrão de CCA .. .....	27
FIGURA 2.21	– Painel de EPS .....	28
FIGURA 2.22	– Esquema da composição dos painéis Isolite autoportantes .....	30
FIGURA 2.23	– Etapas de execução do painel Isolite na obra .....	31
FIGURA 2.24	– 1ª Etapa da montagem de paredes e laje em painéis Isolite .....	32
FIGURA 2.25	– Vistas externa e interna de <i>Steel-Frame</i> com placas cimentícias.. ....	34
FIGURA 2.26	– Fixação de placa cimentícia após colocação de lâ-de-vidro.. .....	35
FIGURA 2.27	– Fachada de edificação e detalhe da junta tratada com massa.. .....	35

FIGURA 2.28 – Parafusos para fixação de placas cimentícias..	36
FIGURA 2.29 – Telhado colonial português.....	37
FIGURA 2.30 – Tipos de telhas de outros países.....	38
FIGURA 2.31 – Telhado com telha Lusa.....	39
FIGURA 2.32 – Núcleos de EPS para Telhas metálicas térmicas.....	40
FIGURA 2.33 – Secções dos tipos de forros de madeira..	42
FIGURA 2.34 – Modos de colocação das tábuas de forros.....	42
FIGURA 2.35 – Seção de painel de CCA para Laje pré-moldada..	43
FIGURA 2.36 – Apoio mínimo do painel de laje sobre estrutura metálica.....	43
FIGURA 2.37 – Montagem dos painéis de Laje pré-moldada em CCA..	44
FIGURA 2.38 – Azulejos, Louças sanitárias e Ladrilhos.....	45
FIGURA 2.39 – Tipos de Azulejos..	46
FIGURA 2.40 – Piso/Mosaico de Grés cerâmico.....	47
FIGURA 2.41 – Tipo de assentamento das tábuas corridas..	48
FIGURA 2.42 – Tipos de assentamento de tacos..	49
FIGURA 2.43 – Portas e Janelas da casa do projeto Usiteto.....	50

### **CAPÍTULO III**

FIGURA 3.1 – Mapa Político – Regional do Brasil.....	55
FIGURA 3.2 – Mapa dos Fusos horários do Brasil.....	56
FIGURA 3.3 – Mapa de classificação de Koppen - Geiger.....	57
FIGURA 3.4 – Mapa do Zoneamento bioclimático brasileiro .....	62
FIGURA 3.5 – Zona 1 .....	62
FIGURA 3.6 – Zona 2 .....	62
FIGURA 3.7 – Zona 3 .....	63
FIGURA 3.8 – Zona 4 .....	63
FIGURA 3.9 – Zona 5 .....	63
FIGURA 3.10 – Zona 6 .....	63
FIGURA 3.11 – Zona 7 .....	63
FIGURA 3.12 – Zona 8 .....	63
FIGURA 3.13 – Belo Horizonte/MG – Lat.: 19°49’01’’S e Long.: 43°57’23’’W .....	64

FIGURA 3.14 – Brasília/DF – Lat.: 15°46'47"S e Long.: 47°55'47"W .....	64
FIGURA 3.15 – Curitiba/PR – Lat.: 25°25'40"S e Long.: 49°16'23"W .....	65
FIGURA 3.16 – Porto Alegre/RS – Lat.: 51°13'48"S e Long.: 30°01'59"W.....	65
FIGURA 3.17 – Porto Velho/RO – Lat.: 08°45'43"S e Long.: 63°54'14"W .....	65
FIGURA 3.18 – São Paulo/SP – Lat.: 46°38'10"S e Long.: 23°32'51"W .....	66
FIGURA 3.19 – Etapas e Variáveis de Edificações não condicionadas.....	73
FIGURA 3.20 – Critérios para o dia típico de Verão .....	80
FIGURA 3.21 – Critérios para o dia típico de Inverno .....	81

#### **CAPÍTULO IV**

FIGURA 4.1 – Casa do programa Usiteto.....	84
FIGURA 4.2 – Estrutura Metálica da casa Usiteto.....	86
FIGURA 4.3 – Núcleo inicial da casa .....	86
FIGURA 4.4 – Primeira expansão da casa .....	87
FIGURA 4.5 – Segunda expansão da casa .....	87
FIGURA 4.6 – Planta baixa da casa Usiteto.....	88
FIGURA 4.7 – Conjunto Habitacional em Divinópolis/MG.....	88
FIGURA 4.8 – Modelo da Habitação gerado pelo <i>software ESP-r</i> .....	91

#### **CAPÍTULO V**

FIGURA 5.1 – Temperaturas do dia típico de verão nas cidades adotadas.....	99
FIGURA 5.2 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (BH) .....	102
FIGURA 5.3 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (BH) .....	102
FIGURA 5.4 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (BH) .....	103

FIGURA 5.5 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (BH) .....	103
FIGURA 5.6 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (BH) .....	104
FIGURA 5.7 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (BH) .....	104
FIGURA 5.8 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (BH) .....	105
FIGURA 5.9 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (BH) .....	105
FIGURA 5.10 – Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 1,0 ren/h (BH)	107
FIGURA 5.11 – Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 3,0 ren/h (BH)	107
FIGURA 5.12 – Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 1,0 ren/h (BH)	108
FIGURA 5.13 – Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 3,0 ren/h (BH)	108
FIGURA 5.14 – Temperatura interna na Sala para Infiltração 1,0 ren/h (BH) .....	109
FIGURA 5.15 – Temperatura interna na Sala para Infiltração 3,0 ren/h (BH) .....	109
FIGURA 5.16 – Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 1,0 ren/h (BH).	110
FIGURA 5.17 – Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 3,0 ren/h (BH).	110
FIGURA 5.18 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 1,0 ren/h (BH)....	111
FIGURA 5.19 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 3,0 ren/h (BH)....	111
FIGURA 5.20 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (BR).....	115
FIGURA 5.21 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (BR).....	115
FIGURA 5.22 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (BR) .....	116
FIGURA 5.23 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (BR) .....	116

FIGURA 5.24 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (BR).....	117
FIGURA 5.25 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (BR).....	117
FIGURA 5.26 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (BR) .....	118
FIGURA 5.27 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (BR) .....	118
FIGURA 5.28 – Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 1,0 ren/h (BR)	119
FIGURA 5.29 – Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 3,0 ren/h (BR)	119
FIGURA 5.30 – Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 1,0 ren/h (BR)	120
FIGURA 5.31 – Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 3,0 ren/h (BR)	120
FIGURA 5.32 – Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 1,0 ren/h (BR) .	121
FIGURA 5.33 – Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 3,0 ren/h (BR) .	121
FIGURA 5.34 – Temperatura interna na Sala para Infiltração 1,0 ren/h (BR).....	122
FIGURA 5.35 – Temperatura interna na Sala para Infiltração 3,0 ren/h (BR).....	122
FIGURA 5.36 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 1,0 ren/h (BR)....	123
FIGURA 5.37 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 3,0 ren/h (BR)....	123
FIGURA 5.38 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (CR).....	127
FIGURA 5.39 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (CR).....	127
FIGURA 5.40 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (CR) .....	128
FIGURA 5.41 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (CR) .....	128
FIGURA 5.42 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (CR).....	129
FIGURA 5.43 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (CR).....	129



FIGURA 5.44 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (CR) .....	130
FIGURA 5.45 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (CR) .....	130
FIGURA 5.46 – Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 1,0 ren/h (CR)	131
FIGURA 5.47 – Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 3,0 ren/h (CR)	131
FIGURA 5.48 – Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 1,0 ren/h (CR)	132
FIGURA 5.49 – Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 3,0 ren/h (CR)	132
FIGURA 5.50 – Temperatura interna na Sala para Infiltração 1,0 ren/h (CR).....	133
FIGURA 5.51 – Temperatura interna na Sala para Infiltração 3,0 ren/h (CR).....	133
FIGURA 5.52 – Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 1,0 ren/h (CR).	134
FIGURA 5.53 – Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 3,0 ren/h (CR).	134
FIGURA 5.54 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 1,0 ren/h (CR)....	135
FIGURA 5.55 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 3,0 ren/h (CR)....	135
FIGURA 5.56 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (PA) .....	139
FIGURA 5.57 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (PA) .....	139
FIGURA 5.58 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (PA).....	140
FIGURA 5.59 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (PA).....	140
FIGURA 5.60 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (PA).....	141
FIGURA 5.61 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (PA).....	141
FIGURA 5.62 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (PA).....	142
FIGURA 5.63 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (PA).....	142

FIGURA 5.64	–	Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 1,0 ren/h (PA)	143
FIGURA 5.65	–	Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 3,0 ren/h (PA)	143
FIGURA 5.66	–	Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 1,0 ren/h (PA)	144
FIGURA 5.67	–	Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 3,0 ren/h (PA)	144
FIGURA 5.68	–	Temperatura interna na Sala para Infiltração 1,0 ren/h (PA).....	145
FIGURA 5.69	–	Temperatura interna na Sala para Infiltração 3,0 ren/h (PA).....	145
FIGURA 5.70	–	Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 1,0 ren/h (PA) .	146
FIGURA 5.71	–	Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 3,0 ren/h (PA) .	146
FIGURA 5.72	–	Temperatura interna no Banho para Infiltração 1,0 ren/h (PA)....	147
FIGURA 5.73	–	Temperatura interna no Banho para Infiltração 3,0 ren/h (PA)....	147
FIGURA 5.74	–	Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (PV).....	151
FIGURA 5.75	–	Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (PV).....	151
FIGURA 5.76	–	Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (PV).....	152
FIGURA 5.77	–	Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (PV).....	152
FIGURA 5.78	–	Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (PV).....	153
FIGURA 5.79	–	Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (PV).....	153
FIGURA 5.80	–	Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (PV).....	154
FIGURA 5.81	–	Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (PV).....	154
FIGURA 5.82	–	Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 1,0 ren/h (PV)	155
FIGURA 5.83	–	Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 3,0 ren/h (PV)	155
FIGURA 5.84	–	Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 1,0 ren/h (PV)	156
FIGURA 5.85	–	Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 3,0 ren/h (PV)	156

FIGURA 5.86 – Temperatura interna na Sala para Infiltração 1,0 ren/h (PV).....	157
FIGURA 5.87 – Temperatura interna na Sala para Infiltração 3,0 ren/h (PV).....	157
FIGURA 5.88 – Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 1,0 ren/h (PV) .	158
FIGURA 5.89 – Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 3,0 ren/h (PV) .	158
FIGURA 5.90 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 1,0 ren/h (PV)....	159
FIGURA 5.91 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 3,0 ren/h (PV)....	159
FIGURA 5.92 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (SP).....	163
FIGURA 5.93 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (SP).....	163
FIGURA 5.94 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (SP) .....	164
FIGURA 5.95 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (SP) .....	164
FIGURA 5.96 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (SP) .....	165
FIGURA 5.97 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (SP) .....	165
FIGURA 5.98 – Temperatura interna para Infiltração 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (SP) .....	166
FIGURA 5.99 – Temperatura interna para Infiltração 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (SP) .....	166
FIGURA 5.100 – Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 1,0 ren/h (SP)	167
FIGURA 5.101 – Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração 3,0 ren/h (SP)	167
FIGURA 5.102 – Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 1,0 ren/h (SP)	168
FIGURA 5.103 – Temperatura interna no Quarto_C para Infiltração 3,0 ren/h (SP)	168
FIGURA 5.104 – Temperatura interna na Sala para Infiltração 1,0 ren/h (SP) .....	169
FIGURA 5.105 – Temperatura interna na Sala para infiltração 3,0 ren/h (SP).....	169
FIGURA 5.106 – Temperatura interna na Cozinha para infiltração 1,0 ren/h (SP) ..	170
FIGURA 5.107 – Temperatura interna na Cozinha para Infiltração 3,0 ren/h (SP) ..	170

FIGURA 5.108 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 1,0 ren/h (SP).....	171
FIGURA 5.109 – Temperatura interna no Banho para Infiltração 3,0 ren/h (SP).....	171
FIGURA 5.110– Temperatura interna no Quarto_S para Infiltração de 3,0 ren/h e sistema de fechamento em alvenaria .....	173

## **CAPÍTULO VI**

FIGURA 6.1 – Carta Bioclimática adotada para o Brasil.....	177
FIGURA 6.2 – Carta Bioclimática de Porto Alegre .....	178

## **LISTA DE TABELAS**

### **CAPÍTULO II**

TABELA 2.1 – Classificação dos Sistemas de fechamento .....	14
TABELA 2.2 – Propriedades Termofísicas de Bloco – Classe C25 .....	21

### **CAPÍTULO III**

TABELA 3.1 – Classificação climática do Brasil .....	58
TABELA 3.2 – Temperaturas e Características climáticas da região Sul .....	59
TABELA 3.3 – Temperaturas características da região Sudeste.....	60
TABELA 3.4 – Cidades adotadas para a avaliação térmica da edificação.....	66
TABELA 3.5 – Temperaturas limites segundo as Normas .....	74
TABELA 3.6 – Parâmetros de Conforto .....	78

### **CAPÍTULO IV**

TABELA 4.1 – Propriedades Termofísicas dos Elementos de fechamento(T=300K)93	
TABELA 4.2a – Coeficiente Global dos Sistemas de fechamento (T =300K) .....	93
TABELA 4.2b – Coeficiente Global dos Sistemas de fechamento (T =300K) .....	94
TABELA 4.2c – Coeficiente Global dos Sistemas de fechamento (T =300K) .....	95
TABELA 4.3 – Perfil de Ocupação da edificação estudada.....	96

### **CAPÍTULO V**

TABELA 5.1 – Dados utilizados na avaliação da habitação.....	98
TABELA 5.2 – Evolução horária da temperatura (°C) do dia típico de verão .....	98

TABELA 5.3 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos da habitação em Belo Horizonte .....	101
TABELA 5.4 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos da habitação em Brasília .....	114
TABELA 5.5 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos da habitação em Curitiba .....	126
TABELA 5.6 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos da habitação em Porto Alegre .....	138
TABELA 5.7 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos da habitação em Porto Velho .....	150
TABELA 5.8 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos da habitação em São Paulo .....	162

# **1. INTRODUÇÃO**

**1.1. – Objetivos do trabalho**

**1.2. – Estrutura do Trabalho**

**2. CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**

**3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO**

**4. METODOLOGIA**

**5. RESULTADOS**

**6. CONCLUSÕES FINAIS**

**7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

## 1. INTRODUÇÃO

Nas edificações de hoje, pode-se adotar idéias criadas pelos primeiros projetistas, especialmente as formas visuais e espaciais, mas menos freqüentemente no emprego de materiais, técnicas construtivas e do conforto térmico nos ambientes. Reforçando esta afirmativa, SIEGBERT ZANETTINI (2001) disse em um de seus trabalhos, “não se consegue imprimir uma visão prospectiva e de futuro para a arquitetura, sem o conhecimento histórico das experiências formais e espaciais do passado, umbilicalmente ligadas à paulatina evolução das técnicas no tempo”.

No Brasil, só a partir da década de 80 houve uma maior demanda por edificações comerciais e residenciais estruturadas em aço (BARROS, 1999). O desenvolvimento de tecnologias para essa tipologia construtiva, assim como sua divulgação, ficaram em segundo plano, em função da ampla utilização do concreto no país. O concreto armado é, ainda hoje, o material de construção (estrutural) adotado na maioria das construções brasileiras, entretanto, o aço está sendo redescoberto pelos projetistas e empreendedores da construção, pois é um sistema estrutural que apresenta grande potencial para o desenvolvimento das construções industrializadas, com a possibilidade da redução de prazos, de desperdícios e de mão de obra, além da racionalização e exatidão do processo (SALES, 2001).

Para que as condições do meio ambiente possam ser melhor aproveitadas a favor da humanidade, deve-se reduzir ao máximo as interferências ambientais quando da construção de edificações industriais, comerciais, usinas hidrelétricas e nucleares, estradas, conjuntos habitacionais, etc., que provocam grande impacto ambiental no local onde este tipo de construção será implantada. Para isto ser uma realidade, ao projetar uma destas obras, deve-se tomar cuidado com a preservação de nossas florestas, diminuição do aquecimento global do planeta, efeito estufa, e também evitar a poluição do ar e dos nossos rios (PINTO, 2000).

Deve-se buscar sempre o conforto ambiental nas habitações contemplando, ao máximo, a conservação de energia. Para que isto possa ocorrer, o condicionamento térmico e



lumínico naturais devem ser uma alternativa. Deve-se portanto, optar por um tipo de construção adequada ao clima local, melhorando as condições de ventilação e o posicionamento das aberturas, para assim obter-se um melhor conforto térmico e lumínico para os ocupantes da mesma. As vezes, o conforto térmico de uma edificação somente é conseguido por condicionamento artificial, utilizando-se para isto de um sistema de refrigeração e/ou aquecimento conforme o clima local e, neste caso, com um certo consumo de energia.

Dentre os sistemas complementares em uma edificação estruturada em aço, um dos mais importantes é o sistema de fechamento, para o qual o mercado brasileiro já apresenta diversos tipos de painéis industrializados. Entretanto, há uma carência de conhecimento tecnológico a respeito das técnicas de execução e das características de desempenho térmico dos sistemas de fechamento, tanto por parte das empresas construtoras, como dos próprios fabricantes e projetistas (von KRUGER, 2000). Percebeu-se que sua racionalização pode resultar em redução de custos e desperdícios nos demais subsistemas, como esquadrias, instalações e revestimentos. E, como se deseja chegar a um processo eficiente na construção metálica, é preciso desenvolver sistemas complementares que funcionem e sejam aceitos pelos usuários e pela comunidade técnica (CASTRO, 1999; SALES, 2001). Para que a escolha dos sistemas de fechamentos represente uma solução eficiente, é necessário que se levem em conta tanto os detalhes construtivos como o bom desempenho no que diz respeito ao conforto térmico.

Paralelamente à introdução dessas novas tecnologias construtivas deve haver a preocupação com relação ao conforto térmico do ambiente construído. É imperativo a necessidade da adequação climática das edificações, lançando mão de soluções de projeto e materiais que resultem numa edificação confortável na região onde estará inserida. Diversos trabalhos científicos na área de conforto térmico de ambientes construídos têm sido desenvolvidos para melhorar a produtividade e o bem-estar dos usuários de uma edificação (AKUTSU et al., 2000; PINTO et al., 2001; SOUZA et al., 2001).

O conforto térmico interno das edificações é influenciado por parâmetros climáticos externos, tal como, a radiação solar, e pelas características do próprio ar, como a umidade relativa (ANEXO II), a pressão, a velocidade e a temperatura, e também pelas cargas térmicas internas, como as atividades humanas, as lâmpadas e os equipamentos (BALARAS, 1996).

A avaliação do desempenho térmico de uma edificação consiste em verificar se as condições do ambiente interno são satisfatórias quanto ao conforto térmico proporcionado aos ocupantes. É o bem estar em uma casa que determina o grau de satisfação e o conforto das habitações; assim, em uma edificação com um condicionamento deficiente ou inadequado, este provoca nas pessoas que a utilizam, sintomas desagradáveis, tais como: cansaço, desânimo, falta de concentração nas atividades desempenhadas e saídas frequentes do local de trabalho, levando com isto, a pessoa a um grau de insatisfação com relação ao ambiente onde se encontra (AKUTSU, 1998; TRIBESS et al., 1997; PINTO, 2000). No Brasil, ao contrário de alguns outros países, as condições climáticas de verão são predominantes, e portanto a avaliação térmica nas edificações deve ser equacionada para obter-se conforto térmico das habitações para este tipo de clima.

Para a efetiva implantação de unidades unifamiliares, destinadas à população de baixa renda e, de modo a viabilizar um produto acessível e de rápida execução, o projeto deve passar por uma série de estudos visando-se o desenvolvimento de seus sistemas estrutural e construtivo, com ênfase na simplificação das etapas construtivas e minimização de custos para, finalmente, analisar-se a viabilidade econômica para a finalidade a que o projeto se destina.

Além dos sistemas estrutural e construtivo, e do estudo econômico, o desempenho térmico das habitações, objeto deste trabalho, é outro fator importante a ser determinado na fase de projeto para quaisquer tipos de edificações, inclusive àquelas de baixo custo, dando assim uma condição melhor de conforto para o futuro usuário desta edificação. Para que uma edificação projetada de forma adequada térmicamente torne-se realmente

confortável, além de economizar energia, deverá ser executada com materiais adequados às condições climáticas de sua localização.

Como este trabalho envolve o estudo do conforto térmico para habitações unifamiliares de baixo custo, voltada principalmente para a população de baixa renda, a consideração de condicionamento mecânico forçado da edificação elevaria o custo final da habitação, inviabilizando-a para o futuro morador. Assim, o condicionamento a ser considerado neste tipo de edificação irá resumir-se ao condicionamento natural, ou seja, considerar-se-á somente uma edificação ventilada naturalmente, observando-se a disposição das janelas nos ambientes, a posição da edificação em relação ao Pólo Norte magnético, e vários tipos de materiais de fechamento.

No trabalho desenvolvido por AKUTSU et al.(1997), os autores mostram os principais métodos de avaliação do desempenho térmico e energético de edificações usados internacionalmente, apontando as tendências que norteavam os métodos e procedimentos em Normas e Legislações e sua aplicabilidade ao Brasil. Num outro trabalho, AKUTSU (1998) estabelece os critérios para a definição de níveis de desempenho térmico de edificações unifamiliares. Atualmente, além do aspecto construção industrializada versus conforto humano, a crise energética motiva e exige a pesquisa constante nesta área e diversos trabalhos tem sido apresentados enfocando este tema (KARYONO, 2000; KANG et al., 2001; DEPECKER et al., 2001)

### **1.1. Objetivos do Trabalho**

O presente trabalho tem como objetivo fazer a avaliação do desempenho térmico de um tipo específico de habitação de baixo custo, estruturada em aço, comparando o desempenho térmico de elementos internos e/ou externos dos sistemas de fechamento que compõem a envoltória da mesma.

A avaliação será feita considerando a edificação localizada em algumas cidades do Brasil, escolhidas, dentro do possível, uma em cada zona bioclimática brasileira, conforme o Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações 02:135.07-003

(1998), que se refere ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social.

Os elementos do sistema de fechamento a serem avaliados neste trabalho irão compor uma casa do Programa USITETO da USIMINAS, com várias composições de sistemas de fechamento, dentre aqueles que se encontram em uso no mercado brasileiro da construção civil, tais como, alvenaria com tijolos cerâmicos, placas cimentícias, painéis ou blocos de concreto celular autoclavado, painéis Isolite, e telhas cerâmicas.

## **1.2. Estrutura do trabalho**

Além deste capítulo introdutório descrevendo o panorama geral da construção civil, indicando os caminhos para a obtenção do conforto térmico ambiental nas habitações de baixo custo estruturadas em aço, e a importância dos seus sistemas complementares, outros 5 capítulos e 2 anexos compõem este trabalho.

O capítulo 2 discorre sobre a construção estruturada em aço, apresentando os materiais que compõem os sistemas de fechamento vertical, horizontal e cobertura.

No capítulo 3 é feita uma revisão sobre a formação e a divisão climática do Brasil e apresentam-se as etapas necessárias para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação.

No capítulo 4 apresentam-se a metodologia adotada, as características da edificação analisada, e descreve-se as etapas de desenvolvimento do trabalho, bem como os procedimentos necessários para a avaliação térmica desta edificação.

No capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos da simulação da edificação, considerando configurações de fechamento e condições climáticas diferentes.

No capítulo 6 são apresentadas as considerações finais sobre a avaliação térmica da edificação analisada, e também outras sugestões para trabalhos futuros.

No capítulo 7 são apresentadas as referências bibliográficas.

No anexo I apresentam-se as tabelas das temperaturas internas resultantes da avaliação da habitação em cada cidade.

No anexo II apresenta-se um glossário de termos técnicos utilizados no texto.

**1. INTRODUÇÃO**

**2. CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**

**2.1. – Importância do aço na construção civil**

**2.2. – Construção industrializada**

**3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO**

**4. METODOLOGIA**

**5. RESULTADOS**

**6. CONCLUSÕES FINAIS**

**7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

## 2. CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO

### 2.1. Importância do aço na construção civil

A escolha de materiais e métodos de construção, o conceito e disposição de formas e espaços, a procura do belo, do funcional e do seguro marcaram a evolução das construções, refletindo o nível de conhecimento, desenvolvimento e cultura da sociedade (AÇOMINAS, 1979). Da moradia primitiva (cavernas) às formas arquitetônicas egípcia, helênica, romana, gótica, barroca à moderna, o homem alterou conceitos, tecnologias e materiais utilizados. Na busca por materiais duráveis e de fácil manuseio para as construções, o homem recorreu à pedra, à madeira, ao tijolo, ao concreto, ao ferro e ao aço.

Embora o aço já fosse conhecido, desde a época dos romanos, passaram-se séculos até ser reconhecido como material de construção, ter seus métodos de fabricação desenvolvidos, a definição das formas geométricas mais eficientes para sua utilização, o desenvolvimento de processos de ligação entre os seus componentes e métodos de montagem (AÇOMINAS, 1979). O desenvolvimento de novas tecnologias e o surgimento de novos métodos de construção que surgiram no século XVIII durante a Revolução Industrial no Reino Unido, transformaram o ferro e o aço no mais importante material de construção, e em condições de competir com os outros tipos de materiais conhecidos até então. Nenhum dos novos usos do ferro e do aço contribuiu de maneira mais decisiva para o desenvolvimento da indústria siderúrgica e da construção do que as ferrovias. Assim, surgiu a necessidade de se construírem numerosas pontes e estações ferroviárias, tendo sido estas as duas primeiras grandes aplicações do ferro nas construções. Posteriormente, surgiram também os parques de exposições e grandes edifícios estruturados em aço.

Algumas das obras mais notáveis, de estrutura metálica, são: a ponte *Coalbrookdale* (Inglaterra), em ferro fundido, com vão de 31 m, construída em 1779; a *Britannia Bridge* (Inglaterra), viga caixão, com dois vãos centrais de 140 m, construída em 1850;

a *Brooklyn Bridge* (Nova York), a primeira das grandes pontes pênséis, com 486 m de vão livre, construída em 1883; a ponte ferroviária *Firth of Forth* (Escócia), viga *Gerber* com 521 m de vão livre, construída em 1890; a *Tour Eiffel* (Paris), com 312 m de altura, construída em 1889; o *Empire State Building* (Nova York), com 380 m de altura, construído em 1933; a *Golden Gate Bridge* (São Francisco), ponte pênsil com 1280 m de vão livre, construída em 1937; a *Verrazano - Narrows Bridge* (Nova York), ponte pênsil com 1298 m de vão livre, construída em 1964 e o *World Trade Center* (Nova York), Figura 2.1, com 410 m de altura, 110 andares, construído em 1972 (BRAGA, Cdrom-Usimetal), e destruído no atentado de 11/09/2001.



FIG. 2.1 – *World Trade Center* (Nova York)  
(Fonte: EL PODER DE LA PALABRA (EPDLP), 2003)

No Brasil a construção metálica teve início com projetos e estruturas importadas da Europa e dos Estados Unidos da América. A implantação das primeiras estradas de ferro no Brasil, a partir da metade do século XIX, foram importantíssimas para o início da utilização de estruturas metálicas em aço nas construções, tais como, a Estação Ferroviária da Luz (1901), com suas estruturas planejadas pelo inglês Charles Henry Driver e erguidas exclusivamente somente sobre material vindo da Grã-Bretanha, Figura 2.2, e o Viaduto Santa Efigênia, Figura 2.3, com 225 m de comprimento



vencidos por três arcos, construído com estrutura belga, no período de 1910 a 1913, ambas na cidade de São Paulo/SP, e que são exemplos de destaque na arquitetura nacional (SAMPACENTRO, 2002). Estas construções mudaram completamente as noções de sustentação, estrutura e cobertura nos processos construtivos existentes da época no país.



FIG. 2.2 – Estação Ferroviária da Luz  
(Fonte: SAMPACENTRO, 2003)

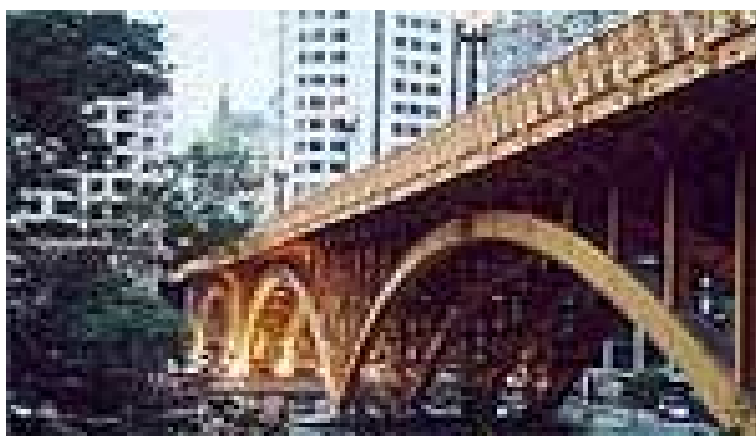


FIG. 2.3 – Viaduto Santa Efigênia  
(Fonte: SAMPACENTRO, 2003)

O grande impulso dado à indústria do aço no Brasil se deu na década de 40, com o começo da construção do parque siderúrgico nacional, ou seja, com a implantação em 1942 da Usina Presidente Vargas na cidade de Volta Redonda/RJ, Figura 2.4, da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), fundada em 09 de abril de 1941, e iniciando

suas operações em 01 de outubro de 1946, sendo a 1ª produtora de aço do país. A CSN é um marco no processo brasileiro de industrialização. O seu aço viabilizou a implantação das primeiras indústrias nacionais, que formaram o núcleo do atual parque fabril brasileiro (von KRÜGER, 2000 ; CSN, 2003).

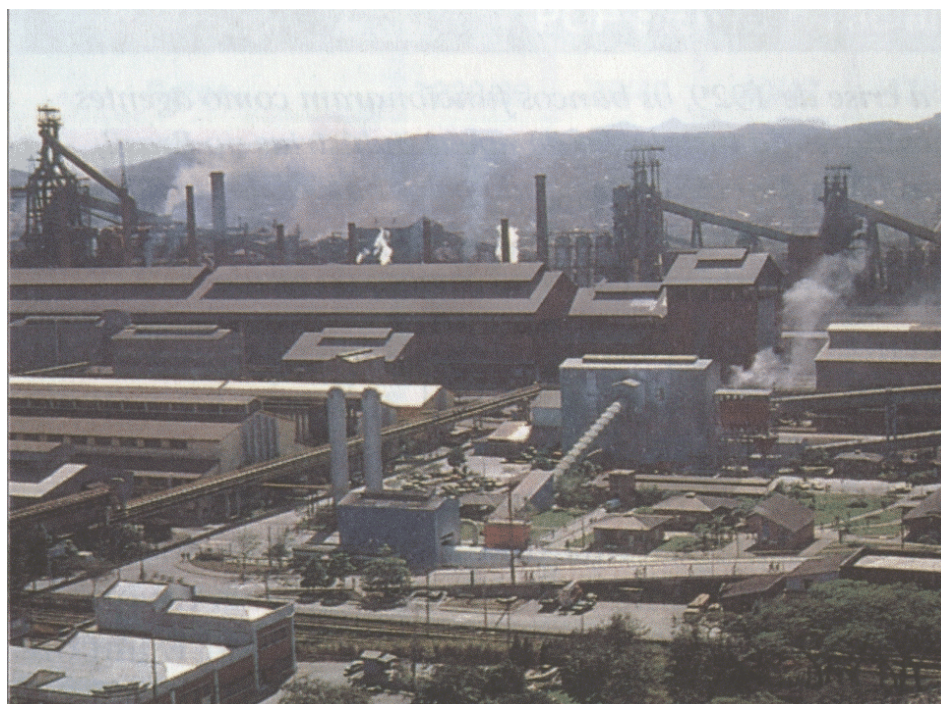


FIG. 2.4 – Usina Presidente Vargas - CSN / Volta Redonda/RJ  
(Fonte: SENE et al., 1999)

A história da construção em aço no Brasil ainda está no início, com uma participação crescente do aço na construção civil e caminhando na mesma direção das grandes potências mundiais, como a Inglaterra e os Estados Unidos, com 65% e 50% das construções em aço, respectivamente (ABCEM, 2002).

“No mundo moderno de hoje, onde predominam características de racionalidade, exatidão, qualidade, segurança e rapidez na montagem e/ou desmontagem na construção, a estrutura metálica impõe-se cada vez mais como o processo construtivo do presente e do futuro, apresentando assim, grandes potencialidades para construções industrializadas, possibilitando redução de prazos, de desperdícios e de mão de obra. Vale ressaltar que a estrutura metálica não veio para substituir outras soluções

estruturais, mas é mais uma solução a ser incorporada pelos sistemas construtivos, possibilitando assim novas soluções arquitetônicas” (ZANETTINI, 2001).

O aço, como elemento estrutural, é bem mais econômico em tempo e custo quando se fazem alterações ou ampliações durante a vida útil da edificação estruturada em aço do que qualquer outro tipo de material. Por fim, a estrutura metálica de um edifício após sua vida útil, pode ser desmontada ou cortada em peças menores, vendidas e refundida.

No Brasil, a construção metálica apresenta-se pouco difundida entre a população e até entre profissionais da área, no entanto, as estruturas metálicas brasileiras estão ampliando mercado e sendo comercializadas para mercados exigentes como Estados Unidos, Itália e França, além dos países do Mercosul.

Atualmente, o aço está sendo redescoberto por projetistas e empreendedores brasileiros, pois apresenta inegáveis vantagens sobre sistemas construtivos convencionais. A construção metálica tem perspectivas amplas de expandir-se no Brasil, já que este tipo de construção foi largamente utilizada em décadas passadas em edificações comerciais, industriais e residenciais (von KRÜGER, 2000 ; SALES, 2001).

Com a modernização do parque siderúrgico brasileiro e os esforços das indústrias da construção do aço na introdução de inovações tecnológicas no processo siderúrgico, estas indústrias siderúrgicas começaram a fornecer aos empreendedores da construção civil, um aço com alta qualidade, menor custo e prazos mais curtos na entrega, consequentemente, a obtenção de novos mercados.

Com a fabricação, a adaptação, a utilização de elementos e materiais de fechamento e o desenvolvimento de novas técnicas construtivas, como parte primordial à industrialização da construção civil aliado às estruturas metálicas, os sistemas de fechamento tornam-se importantes componentes na diminuição do déficit habitacional do Brasil, principalmente de habitações de baixo custo, estruturadas em aço, visando a população de baixa renda.

No entanto, um dos maiores entraves para o uso em maior escala da estrutura metálica no Brasil é justamente o desconhecimento de soluções eficientes para o casamento perfeito entre a estrutura metálica e os sistemas de fechamento (SALES, 2001).

## **2.2. Construção industrializada**

Historicamente falando, a construção industrializada surgiu ao final da 2ª Guerra Mundial nos países europeus mais castigados pelo conflito. Estes apresentavam um déficit habitacional de 40 milhões de moradias, e a solução para essa angustiante situação tinha de ser rápida e eficiente. A construção convencional levaria cerca de cem anos para atingir o seu objetivo, ou seja, a reconstrução de tudo que fora destruído, conforme avaliação dos técnicos e engenheiros. A solução por eles encontrada foi a utilização dos sistemas de moradias pré-fabricadas, o que lhes possibilitou alcançar o objetivo em apenas vinte e cinco anos (DIRIGENTE CONSTRUTOR, 1992).

Da década de 1970 até os dias de hoje, essas habitações vêm sendo melhoradas, também com pré-fabricados, hoje denominados de sistemas de fechamentos industrializados ou construção seca. A construção industrializada é um fenômeno da atualidade e veio ao encontro das grandes alterações processadas no século passado, tais como, o crescimento demográfico, a concentração urbana e a integração de grande parcela da população no mercado de consumo. Ela tem origem em processos industriais e pretende incorporar a racionalização e a agilidade das linhas de montagem, tanto na área produtiva quanto na execução nos canteiros de obra. Dessa forma, pode-se destacar a construção estruturada em aço e sistemas complementares eficientes, como uma das principais soluções para a construção industrializada racional (SALES, 2001).

Um bom exemplo deste tipo de construção é o Palácio de Cristal, construído para a primeira Exposição Internacional de Londres, em 1851, Figura 2.5, e destruído por um incêndio anos mais tarde. Esta construção é considerada a pedra de toque dos meados do século XIX e que aponta em direção ao século XXI. O Palácio de Cristal era inteiramente de ferro e vidro, e foi projetado por Joseph Paxton, que não era arquiteto, e foi desenhado para produção em escala industrial de suas partes (von KRÜGER, 2000).



FIG. 2.5 – Palácio de Cristal/Londres  
(Fonte: EPDLP, 2003)

Para este tipo de construção, é preciso que os componentes e elementos estejam devidamente associados ao processo de produção, e este seja coerente com as condições reais de execução. Os componentes devem ser normalizados, facilmente transportados, embalados e montados no canteiro de obras, de forma a serem mundialmente aceitos e determinando assim uma construção industrializada eficiente em todos os seus aspectos técnico-constructivos (SALES, 2001).

Os principais produtos siderúrgicos empregados na construção metálica são os produtos laminados, os perfis soldados e os elementos de ligação, oferecendo assim aos projetistas uma grande e variada gama de produtos, com aplicação em construções estruturadas em aço. As estruturas metálicas já são, por sua própria natureza, pré-fabricadas. Por exemplo, os perfis I, U e H são produtos prontos para serem utilizados.

### **2.2.1. Sistemas de fechamento**

Em relação à construção estruturada em aço, os sistemas de fechamento, superfícies que definem os espaços construídos de uma edificação, são uma das etapas mais importantes no processo construtivo como um todo, pois estão diretamente ligados à imagem e ao conforto de qualquer edificação. Os sistemas de fechamento no mercado da construção

civil industrializada do nosso país são muito diversificados e em sua maioria importados, e são classificados com alguns critérios conforme apresentados na Tabela 2.1 (SALES, 2001).

TAB. 2.1 – Classificação dos Sistemas de fechamento (Fonte: SALES, 2001)

Utilização do fechamento	Paredes e/ou Divisórias – Vertical Cobertura – Horizontal Piso – Horizontal
Situação do fechamento	Interno / Externo
Posição do fechamento em relação à estrutura	Eixo / Face
Tipo de Ligação entre o fechamento e a estrutura	Vinculado / Desvinculado
Processo de produção do fechamento	Moldado in loco: Vinculado Desvinculado Cortina Contraventamento  Industrializado: Placas e Painéis

Entretanto, para se alcançar uma inovação tecnológica, não basta importar componentes isolados e/ou sistemas funcionais não adaptados à realidade e necessidades do mercado brasileiro, é preciso pesquisar novos tipos de materiais que apresentem as mesmas características técnicas dos importados a um baixo custo final. Desse modo, os produtos com inovações tecnológicas serão largamente e rapidamente incorporados nos processos produtivos da indústria da construção civil, desde que a mão-de-obra seja treinada adequadamente na sua utilização. Pode-se com isto também construir habitações de baixo custo e com condições climáticas favoráveis de conforto, voltadas principalmente para a população de baixa renda.

Na fase de anteprojeto há a definição dos tipos de materiais a serem escolhidos e detalhados para os sistemas de fechamento horizontal e vertical que serão utilizados na edificação. Os sistemas de fechamento verticais compreendem as paredes externas e as divisórias internas. Os sistemas de fechamento horizontais compreendem os pisos, as

lajes, os forros e o telhado. O telhado e as paredes externas separam o ambiente externo do interno, com a função de proteção e também a de estética. Estes componentes são essencialmente considerados como materiais não estruturais, com exceção do telhado, que sempre transfere uma parte das cargas de vento ou chuva aplicadas na edificação para a estrutura principal da mesma.

Para os sistemas de fechamento, são comuns painéis compostos de duas superfícies metálicas ou não, e com um enchimento de material isolante térmico entre as mesmas, por exemplo, poliuretano, lã de vidro, lã de rocha, etc. Outro tipo de painel muito utilizado na construção metálica são os pré-fabricados que geralmente se apresentam sob a forma de elementos prontos para a montagem. Tanto um quanto outro, se adaptam a qualquer tipo de edificação, e podem ser executados em combinação com outros materiais, como o vidro, o alumínio, o aço inoxidável e a alvenaria convencional. As principais vantagens destes tipos de sistemas de fechamento são, a rapidez de montagem, economia de espaço devido às pequenas espessuras, peso reduzido em comparação com as paredes de alvenaria convencional, a resistência aos agentes atmosféricos, a fácil manutenção e a variedade de aspectos estéticos.

#### 2.2.1.1. Alvenaria de Tijolos ou Blocos Cerâmicos

Inicialmente faz-se um breve histórico sobre o surgimento e utilização da cerâmica na fabricação de tijolos utilizados nas edificações. A cerâmica começou a ser desvendada quando as primeiras escavações arqueológicas encontraram vestígios cerâmicos, materiais imensamente resistentes ao passar do tempo, demonstrando sua existência ser bastante antiga. Entre 8.000 e 7.000 a.C. foram encontrados vestígios de casas feitas de tijolos de barro em Jericó, na Antiga Palestina, com muros de pedra. Nesse período, ainda não existia nessa região a cerâmica propriamente dita, mas apenas vestígios de uma cerâmica pré-neolítica. Os assírios e caldeus foram provavelmente os primeiros povos a produzirem tijolos cerâmicos. No Egito, a pedra sobrepuiu o tijolo, porém os povos romanos levaram, juntamente com o seu domínio sobre o mundo, seus conhecimentos cerâmicos a todas as partes. No Novo Mundo, na região do México e Peru, as cerâmicas datam do período de 1.000 a.C. a 1.000 d.C. (BRAÚNAS, 2003).

Entretanto, foram os árabes que revalorizam extraordinariamente este material, a ponto de seu uso caracterizar a arquitetura maometana. Na Espanha há vários registros da aplicação dos tijolos pelos árabes em obras lindíssimas. Em Londres, o grande incêndio ocorrido em 1666 que destruiu um grande número de casas de madeira, alertou a população para a reconstrução da cidade utilizando tijolos (PETRUCCI, 1979).

Os materiais cerâmicos apresentam absorção de água elevada e baixa resistência mecânica, pertencendo a esta categoria os tijolos para a construção civil nos quais a argila é o principal constituinte. Os tijolos são em geral avermelhados, decorrente da presença do óxido de ferro e são obtidos pela secagem e cozimento de materiais argilosos, primeiro ao sol e depois em fornos.

Os tijolos devem possuir algumas características importantes, fixadas por normas brasileiras específicas, tais como, a forma regular (paralelepípedica) com dimensões constantes e faces paralelas, a baixa capacidade de absorção, o cozimento uniforme, a resistência à compressão suficiente para o fim proposto, homogeneidade da massa e ausência de cavidades, trincas e corpos estranhos. Podem ser classificados, quanto à função: de fechamento, estrutural, de acabamento externo, para alvenarias sem revestimento e especiais, para uso em pisos, lajes pré-moldadas, etc. Entretanto, com o aparecimento das estruturas de concreto armado e das estruturas metálicas, o tijolo cerâmico foi relegado da sua função estrutural durante um certo período de tempo, passando a ser utilizado como simples elemento de fechamento e adornos. Atualmente, está novamente sendo utilizado em sua função estrutural através das alvenarias estruturais.

Os tijolos cerâmicos podem ser classificados em maciços comuns, aparentes maciços ou furados, furados ou blocos cerâmicos furados e especiais.

Os maciços comuns, também chamados de tijolos comuns ou tijolinhos, Figura 2.6, são usados mais comumente em alvenarias de fechamento, em geral alvenarias aparentes, chamadas de tijolo à vista e são especificados pelas normas NBR 7170 (1983), NBR 8041 (1983) (ABNT, 2003).





FIG. 2.6 – Tijolo cerâmico maciço  
(Fonte: JOAIA, 2001)

Os aparentes maciços ou furados, em sua grande maioria, são moldados por prensagem e alguns são extrudados, Figura 2.7. Muitas vezes esses tijolos são cozidos duas vezes, para maior uniformidade da cor, melhor qualidade e boa aparência de acabamento. Estes tijolos sofrem um processo de fabricação mais cuidadoso, onde se obtém uma maior resistência à abrasão e uniformidade de tamanho. Geralmente, estes tijolos apresentam um grau de vitrificação mais elevado e porosidade menor que os tijolos comuns, e também são especificados pelas mesmas normas NBR da ABNT, citadas anteriormente.

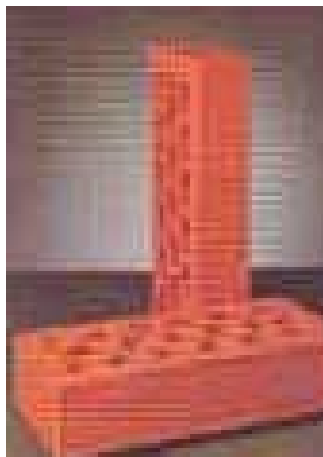


FIG. 2.7 – Tijolo furado para revestimento externo  
(Fonte: UTL, 2002)

Os tijolos furados ou blocos cerâmicos furados, Figura 2.8, são encontrados com uma grande variedade de texturas das paredes, de tipos e quantidade de furos e de dimensões. O número de furos e as dimensões, principalmente, são bem regionalizados. Este tijolo

foi desenvolvido visando à redução do peso próprio e na melhoria de suas qualidades de isolamento térmico. Desta forma, tornou-se um produto de grande utilização nas construções nos dias de hoje, e são especificados pelas normas NBR7171 (1992), NBR 8042 (1992) (ABNT, 2003).



FIG. 2.8 – Bloco cerâmico 10 x 15 x 25 cm de seis furos  
(Fonte: JOAIA, 2001)

Os tijolos especiais de cerâmica, com dimensões e formatos especiais, moldados por extrusão, são peças vazadas produzidas para funções bem específicas, tais como: redutoras de peso, usadas em lajes mistas e algumas vigas especiais, para complementação de vãos entre viguetas e, utilizadas para ventilação e iluminação de ambientes, Figura 2.9.



FIG. 2.9 – Tijolos especiais vazados (cobogós) para fechamentos.  
(Fonte: LEPRI, 2003)

### 2.2.1.2. Painéis e Blocos de Concreto Celular Autoclavado

O Concreto Celular Autoclavado, denominado neste trabalho de CCA, foi desenvolvido na Suécia em 1924, e segundo a norma técnica NBR13438 (1995), pertence ao grupo dos concretos leves. É obtido da reação entre cal, cimento, areia e pó de alumínio. Devido à adição de gases ou espuma e produtos químicos em sua composição, faz-se necessário o uso de um processo de cura em câmaras de vapor a alta pressão e temperatura, dando origem ao silicato de cálcio. Estes procedimentos garantem um composto de aspecto uniforme, propiciando um bom acabamento, dispensando revestimento e faz com que o concreto celular autoclavado seja um produto de excelente desempenho, e apresentando uma gama de produtos, Figura 2.10, muito utilizados na construção civil (SICAL, 2002).

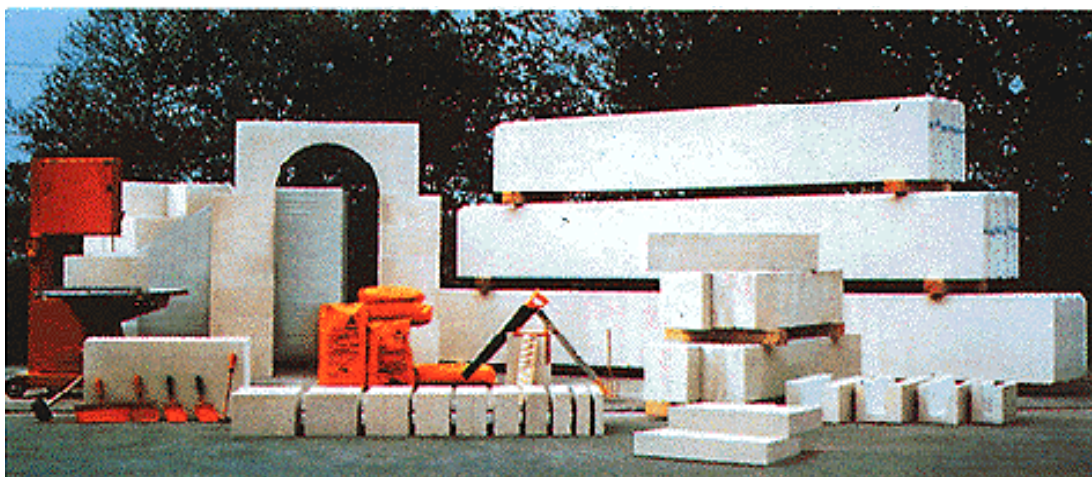


FIG. 2.10 - Linha de produtos de CCA  
(Fonte: SICAL, 2002)

Para a execução de alvenaria de fechamento, Figura 2.11, ou de alvenaria estrutural não armada utilizando os blocos de CCA, com densidade de  $500 \text{ kg/m}^3$  para fins de cálculo estrutural e resistência mecânica de 2,5 a 4,5 MPa, estes blocos apresentam uma grande redução de peso à estrutura da edificação, custo total da obra, mão de obra e no consumo de argamassa para assentamento e revestimento.



FIG. 2.11 - Alvenaria de fechamento com blocos de CCA  
(Fonte: SICAL, 2002)

Em uma edificação, a fundação e a estrutura representam juntas, em média, 26% do custo total da obra. Substituindo-se por exemplo, os tijolos cerâmicos furados pelos blocos de concreto celular autoclavado, pode-se obter, uma redução de aproximadamente 60% no peso das alvenarias, pois está se trocando um material de densidade  $1200 \text{ kg/m}^3$  por outro de  $500 \text{ kg/m}^3$ . Os blocos convencionais de CCA, Figura 2.12, para alvenaria de fechamento apresentam normalmente, as dimensões de  $60 \times 30$  cm e espessuras variáveis 10,0 cm, 12,5 cm e 15,0 cm.

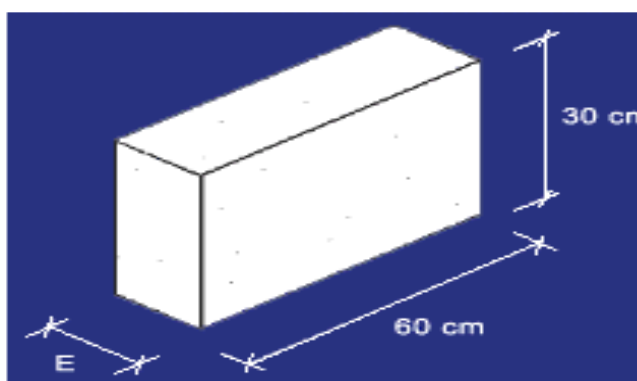


FIG. 2.12 – Dimensões de Bloco convencional de CCA  
(Fonte: SICAL, 2002)

Na Tabela 2.2 são apresentadas as propriedades termofísicas de um bloco convencional. Os blocos de CCA na densidade seca de  $410 \text{ kg/m}^3$  apresentam um coeficiente de condutividade térmica de  $0,097 \text{ W/(m.K)}$ , o que possibilita executar paredes com

excelentes índices de isolamento térmico. Uma parede de 10 cm de espessura executada com este tipo de bloco e não revestida apresenta um índice de isolamento contra sons aéreos (IA) de 37 dB, suficientes para assegurar condições de conforto ao usuário da edificação. Para as paredes construídas com materiais convencionais apresentarem os mesmos índices de isolamento térmico e acústico que estas paredes executadas com blocos de CCA de 10 cm de espessura, elas deveriam ter espessuras bem maiores (SICAL, 2002).

TAB. 2.2 - Propriedades Termofísicas de Bloco - Classe C25 (Fonte : SICAL, 2002)

ÍTEM	UNIDADE	VALOR	REFERÊNCIA	
Densidade Nominal Aparente	kg/m <sup>3</sup>	500	-	
Densidade Aparente Seca	kg/m <sup>3</sup>	430-450	NBR 13440	
Resistência à compressão	Mpa	2,5	NBR 13439	
Módulo de deformação	Mpa	1300-1400	HEBEL	
Condutividade térmica	W/(m.K)	0,13	IPT-2001 881009	
Coef. Dilatação térmica linear	m/°C	3,2-3,8x10 <sup>-6</sup>	IPT-91 789512	
Taxa inicial de sucção	Estado natural	Kg/m <sup>2</sup> /min	RILEM	
	Estado seco			
Absorção por imersão (24h)	% em volume	34,7	SICAL	
Ponto de fusão	°C	1100-1200	SICAL	
Índice de isolamento sonoro-parede simples com bloco de 125 mm com revestimento de 25 mm externo e 10 mm interno	DB	41	IPT-95 828144	
Índice isolamento sonoro – parede dupla com bloco CCA-BA 100mm separada por 5cm camada de ar	DB	55	ISSO/ R 717 HEBEL	
Resistência ao fogo – parede com bloco 150mm revestida nas duas faces	Min	360 (CF-360)	IPT-92 799.427	
Retração à secagem	Estado natural (14%)	mm/m	0,08	RILEM LC 4-1
	Estado saturado (30%)	mm/m	0,46	DIN 4223

Estes blocos de CCA em relação a outros produtos pré-moldados convencionais utilizados na confecção de paredes em edificações estruturadas em aço podem apresentar certas vantagens, tais como:

- a) Maior produtividade, economia, prazo menor da obra, sendo ainda mais leve.
- b) Não sofre alterações com o tempo e não é afetado por condições ambientais desfavoráveis devido à sua durabilidade ser maior.
- c) Apresenta uma boa resistência à ruptura por compressão, e permite a execução de alvenaria autoportante, até quatro pavimentos.
- d) Por ser resistente ao fogo, é empregado como proteção eficaz contra incêndio.
- e) Pode ser facilmente serrado, furado e escarificado, facilitando a passagem de tubulações, se tornando mais eficiente e reduzindo o desperdício quando comparado com os outros produtos.
- f) Não agride o meio ambiente, pois não possui substâncias tóxicas ou agentes agressivos à saúde e ao meio ambiente.
- g) O produto atende às normas brasileiras, e as matérias-primas passam por rigoroso controle, e a qualidade do processo de produção é garantida, e se encaixa em qualquer área da construção civil.

Os painéis de CCA para fechamento interno e externo possibilitam a rápida execução de paredes similares às executadas com blocos. São painéis maciços e leves e que possuem densidade de  $750 \text{ kg/m}^3$ , sendo armados com malha de aço eletro-soldado, Figura 2.13, com as mesmas propriedades termo-acústicas dos outros blocos em CCA, dimensões padronizadas, e comprimento variável até 300 cm, largura de 30 a 57,5 cm e espessuras de 10, 12,5 e 15 cm, Figura 2.14. Comparando-se os resultados obtidos com tijolo cerâmico, bloco de concreto e com blocos de CCA, constata-se que o mesmo permite uma maior produtividade da mão-de-obra, reduz o prazo na execução da obra, evita perda de material, tem menor consumo de argamassa colante de assentamento e, conseqüentemente, reduz o custo final da obra.



FIG. 2.13 – Painel seccionado de CCA  
(Fonte: SICAL, 2002)

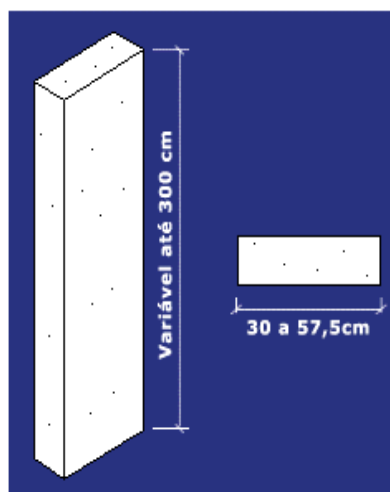


FIG. 2.14 – Painel convencional de CCA  
(Fonte: SICAL, 2002)

Hoje, tem-se disponível no mercado da construção civil o painel em CCA revestido, Figura 2.15. Este tipo de painel é uma solução prática, econômica, moderna e compatível com todas as soluções arquitetônicas e estruturais. Fabricado sob as mais rigorosas normas técnicas, o painel revestido apresenta inúmeras vantagens sobre as paredes convencionais e sobre os painéis pré-moldados de concreto, possuindo as mesmas propriedades e características dos painéis convencionais para fechamento interno e externo, mas com uma única diferença, o painel revestido sai de fábrica com

revestimento escolhido pelo cliente, tais como granito, mármore, cerâmica, granitina, pastilha, entre outros, diferenciando-se assim dos painéis do mesmo material ( SICAL, 2002).



FIG. 2.15 - Painel revestido de CCA  
(Fonte: SICAL, 2002)

Na montagem dos painéis à estrutura é utilizado um conjunto de fixação por meio de *inserts* metálicos (ANEXO II) instalados no painel de Concreto Celular Autoclavado e a solidarização e vedação entre eles é feita a partir do grauteamento dos encaixes fêmea-fêmea existentes entre os mesmos. Uma placa de EPS que serve para desvincular a alvenaria da estrutura, Figura 2.16, é utilizada impedindo a transferência de grande parte dos esforços da estrutura para os painéis de fechamento que compõem a parede, além de servir para guiar o posicionamento dos painéis para o preenchimento dos vazios entre os painéis e o piso.

Durante o levante dos painéis que compõem uma das etapas de montagem e que constituirão as paredes da edificação, Figura 2.17, deve-se verificar o nível e o prumo dos mesmos, para que a edificação concluída com este tipo de painel não venha apresentar problemas mais tarde aos seus moradores, conseqüentemente, desestimulando a utilização deste sistema construtivo em obras futuras.



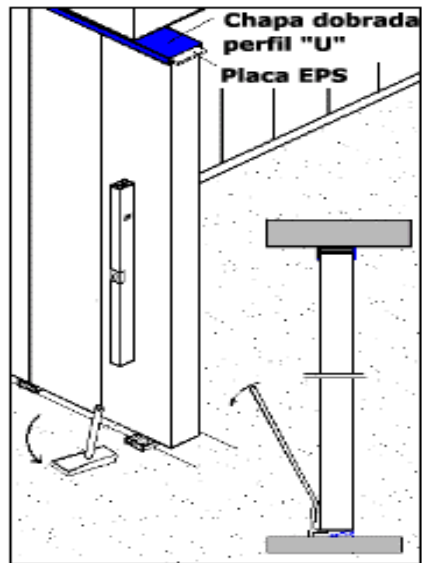


FIG. 2.16 – Detalhe da montagem do *insert* metálico – EPS  
(Fonte: SICAL, 2002)



FIG. 2.17 – Painéis em fase de montagem  
(Fonte: SICAL, 2002)

Muitas edificações destinadas à população de média e baixa renda utilizam as placas padrão de CCA que possuem dimensões padronizadas, forma em encaixe macho-fêmea e são facilmente montadas, Figuras 2.18 e 2.19. Estas placas foram especialmente

criadas para racionalizar a construção de casas populares, Figura 2.20. Entretanto, não existe um sistema construtivo para tal aplicação, pois o bloco é assentado de forma convencional, apesar de suas peculiaridades como as suas dimensões consideravelmente maiores do que as dos outros blocos convencionais e, além da necessidade do uso de argamassa de traço especial para assentamento (HABITAR, 2002).

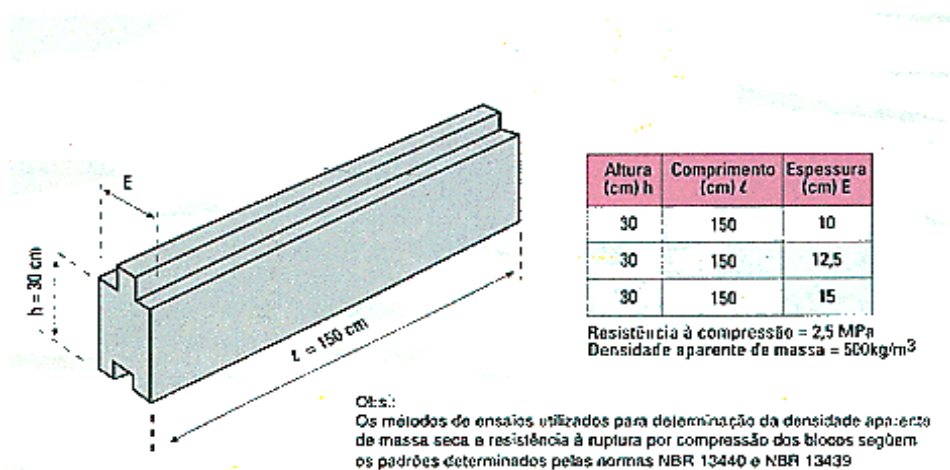


FIG. 2.18 – Detalhe da Placa padrão CCA para casas populares (Fonte: HABITAR, 2002)

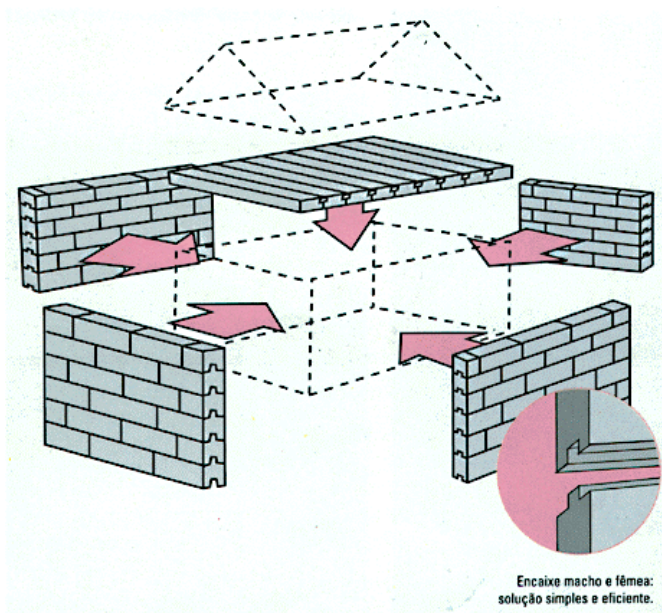


FIG. 2.19 – Sistema de montagem das Placas padrão CCA (Fonte : HABITAR, 2002)



FIG. 2.20 – Habitação com placa padrão de CCA  
(Fonte : SICAL, 2002)

#### 2.2.1.3. Painéis de Poliestireno Expandido (EPS)

Na fabricação dos Painéis de Poliestireno Expandido(EPS) a matéria prima utilizada é obtida através de um processo de polimerização do estireno junto com um agente de expansão. Este elemento apresenta-se sob forma de pérolas de 0,4 a 2,5 mm de diâmetro e são expandidas livremente pela ação do vapor, regulando-se a densidade desejada. O painel EPS tem um baixo peso específico, pois é composto basicamente, de 2% de poliestireno e 98% de micro-células fechadas contendo ar, cor branca, inodoro, reciclável, não poluente, fisicamente estável, e de melhor qualidade nas temperaturas de -70 a 80 °C. Normalmente, estes painéis são moldados com densidades variando de 13 a 25 kg/m<sup>3</sup> (POLIPAC,2002). Painéis com densidades maiores ou menores podem ser utilizados para casos específicos, e são comercializados em placas de 100 x 50 cm e com várias espessuras, Figura 2.21.

Os painéis EPS apresentam, como características especiais, alta resistência à compressão, à vibração mecânica, baixa condutibilidade térmica, baixa absorção de

água e umidade, além de resistência à difusão do vapor e excelente elasticidade. Também pode ser auto-extinguível, ou seja, não propaga chama.

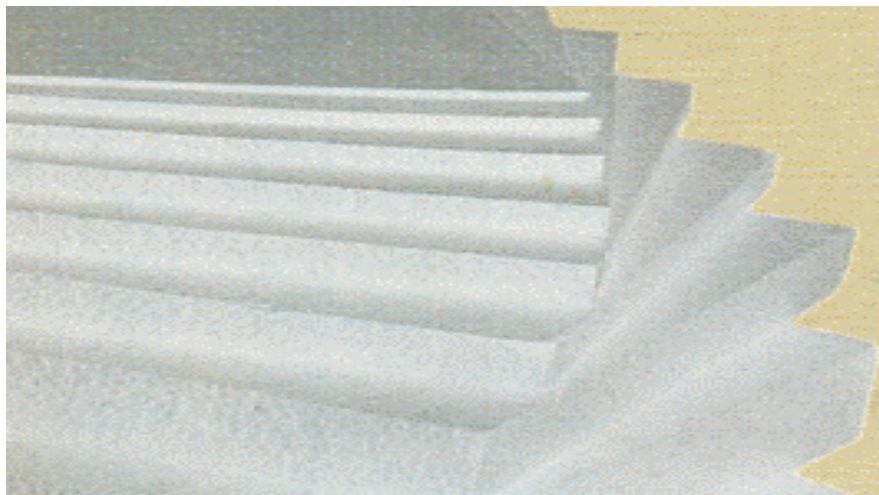


FIG. 2.21 - PAINEL DE EPS  
(Fonte: ISOCEL, 2002)

As várias propriedades dos Painéis de EPS aliadas à praticidade, rapidez, leveza e economia, levam a um aumento na composição e aplicação de painéis de EPS como paredes pré-moldadas em edificações com estruturas mais modernas e leves que congregam harmoniosamente concreto, aço e EPS. A utilização cada vez maior desse material nos mais diferentes setores da construção civil, o faz um dos materiais de grandes tendências para o futuro.

No Brasil, um país com a extensão territorial e com diferenças climáticas muito grandes, justifica-se o uso deste tipo de painel na composição de uma parede de uma edificação com a finalidade de proteção ao usuário e da habitação através do isolamento térmico de telhados e paredes, seja por conforto térmico ou por economia de energia.

#### 2.2.1.4. Painéis Isolite

O projeto dos painéis Isolite com EPS teve origem na Europa, desenvolvido em regiões sujeitas a terremotos e com a intenção de se criar uma estrutura monolítica que não desmoronasse e agregasse um elemento térmico e acústico. A idéia básica consiste na

possibilidade de atender no mesmo sistema construtivo, exigências normativas de desempenho estrutural, conforto termo-acústico e impermeabilidade (ISOLITE, 2002).

O sistema construtivo Isolite é moderno, simples e engenhoso, e utiliza conceitos e equipamentos da mais alta tecnologia, oferecendo ao projetista muita flexibilidade arquitetônica e estrutural. É largamente difundido em países como Itália, França, Inglaterra, Estados Unidos e outros, onde já é considerado um elemento indispensável quando o objetivo do empreendimento é a racionalização de processos e redução de custos, e tem no geral, um método construtivo simples onde se obtém a funcionalidade e a adequabilidade.

Comparado aos sistemas construtivos tradicionais, há uma limpeza e racionalização na obra, reduzindo desperdícios e tornando-se um sistema no aspecto construtivo muito eficaz, portanto, de muito futuro para o mercado brasileiro da construção civil, onde ainda é utilizado o sistema tradicional e o desperdício de material é alto.

O sistema construtivo Isolite, Figura 2.22, é composto por um núcleo central, ou seja, uma placa de poliestireno expandido (EPS), principal responsável pelo isolamento termo-acústico do painel e com uma certa espessura, recoberta em ambas as faces com telas de aço eletro-soldadas de alta resistência, vinculadas entre si por meio de espaçadores do mesmo material a elas soldadas. Este painel recebe também a aplicação de uma argamassa projetada (microconcreto) composta de areia fina, areia média e cimento com a inclusão de fibras plásticas e aditivos, com espessura em torno de 3 cm em ambas as faces sobre a placa, conferindo a este uma característica estrutural de concreto armado bastante delgada e de alta resistência.

A união deste sistema com miolo de EPS criou um painel que é montado antes da aplicação de argamassa e torna-se monolítico depois de pronto, criando uma edificação leve, além de muito confortável. O painel pode ser produzido em fábrica e montado na obra.

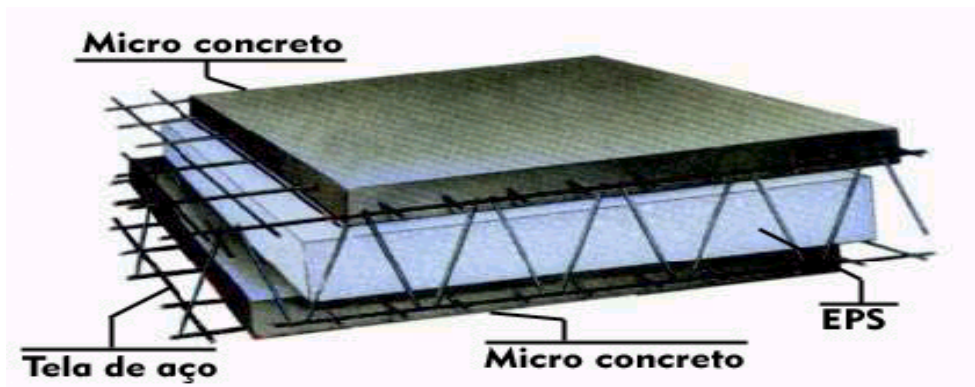


FIG. 2.22 - Esquema da composição dos painéis Isolite autoportantes  
(Fonte: ISOLITE, 2002)

Os painéis Isolite podem ser encontrados nas versões Isolite simples e duplo. O Isolite Simple pode ser aplicado em construções térreas e assobradadas. Para funções autoportantes em obras de até dois pavimentos, recebe o revestimento de argamassa estrutural nas duas faces, e pode ser usado também como divisória e fechamento de obras convencionais e de estruturas metálicas, ou como revestimento isotérmico interno ou externo em edifícios novos e em reforma. O Isolite Duplo, pode ser aplicado em edifícios de diversos pavimentos. Para isto ser possível, recebe uma armadura interna adicional de aço para receber concreto entre as placas que o compõem, e recebe revestimento de argamassa estrutural nas faces externas, e concreto entre os dois painéis.

O sistema construtivo, que utiliza os painéis Isolite, apresenta vantagens, tais como:

- a) Os painéis são fabricados de maneira a compor as paredes bem como as aberturas de portas e janelas previstas no projeto arquitetônico.
- b) Os painéis são montados engastando-se uns aos outros por um processo normal de amarração de ferragens, engastando-se entre si através de encaixes da própria estrutura e a ferros de espera a partir das fundações. A cada ângulo reto, são colocadas cantoneiras em tela de aço, externa e internamente aos painéis, e nos cantos das aberturas de portas e janelas são colocados telas de aço planas a 45° para neutralizar esforços de cisalhamento.

- c) Após a montagem final, os painéis formam um conjunto monolítico, garantido por uma continuidade estrutural das telas de aço e das placas isolantes, que dão características de isolamento termo - acústico.
- d) A facilidade na execução do projeto confirma a eficácia do sistema construtivo. A operação requer pouco tempo e não necessita da assistência de profissionais especializados.
- e) Facilidade na colocação das instalações elétricas e hidráulicas embutidas nos painéis antes do jateamento da argamassa estrutural de micro concreto.
- f) Apresenta um canteiro de obras organizado e a sua limpeza demonstra não ocorrerem perdas e nem desperdícios de material.

Devido à leveza que o painel Isolite tem, ele apresenta em relação aos outros tipos de painéis uma série de vantagens adicionais como poder ser facilmente transportado, manuseado e na fase de montagem colocado na posição por um operário, mesmo quando tenha mais de 4 m<sup>2</sup> de superfície, simplificando e acelerando a montagem e, também, dispensando a necessidade de mão-de-obra especializada, Figura 2.22.



(a) Montagem

(b) Instalação Elétrica e Hidráulica

(c) Micro concreto

FIG. 2.23 - Etapas de execução do painel Isolite na obra  
(Fonte: ISOLITE, 2002)

Para alguns ambientes internos de certos tipos de edificações, a colocação de laje de cobertura utilizando este sistema construtivo dará a estes ambientes melhores condições de conforto termo-acústico, Figura 2.24.



FIG. 2.24 – 1ª Etapa da montagem de paredes e laje em painéis Isolite  
(Fonte: ISOLITE, 2002)

Utilizando um outro tipo de laje de cobertura, a mesma é colocada somente depois da primeira mão de jateamento em todas as paredes, internas e externas. Esta laje pode ser composta por vigas treliçadas, lajotas em EPS (caixão perdido em isopor), armadura de mesa, armação adicional e concreto (traço convencional), enquanto o escoramento é feito pelo processo habitual de construção.

Para comprovação da qualidade e segurança deste sistema construtivo, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo - IPT, utilizando os procedimentos prescritos em normas nacionais e internacionais, realizou ensaios de Caracterização da placa EPS [ASTM E 96(1980), ASTM D 2842(1969), ASTM D 1622(1988), ASTM D 3014(1989)], de Caracterização da malha de aço [NBR 6207(1982), EB 565(1989), MB 776(1989)], da Qualidade da argamassa (micro concreto) [NBR 5739(1994)] e da Qualidade do painel pronto [MB - 1192(1977), ANSI/ASHRAE 55(1981), ISO 140/111(1978), Mil/Std 810 - Method 508.3 "Fungus", Procedure I] (ISOLITE, 2002).

#### 2.2.1.5. Painéis com Placas Cimentícias

As placas delgadas de concreto, hoje conhecidas como placas cimentícias, foram desenvolvidas e introduzidas no mercado no fim da década de 60, após serem



patenteadas em 1966, conforme apresentação feita na 8ª Conferência Internacional sobre a Durabilidade dos Materiais de Construção e Componentes que houve em *Vancouver* no Canadá em Maio de 1999. Estas placas foram primeiramente desenvolvidas para atuarem como base confiável para assentamento de cerâmicas e pedras naturais (USEPLAC, 2002).

A aceitação destas placas no mercado da construção civil foi motivada pelo desempenho insatisfatório dos produtos de gesso e de madeira utilizados na época, quando expostos às intempéries (água, alta umidade, e pode-se também adicionar as condições em que há variações de umidade e temperatura significativas e/ou freqüentes). Inicialmente estas placas foram utilizadas em interiores de áreas sujeitas à alta umidade e/ou contato com a água, e em áreas de maior solicitação (paredes de corredores). Atualmente há uma grande expansão mundial em seu uso para áreas externas como fechamento e/ou base de revestimentos (USEPLAC, 2002).

As placas cimentícias são componentes produzidos industrialmente, com alto padrão de qualidade e prontas para o uso na obra, sendo compostas de cimento *Portland*, quartzo, fibras de celulose e agregados minerais leves (como por exemplo, a perlita, um agregado leve, resistente e durável), podendo também conter aditivos. Com a mistura destes materiais e pelo processo de autoclave, em que as placas recebem vapor de água com alta pressão e a uma temperatura elevada, que lhe confere estabilidade dimensional e reduz ao mínimo o coeficiente de dilatação e absorção de umidade, obtém-se um produto homogêneo, de superfície lisa e de alta resistência. O comportamento elástico desejável e a resistência à flexão são obtidos com a presença das telas de fibras de vidro em ambas as faces, colocadas durante o processo de produção. Esta tela tem a finalidade de absorver e distribuir as tensões às quais a placa esteja submetida. Desta maneira, evita-se o surgimento de fissuras provocadas pela variação de temperatura, garantindo-se assim, uma maior durabilidade do produto acabado (PEZENTE, 2002).

As placas cimentícias são utilizadas em situações onde se requer maior resistência a impactos e à ação das águas, como o requerido para as fachadas. Podem, no entanto, serem utilizadas na composição de painéis para fechamento de ambientes internos

(cozinhas, banheiros, saunas, etc.) e também podem ser aplicadas em edificações residenciais, industriais, comerciais, escolares e hospitalares, conforme requisitos de projeto, adaptando-se a todo tipo de acabamento disponível no mercado (ARTICLE HOUSE, 2002).

A estrutura metálica “*Steel Frame*” das paredes é formada por guias (peças horizontais fixadas no chão e teto) e montantes (peças verticais com espaçamento apropriado), que são colocados no interior das guias, e também quando necessário um contraventamento, formando-se assim, um quadro estável e seguro. Pronta a estrutura metálica, procede-se à instalação de eventuais componentes elétricos, hidráulicos, entre outros, conforme requerido em projeto, e estas instalações são executadas no interior das paredes e antes do fechamento das mesmas, facilitando e agilizando este trabalho. Em seguida efetua-se a fixação das placas cimentícias à estrutura, Figura 2.25, por meio de parafusos especiais.



FIG. 2.25 - Vistas externa e interna de *Steel-Frame* com placas cimentícias

Para um melhor desempenho térmico e acústico do sistema de fechamento composto com placas cimentícias, pode-se proceder à instalação de lã-de-vidro ou lã-de-rocha, Figura 2.26, produtos específicos para esse fim, entre as placas já fixadas na estrutura metálica conforme requisitos de projeto.



FIG. 2.26 – Fixação de placa cimentícia após colocação de lã-de-vidro  
(Fonte: PEZENTE, 2002)

Após a montagem final das placas, as juntas são tratadas com fita e massa apropriada, garantindo a estanqueidade final da parede. Assim, a superfície plana e uniforme está desse modo pronta para receber os revestimentos finais, tais como: pintura, azulejos, granito, mármore e *siding* de PVC, Figura 2.27. As placas cimentícias são também utilizadas na execução de pisos entre outras aplicações.



FIG. 2.27 - Fachada de edificação e detalhe da junta tratada com massa

As paredes constituídas por painéis com placas cimentícias oferecem várias vantagens quando comparadas com outras paredes que utilizam materiais tradicionais. O fato das placas terem menor espessura, serem leves e de fácil manuseio, leva a um aumento de produtividade, ganho de área útil, menor desperdício de material, redução de cargas nas estruturas e fundações, elevada resistência a impactos e a ação da umidade.

Cada fabricante fornece suas próprias placas cimentícias e toda a linha de componentes padronizados, e também ferramentas necessárias à execução de uma parede, tais como: perfis metálicos, parafusos de fixação, Figura 2.28, buchas, massas para juntas, furadeiras e parafusadeiras, espátulas, estiletes, etc. Portanto, projetistas e construtores devem seguir as especificações dos mesmos, evitando-se assim, a perda de garantia dos componentes.



FIG. 2.28 – Parafusos para fixação de placas cimentícias

#### 2.2.1.6. Coberturas

Inicialmente, os homens primitivos construía m habitações precárias, com que procuravam suprir a necessidade fundamental de se proteger contra as agressões do meio ambiente, tais como, da chuva, do calor, do frio, do vento, da fauna e até dos próprios homens. As coberturas destas cabanas primitivas eram feitas com alguns

materiais perecíveis, como o colmo, a casca de certas árvores, de folhagens e de peles de animais.

As coberturas das edificações tem além da finalidade de proteção contra as intempéries, a função de proporcionar isolamento térmico visando o conforto no interior da edificação e, uma função estética quando incorporada à arquitetura. Atualmente, estas coberturas são compostas de telhas fabricadas com alguns tipos de materiais, tais como: a madeira, o material cerâmico, as pedras naturais, o aço, o material fibroso, o vidro e o concreto. Estas coberturas demandam declividades diferentes, uma mínima obrigatória que varia de acordo com cada tipo de telha utilizada e uma máxima que depende do modo de fixação das telhas aos telhados e posicionadas de modo a escoar as águas de chuva adequadamente. Os telhados são construções que se incorporam à edificação, Figura 2.29, e cuja forma corresponde as condições climáticas do lugar ou região onde são construídos (CARDÃO, 1979).



FIG. 2.29 - Telhado colonial português  
(Fonte: UTL, 2002)

Na edificação avaliada neste trabalho emprega-se somente as coberturas revestidas com telhas de material cerâmico, as quais constituem a grande maioria. O emprego deste material em pequenas lâminas, para cobertura de edificações, remonta a eras antigas. A matéria prima empregada na fabricação das telhas é a argila, a qual deve ser escolhida

com mais cuidado do que a utilizada na fabricação dos tijolos, a fim de que os efeitos de retração na secagem sejam minimizados, reduzindo com isso os problemas de porosidade e tolerância nas dimensões. Geralmente são fabricadas por prensagem, com dimensões bem definidas, e a secagem é mais lenta, para diminuir a deformação. A descoberta das propriedades que o tratamento pelo fogo confere às argilas, pode ter sido acidental, mas o homem rapidamente aprendeu a controlá-las e usá-las do modo mais consentâneo com as suas necessidades (PETRUCCI, 1979).

Atualmente, quando se pensa na construção de uma habitação, o conceito "telhado" surge associado às cores alegres e dos diversos tipos de telhas cerâmicas, Figura 2.30, seguras e saudáveis. Elas constituem um elemento de alto valor estético e tradicional na paisagem de cidades e de países como Portugal, Espanha, França, Itália e Grécia, e que de alguma forma fazem parte da cultura de um povo, identificando uma forma de viver adaptada a cada uma das regiões em que se inserem.



FIG. 2.30 – Tipos de telhas de outros países  
(Fonte: UTL, 2002)

Nos países do norte da Europa, as telhas cerâmicas estão progressivamente ganhando terreno, embora concorrendo com outros materiais alternativos. Assumindo a condição de grandes utilizadores de telhas cerâmicas, os europeus incrementaram os níveis de exigência técnica, exigências relativas a novos modelos e melhorias na geometria dos formatos tradicionais. As telhas cerâmicas europeias adaptaram-se bem ao aumento no rigor da qualidade, Figura 2.31, afirmando-se como produtos de longa durabilidade e eminentemente ecológicos e não agressivo para o meio ambiente no final de sua vida útil (UTL, 2002).



FIG. 2.31 – Telhado com telha Lusa  
(Fonte: UTL, 2002)

As telhas cerâmicas constituem um material excelente para revestimento de coberturas, e devem ter as seguintes características: isolamento térmico, acústico, difusão da umidade e variação mínima do seu volume. A propriedade de baixa porosidade que as telhas possuem leva a um índice de umidade de equilíbrio muito favorável, que qualifica as telhas cerâmicas como elementos de conforto na habitação. São mais duradouras e econômicas do que qualquer um dos outros materiais usados para o mesmo fim, como a ardósia, o aço zincado, o fibrocimento, etc.

Com o advento no uso de novos materiais na fabricação das telhas para as coberturas de edificações, tem-se tornado possível o surgimento de novas alternativas de projeto, tais como as telhas metálicas simples ou as telhas térmicas (sanduíche) compostas de um núcleo de poliestireno expandido e moldado em diversas formas, Figura 2.32. Este núcleo, devido a sua baixa massa específica ( $35\text{-}40\text{ kg/m}^3$ ) e auto-aderência durante a espumação, proporciona uma grande resistência estrutural por um peso baixo por metro quadrado de telhado. Estas telhas apresentam características técnicas, físicas e mecânicas elevadas, e excelente resistência térmica a altas e baixas temperaturas, que superam as exigências normativas de sua categoria, proporcionando uma proteção térmica do ambiente interno da edificação. Este tipo de telha pode ser fornecida também com um revestimento asfáltico que aumenta a sua resistência e capacidade de impermeabilização recomendada para a renovação de telhados (KNAUF-ISOPOR, 2002).

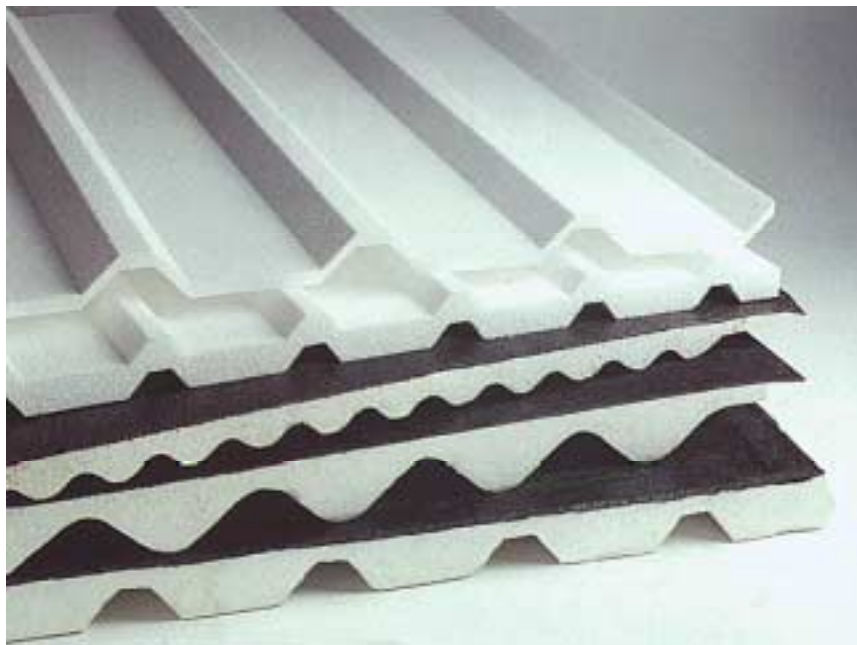


FIG. 2.32 – Núcleos de EPS para Telhas metálicas térmicas  
(Fonte: KNAUF-ISOPOR, 2002)



#### 2.2.1.7. Tetos/Forros e Laje

Os tetos são construções destinadas a proporcionar uma feição agradável e um melhor acabamento à parte inferior das estruturas dos entrepisos quando se trata de edifícios de múltiplos andares. No caso de habitações menores, os tetos e as lajes além de melhorar a feição e o acabamento à parte inferior das estruturas dos telhados, constituem uma barreira que obstrui o fluxo térmico originado pela radiação emitida pelas telhas da cobertura da edificação, de modo a proteger os seus usuários e também o interior das habitações contra respingos de chuva, da poeira e de insetos. Várias pesquisas desenvolvidas mostram que com a utilização de um forro ou de uma laje, as temperaturas no interior da edificação, geralmente, são menores do que a do ambiente externo, obtendo-se assim uma tendência na uniformização das condições de conforto térmico dos ambientes.

A denominação teto ou forro é indiferente. Em algumas regiões do país é adotada teto, enquanto em outras adota-se forro, qualquer que seja o tipo de material utilizado em sua fabricação. Quando se refere à um edifício de múltiplos andares, nos andares intermediários o teto de um andar corresponde ao piso de outro. De uma maneira geral, o teto ou forro é a parte vista, que se situa no ponto de maior cota do pé direito de uma edificação. Segundo o material utilizado em sua construção, pode-se classificar os forros em, Madeira, Tela *Deployé*, Estafe, Fibras, PVC, Gesso, Concreto Armado, etc. (CARDÃO, 1979). Neste trabalho utiliza-se somente o forro de Madeira e um tipo de Laje pré-moldada com Painel de Concreto Celular Autoclavado.

No forro de Madeira utiliza-se a madeira em forma de tábuas, com espessura reduzida, e pregadas ou aparafusadas no barroamento, elemento de suporte do forro, que pode ser de madeira ou metálico. As tábuas que irão constituir o forro propriamente dito são todas iguais, e segundo o tipo de colocação de uma tábua em relação à outra, apresentam 3 aspectos distintos, Figura 2.33.

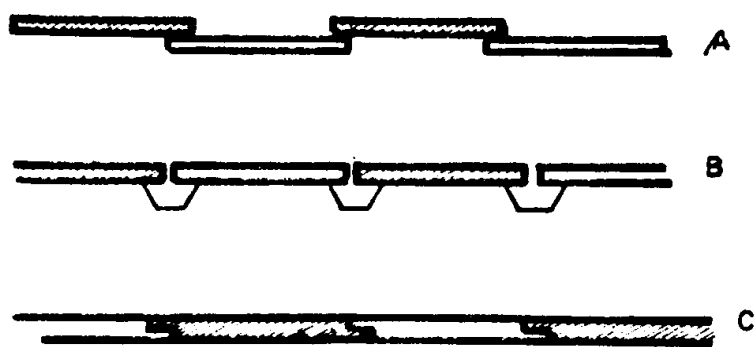


FIG. 2.33 – Secções dos tipos de forros de madeira  
(Fonte: CARDÃO, 1979)

Atualmente, é muito comum serem empregados os frisos para a construção de forros de madeira, principalmente em casas de baixo custo, destinadas à população de baixa renda. Os frisos são tábuas de 8 a 13 cm de largura e 10 a 12 mm de espessura. Da mesma maneira que os outros tipos de forro, estes frisos são pregados ao barroteamento, preliminarmente definido. Conforme a colocação das tábuas, os forros podem apresentar desenhos, dando um aspecto caprichoso ao mesmo, e em consequência disto, apresentam uma nomenclatura de forro paralelo, de divergente, de convergente e em diagonal, Figura 2.34. Pode-se ainda construir os forros trabalhados, nos quais são colocados painéis, uns salientes, outros rebaixados, adotando-se um tipo de desenho para cada um deles (CARDÃO, 1979).

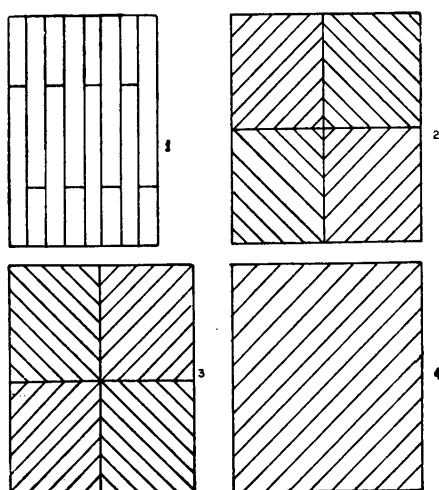


FIG. 2.34 – Modos de colocação das tábuas de forros  
(1) paralelo, (2) divergente, (3) convergente, (4) em diagonal.  
(Fonte: CARDÃO, 1979)

As Lajes pré-moldadas são moldadas à parte e colocadas em seu devido lugar, podendo apresentar-se sob a forma de painéis de Concreto Celular Autoclavado. Neste trabalho, adota-se este tipo de laje por ser mais econômica em termos de custo e prazo de execução. Este tipo de laje é composta por painéis de CCA que possuem as mesmas características dos outros tipos de painéis em concreto celular autoclavado já descritos anteriormente. Este painel tem uma seção transversal “sui generis”, Figura 2.35, com uma saliência em ambas as faces laterais da sua maior dimensão e que serve de apoio e colocação de groute (ANEXO II) entre os mesmos durante a fase de montagem.

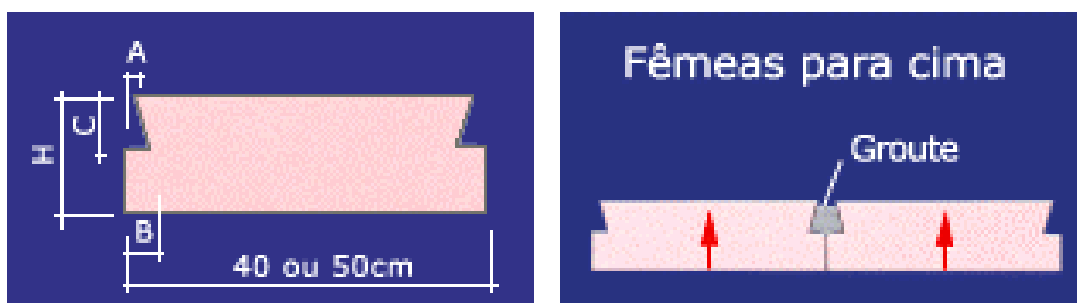


FIG. 2.35 – Seção de painel de CCA para Laje pré-moldada  
(Fonte: SICAL, 2003)

Este tipo de laje é o ideal para pequenos vãos livres, ou seja, 290 cm entre as faces de apoio, compondo desse modo o forro de laje pré-moldada em CCA para uma edificação do tipo popular. Recomenda-se que na montagem destes painéis sobre estruturas metálicas, Figura 2.36, os apoios tenham uma dimensão mínima de 5,0 cm.

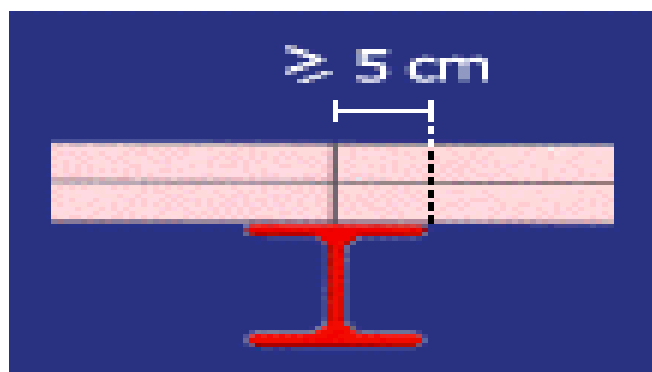


FIG. 2.36 – Apoio mínimo do painel de laje sobre estrutura metálica  
(Fonte: SICAL, 2003)

Pequenas aberturas para passagem de tubos poderão ser realizadas entre as juntas de dois painéis ou em outro ponto do painel, tomando-se o cuidado de não danificar a armação dos mesmos. Esta laje deve receber ferros negativos de extremidade que deverão ser soldados à estrutura metálica. A borda da laje e os sulcos entre os painéis deverão receber groute envolvendo os ferros negativos (F1, F2 e F3), Figura 2.37, devendo ficar totalmente envolvidos pelo groute.

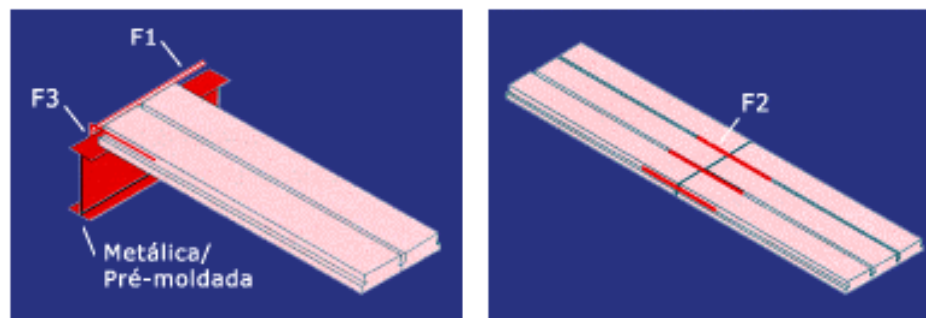


FIG. 2.37 – Montagem dos painéis de Laje pré-moldada em CCA  
(Fonte: SICAL, 2003)

#### 2.2.1.8. Revestimentos cerâmicos

Antes de discorrer sobre revestimentos cerâmicos, faz-se primeiramente um breve histórico do surgimento e utilização da cerâmica na confecção de revestimentos de paredes e de pisos usados nas edificações. Deve-se primeiro compreender o que se entende por cerâmica, que é a denominação comum a todos os artigos ou objetos produzidos com argila e queimados/recozidos ao fogo, ou seja, após tratamento térmico em temperaturas elevadas. Em escavações arqueológicas sempre tem-se encontrado vestígios cerâmicos, material muito resistente com o passar do tempo, demonstrando que sua existência é bastante antiga. Muito antes da era Cristã, no Egito, Mesopotâmia, atual Iraque, Sibéria, Grã-Bretanha e Ásia menor, já se registrava o emprego de peças moldadas e adornos de argila esmaltada para revestimento de paredes e pisos. Os materiais cerâmicos são fabricados a partir de matérias-primas classificadas em naturais: argila, caulim, dolomita, areia, e sintéticas: alumina, carbonato de silício e produtos químicos inorgânicos (UFSC, 2002). Estes materiais cerâmicos, por usarem matéria-

prima abundante na natureza, logo se tornaram algo essencial na história da humanidade. No Brasil, os materiais cerâmicos para revestimento de paredes e pisos compreendem os materiais mais utilizados atualmente na construção civil, e têm experimentado um avanço considerável nas últimas décadas e em muitas aplicações ainda são absolutos. O seu desenvolvimento é notável, particularmente entre os fabricantes exportadores destes materiais que seguem as normas brasileiras e a norma ISO 10545 (1995), em geral mais rígida, em busca de mercado internacional para os seus produtos.

Entre estes materiais de revestimento, existem dois tipos com alta vitrificação (ANEXO II), Figura 2.38, que se diferem através da qualidade na textura interna. O primeiro tipo é a louça, também chamada de faiança, que embora impermeável na superfície, é mais porosa no interior. Entre estes materiais estão os azulejos e pastilhas, utilizados principalmente para revestimentos de paredes de áreas molhadas e a louça sanitária. O segundo tipo é o grés cerâmico, que têm textura quase compacta e é muito utilizado na fabricação de ladrilhos para revestimento de pisos e das tubulações sanitárias, hoje em desuso depois do advento dos tubos de PVC (PETRUCCI, 1979).



FIG. 2.38 – Azulejos, Louças sanitárias e Ladrilhos  
(Fonte: UFSC, 2002)

Os azulejos são placas de louça de pouca espessura, com uma das faces vitrificada, na qual é feita uma pintura, geralmente obtida com óxido de chumbo, areia finíssima de grande fusibilidade, calda de argila e corante, Figura 2.39. Já a face posterior e as arestas não são vitrificadas e levam saliências para aumentar a fixação da argamassa no assentamento. A moldagem é feita a seco e o cozimento se dá a 1250 °C.

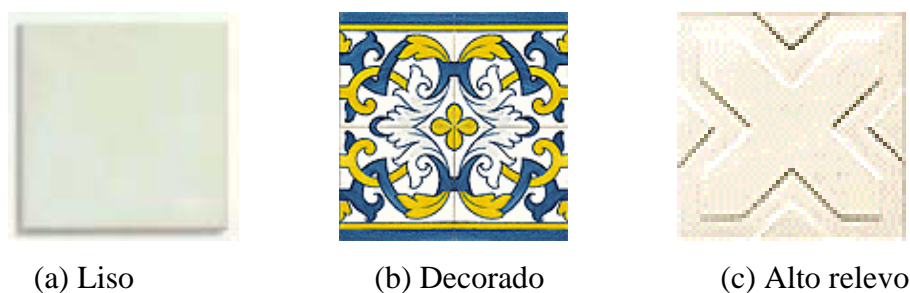


FIG. 2.39 – Tipos de Azulejos  
(Fonte: UTL, 2002)

Os ladrilhos utilizados para revestimento de pisos são fabricados com argila de grés, porém com teor bem pequeno de ferro e outras matérias-primas (adição de corantes), com a face vitrificada ou não, e com características compatíveis com a sua utilização, tais como, mais compactos que a cerâmica vermelha e mais escuros que a louça. A seleção da matéria-prima, as altas pressões de conformação e os altos graus de vitrificação obtidos com a queima em temperaturas elevadas, conferem aos ladrilhos cerâmicos, Figura 2.40, elevada resistência mecânica e reduzida porosidade. Assim sendo, para que se desenvolva boa aderência entre as colas ou argamassas de assentamento e os ladrilhos com baixa absorção de água, estes devem apresentar detalhes em seu tarsoz (UFSC, 2002).

As características de qualidade que os materiais cerâmicos para revestimentos de paredes e de pisos devem apresentar são: uniformidade de dimensões; cor e cozimento; elevada resistência ao desgaste; resistência mecânica compatível com a aplicação; face ranhurada (tarsoz) (ANEXO II), para facilitar a aderência com a argamassa; cantos vivos e retos; faces planas; resistência do esmalte ao gretamento e sem falhas; resistência ao ataque de agentes químicos; elevada impermeabilidade. É bastante

extensa a faixa de variação das propriedades da cerâmica, dependendo da constituição, cozimento e processo de moldagem.

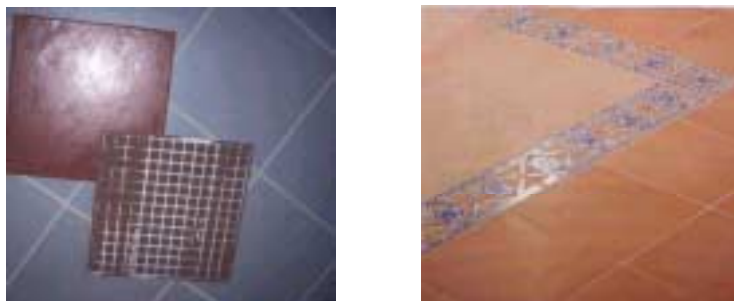


FIG. 2.40 – Piso/Mosaico de Grés cerâmico  
(Fonte: UTL, 2002)

#### 2.2.1.9. Revestimentos com Madeira

Ao estabelecer-se um revestimento com madeira para um piso de um ambiente, considera-se uma série de circunstâncias, sendo a principal a própria finalidade do ambiente onde se processará a pavimentação. Para este tipo de pavimentação deve-se observar certas características, tais como: dureza e resistência ao desgaste; não provocar ruído com o movimento de pessoas; custo módico. Todos os tipos de materiais de revestimento devem atender estas características para que possam constituir um bom piso (CARDÃO, 1979).

Pelas condições de isolamento térmico e facilidade de aplicação, o revestimento com madeira conserva ainda uma relativa supremacia de uso para a pavimentação de interiores. Este tipo de revestimento está atualmente perdendo campo para os novos tipos de cerâmicas que são apresentadas ao mercado da construção civil. Para a fabricação deste tipo de revestimento há várias espécies de madeira que podem ser utilizadas, e apresentam-se na forma de tábuas maciças ou laminadas e tacos. Modernamente, a indústria madeireira tem oferecido ao mercado consumidor revestimentos de madeira compensada, feito de essências finas, como a imbuia e o pau marfim, que se destacam pela sua beleza do colorido e disposição dos veios (CARDÃO, 1979).

A pavimentação classicamente denominada de tábuas corridas ou frisos, é executada com tábuas de 8 a 13 cm de largura, tipo macho e fêmea e seu comprimento em torno de 5 m. Estas tábuas são fixadas por meio de pregos ou aparafusadas sobre o vigamento de madeira ou vigamento metálico. Conforme o tipo de assentamento das tábuas corridas, Figura 2.41, o revestimento recebe nomes, como assoalho paralelo, diagonal e espinhado.

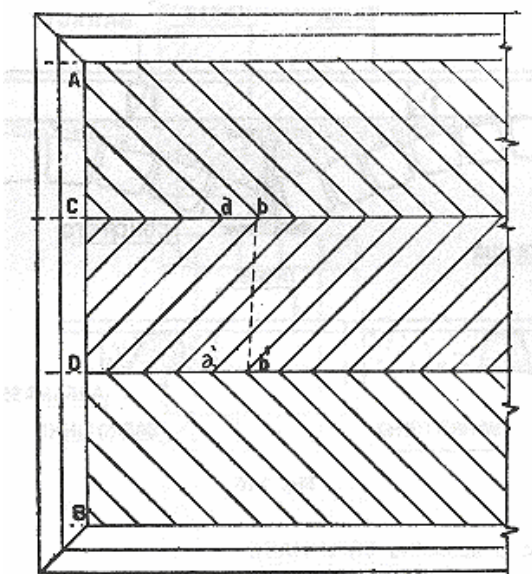


FIG. 2.41 – Tipo de assentamento das tábuas corridas  
(Fonte: CARDÃO, 1979)

A pavimentação de interiores utilizando o revestimento com tacos de madeira, taqueamento, constituíram em um tempo atrás num tipo de piso muito aplicado pelo baixo custo e extrema facilidade de colocação. Os tacos apresentam-se nas dimensões de 21 x 7 cm e com as seções em junta reta, chanfro ou nervurado e cauda de andorinha. Estes tacos são assentados em camada de argamassa de cimento e areia 1:3. Para oferecer a devida segurança ao arrancamento ou desprendimento, leva na face inferior uma emulsão asfáltica a quente e leve camada de pedriscos, bem como 3 a 4 pregos próprios em cada um. Segundo a colocação, os tacos podem apresentar vários desenhos, Figura 2.42, entrando em sua composição, tacos inteiros e tacos intermediários de  $\frac{3}{4}$  ou  $\frac{1}{2}$  do comprimento original (CARDÃO, 1979).



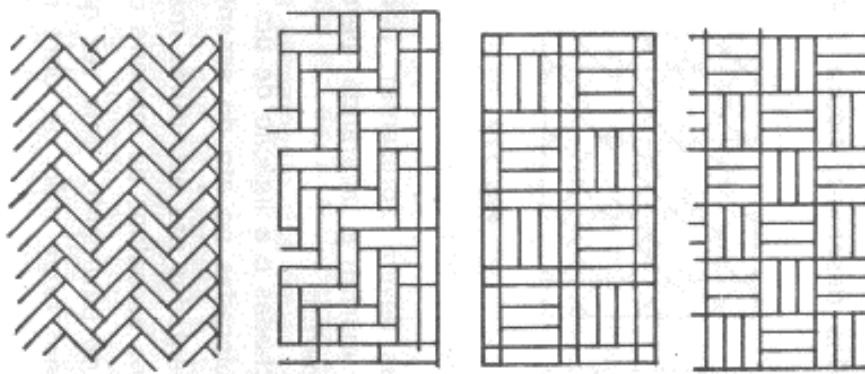


FIG. 2.42 – Tipos de assentamento de tacos  
(Fonte: CRDÃO, 1979)

Tanto os tacos de madeira, quanto a madeira da estrutura de suporte do piso, e as próprias tábuas corridas que vão ficar aparentes, devem ser de primeira qualidade, sem quaisquer defeitos, como nós, rachas e fendas, empenamento, bolor, furos de insetos e pontos de apodrecimento, que possam comprometer a sua durabilidade, resistência e aparência (BOTELHO et al., 1984). A principal recomendação para revestimentos de madeira consiste em utilizar somente madeira seca para evitar mais tarde, depois de já assentadas ou pregadas, a retração e o empenamento por secagem ulterior (RIPPER, 1986).

#### 2.2.1.10. Portas e Janelas

Em qualquer tipo de edificação, as aberturas executadas nos sistemas de fechamento vertical denominam-se de portas e janelas. Estas aberturas servem para proporcionar ao ambiente interno de uma habitação a entrada de luz, de ventilação natural e para permitir o acesso aos seus usuários, e em consequência disto, permite boas condições de conforto e habitabilidade aos seus moradores. A criação destas aberturas para a posterior colocação de elementos de fechamento, traz a necessidade da correta execução dos mesmos, com as exatas dimensões dos vãos determinados em projeto, permitindo assim o assentamento correto destes elementos. Eles são fabricados com diversos tipos de materiais, como a madeira, o alumínio, o aço e o PVC. Após o término da colocação destes elementos, farão parte integrante do sistema de fechamento utilizado, tanto para a divisão do ambiente interno, quanto para a composição da envoltória da edificação. Na

habitação avaliada neste trabalho, faz-se a necessidade de considerar quais os tipos de portas e janelas que compõem a envoltória da edificação. Considera-se as portas e janelas fabricadas com perfis leves de aço, Figura 2.43, como elementos do sistema de fechamento externo utilizado para a composição da edificação, já internamente, as portas são de madeira, tipo prancheta.

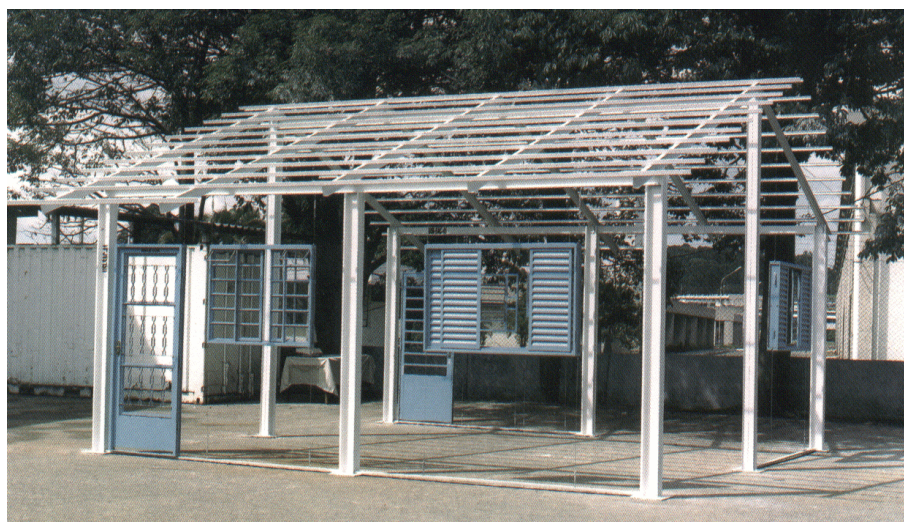


FIG. 2.43 – Portas e Janelas da casa do projeto Usiteto  
(Fonte: USIMINAS, 2001)

**1. INTRODUÇÃO**

**2. CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**

**3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE  
UMA HABITAÇÃO**

**3.1. – Considerações gerais**

**3.2. – Regulamentação ou Critérios existentes no Brasil**

**3.3. – Climatologia**

**3.4. – Ventilação e Conforto Térmico**

**3.5. – Etapas do processo de avaliação**

**3.6. – Critérios de avaliação**

**4. METODOLOGIA**

**5. RESULTADOS**

**6. CONCLUSÕES FINAIS**

**7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

### **3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO**

#### **3.1. Considerações gerais**

Na avaliação do conforto térmico interno de habitações deve-se avaliar o efeito da energia produzida pelo sol, pelos combustíveis (gás de cozinha), pelas sínteses de plantas e pelo metabolismo humano (ANEXO II). No espaço interno das edificações esta quantidade de energia estará em contínuo estado de mudança num esforço de manter naturalmente o balanço total de energia, localmente dentro de um ambiente. O balanço de energia talvez requiera sistemas artificiais de condicionamento para manter o conforto térmico, como exemplo, lareira ou sistema de calefação para o inverno; ventilador ou ar condicionado para o verão.

A avaliação do desempenho térmico de uma edificação pode ser feita na fase de projeto ou após a construção. Neste trabalho, fez-se a opção de avaliar o desempenho térmico de um certo tipo de habitação na fase de projeto, o que consiste em verificar se as condições do ambiente a ser construído serão satisfatórias quanto ao conforto térmico proporcionado aos usuários em função das exigências humanas considerando uma edificação condicionada naturalmente através da ventilação natural.

As condições de avaliação consistem no estudo das temperaturas internas dos ambientes, verificando se as condições de conforto térmico são satisfeitas. Esta análise é feita considerando a resposta global da edificação e não somente o comportamento térmico dos elementos de fechamento isoladamente, através das interações térmicas entre o ambiente natural externo e os ambientes internos a serem construídos (MICHALKA, 2000).

Para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação deve-se então considerar além das exigências humanas em relação ao conforto, a influência do clima local e do perfil de ocupação do ambiente construído (TRIBESS et al., 1997; AKUTSU, 1998; PINTO, 2000).

### **3.2. Regulamentação ou Critérios existentes no Brasil**

No Brasil, as regulamentações quanto ao desempenho térmico de edificações originaram-se de regras empíricas de bem construir que transformaram-se em códigos de obras de municípios. Na prática, em termos de desempenho térmico, a determinação do código de obras tem efeitos quase que inócuos, uma vez que não há Normas Técnicas Brasileiras que tratam do assunto (AKUTSU,1998). Os códigos de obras tratam muito superficialmente a questão do conforto térmico, e não se referem a racionalização de energia e nem tampouco aos aspectos do desempenho térmico das edificações.

Em nível federal, a Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho encontra-se regulamentada nas Normas Regulamentadoras 15 e 17 e nos Artigos de n<sup>os</sup> 176 a 178 da Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) do Ministério do Trabalho, que se referem somente às condições de conforto térmico e/ou de salubridade em ambientes de trabalho (escritórios e indústrias) (COUTINHO, 1998). No Brasil, ainda não há uma norma que se refira a determinação do *stress* térmico em pessoas expostas a condições de frio extremo em ambiente de trabalho.

No início da década de 80, pesquisadores do IPT desenvolveram o primeiro trabalho englobando todos os aspectos para um procedimento de avaliação do desempenho térmico de edificações (AKUTSU, 1998). Com a evolução das pesquisas neste campo, foi elaborado em 1987, por Akutsu et. al., outro trabalho intitulado "Manual de Procedimentos para a Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais e Escolares", cujos métodos, pela sua abrangência, se aplicam a qualquer tipo de edificação. Baseado neste mesmo método, foi concluído em 1995 um outro trabalho desenvolvido por pesquisadores do IPT, que representou mais um avanço nos critérios de avaliação, classificação por níveis e condições mínimas de aceitação, para o desempenho de habitações (IPT, 1997).

Em maio de 1998, o IPT divulgou para debate a nível nacional e para apreciação da comunidade científica, um estudo propondo critérios mínimos de desempenho térmico de edificações, dividido em três partes. Após a devida apreciação, o CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil, juntamente com a CE-02:135.07 – Comissão de Estudo de Desempenho Térmico de Edificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou o Projeto de Norma denominado “Desempenho Térmico de Edificações”.

### **3.3. Climatologia**

#### **3.3.1. Formação do clima da Terra**

O Sol, o centro do Sistema Solar, emite considerável energia térmica como radiação eletromagnética na forma de ondas em uma larga faixa de frequências, e algumas destas frequências de radiação são visíveis na forma de luz. O planeta Terra leva um determinado tempo para dar uma volta completa em torno do Sol, chamada de movimento de translação, é este o ano, que tem a duração aproximada de 365 dias. Já o tempo que a Terra leva para dar um giro completo em torno do seu próprio eixo, chamado de movimento de rotação, é o dia e tem a duração por convenção de 24 horas. A rotação diária do planeta Terra em torno do seu próprio eixo e anual em torno do Sol, causa a ocorrência de quantidades variáveis de energia nas diferentes partes da superfície terrestre em horas diferentes do dia e do ano (INPE, 2002).





A energia térmica na superfície da Terra, proveniente da radiação solar, induz movimentos moleculares dentro dos sólidos por condução e nos líquidos por convecção. Parte desta energia é re-irradiada para a atmosfera contribuindo no balanço térmico global no sistema da Terra. A atmosfera da Terra gira em torno da mesma como um fluido e é composta de gases com quantidades variáveis de vapor d'água, poeira e poluentes e, atua como um filtro que causa a reflexão de parte da radiação solar direta, sendo outra parte absorvida e outra é re-irradiada.

As variações de energia térmica em alguns pontos da Terra causam interações complicadas de pressão e temperatura na atmosfera criando as Estações do Tempo, mais conhecidas como estações do ano. No Brasil, estas estações são o Verão que tem seu início em 21/12 (Solstício de verão), Outono – 21/03 (Equinócio de outono), Inverno – 21/06 (Solstício de inverno) e Primavera – 21/09 (Equinócio de primavera) (ANEXO II). Durante o ano, ocorrem grandes movimentações de massas de ar das áreas de maior para as de menor pressão, o Vento, e também variações no teor de umidade no ar, a Névoa, Chuva, Granizo ou Neve.

### 3.3.2. Clima do Brasil

O território brasileiro é imenso, com área de 8.547.403 km<sup>2</sup>, localizando-se entre os paralelos de latitudes 05° 16'N e 33° 44'S, e entre os meridianos de longitudes 34° 47'W e 73° 59'W. É cortado ao norte pela linha do Equador (ANEXO II) e ao sul pelo Trópico de Capricórnio. Os pontos extremos do Brasil localizam-se ao Norte na Serra do Caburaí/RR com a latitude 05° 16'N, ao Sul no Arroio Chuí/RS com a latitude 33° 44'S, a Leste na Ponta do Seixas/PB com a longitude 34° 47'W e a Oeste na Serra Contamana/AC com a longitude 73° 59'W. O Brasil tem 93% do seu território situado no hemisfério sul e 92% acima do trópico de capricórnio, Figura 3.1. Outro fator marcante no país é o seu grande e extenso litoral com 7.367 km com o Oceano Atlântico (COELHO, 1996).

Devido à grande extensão leste – oeste de 4.319 km, o território brasileiro possui quatro fusos horários todos situados a oeste do meridiano de Greenwich. Os fusos horários brasileiros, Figura 3.2, são definidos da seguinte forma:

- a)  - 2h: arquipélago de Fernando de Noronha.
- b)  - 3h: estados do litoral, Minas, Goiás, Tocantins, parte oriental do Pará.
- c)  - 4h: parte ocidental do Pará, parte oriental do Amazonas, Mato Grosso do Norte e Mato Grosso do Sul.
- d)  - 5h: parte ocidental do Amazonas e Acre

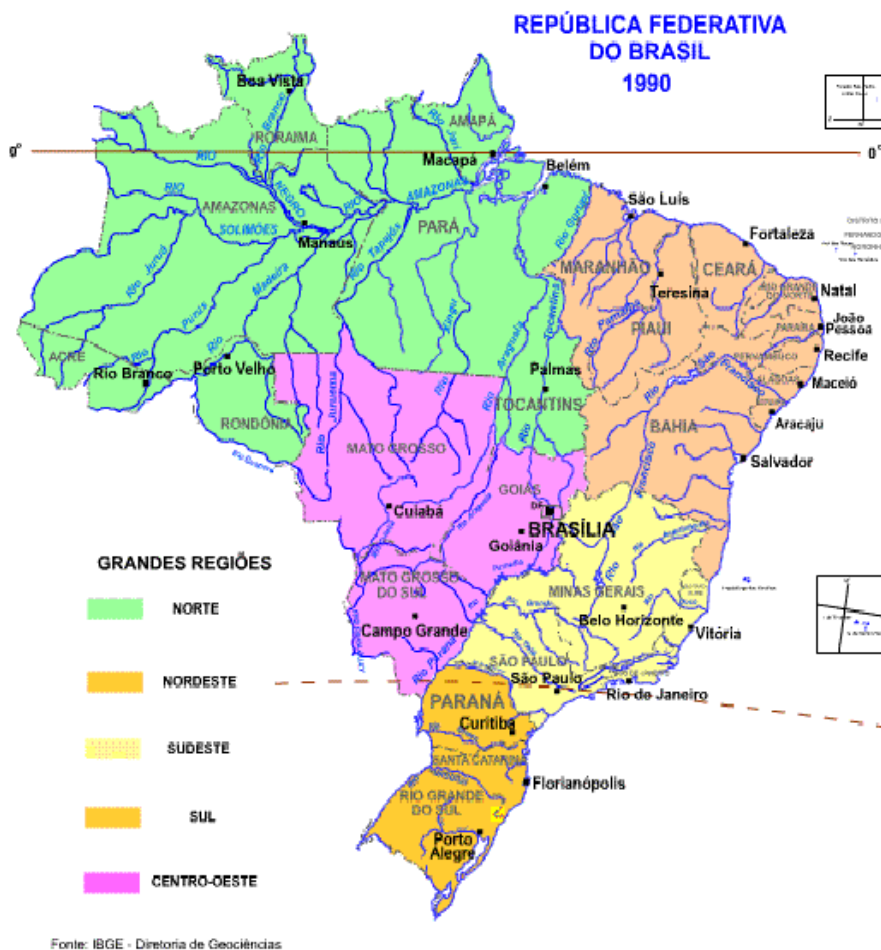


FIG. 3.1 - Mapa Político – Regional do Brasil  
(Fonte: IBGE, 2002)

O meridiano de Greenwich é uma linha imaginária vertical chamada de meridiano principal, na longitude dos graus 0°, e sua linha gêmea da longitude, oposto ao meridiano principal na longitude 180°. Este meridiano divide a Terra nos hemisférios orientais e ocidentais, e é o responsável pela determinação da hora oficial mundial ou hora *Greenwich Mean Time* (GMT) (ANEXO II). No Brasil, em consequência de todos os fusos brasileiros possuírem horários atrasados em relação ao GMT, adota-se uma hora oficial de Brasília (UFRGS, 2002). Por convenção calcula-se utilizando as expressões esquematizadas nas equações (3.1) e (3.2),

$$\text{Horário normal: Hora de Brasília} = \text{Tempo Universal} - 3 \text{ horas} \quad (3.1)$$

$$\text{Horário de verão: Hora de Brasília} = \text{Tempo Universal} - 2 \text{ horas} \quad (3.2)$$





FIG. 3.2 – Mapa dos Fusos horários do Brasil  
(Fonte : BRASILVIAGEM, 2003)

O relevo e a latitude do Brasil caracterizam bastante a grande diversidade nas temperaturas e nas intensidades das chuvas. A maior parte do país tem uma altitude entre 200 e 1000 metros, e há raras localidades com altitude superior a 2000 metros. A latitude baixa também influencia. O local mais extremo ao Sul do país é o Arroio Chui/RS e está a 33° 44' de latitude sul, por isso não observa-se temperaturas muito baixas e climas rigorosos.

O Brasil está localizado em duas áreas climáticas, pois 92% do seu território está acima do trópico de capricórnio, sendo então da zona tropical. De todas as regiões em que o país é dividido, apenas a região sul e o sul de São Paulo se localizam na zona temperada. Outro fator marcante que influencia sobremaneira o clima brasileiro, é a extensão do seu litoral, tornando-se assim um país basicamente muito quente e úmido.

O clima predominante no Brasil é o tropical. A influência da continentalidade, maritimidade, latitude, relevo e massas de ar faz com que no Brasil existam vários sub-tipos de clima tropical (continental, altitude e semi-árido), o sub-tropical e o equatorial. Dentro de uma mesma região geográfica do país há uma diversidade climática. Os diferentes tipos de tempo que ocorrem sobre determinado lugar ao longo do ano são determinados, principalmente pelas massas de ar (COELHO, 1996).

### 3.3.2.1 Classificação de Koppen – Geiger

Para um estudo mais preciso do clima do Brasil é necessária uma classificação mais específica. Atualmente a melhor classificação do clima brasileiro é a de Koppen – Geiger que leva em conta fatores como relevo, regime de chuvas, temperatura, entre outros. Para melhor entendimento desta classificação, é apresentado um mapa do Brasil, Figura 3.3, onde pode-se verificar as divisões da referida classificação representada com letras características de temperatura e chuvas nas diversas estações do ano do país. Na Tabela 3.1, são apresentadas as letras com suas respectivas características climáticas de temperatura e chuvas, seguindo os critérios adotados por Koppen – Geiger, tais características são influenciadas pelo relevo e pela latitude do Brasil (INPE, 2002).



FIG. 3.3 - Mapa de classificação de Koppen – Geiger  
(Fonte : CLIMABRASILEIRO, 2002)

TAB. 3.1 – Classificação climática do Brasil (Fonte : CLIMABRASILEIRO, 2002)

ÍNDICES	CARACTERÍSTICAS DO CLIMA
Am	Temperaturas elevadas e pluviosidade elevada. As médias de temperatura são maiores que 22°C em todos os meses e as mínimas no mês mais frio são maiores que 20°C
Aw	Temperaturas elevadas com chuva no verão e seca no inverno. As médias de temperatura dos meses são maiores que 20°C e no mês mais frio do ano as mínimas são menores que 18°C
Aw'	Temperatura elevada com chuva no verão e outono. Temperatura sempre maior que 20°C
Cwa	Temperaturas moderadas com verão quente e chuvoso. No mês mais frio a média de temperatura é menor que 20°C.
Cfa	Temperatura moderada com chuvas bem distribuídas e verão quente. Nos meses de inverno há ocorrência de geadas sendo a média de temperatura neste período inferior a 16°C. No mês mais quente as máximas são maiores que 30°C
Af	Temperatura elevada sem estação seca. Temperaturas sempre maiores que 20°C
As	Chuva de inverno e outono com temperaturas elevadas sempre maiores que 20°C
BSh	Temperaturas altas com chuvas escassas no inverno. Temperaturas maiores que 22°C
Cwb	Verão brando e chuvoso com temperatura moderada. Há geadas no inverno e as médias de temperatura no inverno e outono são inferiores a 18°C com temperaturas mínimas inferiores a 12°C
Cfb	Temperatura moderada com chuva bem distribuída e verão brando. Podem ocorrer geadas, tanto no inverno como no outono. As médias de temperatura são inferiores a 20°C, exceto no verão. No inverno média inferior a 14°C como mínimas inferiores a 8°C

### 3.3.2.2 Clima regional brasileiro

Como foi dito anteriormente, o clima brasileiro varia de uma região a outra, portanto, deve-se explicar resumidamente quais são estas variações. A Região Sul, composta dos estados do Rio Grande do Sul(RS), Santa Catarina(SC) e Paraná(PR), está quase que completamente abaixo do trópico de capricórnio e por ter grande parte de seu território acima de 300 metros é uma região de clima subtropical úmido. Esta região tem como característica principal as quatro estações do ano bem definidas. É a região mais fria do país e tem uma variação ampla de suas temperaturas durante o ano. A média da região

quanto ao índice pluviométrico é de 1400 mm/ano (INMET, 2002). Na Tabela 3.2 apresentam-se as temperaturas e as características climáticas regionais, conforme a estação do ano.

TAB. 3.2 – Temperaturas e Características climáticas da região Sul  
(Fonte: INMET, 2002)

<b>ESTAÇÕES</b>	<b>TEMPERATURAS E CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS</b>
Verão	Temperatura mínima em torno de 10 °C (serras do RS e SC) e podendo a máxima chegar aos 40 °C (oeste do RS , SC e PR). São comuns fortes chuvas no fim do dia, devido ao calor.
Outono	Temperatura oscila entre -2 °C (serras do RS e SC) e 30 °C (norte do PR). A partir de abril há entradas de massas de ar frio na região, através de frentes frias vindas da Argentina.
Inverno	Temperatura mínima pode alcançar -15 °C (serras do RS e SC) e máximas em torno de 25 °C (regiões mais quentes do norte do PR). É comum a precipitação em forma de neve nas serras do RS e SC e no planalto gaúcho.
Primavera	Temperatura mínima de -3 °C (serras do RS e SC) e máximas de 30 °C (norte do PR). Ocorrem fortes tempestades, causando muitos transtornos à população, com cheias e ocorrência de tornados, principalmente no RS e SC.

A Região Sudeste, composta dos estados de São Paulo(SP), Rio de Janeiro(RJ), Espírito Santo(ES) e Minas Gerais(MG), tem particularidades em seu clima. O sudeste de São Paulo situa-se em uma região de clima subtropical. Os estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo situam-se em região de clima litorâneo úmido, enquanto Minas Gerais e o centro-oeste de São Paulo estão situados em região de clima tropical. Esta diversidade de tipos de clima ocorre por causa do tipo de relevo da região. O planalto e as serras do leste-sudeste é um tipo de relevo conhecido como mar de morros, que no litoral se caracteriza por morros em forma de meia laranja ou pão de açúcar, bastante conhecido no litoral carioca. Já no interior, o relevo se caracteriza por serras acidentadas e com picos acima de 2000 metros, como o Agulhas Negras, no Rio de Janeiro com mais de 2700 metros. Este tipo de relevo se estende por grande parte de São Paulo, Minas Gerais e uma faixa no Rio de Janeiro e Espírito Santo. Por causa da altitude, as temperaturas acabam ficando mais amenas e em certos pontos, um clima frio, como por exemplo Campos do Jordão/SP. O regime de chuvas é regular sem estação seca, mas no norte

mineiro as chuvas são escassas. A média da região quanto ao índice pluviométrico é de 1600 mm/ano (INMET, 2002). Na Tabela 3.3 apresenta-se as temperaturas em toda região durante as estações do ano.

TAB. 3.3 – Temperaturas características da região Sudeste (Fonte: INMET, 2002)

<b>ESTAÇÕES</b>	<b>TEMPERATURAS</b>
Verão	Mínima em torno dos 12 °C (serras de SP e MG) e máximas de 40 °C (litoral fluminense). Muita chuva durante toda estação.
Outono	Mínimas em torno dos 6 °C (serras de SP e MG) e máximas de 36 °C (litoral do RJ).
Inverno	Mínimas em torno de -4 °C (serras de SP e MG) e máximas de 30 °C (ES e interior de SP). Queda no índice de chuvas.
Primavera	Mínimas em torno dos 8 °C (serras de SP e MG) e máximas de 32 °C (ES e RJ).

A Região Centro-Oeste, composta do Distrito Federal(DF) e dos estados de Goiás(GO), Mato Grosso do Sul(MS) e Mato Grosso(MT), é tipicamente de clima tropical. Esse clima varia pouco e é influenciado pela altitude em razão da maior parte do seu território estar no Planalto Central brasileiro e uma pequena porção ao sul no Planalto Meridional, exceto a Planície do Pantanal. A média da região quanto ao índice pluviométrico é de 1500 mm/ano. Ela tem uma grande amplitude térmica, as temperaturas mínimas em média ao longo do ano são de 5 °C e as máximas podem chegar aos 41 °C. Podem ocorrer veranicos, o fenômeno da friagem e a umidade relativa do ar é muito baixa. Nas redondezas do Pantanal Matogrossense, o verão é muito quente e úmido (INMET, 2002).

A Região Nordeste, composta dos estados da Bahia(BA), Sergipe(SE), Alagoas(AL), Pernambuco(PE), Paraíba(PB), Rio Grande do Norte(RN), Ceará(CE), Piauí(PI) e Maranhão(MA), tem um clima bem diversificado. Esta região recebe influências da Amazônia e até do Continente Europeu, através dos ventos alísios, provocando na faixa litorânea muito calor com muita chuva e no interior, muito calor com pouca chuva. A média no índice pluviométrico na região é de 1100 mm/ano, sendo no sertão a média de 350 mm/ano e no litoral de 1700 mm/ano (INMET, 2002).

A Região Norte, composta dos estados do Tocantins(TO), Pará(PA), Amapá(AP), Roraima(RR), Amazonas(AM), Acre(AC) e Rondônia(RO), é a única região atravessada pela linha do equador no Brasil. O clima em geral é equatorial úmido e bastante quente, em função da floresta Amazônica (afeta no clima e no equilíbrio biológico e morfoclimático de quase todo o planeta). Seu relevo tem pouca influência no clima, pois a maioria de seu território tem altitude inferior a 200 metros. As temperaturas mínimas normalmente não ficam abaixo dos 20°C e as máximas chegam a mais de 38°C. Devido a proximidade com o equador, as temperaturas ao longo do ano variam pouco, a média é de 26°C em quase toda região. O índice pluviométrico em quase todo o território é acima de 2000 mm/ano, sendo que na parte oeste da Amazônia chega-se a 2500 mm/ano (INMET, 2002).

### 3.3.2.3 Zoneamento bioclimático brasileiro

Neste trabalho, utiliza-se de um zoneamento bioclimático (ANEXO II) do Brasil, Figura 3.4, que é proposto no Projeto de Normas de Desempenho Térmico de Edificações(parte 3): Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Esta parte da Norma apresenta uma metodologia aplicável na fase de projeto para a avaliação do desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social, ao mesmo tempo em que, estabelecendo um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, traz recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixadas (ABNT, 1998).

Esta Norma propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas, Figuras 3.5 a 3.12, relativamente homogêneas quanto aos tipos de clima existentes. Estas zonas são apresentadas separadamente para mostrar a abrangência de cada zona bioclimática dentro do país. A classificação bioclimática de cada zona é adaptada a partir da classificação sugerida na Carta Bioclimática por Givoni(1992).

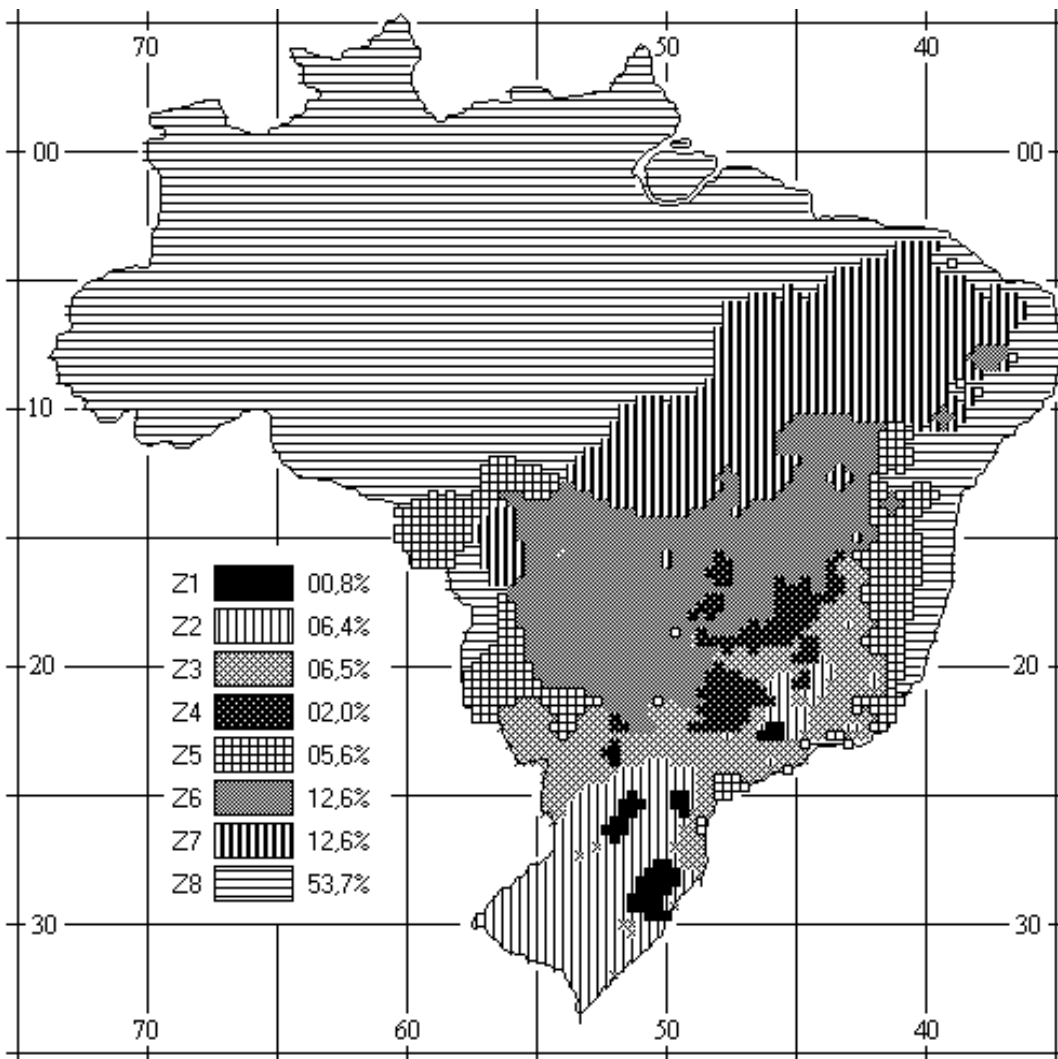


FIG. 3.4 – Mapa do Zoneamento bioclimático brasileiro  
(Fonte: ABNT, 1998)

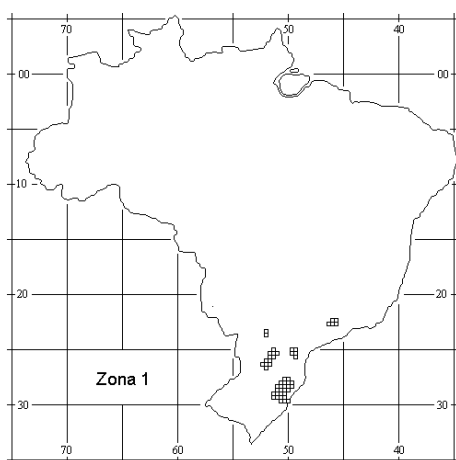


FIG. 3.5 – Zona 1  
(Fonte: ABNT, 1998)

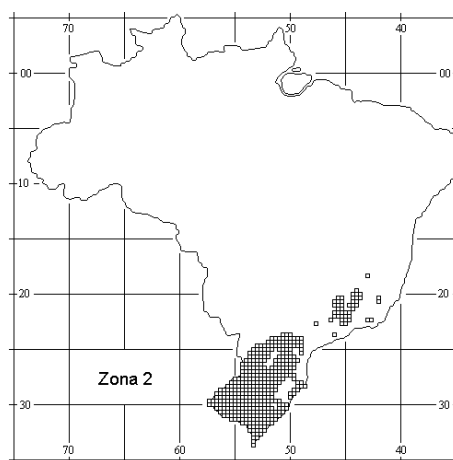


FIG. 3.6 – Zona 2  
(Fonte: ABNT, 1998)

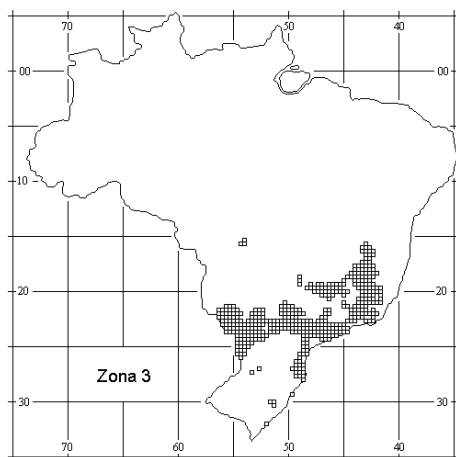


FIG. 3.7 – Zona 3  
(Fonte: ABNT, 1998)

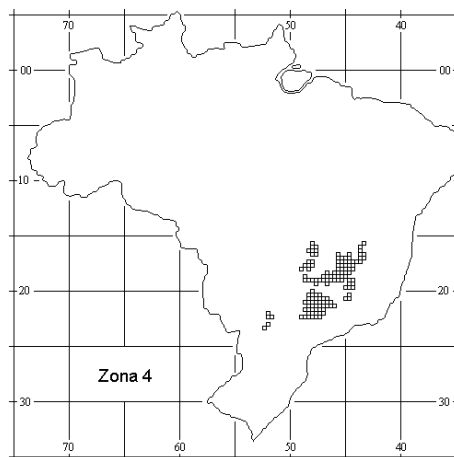


FIG. 3.8 – Zona 4  
(Fonte: ABNT, 1998)

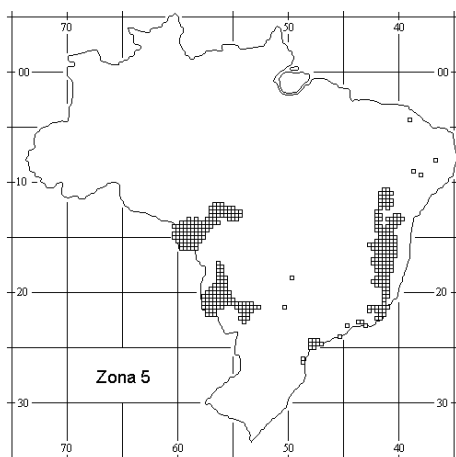


FIG. 3.9 – Zona 5  
(Fonte: ABNT, 1998)

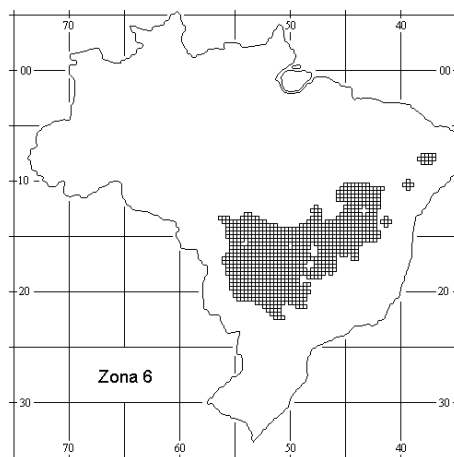


FIG. 3.10 – Zona 6  
(Fonte: ABNT, 1998)

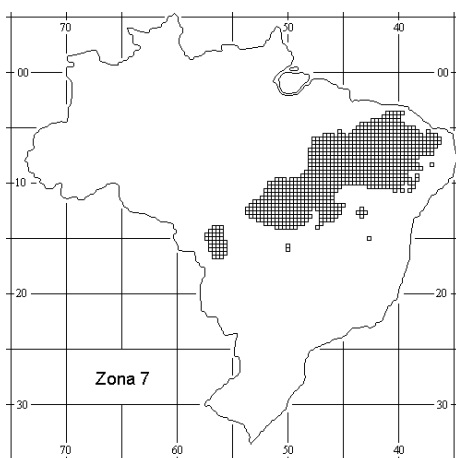


FIG. 3.11 – Zona 7  
(Fonte: ABNT, 1998)

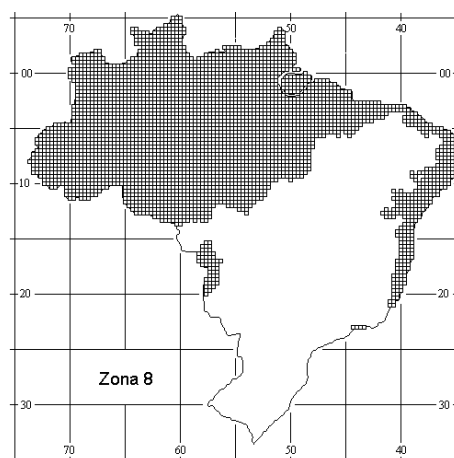


FIG. 3.12 – Zona 8  
(Fonte: ABNT, 1998)



O termo projeto bioclimático foi denominado pelos irmãos OLGYAY(1963), há 40 anos. O propósito é que o projeto de arquitetura se processe considerando a resposta aos requisitos bioclimáticos específicos de cada Zona Bioclimática, onde há um fluxo natural de energia em torno da edificação, criado por meio da radiação solar, vento, precipitação (ANEXO II) pluviométrica, das temperaturas do ar e da terra e da umidade relativa do ar. Para este trabalho, escolheu-se dentro do possível uma cidade representativa de cada Zona Bioclimática brasileira, onde se pretende desenvolver este estudo, considerando-se suas Latitudes e Longitudes, Figuras 3.13 a 3.18, e suas condições climáticas locais necessárias para a avaliação térmica da habitação.

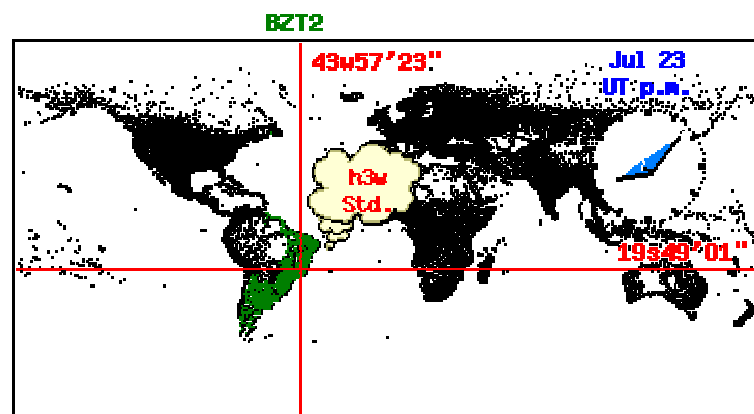


FIG. 3.13 – Belo Horizonte/MG – Lat.: 19°49'01" S e Long.: 43°57'23" W  
(Fonte: ASTRO DIENST, 2002)

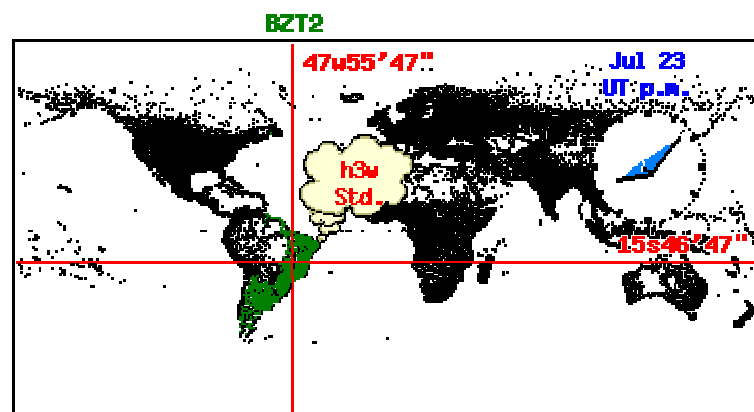


FIG. 3.14 – Brasília/DF – Lat.: 15°46'47" S e Long.: 47°55'47" W  
(Fonte: ASTRO DIENST, 2002)

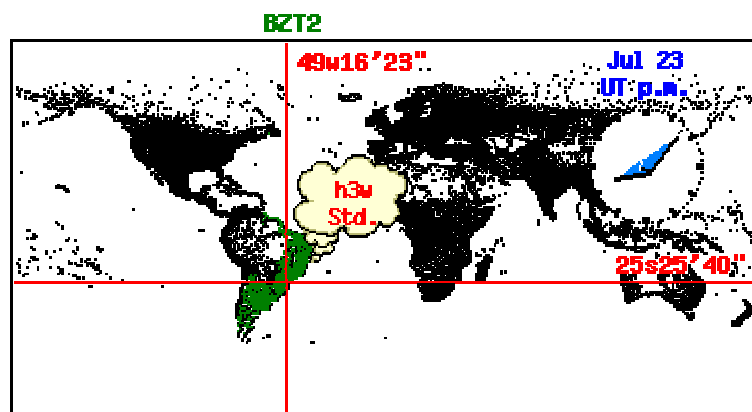


FIG. 3.15 – Curitiba/PR – Lat.:  $25^{\circ}25'40''$ S e Long.:  $49^{\circ}16'23''$ W  
(Fonte: ASTRO DIENST, 2002)

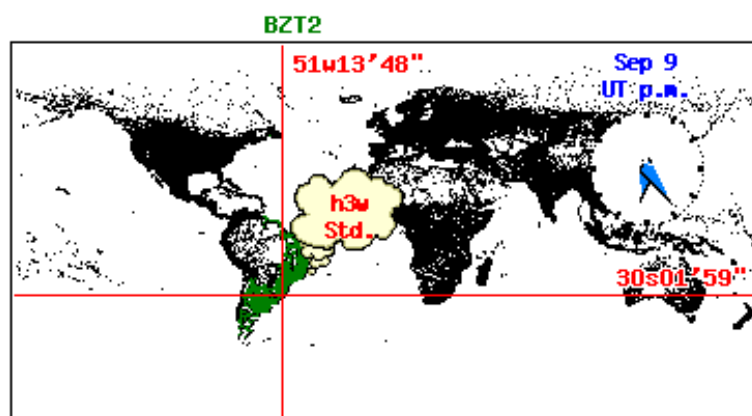


FIG. 3.16 – Porto Alegre/RS – Lat.:  $51^{\circ}13'48''$ S e Long.:  $30^{\circ}01'59''$ W  
(Fonte: ASTRO DIENST, 2002)

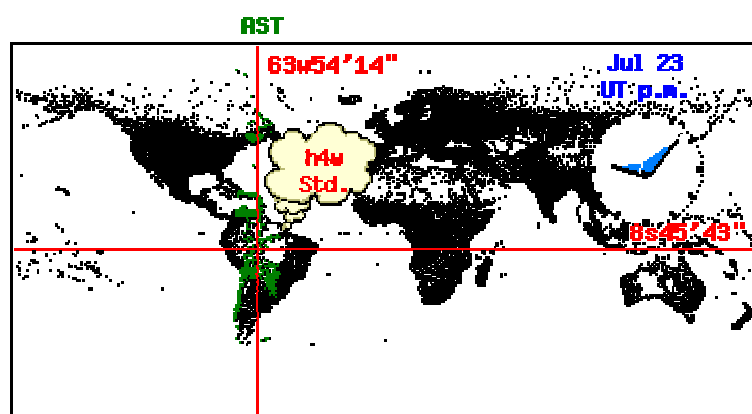


FIG. 3.17 – Porto Velho/RO – Lat.:  $08^{\circ}45'43''$ S e Long.:  $63^{\circ}54'14''$ W  
(Fonte: ASTRO DIENST, 2002)

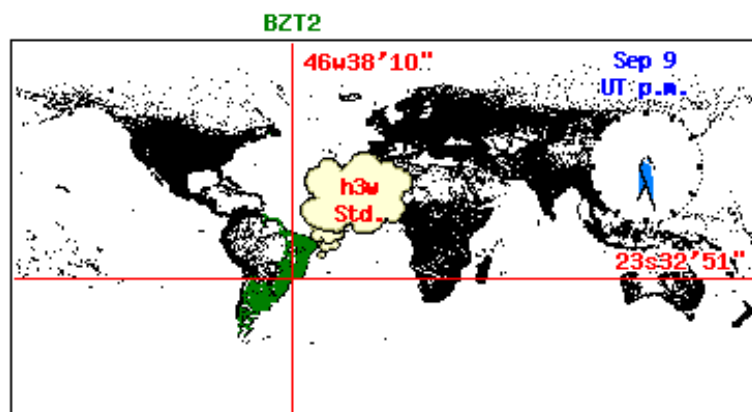


FIG. 3.18 – São Paulo/SP – Lat.: 46°38'10"S e Long.: 23°32'51"W  
(Fonte: ASTRO DIENST, 2002)

Na Tabela 3.4 apresenta-se um resumo dos dados das cidades onde localiza-se a habitação a ser analisada com sua referida localização (latitude e longitude), a altitude, a área, e a respectiva zona bioclimática, e também a direção e a velocidade do vento a que esta edificação está submetida.

TAB. 3.4 – Cidades adotadas para a avaliação térmica da edificação  
(Fontes: ABNT, 1998 e IBGE, 2002)

REGIÃO	UF	MUNICÍPIO	ZONA BIOCL.	LATITUDE (°)	LONGITUDE (°)	ALTITUDE (m)	ÁREA (Km <sup>2</sup> )	DIREÇÃO DO VENTO	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)
SE	MG	Belo Horizonte	3	19,9208 S	43,9378 W	858	331,9	E/SE	2,68
CO	DF	Brasília	4	15,7797 S	47,9297 W	1171	5822,1	NW	3,61
S	PR	Curitiba	1	25,4278 S	49,2731 W	934	430,9	E	3,61
S	RS	Porto Alegre	3	30,0331 S	51,2300 W	3	496,1	S/SW	1,39
N	RO	Porto Velho	8	08,7619 S	63,9039 W	85	34209,5	W	1,39
SE	SP	São Paulo	3	23,5475 S	46,6361 W	760	1528,5	S/SE	6,39

### **3.4. Ventilação e Conforto Térmico**

A sensação de conforto ou desconforto térmico experimentado pelo homem no interior de uma edificação depende, da atividade que se está desenvolvendo e do tipo de roupa que está usando e, também da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em contato com o corpo e das temperaturas, das paredes (envoltórias) da edificação. A quantidade de calor produzida pelo organismo humano depende da atividade que o indivíduo está desenvolvendo e deve ser equilibrada com as interações térmicas com o meio ambiente para se manter em equilíbrio térmico. Essa quantidade de calor pode variar, em um indivíduo sadio, de estatura e de peso normais, de 75,6 W, quando dormindo, a 127,9 W, quando subindo escada (TOLEDO, 1999).

Um projetista para criar uma edificação mais confortável térmicamente, principalmente nas épocas de calor (verão) deve observar a orientação do edifício, o sombreamento das fachadas isoladas e ter uma seleção criteriosa e técnica no emprego dos tipos de materiais de fechamento (TOLEDO, 1999).

Muitos dos problemas técnicos dos quais resultam o desconforto térmico dos edifícios são resolvidos apenas por projetistas que nem sempre estão conscientes deste fato. Assim, quando o arquiteto escolhe a orientação do edifício, localiza e dimensiona as aberturas e seleciona os materiais que vão constituir o invólucro exterior do edifício, está dando em caráter definitivo uma solução aos problemas de ventilação natural, de conforto térmico, de iluminação natural e de isolamento acústico.

No interior dos ambientes de uma edificação, principalmente onde se encontram as pessoas, a velocidade de circulação do ar é uma das variáveis mais importantes para o conforto térmico das habitações, quer no inverno ou no verão. Esta movimentação do ar em seu interior pode ser provocada por equipamentos mecânicos ou por processos de ventilação natural, o qual será o processo adotado neste trabalho.

A ventilação natural consiste na passagem do ar através dos edifícios, entrando por alguns ambientes e saindo por outros. O ar ao penetrar em um ambiente, não se mistura

completamente com o ar que se encontra no interior do mesmo. Podem ocorrer zonas de ar estagnado neste recinto, mesmo tendo uma alta taxa de renovação de ar. Admite-se que a ventilação de um ambiente só ocorre quando há aberturas de entrada e saída do ar, e haja uma diferença de pressão do ar nas faces internas e externas destas áreas, estas podem estar em uma mesma janela. O fluxo de ar nestas aberturas é proporcional à raiz quadrada da diferença de pressão dominante,

$$\Delta p = RQ^2 \quad (3.3)$$

onde  $\Delta p$  é a diferença de pressão nas faces das aberturas e depende da diferença de temperatura entre o ar externo e o ar do interior do edifício e das pressões externas e internas, positivas ou negativas, oriundas do impacto do vento no edifício; R é a resistência à passagem do ar e depende da área de abertura, do coeficiente de descarga e da massa específica do ar e Q é a vazão ou fluxo do ar.

O processo de ventilação natural, conhecido como efeito chaminé, tem sua origem na diferença de temperatura entre o ar externo e o ar do interior do edifício. A diferença de pressão que provoca a passagem do ar através das aberturas, do exterior para o interior do edifício e vice-versa, tem origem na diferença de peso entre colunas de ar de mesma altura mas com diferentes temperaturas. Em tempo calmo, sem vento, a única forma de renovação do ar do interior da edificação, é o efeito chaminé(TOLEDO,1999).

No verão deve-se procurar usar este processo de ventilação para melhorar o conforto térmico no interior dos edifícios, especialmente nas regiões de clima quente e úmido. No inverno deve-se assegurar a taxa mínima de renovação de ar das várias dependências da habitação. Na análise deste processo de ventilação natural, admite-se que o ar externo não esteja se movimentando e que tenha uma temperatura uniforme, e que o ar interno tenha uma temperatura média diferente da do ar externo.

Tratando-se de um estudo onde a ventilação natural é a única forma de renovação de ar dos ambientes edificados, parte-se do pressuposto de que o ar externo é suficientemente

puro, e que se torna poluído ao permanecer durante um certo tempo confinado no interior do edifício. Para evitar que o ar poluído seja nocivo ou traga desconforto aos habitantes da edificação, deve-se criar condições que permitam uma contínua renovação do ar poluído por um igual volume de ar fresco proveniente do exterior. Como se sabe, o homem ao respirar, absorve oxigênio do ar e expele CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) e H<sub>2</sub>O (água) em forma de vapor, expele também micróbios de que é portador quando fala, tosse, ou espirra, exala odores provenientes da pele conforme os hábitos alimentares e higiênicos e transmite ao ar uma certa quantidade de calor dependente da intensidade do seu metabolismo.

#### **3.4.1. Ventilação e conforto de verão**

Um ambiente com condições adequadas de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar e temperatura radiante média provoca, na maioria das pessoas presentes neste ambiente e em condições de atividades e vestuário, uma mesma sensação de conforto térmico (quente, muito quente, etc.). Todas as combinações possíveis destas variáveis do ambiente, do tipo de atividade exercida, e do tipo de vestimenta que provoquem a mesma sensação térmica para a maioria das pessoas com relação ao conforto, são expressas graficamente gerando uma carta de conforto térmico (ASHRAE, 1992). Segundo estabelecido pelas normas (ASHRAE, 1992; ISO, 1984) um ambiente pode ser considerado confortável quando esta condição é aceita por 80% dos ocupantes.

A finalidade principal da ventilação dos ambientes habitados, no verão, consiste em aumentar a dissipação do calor do corpo humano, por convecção e evaporação, principalmente quando soma-se uma umidade relativa elevada a uma alta de temperatura.

A ventilação requerida no verão depende das demais variáveis do ambiente (temperatura radiante média, temperatura do ar interno, etc.), porque em termos de conforto térmico, o que importa é a dissipação do calor que o corpo humano está produzindo e o que eventualmente está recebendo do meio ambiente por convecção e/ou radiação. Os projetistas, quando da elaboração de projetos de edifícios em regiões

tropicais, têm que levar em conta as condições situadas fora da zona de conforto. Por exemplo, uma edificação localizada em uma região onde a temperatura, a umidade relativa e a radiação solar, em certas horas do dia tendem a criar um micro-clima interno na edificação pouco propício à dissipação do calor do corpo humano deve ter um projeto que minimize o calor vindo do exterior. Convém salientar que condições de má ventilação dos ambientes de um edifício podem acarretar no aumento de alguns graus na temperatura de bulbo úmido (ANEXO II), só com o vapor da evaporação da água do processo de sudorese (ANEXO II) do corpo humano. Para exemplificar, em condições severas de calor, o organismo humano pode perder, por evaporação, mais de 1000 gramas de vapor de água por hora.

O efeito do aumento da velocidade do ar que incide sobre as pessoas, quando há condições severas de calor, é marcado pela existência do acréscimo da dissipação do calor do corpo humano por evaporação que é maior do que o aumento das trocas de calor por convecção com o meio vizinho. Observa-se, que o tipo de vestimenta é muito importante no fenômeno da dissipação do calor em regiões quentes. A simples transferência de hábitos de vestir-se como se estivesse em um país de clima frio ou temperado é prejudicial ao conforto e à eficiência dos indivíduos no desempenho de alguma atividade.

#### **3.4.2. Critérios de Ventilação**

Os critérios de ventilação variam com o tipo de ambiente construído e com as condições climáticas locais. De início, deve-se distinguir a ventilação em épocas de frio e calor, ou seja, nas estações de inverno e verão. No primeiro caso, por uma questão de economia de energia utilizada para aquecer os ambientes, o princípio norteador é o da previsão das taxas mínimas, e irão depender do destino e das funções dos vários ambientes do edifício. No segundo caso, o objetivo é o uso da ventilação para melhorar as condições de conforto térmico dos indivíduos.

Em uma edificação, a cozinha e o banheiro são fontes muito intensas de calor (vapores de água) e odores, de caráter intermitente. Para estes ambientes, o critério de ventilação

usado é o da dissipação do vapor de água para evitar o fenômeno da condensação e da dissipação dos odores para reduzir a concentração de odores à níveis satisfatórios. Para as salas e os quartos de dormir, o critério de ventilação admitido é o da dissipação de odores e fumaça.

Para que, além de higienicamente saudável, o ambiente seja termicamente confortável, é preciso que o ar, ao nível onde se encontram as pessoas, tenha a temperatura e velocidade situadas dentro de uma certa faixa de valores toleráveis (TOLEDO, 1999).

### **3.5. Etapas do processo de Avaliação**

O processo de avaliação do desempenho térmico de edificações abrange tanto as edificações não condicionadas (ventilação natural) e aquelas condicionadas mecanicamente. Independentemente do tipo de edificação o processo de avaliação de desempenho térmico deve considerar as seguintes etapas:

- a) Caracterização das Exigências Humanas quanto ao conforto térmico;
- b) Caracterização das Condições Climáticas típicas do local de exposição ao clima;
- c) Caracterização da Edificação com relação a sua Ocupação.

Na Figura 3.19 ilustra-se o inter-relacionamento dessas etapas e as variáveis envolvidas no processo de avaliação do desempenho térmico de edificações (AKUTSU, 1998).

#### **3.5.1. Caracterização das exigências humanas**

As atividades humanas e o meio ambiente são muito dependentes das condições meteorológicas e, portanto, a caracterização das exigências humanas de conforto térmico são dadas por valores, ou intervalos de valores inter-relacionados, das seguintes variáveis: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura média radiante (ANEXO II) do ambiente. Estes parâmetros são fixados em função das características de ocupação e devem representar condições satisfatórias de conforto térmico.



É muito difícil entender e julgar o grau de conforto térmico ambiental de uma pessoa, a não ser que ela possa experimentar as reais condições de vida em situações climáticas adversas e mutáveis. Cada pessoa possui uma diferente e complexa resposta sensorial do cérebro (taxa metabólica), variando com a idade e saúde, através dos olhos, nariz, ouvidos ou a pele de acordo com o ambiente térmico que a cerca ou o clima que ocorre naturalmente, e desta forma existem poucos lugares e ocasiões em que alguma pessoa se sinta confortável por longos períodos (FROTA et al., 1988).

Para a manutenção deste conforto, deve existir um equilíbrio térmico entre o corpo e o meio onde a pessoa se encontra. Muitos pesquisadores preferem o conceito de neutralidade térmica à conforto térmico, pois salientam existir outras variáveis que muitos padrões de conforto não levam em consideração, ou sejam, não são avaliadas (FROTA et al., 1988).

O conforto térmico é obtido por trocas térmicas entre o corpo e o ambiente envolvente, e dependem de vários fatores dirigidos por processos físicos: condução, convecção, radiação e evaporação. Estas interações térmicas são dependentes de muitas variáveis, dentre elas: a resistência térmica das vestimentas, a velocidade do ar, a umidade do ar (ANEXO II), as temperaturas das superfícies da envoltória da edificação, e o nível de atividade que a pessoa está desempenhando. Por isso foram desenvolvidas roupas com diferentes índices de resistência térmica (CLO) (ANEXO II), para cada tipo de ambiente climático, com a finalidade de dar conforto ao(s) ocupante(s) destes lugares.

Quando o recinto apresenta características de neutralidade térmica, isto significa que o corpo humano e o vestuário como um sistema único, perde para o meio ambiente pelos processos de condução, convecção, radiação e por transpiração insensível da pele e dos pulmões somente o calor gerado pelo metabolismo conforme a atividade desenvolvida no momento pelo indivíduo numa quantidade suficiente para manter a temperatura do corpo constante. Desse modo, o sistema termo-regulador do organismo humano apresenta uma condição de menor tensão, ideal para o repouso e de fundamental importância na sensação de conforto térmico (TOLEDO, 1999).

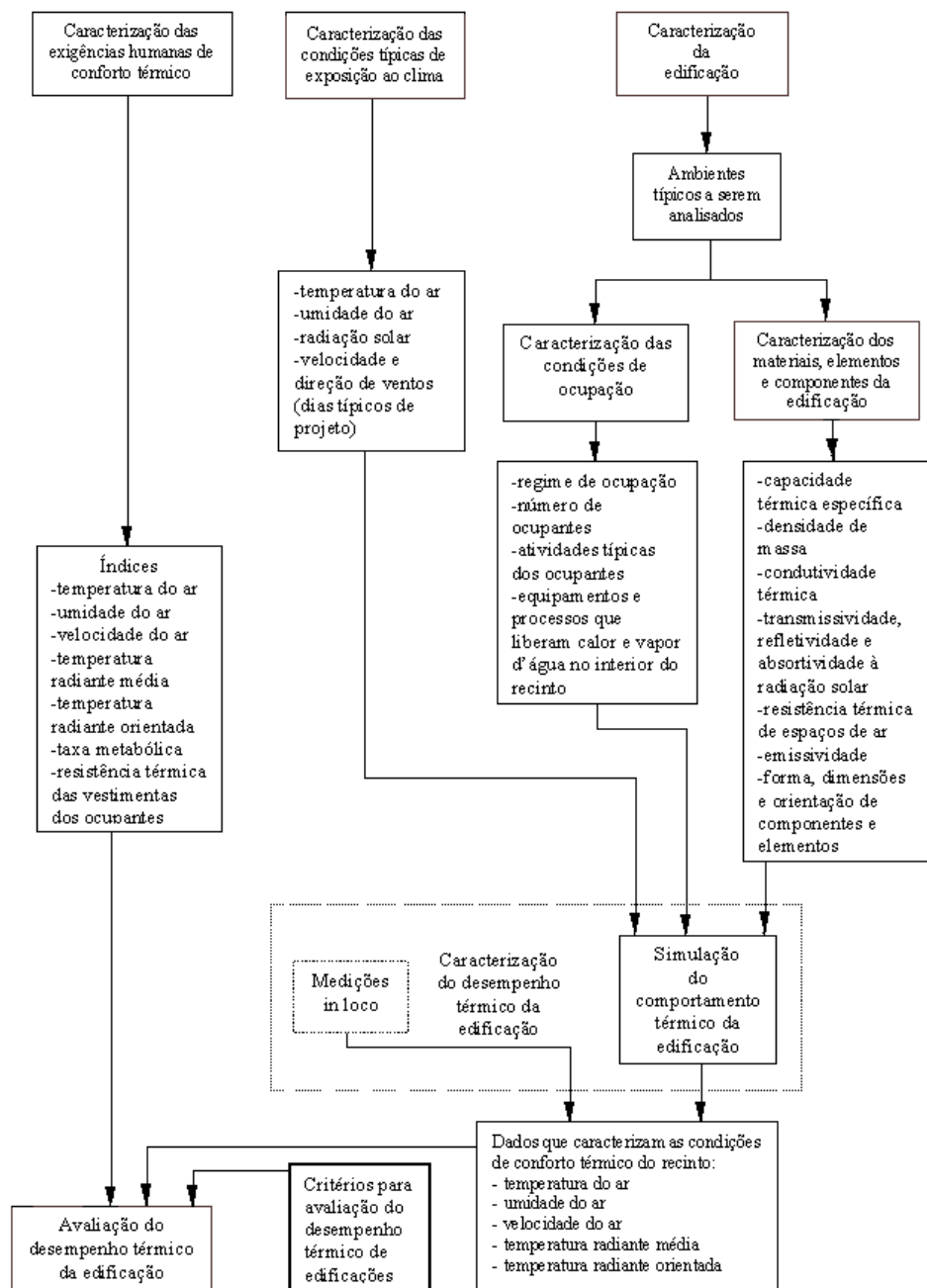


FIG. 3.19 – Etapas e Variáveis de Edificações não condicionadas (AKUTSU, 1998)

No Brasil as condições climáticas de verão são predominantes, e para estas condições, os valores limites da temperatura do ar interior correspondentes à zona de conforto variam significativamente em função da velocidade e da umidade relativa do ar, que variam muito de região para região. O aumento da velocidade do ar é um recurso muito utilizado para a melhoria das condições de conforto térmico de um ambiente no período de verão, seja através da ventilação natural ou da ventilação mecânica.

Para algumas situações típicas em habitações, durante o verão, os parâmetros de conforto relevantes para os ocupantes exercendo atividade moderada, são a resistência térmica das vestimentas ( $I_{\text{roupa}}$ ) e a velocidade do ar no interior do ambiente ( $V_{\text{ar}}$ ), medidas em “clo” e em “m/s”, respectivamente. Na Tabela 3.5 são apresentados os limites de conforto para a temperatura do ar, variando-se a umidade relativa do ar ambiente (UR) de 20% a 80%, e adotando-se o parâmetro Taxa Metabólica = 70 W/m<sup>2</sup>, correspondente a uma atividade leve.

TAB. 3.5 – Temperaturas limites segundo as exigências das Normas  
(Fonte: ISO 7730/84 e ANSI/ASHRAE 55-92)

Condição	Habitação – $I_{\text{roupa}} = 0,35$ clo (roupas leves)		
	$V_{\text{ar}} = 0,05$ m/s (baixa circulação)	$V_{\text{ar}} = 0,80$ m/s (circulação moderada)	$V_{\text{ar}} = 1,50$ m/s (boa circulação)
20%	28,7	30,4	30,8
40%	28,2	30,0	30,4
60%	27,7	29,6	30,0
80%	27,3	29,2	29,7

### 3.5.2. Caracterização das condições climáticas

As condições de exposição da edificação ao clima são caracterizadas pelos valores horários da temperatura, da umidade relativa do ar e da radiação solar global, bem como pela velocidade média do vento predominante nos chamados dias típicos de projeto, denominados de dias típicos de verão e dias típicos de inverno. Como no Brasil as

condições predominantes são as de clima de verão, neste trabalho a avaliação será efetuada considerando-se as condições de um dia típico de verão.

Os níveis de exigência na avaliação dos dias típicos de verão são caracterizados em função de suas frequências de ocorrência iguais a 10%, e representam um dia tal que 10% dos dias do período de verão tem temperatura máxima diária maior ou igual à desse dia e 10% dos dias do período de inverno tem temperatura menor ou igual à desse dia. (AKUTSU,1987). Idealmente, para a caracterização climática deve-se tomar os dados meteorológicos do local considerado, contemplando assim as características peculiares do microclima local. O clima de toda ou qualquer região situada nas mais diversas latitudes do globo jamais se apresentam com as mesmas características em cada ano. Reconhecendo este fato a Organização Meteorológica Mundial (OMM), estabelece que para estudos comparativos do clima, sejam calculadas médias climatológicas para períodos de 30 anos de coleta de dados (INMET, 2002).

Para a avaliação do desempenho térmico a ser desenvolvido neste trabalho, além dos dados climáticos indicados, é necessário ainda dados da direção e velocidade dos ventos predominantes, em geral não disponíveis. Como aproximação, decidiu-se adotar para representar a velocidade do vento, em cada localidade, um valor equivalente a 10% do valor apresentado na Norma NBR 6123 (ABNT,1988). Quando não se dispõe da direção predominante do vento, admite-se que a direção do vento é perpendicular à fachada do ambiente em análise (IPT, 1997).

#### 3.5.2.1. Clima de Belo Horizonte/MG

A capital de Minas Gerais tem verões ora quentes, ora agradáveis e invernos ao mesmo estilo, com certas quedas na temperatura, e durante o ano apresenta uma temperatura média de 22 °C, com a menor temperatura registrada de 6 °C. A temperatura média no verão é de 24 °C e a temperatura média no inverno de 20 °C.

#### 3.5.2.2. Clima de Brasília/DF

A capital do Brasil tem um verão muito chuvoso, com temperaturas amenas de manhã e por vezes quente à tarde. Possui grande amplitude térmica num único dia, mas não muda muito a temperatura de estação para estação, porém muda a pluviosidade. Tem uma temperatura média anual de 21 °C, e com a maior temperatura de 35 °C. No verão a temperatura média é de 24 °C, e no inverno a temperatura média é de 18 °C, com a menor temperatura registrada de 6 °C.

#### 3.5.2.3. Clima de Curitiba/PR

A capital do Paraná tem verões não muito quentes, muitas vezes agradável e invernos bastante frios. São comuns geadas durante o inverno e já houve indícios de neve na cidade. No ano de 2000 a temperatura mínima registrada foi de -3 °C, mas a menor temperatura já registrada na cidade foi de -6 °C. A temperatura média anual é de 16 °C, já no período do verão a temperatura média é de 21 °C e no inverno a temperatura média é de 11 °C.

#### 3.5.2.4. Clima de Porto Alegre/RS

A capital gaúcha é a que apresenta a maior amplitude térmica anual do Brasil, com verões muito quentes e invernos muito frios, caracterizados por muita umidade no ar, o que faz com que no verão a sensação térmica seja de mais calor e no inverno de mais frio, somado com o conhecido vento minuano, oriundo da Patagônia. Há registros de geadas no inverno, e em quatro oportunidades no século passado, registrou-se neve, inclusive no ano de 2000, nas regiões mais altas da cidade, onde os termômetros marcaram -1 °C. A temperatura média anual é de 18,5 °C, já a maior temperatura registrada é de 40 °C e a menor de -4 °C. As temperaturas médias no verão é de 26 °C e no inverno de 10 °C.

#### 3.5.2.5. Clima de Porto Velho/RO

A capital do estado de Rondônia tem como característica predominante o clima tropical quente e úmido com estação seca pouco marcada, com reduzida amplitude térmica (dias e noites sempre quentes e abafadiços). A pluviosidade varia em torno de 1.900 mm a 2.500 mm. A temperatura mantém-se elevada durante todo o transcorrer do ano, com médias anuais de 25°C.

#### 3.5.2.6. Clima de São Paulo/SP

A capital paulista é cortada pelo Trópico de Capricórnio. A cidade tem verões quentes e chuvosos e invernos frios e com épocas de seca. Durante o ano a temperatura média é de 19 °C, e com a maior temperatura registrada de 36 °C durante o período de verão, onde a temperatura média é de 24 °C. No período de inverno a temperatura média gira em torno de 15 °C e a menor temperatura registrada de 0 °C.

### **3.5.3. Caracterização da edificação e de sua ocupação**

Identificam-se inicialmente os ambientes típicos da edificação e efetua-se, para cada ambiente, o levantamento das informações relativas a: condições de ocupação da edificação durante um período de ocupação (24 horas), nº de ocupantes, atividades típicas dos ocupantes, as propriedades termofísicas dos elementos de fechamento, número e tipos de equipamentos existentes, número e tipos de lâmpadas.

### **3.5.4. Caracterização do comportamento térmico da edificação**

O comportamento térmico de uma edificação é a sua resposta térmica às condições típicas de exposição ao clima e à ocupação, e para sua caracterização, pode-se utilizar medições *in loco*, cálculos, ou análise numérica. As variáveis a serem medidas ou calculadas são as mesmas que foram consideradas na caracterização das exigências humanas. Na análise é considerado o caráter dinâmico dos fenômenos de troca de calor e de massa de ar entre a edificação e o meio ambiente (externo).

Quando a análise é realizada por meio da simulação numérica para o cálculo do comportamento global da edificação, o programa de simulação computacional deve executar o cálculo da transferência de calor por condução em regime transitório, e os cálculos das temperaturas superficiais internas e externas dos sistemas de fechamento por meio de equações de balanço de energia, considerando simultaneamente as trocas de calor por radiação entre os fechamentos e por convecção do ar. Deve-se considerar as trocas de massa de ar do ambiente, quando se faz os cálculos da temperatura do ar do interior do ambiente em conjunto com o cálculo das temperaturas superficiais dos fechamentos.

A capacidade térmica da edificação não pode ser desprezada e deve ser associada com a resistência térmica (ANEXO II) dos elementos e componentes para avaliação do comportamento térmico da edificação. Para as medições, deve-se seguir as recomendações das Normas ISO 7726 (1985) e ANSI/ASHRAE 55 (1992).

### **3.6. Critérios de avaliação**

Para a definição dos valores limites da temperatura do ar do ambiente em estudo, edificações não condicionadas, deve-se considerar a exigência da Norma ISO 7730 (1984), a qual determina que pelo menos 80% dos ocupantes do ambiente devem estar satisfeitos, para que o ambiente seja considerado termicamente aceitável. Na Tabela 3.6 são apresentados os valores que foram adotados para os alguns parâmetros de conforto.

TAB. 3.6 – Parâmetros de Conforto (Fonte: ISO 7730/84)

Valores	Parâmetros de Conforto
47 W/m <sup>2</sup>	Taxa de metabolismo dos ocupantes para atividades de dormir
70 W/m <sup>2</sup>	Taxa de metabolismo dos ocupantes para execução de tarefas leves
0,35 clo	Resistência térmica das roupas leves, tipicamente usadas no verão
1,00 clo	Resistência térmica das roupas pesadas, tipicamente usadas no inverno durante o dia
2,00 clo	Resistência térmica das roupas pesadas ou cobertores, tipicamente usadas no inverno e à noite, para pessoas dormindo
40% a 60%	Umidade relativa do ar externo deve ter o valor médio de maior incidência nas diversas regiões climáticas, no período diurno

Após adotar estas variáveis, a temperatura do ar produzirá condições de conforto no intervalo de 12 °C a 29 °C. Assim tem-se, 29 °C como temperatura máxima de conforto para o verão, considerando a velocidade do ar de aproximadamente 0,5 m/s, com o uso de roupas leves e execução de serviços leves. Já para temperatura mínima de conforto para o inverno, tem-se duas temperaturas, ou seja, 17 °C com a velocidade do ar  $\leq 0,25$  m/s, com o uso de roupas típicas de inverno durante o dia e execução de serviços leves, e 12 °C com a velocidade do ar  $\leq 0,25$  m/s, considerando uma pessoa dormindo durante a noite e usando roupas pesadas ou cobertores. Para este trabalho, foi fixada a temperatura de 12 °C como a mínima de referência, que é a temperatura mínima de conforto no inverno à noite, para uma pessoa dormindo.

Em seu trabalho, AKUTSU (1998) estabelece os níveis A, B e C de desempenho térmico para habitações não condicionadas, em função de seu comportamento térmico nos dias típicos de verão e de inverno. Deve-se observar que não são aceitas edificações com desempenho térmico classificado como nível C, seja para a condição de verão ou de inverno. Se a temperatura do ar interior durante todo o dia típico de verão for menor ou igual a 29 °C, a edificação será classificada como nível A com relação ao desempenho térmico.

São apresentados nas Figuras 3.20 e 3.21, dois fluxogramas que representam graficamente os critérios de avaliação dos níveis de desempenho para o dia típico de verão e de inverno respectivamente, segundo AKUTSU (1998).



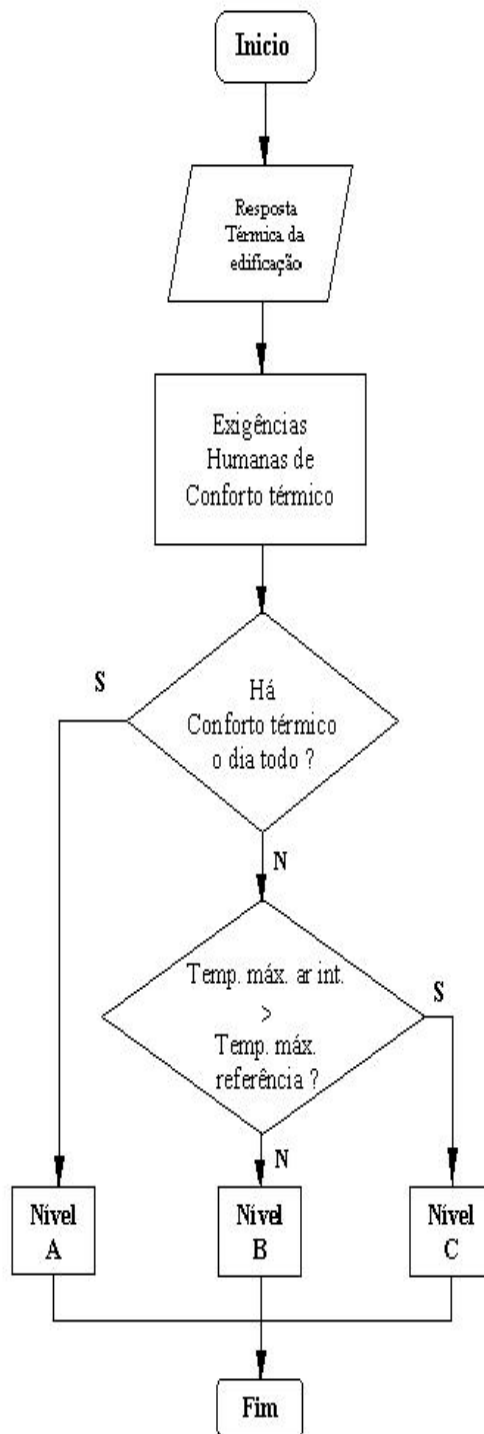


FIG. 3.20 – Critérios para o dia típico de Verão  
(Fonte: AKUTSU, 1998)

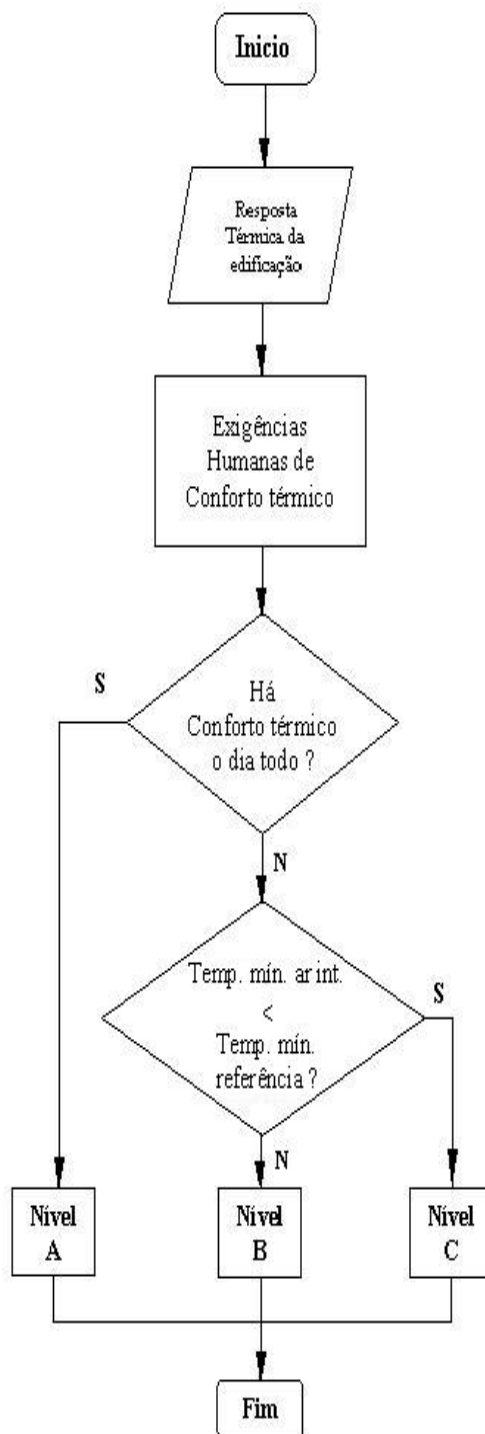


FIG. 3.21 – Critérios para o dia típico de Inverno (Fonte: AKUTSU, 1998)

- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**
- 3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO**

## **4. METODOLOGIA**

- 4.1. – Metodologia Adotada**
- 4.2. – Projeto de habitações de baixo custo**
- 4.3. – Programa USITETO**
- 4.4. – Estudo de caso – Habitação analisada**
- 4.5. – Etapas de Simulação**

## **5. RESULTADOS**

## **6. CONCLUSÕES FINAIS**

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **ANEXOS**

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Metodologia Adotada

Neste capítulo são apresentadas as etapas de desenvolvimento do trabalho com uma breve síntese dos procedimentos adotados em cada uma delas. Apresentam-se os procedimentos necessários na avaliação do desempenho térmico de uma habitação unifamiliar. Como definido anteriormente, a avaliação do desempenho térmico de uma edificação consiste em verificar se as condições do ambiente interno são satisfatórias quanto ao conforto térmico proporcionado aos ocupantes. Este trabalho engloba somente edificações condicionadas naturalmente através da ventilação natural e é feito considerando a resposta global da edificação.

O método de análise do desempenho térmico de edificações pode ser efetuado de duas maneiras: por meio de cálculos, utilizando *software* de simulação do comportamento térmico da edificação, ou por meio de medições *in loco*. Em termos práticos, é inviável a utilização de medições *in loco* na avaliação de novos empreendimentos a serem implantados, ou seja, na fase de pré - projeto. As medições são fundamentais para o processo de “*retrofit*” de uma instalação. Esta situação não está sendo avaliada neste trabalho. Para alguns tipos de edificações pré - definidas, esta avaliação pode ser feita pela simples consulta de tabelas de dados.

Neste trabalho emprega-se o programa computacional de simulação numérica *ESP-r* (*Energy Simulation Program - research*) (CLARKE, 1993) para a avaliação do comportamento térmico da edificação. A função principal do programa computacional é simular uma edificação por meio de uma análise térmica global para determinar as condições de conforto térmico para os seus ocupantes. Para se efetuar esta análise deve-se obter primeiramente os dados climáticos do local onde a habitação será edificada, e com isto determina-se as condições dos dias típicos de verão e de inverno. Deve-se fornecer também as características térmicas dos sistemas de fechamento da edificação

bem como as características de ocupação da mesma, ou seja, perfil de ocupação/equipamentos/iluminação.

No Brasil a avaliação é feita considerando-se as condições de um dia típico de verão uma vez que as condições climáticas de verão são as predominantes no país (Capítulo 3).

#### **4.2. Projeto de Habitações de baixo custo**

A estimativa do Ministério do Desenvolvimento é que o "déficit habitacional" e o "déficit de habitabilidade" do Brasil, segundo dados do governo, varia de 5,6 a 13,4 milhões de habitações, e esses "déficits" crescem anualmente em cerca de 5%. Na prática, isso representa algo entre 20 a 52 milhões de pessoas no país que não dispõem de habitações adequadas. Do total de habitações no País, 1(um) milhão estão localizadas em favelas, com uma população de aproximadamente 4,4 milhões de habitantes e, a maior parte concentra-se na periferia das grandes Metrôpoles, normalmente habitadas pela população mais pobre, onde há famílias morando em residências não servidas por saneamento básico e água tratada, mais de uma família em uma única habitação, em cortiços, meros quartos ou salas e até embaixo de pontes (IPEA, 2002).

Há também nestes locais carência de serviços, como coleta de lixo, iluminação pública, postos de saúde, escolas, transporte coletivo e segurança. Muitas moradias são construídas de forma improvisada, sem a insolação e ventilação mínimas necessárias para dar ao morador da habitação um certo conforto. O acesso à rede geral de esgoto atinge apenas 39,5% das moradias no país, e há ainda uma porcentagem razoável de domicílios que se utilizam de fossas sépticas. Enquanto 79,9% da população da Região Sudeste tem acesso ao saneamento, por rede coletora ou fossa séptica, no Nordeste esse número cai para 32,5% (IBGE, 2002).

Hoje, após identificar um aumento na demanda habitacional pela pressão social na maioria das cidades brasileiras e após considerar as vantagens na utilização do aço na construção civil, iniciativas no desenvolvimento de projetos habitacionais de baixo

custo, principalmente para a população de baixa renda, incorporando inovações tecnológicas da indústria da construção, tais como, em estrutura metálica e utilizando sistemas construtivos industrializados, e também com condições satisfatórias quanto ao conforto térmico para os seus ocupantes e habitabilidade, devem ser incentivadas pelas autoridades governamentais juntamente com as empresas e outros órgãos públicos.

#### **4.3. Programa USITETO**

O programa Usiteto iniciou-se em 1997, como resultado de uma parceria entre a Usiminas e a Companhia de Habitação de Minas Gerais (Cohab-MG), quando foi desenvolvida a solução dos prédios populares. Esta iniciativa tem como proposta contribuir para a redução do déficit habitacional do País, e é destinada à população com renda de até três salários mínimos. O projeto de uma casa, Figura 4.1, faz parte do mesmo programa destinado para construção de habitações populares em estrutura metálica e que utiliza uma tecnologia desenvolvida pela própria empresa, e com o objetivo de proporcionar à construção civil novas perspectivas para habitação popular (USIMINAS, 2002).



FIG. 4.1 – Casa do programa Usiteto  
( Fonte: USIMINAS, 2001)

A casa Usiteto é uma alternativa mais econômica, simples e rápida, em comparação com o sistema convencional de construção de casas populares. Esse programa possibilita ainda ao futuro morador construir a sua própria casa (auto-construção) após ser instruído de como utilizar um dos processos construtivos: um semi-industrializado (fechamento em tijolo cerâmico) e outro industrializado (fechamento com painéis). Estes processos utilizados neste tipo de edificação é que diferenciam estas edificações.

A previsão da siderúrgica é de que o programa Usiteto contribua para melhorar a situação habitacional do Brasil e, conseqüentemente, reduzir a dívida social que o déficit de moradias representa. A Usiminas já vem investindo na construção metálica e agora está voltada também para o uso do aço em habitações populares. Para isso, está utilizando sua experiência e tecnologia, com o objetivo de oferecer uma solução avançada, prática e eficiente para a redução do déficit habitacional do País e, indiretamente, para a geração de empregos (USIMINAS, 2002).

A casa Usiteto é composta por engradamento metálico e por colunas, que servem de guias para o alinhamento do sistema de fechamento, Figura 4.2. Toda estrutura da casa e as esquadrias são feitas de perfis de aço resistentes à corrosão atmosférica, tornando a construção mais simples e rápida. A utilização de engradamento metálico permite uma melhoria significativa na qualidade da edificação, bem como uma racionalização no uso da madeira.

A grande vantagem deste sistema é que a casa pode ser construída em módulos, assim, o núcleo inicial é formado por um quarto, uma cozinha e um banheiro, Figura 4.3, e após a construção deste módulo inicial, se houver necessidade por parte do morador de uma ampliação, tem-se como opção, duas expansões previstas. A primeira expansão acrescenta uma sala, e a segunda expansão acrescenta um quarto, conforme mostrado nas Figuras 4.4 e 4.5. Após as expansões, a casa terá um total de 36m<sup>2</sup> de área construída. Para uma melhor visualização de como a casa pode ficar após as referidas expansões, e com a distribuição dos móveis pelos vários ambientes, apresenta-se a planta baixa da edificação na Figura 4.6, e na Figura 4.7 apresenta-se uma visão geral de

como este tipo de casa, após sua construção, se integra perfeitamente num conjunto habitacional construído na cidade de Divinópolis, no estado de Minas Gerais.

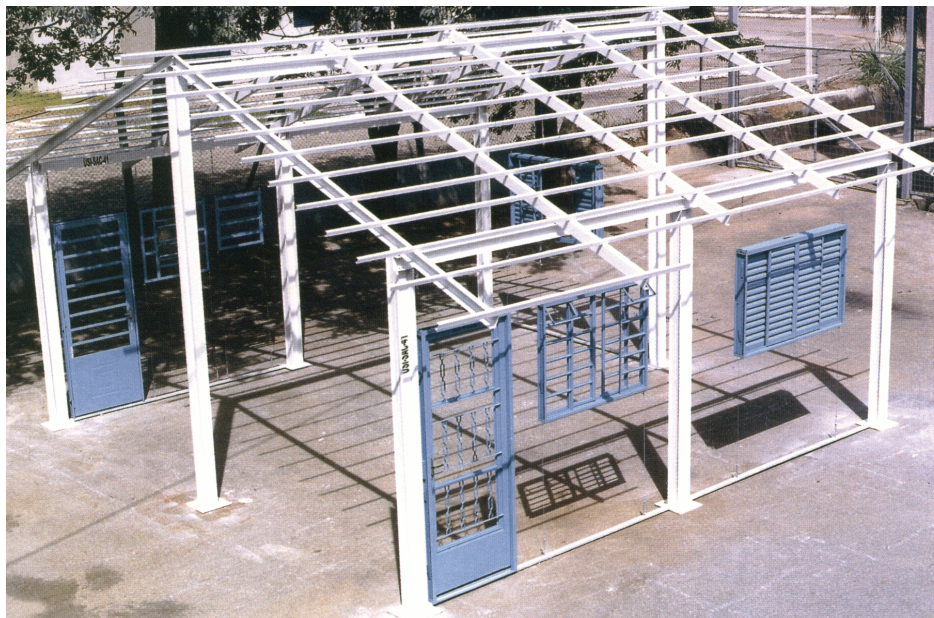


FIG. 4.2 – Estrutura Metálica da casa Usiteto  
(Fonte: USIMINAS, 2001)



FIG. 4.3 – Núcleo inicial da casa  
(Fonte: USIMINAS, 2001)



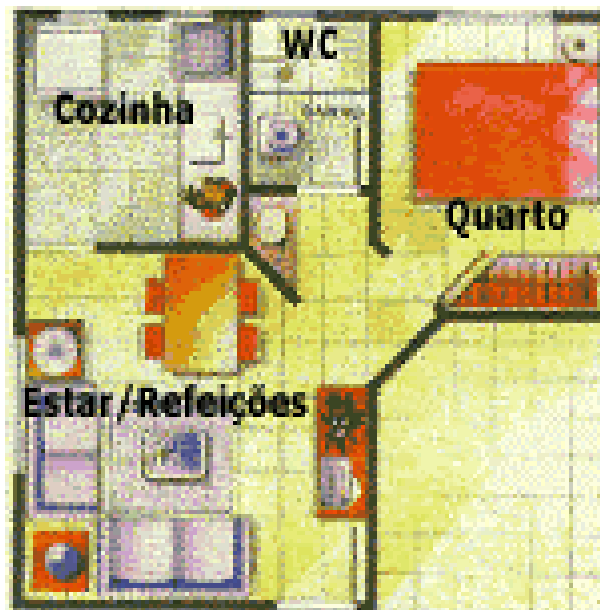


FIG. 4.4 – Primeira expansão da casa  
(Fonte: USIMINAS, 2001)



FIG. 4.5 – Segunda expansão da casa  
(Fonte: USIMINAS, 2001)

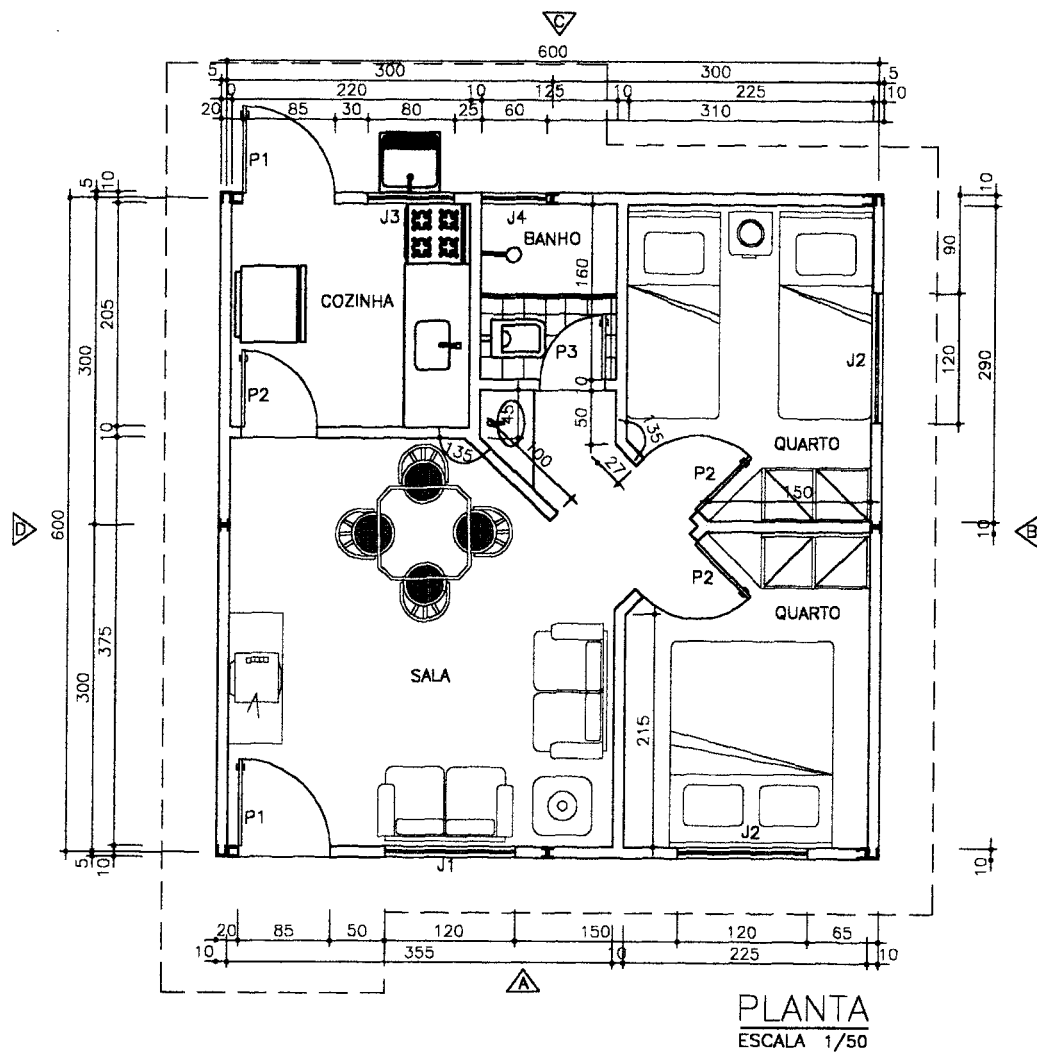


FIG. 4.6 – Planta baixa da casa Usiteto  
(Fonte: USIMINAS, 2001)



FIG. 4.7 – Conjunto Habitacional em Divinópolis/MG  
(Fonte: USIMINAS, 2002)

#### **4.4. Estudo de caso – Habitação analisada**

Após esta breve introdução ao assunto, descreve-se a casa do programa Usiteto desenvolvido pela USIMINAS e que será utilizado neste trabalho para Avaliação de Desempenho Térmico de Habitações de Baixo Custo Estruturadas em Aço. O objetivo é fazer um estudo comparativo do desempenho térmico desta edificação em estrutura metálica, considerando algumas variações do sistema de fechamento interno e externo, para várias regiões climáticas do país.

A habitação de baixo custo analisada, Figura 4.6, neste trabalho é dividida em seis ambientes: quarto\_s, quarto\_c, sala, cozinha, banho e circulação, totalizando 36 m<sup>2</sup> de área construída e, com um pé direito de 2,80 m.

Em sua composição, utilizaram-se quatro tipos de sistemas de fechamento verticais. Numa primeira composição considerou-se como elemento de vedação interna e externa a Alvenaria composta de tijolos cerâmicos. Numa segunda configuração considerou-se como elemento de vedação interna painéis compostos de Placa Cimentícia e a externa com blocos ou painéis de Concreto Celular Autoclavado. Para uma terceira situação considerou-se como elemento de vedação interna e externa blocos ou painéis de Concreto Celular Autoclavado. Num quarto tipo de configuração considerou-se como elemento de vedação interna e externa painéis Isolite.

Como sistemas de fechamento horizontais utilizam-se o piso de madeira, na sala e nos quartos; o piso cerâmico, na cozinha, no banho e na circulação; os forros de madeira, na sala, na cozinha e nos quartos; a laje pré-moldada de CCA, no banho e na circulação. Na cobertura, somente um tipo de telha foi utilizada, a telha cerâmica. As janelas são em vidros comuns com 4 mm de espessura, perfazendo 12 % da área total de piso. As portas internas são de madeira tipo prancheta, e as externas são portas compostas de chapas de aço com 40 % de sua área com venezianas.

As propriedades termofísicas dos elementos que compõem os sistemas de fechamento utilizados são apresentados na Tabela 4.1 e as características destes sistemas de fechamentos compostos com estes elementos são apresentadas na Tabela 4.2. O perfil de ocupação adotado neste trabalho é o mesmo para todas as cidades e é apresentado na Tabela 4.3.

#### **4.5. Etapas de simulação**

O método de estudo utilizado neste trabalho será através da simulação numérica da edificação com a utilização do programa computacional *ESP-r*. Para o processo de simulação do desempenho térmico de uma edificação são necessários os dados climáticos das cidades escolhidas e os dados da edificação analisada (tipo de atividade, perfil de ocupação, equipamentos, iluminação).

##### **4.5.1. Programa de simulação *ESP-r***

Em linhas gerais, o Programa de Simulação *ESP-r* (*Energy Simulation Program – research*) evoluiu até a sua forma presente durante as duas últimas décadas. De 1974 a 1977 *Joe Clarke* desenvolveu o protótipo inicial como parte de sua pesquisa de doutorado. Então, durante o período de 1977 a 1980, com a criação do então *Science and Engineering Research Council (SERC) of United Kingdom*, o *ESP-r* foi melhorado em vários aspectos: o sistema foi reorganizado e documentado, já com tentativas de validação. Foi implementado o processo de zona múltipla e com gráficos orientando a interface com o usuário. De 1981 até 1986 o *Professor Clarke* trabalhou com o *Dr. Don McLean* e, mais adiante com a consolidação do *SERC*, as capacidades do *ESP-r* foram estendidas pela adição de simulação dinâmica, a inclusão do modelamento do fluxo de ar, uma diminuição no custo da tecnologia da estação de trabalho *Unix<sup>TM</sup>* e a instalação de sistemas primitivos especiais (CLARKE, 1993 ; ESRU, 1997).

Em 1987, a *Energy Simulation Research Unit (ESRU)* foi formada para resolver os problemas que confrontam a evolução adicional da energia do edifício e da simulação ambiental. Como parte de sua pesquisa, a *ESRU* continuou evoluindo o *ESP-r*

notavelmente dentro da estrutura do *Passive Solar Programme of the Department of Energy*, (agora, *Trade and Industry*), *of United Kingdom*. A partir desta data o *ESP-r* continua evoluindo em extensões técnicas e melhorias de interface do usuário (ESRU, 1997), e encontra-se ainda em processo contínuo de melhoria pela Universidade de *Strathclyde*, na Escócia.

Este programa utiliza modelos matemáticos complexos de Elementos Finitos e de Diferenças Finitas, promovendo a simulação do comportamento térmico dos ambientes, Figura 4.8, o efeito do armazenamento térmico e das trocas de calor (radiação e convecção) que ocorrem no interior da edificação (CLARKE, 1993). O *Software ESP-r*, permite avaliar gradientes de temperatura e distribuição de fluxos de ar com um bom grau de refinamento, se comparado com outros programas de simulação de energia existentes no mercado, tais como, o NBLSD (KUSUDA, 1976), o BLAST (PEDERSEN, 1993), o DOE-2 (BIRDSALL, 1994) e o ARQUITROP (RORIZ, 1990).

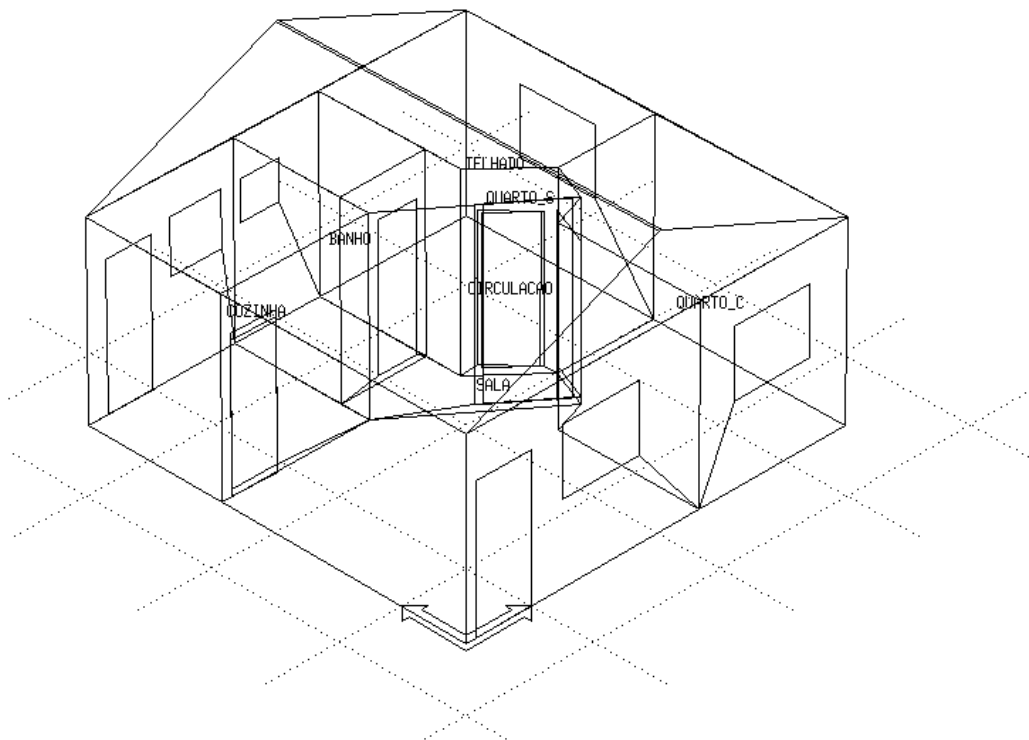


FIG. 4.8 – Modelo da Habitação gerado pelo *software ESP-r*

#### **4.5.2. Dados Climáticos**

Para a simulação são necessários os dados climáticos do ambiente externo à edificação, tais como a temperatura de bulbo seco ( $^{\circ}\text{C}$ ), a velocidade do ar (m/s), a direção do vento, a irradiância solar difusa na horizontal ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), a intensidade solar na direção normal ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) e a umidade relativa do ar (%). Os valores destes dados se alteram para cada cidade em função da influência de fatores, como a latitude e a longitude de cada cidade escolhida, Tabela 3.4, onde a edificação será estudada. Como no Brasil as condições climáticas predominantes são as de verão, a avaliação térmica da edificação é realizada considerando-se as condições de um dia típico de verão. Por este motivo, deve-se determinar o dia típico de verão para cada cidade. Os dias típicos representam dias com frequência de ocorrência de 10 %, ou seja, para o verão, 10 % dos dias deste período apresentam temperatura máxima diária maior ou igual a desse dia. Quando as variáveis climáticas são registradas hora a hora pelos postos meteorológicos, métodos estatísticos são empregados (AKUTSU, 1998) para estimativa dos valores horários dessas grandezas, a partir dos valores disponíveis (SIQUEIRA, 2003).

#### **4.5.3. Dados de Materiais, Componentes e Elementos da edificação**

Para a simulação é necessária a configuração da edificação avaliada, tais como a área de piso ( $\text{m}^2$ ), a cota do nível do piso (m), a altura do pé direito da edificação (m), a área constituída de vidros das aberturas ( $\text{m}^2$ ) e os materiais componentes dos sistemas de fechamento da envoltória e das divisórias internas. Para os materiais que compõem estes sistemas da edificação avaliada neste trabalho, são necessários obter primeiramente suas propriedades termofísicas: calor específico,  $c$  ( $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ), densidade,  $\rho$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) e condutividade térmica,  $\lambda$  ( $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ) dos mesmos, Tabela 4.1 (CLARKE, 1985).

Posteriormente, determinam-se as características físicas, tais como a forma e as dimensões, principalmente a espessura das camadas, e a orientação dos elementos e componentes dos sistemas de fechamento da envoltória e das divisórias, e também. o

coeficiente global,  $U$  ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ), Tabela 4.2. São necessários ainda a determinação da transmitância  $\tau$ , absorptância  $\alpha$  e refletância  $\rho$  à radiação solar e a emissividade  $\varepsilon$  das superfícies dos elementos que compõem os sistemas de fechamento.

TAB. 4.1 - Propriedades Termofísicas dos Elementos de fechamento ( $T = 300 \text{ K}$ )

MATERIAIS E/OU ELEMENTOS	( $\rho$ ) kg/m <sup>3</sup>	( $c$ ) J / (kg $^\circ C$ )	( $\lambda$ ) W/(m $^\circ C$ )	( $\varepsilon$ )	( $\alpha$ )
Aço carbono (aço)	7800	502	50	0,12	0,20
Alumínio (alum.)	2700	880	210	0,22	0,20
Argamassa (argam.)	1860	780	0,72	0,91	0,60
Concreto leve (concr. leve)	500	840	0,16	0,90	0,65
Concreto maciço (concr. mac.)	2100	653	1,40	0,90	0,65
Madeira (mad.)	640	2000	0,15	0,90	0,65
Painel ISOLITE (pl. Isolite)	2250	750	1,80	0,90	0,75
Bloco de CCA (bl. CCA)	750	1000	0,24	0,90	0,65
Painel de CCA (pl. CCA)	750	1000	0,24	0,90	0,65
Placa Cimentícia (pl. ciment.)	1360	1050	0,35	0,96	0,60
Placa de Poliestireno Expandido (EPS)	16	1000	0,04	0,90	0,30
Telha Cerâmica, esp.=10 mm (tl. cer.)	1900	837	0,85	0,90	0,60
Tijolo Cerâmico (tij. cerâm.)	2000	650	0,96	0,90	0,63
Vidro liso comum, esp. = 4 mm (v. liso)	2500	750	1,05	0,25	0,05

TAB. 4.2a : Coeficiente Global dos Sistemas de fechamento ( $T = 300 \text{ K}$ )

SISTEMAS	ESPESSURA DAS CAMADAS (mm)						$U$ ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )
	Ext.	Interm.	Interm.	Interm.	Int.	Total	
Laje Pré-moldada: argam. + pl. CCA + argam.	25	70	X	X	25	100	1,46
Forro frisado de Madeira: friso de Pinus	8	X	X	X	X	8	4,32
Janela de Alumínio: alum. + ar + alum.	2	21	X	X	2	25	2,87
Porta de Aço: aço + ar + aço	1,6	22	X	X	1,6	23,2	2,87
Porta Prancheta: mad. compensada + ar + mad. compensada	5	15	X	X	5	25	2,41
Vidraça: vidro liso comum	4	X	X	X	X	4	5,46
Telhado: telha cerâmica	10	X	X	X	X	10	5,27

TAB. 4.2b : Coeficiente Global dos Sistemas de fechamento (T =300 K)

SISTEMAS	ESPESSURA DAS CAMADAS (mm)						U (W/m <sup>2</sup> °C)
	Ext.	Interm.	Interm.	Interm.	Int.	Total	
Parede de Tijolo Cerâmico: argam. + tij. cerâm. + argam. + azulejo	15	70	10	X	5	100	3,43
Parede de Tijolo Cerâmico: azulejo + argam. + tij. cerâm. + argam.	5	10	70	X	15	100	3,43
Parede de Tijolo Cerâmico: azulejo + argam. + tij. cerâm. + argam. + azulejo	5	10	70	10	5	100	3,44
Parede de Tijolo Cerâmico: argam. + tij. cerâm. + argam.	15	70	X	X	15	100	3,42
Parede de Bloco CCA: argam. + bl. CCA + argam. + azulejo	15	70	10	X	5	100	1,96
Parede de Bloco CCA: azulejo + argam. + bl. CCA + argam.	5	15	70	X	15	100	1,93
Parede de Bloco CCA: azulejo + argam. + bl. CCA + argam. + azulejo	5	10	70	10	5	100	1,96
Parede de Bloco CCA: argam. + bl. CCA + argam.	15	70	X	X	15	100	1,96
Parede de Placa Cimentícia: pl. ciment. + ar + pl. ciment. + azulejo	12,5	65	12,5	X	10	100	2,32
Parede de Placa Cimentícia: azulejo + pl. ciment. + ar + pl. ciment.	5	12,5	70	X	12,5	100	2,35
Parede de Placa Cimentícia: azulejo + pl. ciment. + ar + pl. ciment. + azulejo	10	12,5	55	12,5	10	100	2,26
Parede de Placa Cimentícia: pl. ciment. + ar + pl. ciment.	12,5	75	X	X	12,5	100	2,38
Parede de Painel Isolite: microconcreto + EPS + microconcreto	30	40	X	X	30	100	2,25



TAB. 4.2c : Coeficiente Global dos Sistemas de fechamento (T =300 K)

SISTEMAS	ESPESSURA DAS CAMADAS (mm)						U (W/m <sup>2</sup> °C)
	Ext.	Interm.	Interm.	Interm.	Int.	Total	
Piso de Madeira: terra comum + concr. leve + ar + tábua corrida	100	70	50	X	25	245	1,29
Piso Cerâmico c/ terra comum + concr. leve + cerâm. Esmaltada	150	100	X	X	15	265	2,42
Piso Cimentado c/ terra comum + concr. mac. + concr. leve	150	100	X	X	15	265	2,62

#### 4.5.4. Dados de Ocupação da habitação

Para a simulação da habitação é necessário avaliar os ganhos de calor devido ao número de ocupantes, número de equipamentos e nível de iluminação, bem como o período de ocupação, perfil de utilização destes equipamentos e das lâmpadas acesas. Outros dados relevantes são a taxa de ventilação natural (m<sup>3</sup>/s) que é fornecida em renovação de ar por hora (ren/hora).

Na Tabela 4.3 são apresentados os dados utilizados para a caracterização do perfil de ocupação desta habitação. O período de ocupação da edificação a ser considerado é durante as 24 horas do dia. Por se tratar de uma edificação pequena, a mesma é ocupada por uma família de quatro pessoas, 2 adultos e duas crianças, desenvolvendo atividades moderadas. As atividades típicas dos ocupantes se resumem no período diurno à trabalhos domésticos, como cozinhar e arrumar a casa, estudar e outros afazeres, já no período noturno, as atividades se concentram em assistir TV e dormir. As taxas de liberação de energia térmica e de vapor d'água de equipamentos, tais como fogão, forno elétrico, geladeira, TV, conjunto de som, rádio e chuveiro elétrico, e processos no interior do recinto, são apresentados na norma NBR 6401 da ABNT (1980).

TAB. 4.3 – Perfil de Ocupação da edificação estudada

Ambiente construído		QUARTO S	QUARTO C	SALA	COZINHA	BANHO
Área (m <sup>2</sup> )		6,75	6,73	13,52	4,94	2,3
Volume (m <sup>3</sup> )		18,87	18,84	37,86	13,85	6,43
Superfícies (m <sup>2</sup> )		41	40,91	67,78	34,17	21,31
Transparentes		1,2	1,2	1,2	0,64	0,36
n°		1	1	1	1	1
Equipamentos		50	50	250	200	500
radiação = 0,60					100	
convecção = 0,40					100	
Latente (W)		0	0	0	0	0
Horário		21:00 a 22:00	20:00 a 22:00	12:00 a 20:00	0:00 a 24:00	6:00 a 7:00
n°		1	1	1	1	1
Sensível (W/m <sup>2</sup> )		30	30	30	30	30
Latente (W/m <sup>2</sup> )		0	0	0	0	0
Horário		20:00 a 22:00	20:00 a 22:00	18:00 a 20:00	18:00 a 19:00	17:00 a 18:00
n°		2	2	4	1	1
Sensível (W)		106	131	238	60	71
Latente (W)		92	113	204	52	61
Horário		20:00 a 6:00	20:00 a 6:00	12:00 a 13:00	6:00 a 19:00	6:00 a 7:00
Infiltração (ren/h)		1,0 e 3,0	1,0 e 3,0	1,0 e 3,0	1,0 e 3,0	1,0 e 3,0
Ventilação (ren/h)		0	0	0	0	0
Horário		0:00 a 24:00	0:00 a 24:00	0:00 a 24:00	0:00 a 24:00	0:00 a 24:00

- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**
- 3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO**
- 4. METODOLOGIA**

## **5. Resultados**

- 5.1. – Resultados da Avaliação**
- 5.2. – Resultados para as condições climáticas de Belo Horizonte**
- 5.3. – Resultados para as condições climáticas de Brasília**
- 5.4. – Resultados para as condições climáticas de Curitiba**
- 5.5. – Resultados para as condições climáticas de Porto Alegre**
- 5.6. – Resultados para as condições climáticas de Porto Velho**
- 5.7. – Resultados para as condições climáticas de São Paulo**
- 5.8. – Considerações finais**

- 6. CONCLUSÕES FINAIS**
- 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Resultados da Avaliação

Como o objetivo de avaliar a aplicabilidade e funcionalidade da casa Usiteto como um tipo de edificação industrializada, que possa ser utilizada para suprir as necessidades de moradia para as pessoas de baixa renda, faz-se um estudo do desempenho térmico deste projeto para seis cidades brasileiras: Belo Horizonte/MG, Brasília/DF, Curitiba/PR, Porto Alegre/RS, Porto Velho/RO e São Paulo/SP, que representam várias regiões bioclimáticas do país.

A avaliação do desempenho térmico da edificação é feita por meio da simulação numérica, utilizando-se o programa computacional *ESP-r* (CLARKE, 1993). Neste estudo avalia-se o desempenho térmico de quatro possibilidades de configurações com sistemas de fechamento diferentes.

Antes de dar início ao processo de simulação, visando a avaliação de desempenho térmico dos elementos construtivos que compõem este tipo de habitação estudada e a determinação do grau de conforto dos ambientes internos desta edificação, localizada nas referidas cidades, é necessário primeiramente a obtenção dos dados climáticos para um dia típico de verão das cidades em questão. Considera-se uma casa ventilada naturalmente, e a partir das condições de direção e velocidade do vento da região em estudo pode-se fazer uma estimativa da ventilação natural dentro dos ambientes em termos do número de renovações por hora (ren/h) (ANEXO II), adotando-se as taxas de renovação de ar de 1,0 ren/h (baixa circulação) e de 3,0 ren/h (boa circulação). Considera-se também o valor médio da umidade relativa do ar (UR) em %, o valor global da radiação solar (RS) incidente em plano horizontal em  $W/m^2$ , e o valor global da radiação solar (RS) incidente na direção normal em  $W/m^2$ , para este dia típico, Tabela 5.1. Dos dados climáticos obtidos, mostra-se na Tabela 5.2 a evolução horária dos valores das temperaturas do ambiente externo de um dia típico de verão e mostra-se na Figura 5.1 os perfis do comportamento das temperaturas para as referidas cidades.

TAB. 5.1 – Dados utilizados na avaliação da habitação  
(Fonte: TRIBESS, 2002; AKUTSU, 2002; WEATHER CHANNEL BR, 2002).

Cidade	Vento			TBS (°C)	UR (%)	RS (W/m <sup>2</sup> )	RS Total (W/m <sup>2</sup> )
	Direção		Velocidade (m/s)				
B. Horizonte	112,5°	Leste/Sudeste	3,35	26,2	72,2	111,50	2677,00
Brasília	315°	Noroeste	3,61	24,3	43,4	204,72	4913,16
Curitiba	90°	Leste	3,61	25,7	58,7	115,58	2773,81
Porto Alegre	202,5°	Sul/Sudoeste	1,39	30,6	52,9	228,17	5476,05
Porto Velho	270°	Oeste	1,39	27,8	76,4	277,56	6661,41
São Paulo	157,5°	Sul/Sudeste	6,39	24,9	68,3	238,34	5720,13

TAB. 5.2 – Evolução horária da temperatura(°C) do dia típico de verão

Horário (h)	Belo Horizonte	Brasília	Curitiba	Porto Alegre	Porto Velho	São Paulo
1	23,0	20,8	22,8	28,0	23,8	21,9
2	22,8	20,1	22,3	27,5	23,2	21,5
3	22,3	19,6	21,8	27,1	23,1	20,9
4	22,0	19,1	21,5	26,8	22,6	20,5
5	21,8	18,9	21,3	26,6	22,4	20,0
6	21,8	19,0	21,3	26,6	22,5	19,3
7	22,2	19,4	21,7	27,0	22,9	19,5
8	22,9	20,3	22,4	27,6	23,8	21,0
9	24,1	21,6	23,5	28,6	25,1	23,2
10	25,5	23,4	25,0	29,9	26,9	25,3
11	27,1	25,4	26,6	31,4	28,9	27,3
12	28,8	27,4	28,3	33,0	30,9	28,9
13	30,3	29,2	29,7	34,3	32,7	29,8
14	31,3	30,4	30,7	35,3	33,9	30,6
15	31,9	31,1	31,3	35,8	34,6	31,3
16	31,9	31,1	31,3	35,8	34,6	31,2
17	31,4	30,5	30,8	35,3	34,0	30,7
18	30,4	29,4	29,9	34,5	33,4	30,0
19	29,2	27,9	28,6	33,3	31,9	27,6
20	27,9	26,3	27,3	32,1	29,8	25,1
21	26,6	24,8	26,1	31,0	28,3	24,0
22	25,5	23,5	25,0	30,0	27,0	22,9
23	24,6	22,3	24,1	29,2	25,8	22,5
24	23,6	21,5	23,4	28,5	25,0	22,4
Média	26,2	24,3	25,7	30,6	27,8	24,9

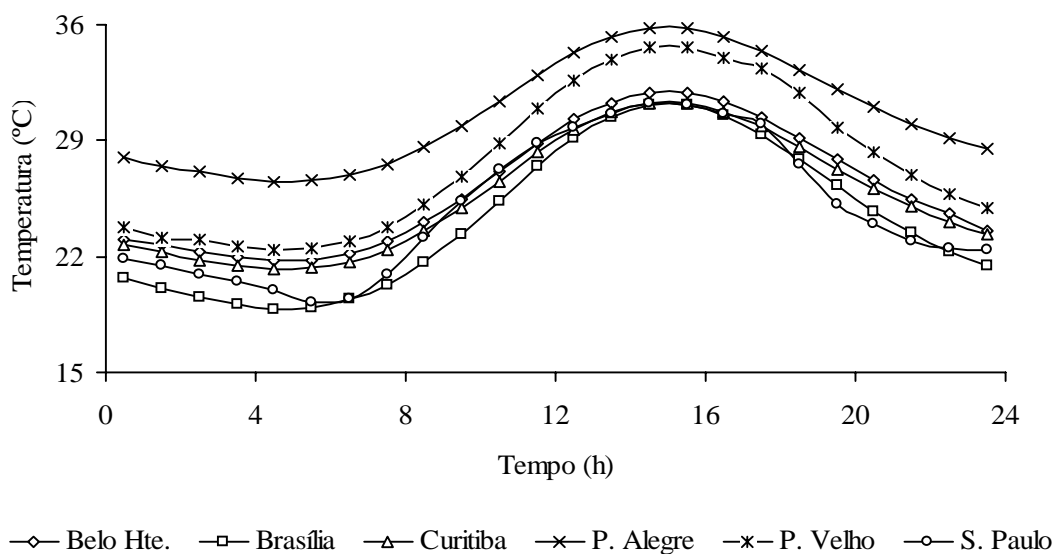


FIG. 5.1 – Temperaturas do dia típico de verão nas cidades adotadas

As janelas foram consideradas abertas numa proporção de 50% da área iluminante. As portas externas foram mantidas fechadas e as portas internas completamente abertas e nenhuma obstrução externa à incidência do vento na edificação foi considerada. Admite-se que é desprezível a resistência oferecida à circulação do ar no interior e que as perdas de cargas só ocorrem nas passagens do ar pelas frestas das portas e janelas.

Nos resultados apresentam-se os comportamentos da temperatura do ambiente externo para as condições de verão e das temperaturas internas para os cômodos da habitação analisada (quarto\_s, quarto\_c, sala, cozinha e banho) considerando as composições com três tipos de sistemas de fechamento externo (alvenaria, concreto celular e painel isolite) e quatro tipos de sistemas de fechamento interno (alvenaria, placa cimentícia, concreto celular e painel isolite), já descritos anteriormente. Apresenta-se uma análise dos resultados com a comparação das temperaturas internas dos vários ambientes da habitação com suas várias composições, e também a comparação das temperaturas dos vários sistemas de fechamento em cada ambiente da habitação estudada para cada cidade.

## **5.2. Resultados para as condições climáticas de Belo Horizonte**

Para a avaliação do desempenho térmico da habitação em Belo Horizonte, considera-se o valor horário da temperatura para o dia típico de verão, Tabela 5.2, e também o valor de 26,2 °C como valor médio da temperatura de bulbo seco, o valor de 72,2 % como o valor médio da umidade relativa do ar e o valor de 111,50 W/m<sup>2</sup> como valor médio da radiação solar incidente em plano horizontal, neste dia típico, e o valor global da radiação solar incidente na direção normal foi de 2677,00 W/m<sup>2</sup>. A velocidade do vento considerada foi 3,35 m/s, que é a velocidade média. A predominância do vento é na direção Leste/Sudeste.

Os resultados obtidos, considerando as várias configurações de sistemas de fechamento adotados nesta habitação, ventilada naturalmente, estão sintetizados nas Figuras 5.2 a 5.19. Na Tabela 5.3, apresentam-se as temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas.

TAB. 5.3 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos (BH)

Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_S	Máxima	1,0	31,9	34,5	37,2	34,8	37,5
		3,0	31,9	33,6	35,6	33,1	34,3
	Média	1,0	26,2	31,0	32,6	31,4	34,7
		3,0	26,2	29,9	30,7	29,9	31,7
	Mínima	1,0	21,8	25,9	26,9	27,3	31,6
		3,0	21,8	25,0	25,3	25,8	28,6
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_C	Máxima	1,0	31,9	35,5	35,6	34,3	35,6
		3,0	31,9	34,0	34,2	33,3	32,9
	Média	1,0	26,2	31,5	31,6	31,3	33,2
		3,0	26,2	30,2	30,0	29,8	30,6
	Mínima	1,0	21,8	26,3	26,5	27,2	30,2
		3,0	21,8	25,2	25,0	25,6	27,4
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
SALA	Máxima	1,0	31,9	39,8	45,9	44,2	44,9
		3,0	31,9	36,8	40,8	39,8	39,5
	Média	1,0	26,2	32,1	34,8	34,6	36,6
		3,0	26,2	30,2	31,6	31,6	32,2
	Mínima	1,0	21,8	26,8	28,1	29,0	32,2
		3,0	21,8	25,2	25,5	26,3	27,9
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
COZINHA	Máxima	1,0	31,9	41,9	45,0	43,9	46,8
		3,0	31,9	39,5	41,2	40,4	41,2
	Média	1,0	26,2	36,1	38,8	38,4	42,4
		3,0	26,2	34,0	35,5	35,2	37,3
	Mínima	1,0	21,8	31,8	34,3	34,4	39,1
		3,0	21,8	29,7	31,1	31,3	34,0
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
BANHO	Máxima	1,0	31,9	38,9	43,3	42,0	43,3
		3,0	31,9	37,1	39,8	38,9	39,2
	Média	1,0	26,2	31,8	34,6	33,2	35,9
		3,0	26,2	30,5	32,1	31,2	32,8
	Mínima	1,0	21,8	29,1	30,9	30,4	33,3
		3,0	21,8	27,7	28,4	28,3	30,1



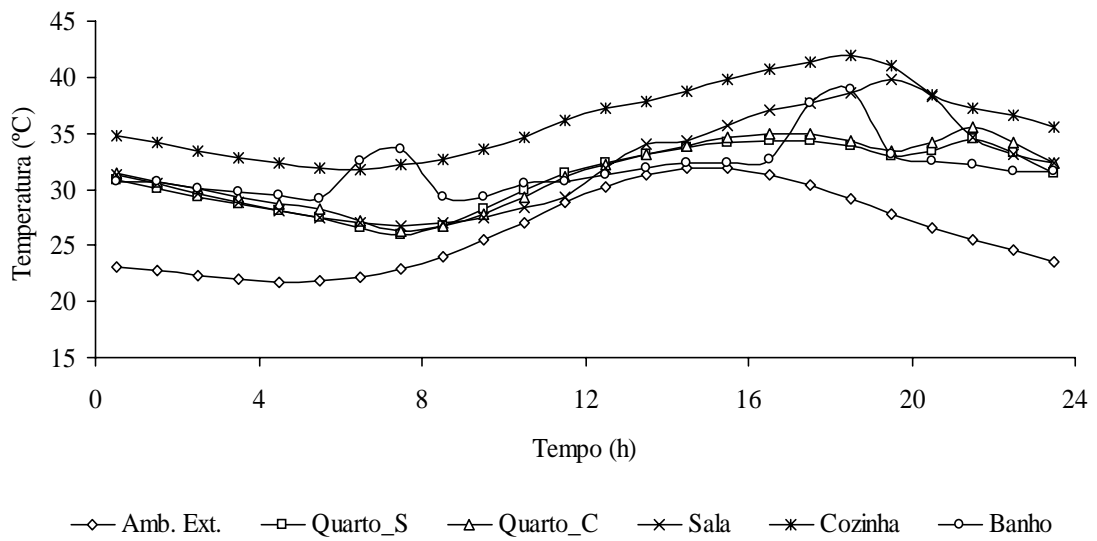


FIG. 5.2 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (BH)

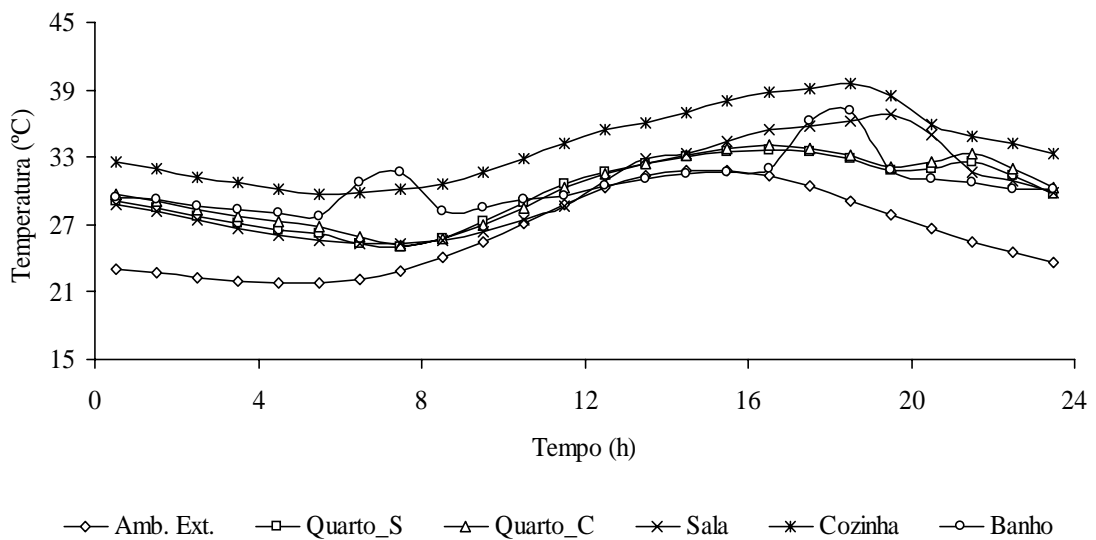


FIG. 5.3 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (BH)

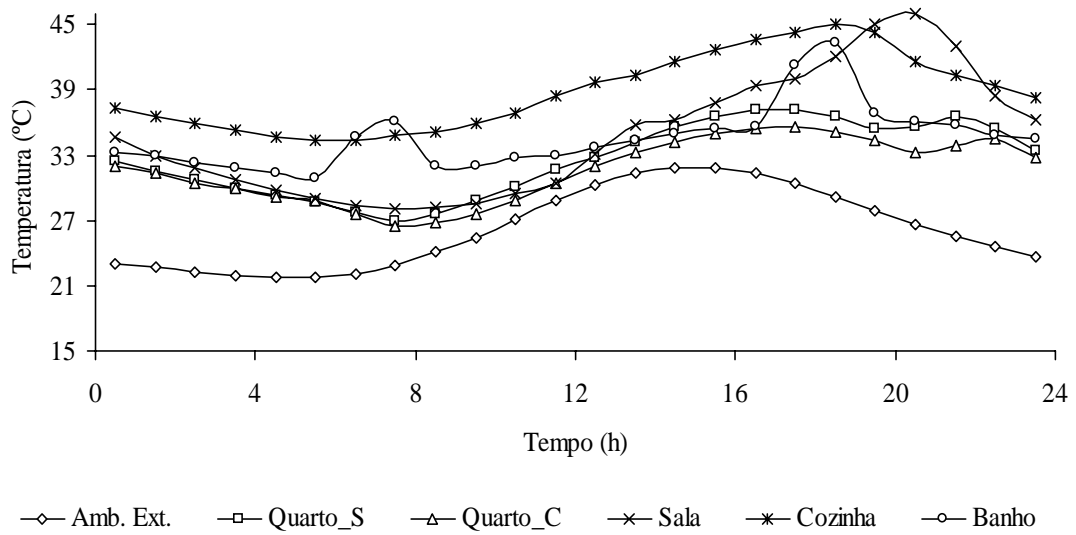


FIG. 5.4 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e com fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (BH)

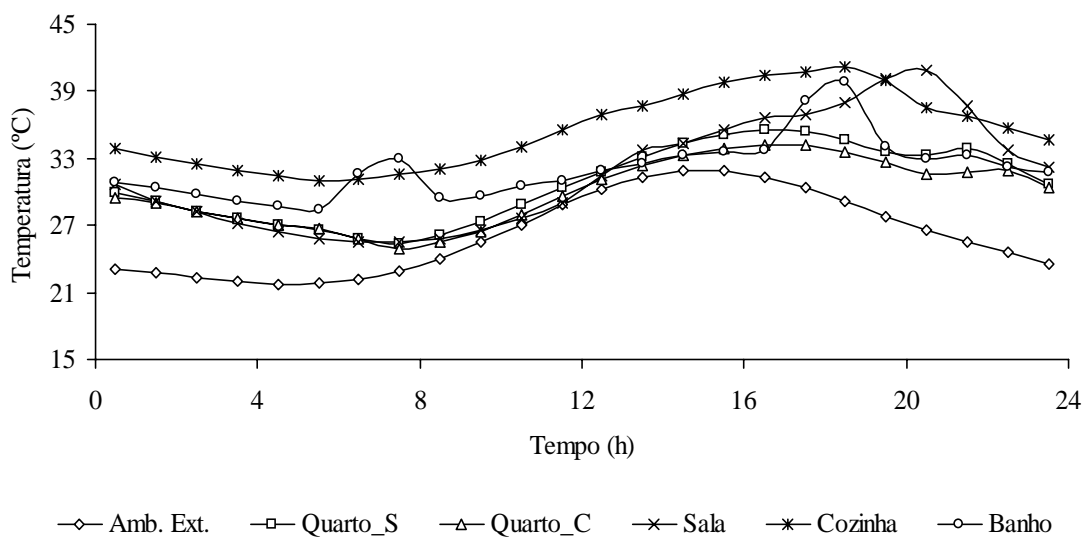


FIG. 5.5 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e com fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (BH)

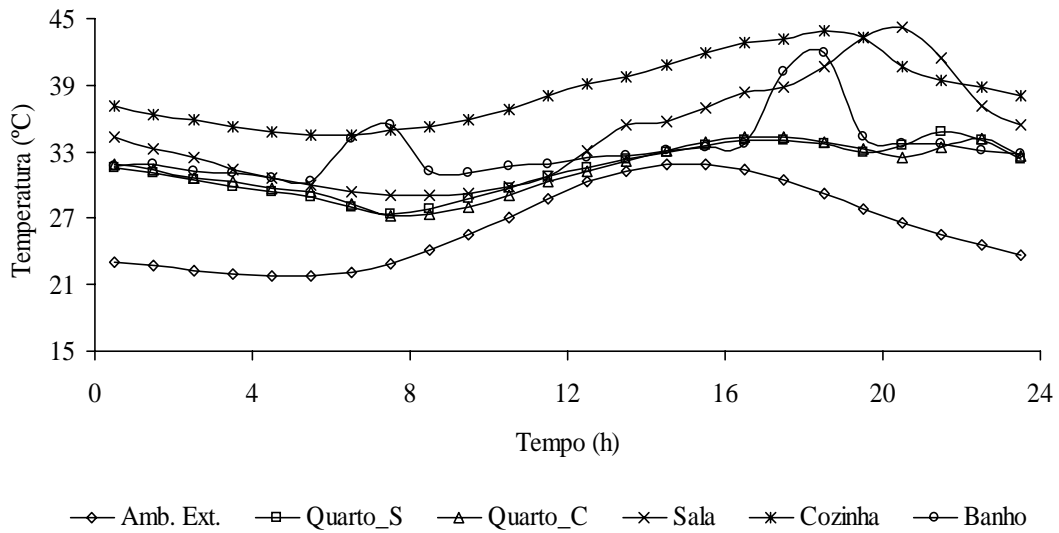


FIG. 5.6 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (BH)

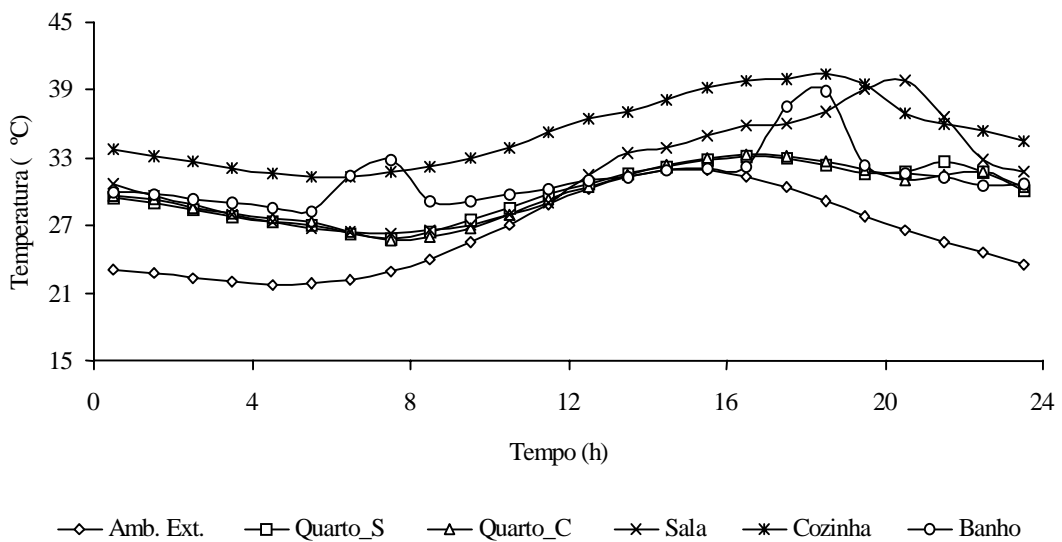


FIG. 5.7 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (BH)

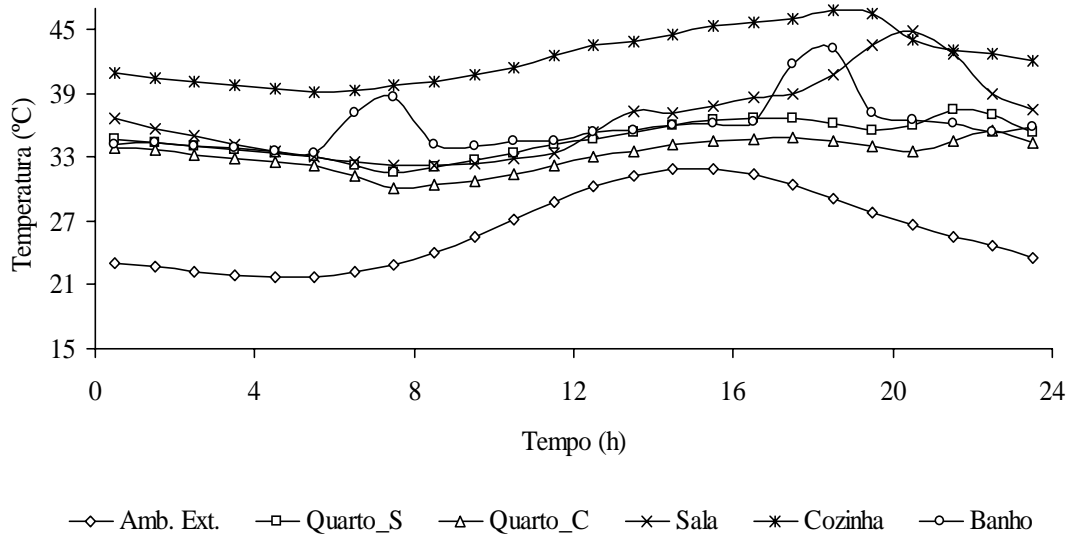


FIG. 5.8 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (BH)

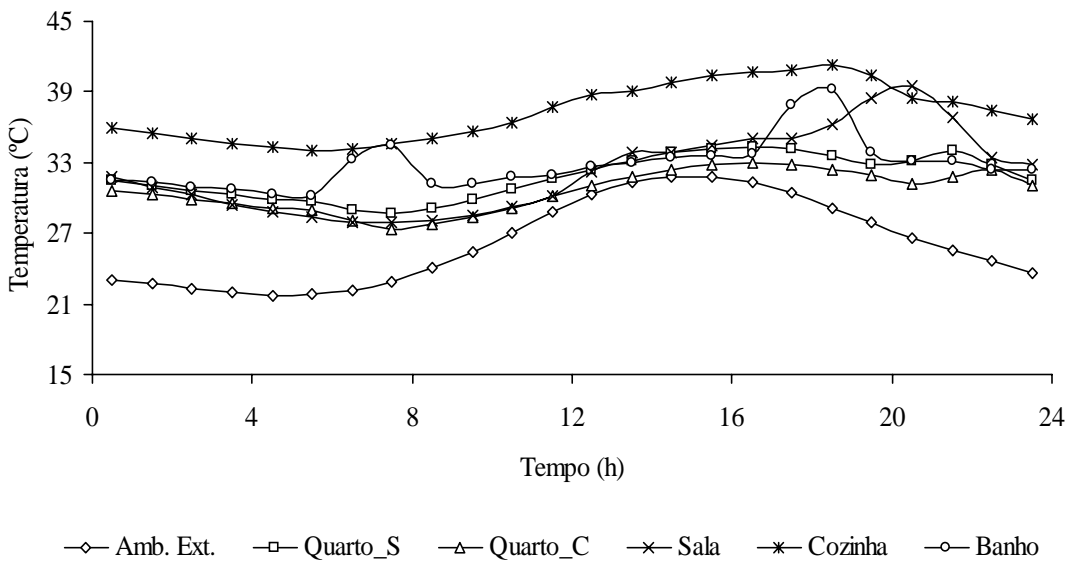


FIG. 5.9 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (BH)

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 5.3, e nas Figuras 5.2 a 5.9, e considerando-se as características do perfil de ocupação adotado, Tabela 4.3, a cozinha é o ambiente que apresenta características térmicas mais desfavoráveis ao conforto térmico, tanto para a taxa de 1,0 ren/h quanto para a taxa de 3,0 ren/h. Estas características são decorrentes da influência dos equipamentos (geladeira e fogão) considerados que promovem também um aumento considerável no fluxo interno de calor aos demais cômodos da habitação. Nota-se ainda que este ambiente apresenta temperaturas de pico maiores na grande maioria das composições consideradas. Quando da comparação com os demais ambientes analisados, a cozinha é o cômodo que promove nos usuários da mesma um nível de insatisfação com relação ao conforto térmico. Este ambiente apresenta as maiores temperaturas máximas, sendo a maior de 46,8°C / 1,0 ren/h com o sistema de fechamento em Isolite e a menor de 39,5°C / 3,0 ren/h com o sistema de fechamento em alvenaria.

Analisando-se também os resultados que se referem às temperaturas dos dois quartos, nota-se que estes apresentam um comportamento muito próximo da temperatura do ambiente externo e com as menores temperaturas máximas, Tabela 5.3. Para os demais ambientes as temperaturas resultantes têm valores intermediários em relação as temperaturas apresentadas na cozinha e nos quartos. Observa-se nas Figuras 5.2 a 5.9 que o perfil de temperatura do banho apresenta dois picos de temperaturas acentuados, nos horários de 7:30 hs e 18:30 hs, como resultado do calor liberado durante o banho, e também o histórico da temperatura da sala apresenta um só pico, no horário de 20:30 hs, como resultado do calor gerado pela ocupação deste ambiente no horário do jantar.

Em função do exposto anteriormente conclui-se que a melhor composição de fechamento para esta habitação na cidade de Belo Horizonte é a alvenaria, pois apresenta os menores valores médios de temperatura. O pior desempenho térmico apresentado foi o sistema de fechamento em painéis compostos de microconcreto e poliestireno expandido, conhecido no meio técnico como Isolite, pois apresentou as maiores temperaturas médias em todos os cômodos analisados, Tabela 5.3.

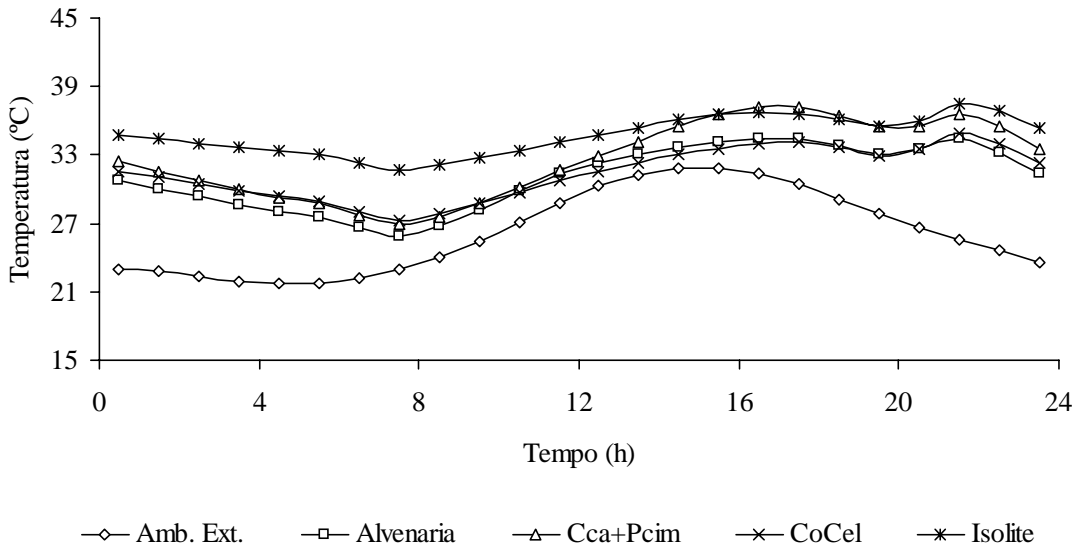


FIG. 5.10 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 1,0 ren/h (BH)

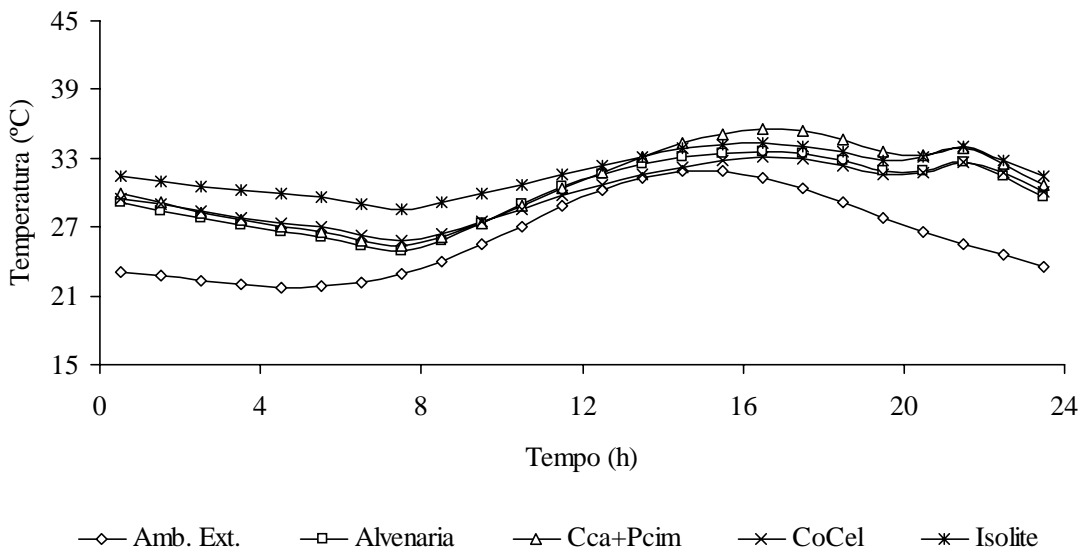


FIG. 5.11 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 3,0 ren/h (BH)

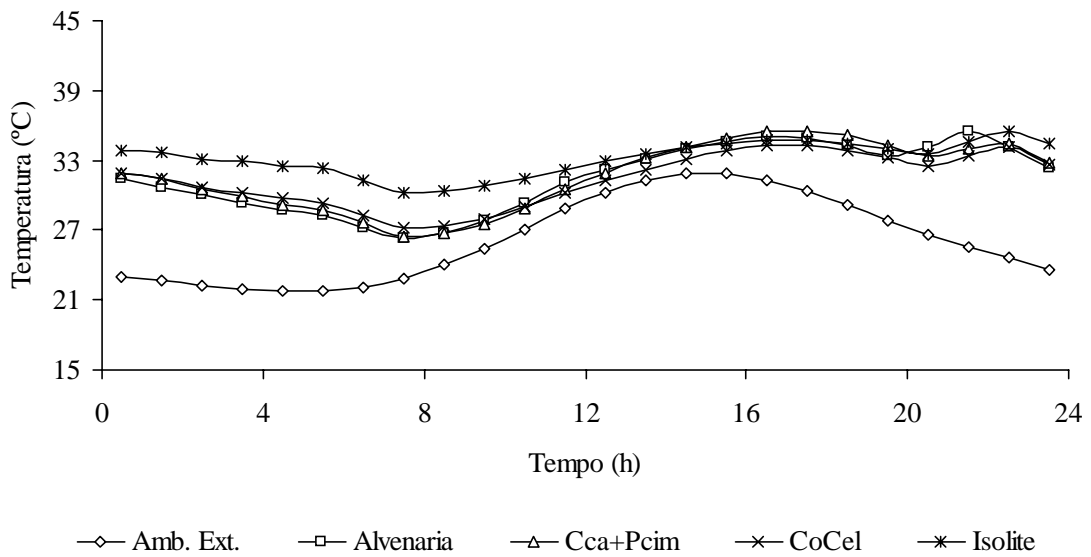


FIG. 5.12 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 1,0 ren/h (BH)

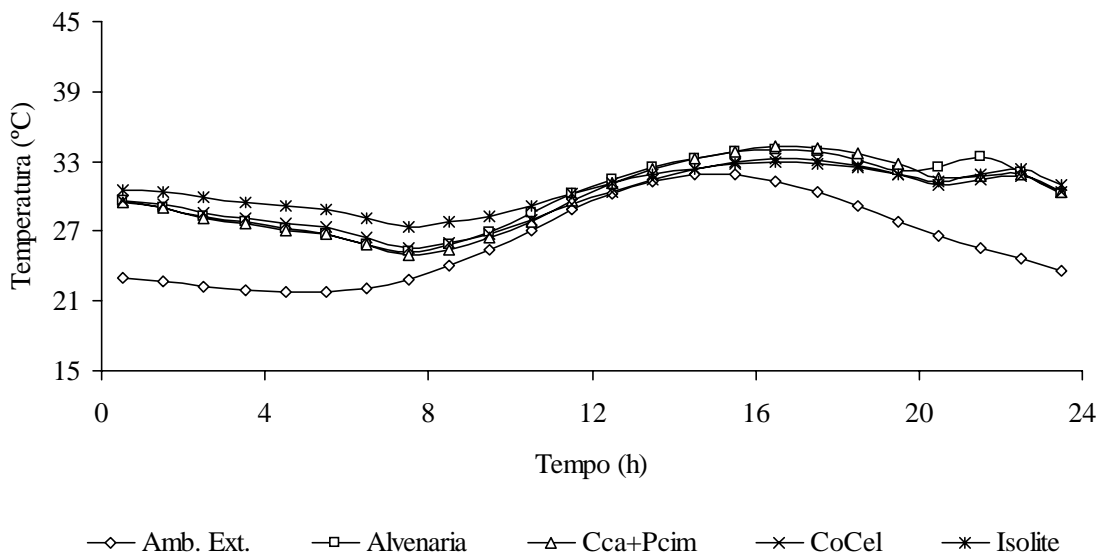


FIG. 5.13 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 3,0 ren/h (BH)

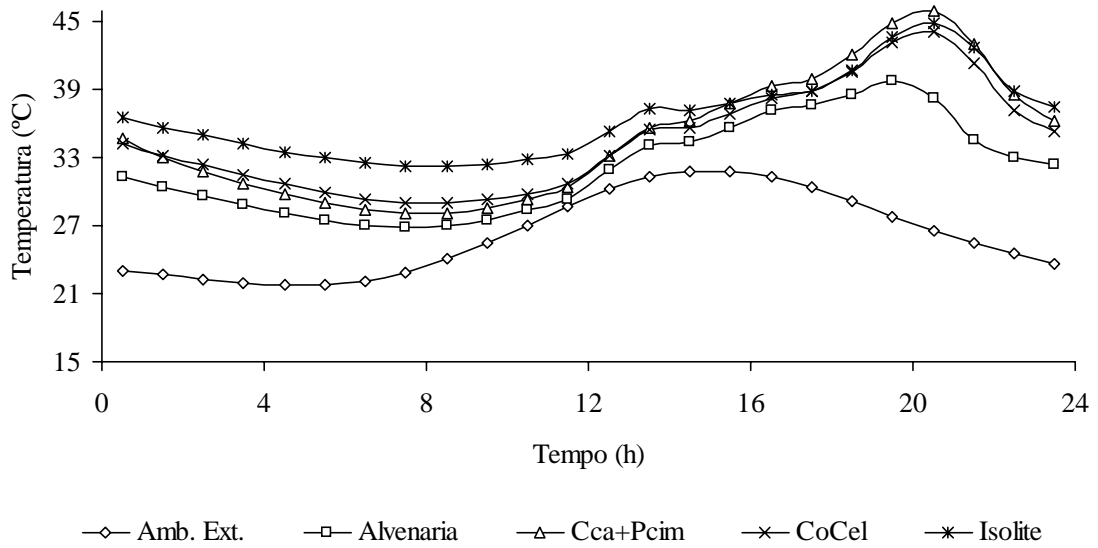


FIG. 5.14 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 1,0 ren/h (BH)

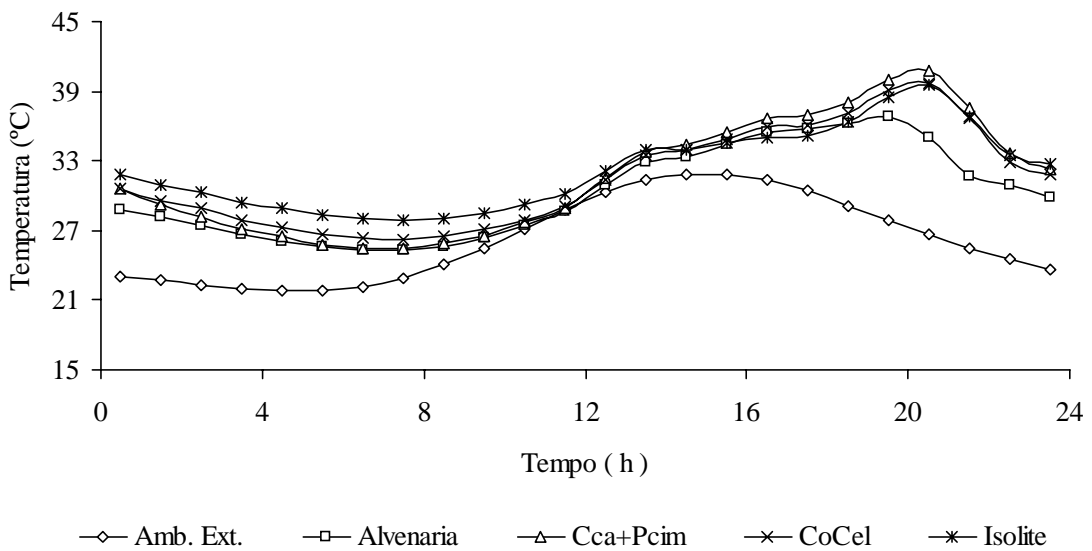


FIG. 5.15 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 3,0 ren/h (BH)



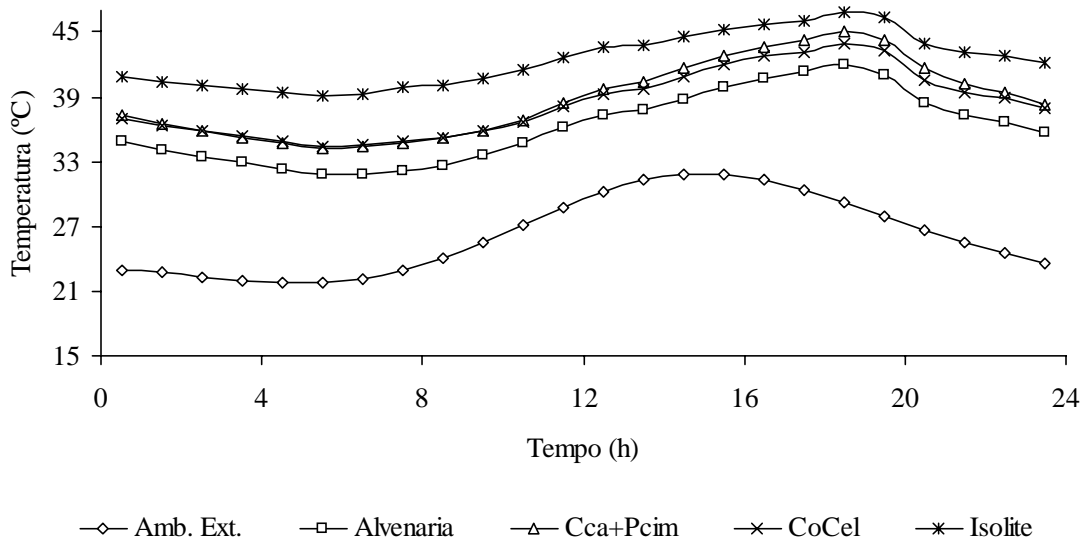


FIG. 5.16 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 1,0 ren/h (BH)

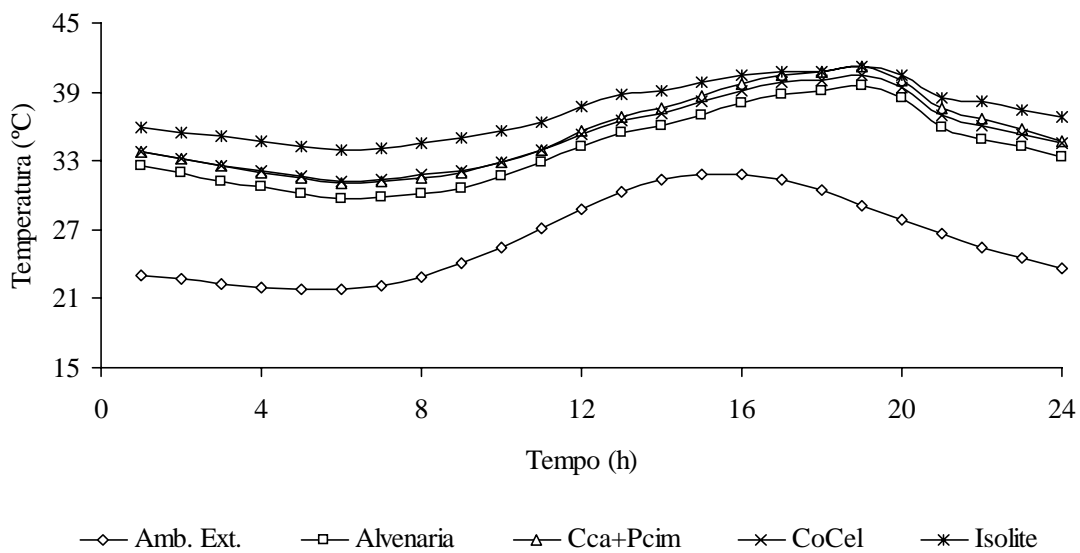


FIG. 5.17 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 3,0 ren/h (BH)

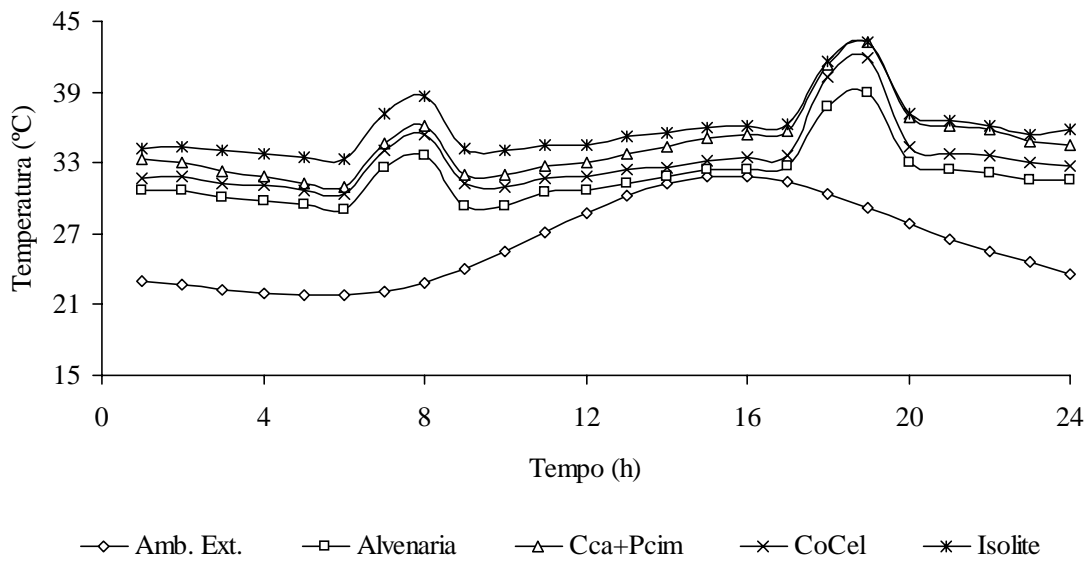


FIG. 5.18 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 1,0 ren/h (BH)

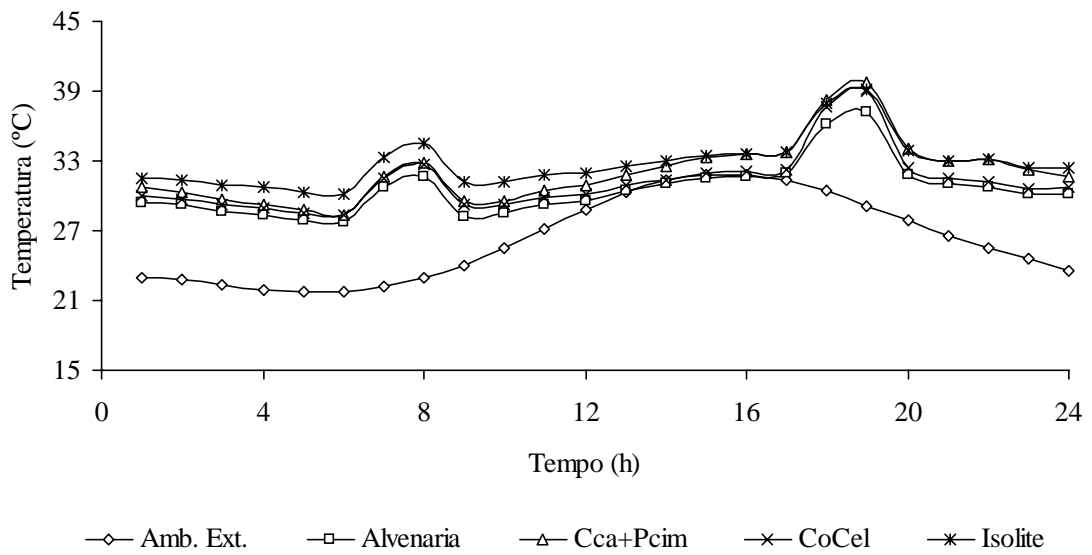


FIG. 5.19 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 3,0 ren/h (BH)

Observa-se através dos resultados mostrados na Tabela 5.3 e nas Figuras 5.10 a 5.19, onde se compara o desempenho térmico dos sistemas de fechamento em cada cômodo da habitação separadamente, que o quarto\_s desta edificação composta com o sistema de fechamento em alvenaria, apresenta as menores temperaturas com uma máxima de 34,5 °C e mínima de 25,9 °C, ou seja, uma amplitude térmica em torno de 8,6 °C com a taxa de 1,0 ren/h e considerando a taxa de 3,0 ren/h uma temperatura máxima de 33,61 °C e mínima de 25,0 °C, ou seja, uma amplitude de 8,6 °C. Isto demonstra que a renovação do ar interno na edificação promovida pela ventilação natural tem importante influência no valor da temperatura interna resultante. Com a mudança da troca de renovação de 1,0 para 3,0 alcança-se uma redução máxima na temperatura em torno de 5,5 °C para o caso do sistema de fechamento em Isolite. Observa-se nas Figuras 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13 que os perfis de temperatura nos quartos com os elementos de fechamento em alvenaria, em concreto celular mais placa cimentícia e em concreto celular autoclavado tem o mesmo comportamento. No entanto os resultados com elementos de fechamento em painéis Isolite apresentam valores de temperatura um pouco maiores. A diferença entre as temperaturas máximas registradas entre o quarto\_s e a cozinha, considerada o cômodo com pior desempenho, em alvenaria é de 7,4 °C com a taxa de 1,0 ren/h e de 5,9 °C com a taxa de 3,0 ren/h. Em relação aos valores máximos da temperatura do ambiente externo e do ambiente interno ocorre um atraso em função da inércia térmica da edificação, associada ao processo de transferência de calor por condução nos elementos de fechamento externos da estrutura e também pelas características do perfil de ocupação adotado.

### **5.3. Resultados para as condições climáticas de Brasília**

Para a avaliação do desempenho térmico da habitação em Brasília, considera-se o valor horário da temperatura para o dia típico de verão apresentado na Tabela 5.2, e também o valor de 24,3 °C como valor médio da temperatura de bulbo seco, o valor de 43,4 % como o valor médio da umidade relativa do ar e o valor de 204,72 W/m<sup>2</sup> como valor médio da radiação solar incidente em plano horizontal, neste dia típico, e o valor global da radiação solar incidente na direção normal foi de 4913,16 W/m<sup>2</sup>. A velocidade do vento considerada foi 3,61 m/s, que é a velocidade média. A predominância do vento é na direção Noroeste.

Os resultados obtidos, considerando as várias configurações de sistemas de fechamento adotados nesta habitação, ventilada naturalmente, estão sintetizados nas Figuras 5.20 a 5.37. Na Tabela 5.4, apresentam-se as temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas.

TAB. 5.4 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos(BR)

Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_S	Máxima	1,0	31,1	33,2	36,5	33,2	36,3
		3,0	31,1	32,4	34,8	31,7	33,3
	Média	1,0	24,0	29,0	30,8	29,4	33,3
		3,0	24,0	27,8	28,7	27,8	30,0
	Mínima	1,0	18,9	23,3	24,4	24,9	29,9
		3,0	18,9	22,3	22,7	23,2	26,5
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_C	Máxima	1,0	31,1	33,9	34,4	32,9	33,8
		3,0	31,1	32,9	33,1	31,9	31,6
	Média	1,0	24,0	29,4	29,5	29,2	31,2
		3,0	24,0	28,1	27,8	27,7	28,6
	Mínima	1,0	18,9	23,7	23,8	24,6	27,9
		3,0	18,9	22,6	22,2	23,0	25,0
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
SALA	Máxima	1,0	31,1	36,8	42,9	41,1	42,0
		3,0	31,1	34,3	38,6	37,3	37,2
	Média	1,0	24,0	28,4	31,2	31,1	33,4
		3,0	24,0	27,1	28,6	28,6	29,5
	Mínima	1,0	18,9	23,4	24,9	25,8	29,3
		3,0	18,9	22,1	22,6	23,4	25,2
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
COZINHA	Máxima	1,0	31,1	38,7	41,8	40,7	43,9
		3,0	31,1	36,8	38,6	37,8	38,9
	Média	1,0	24,0	32,4	35,2	34,9	39,2
		3,0	24,0	30,7	32,4	32,2	34,5
	Mínima	1,0	18,9	28,3	31,1	31,2	36,1
		3,0	18,9	26,5	28,1	28,3	31,2
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
BANHO	Máxima	1,0	31,1	36,1	41,9	38,4	41,3
		3,0	31,1	34,6	38,8	35,8	37,8
	Média	1,0	24,0	28,8	31,7	30,2	33,3
		3,0	24,0	27,8	29,5	28,5	30,3
	Mínima	1,0	18,9	26,2	28,3	27,7	30,9
		3,0	18,9	25,0	25,9	25,8	27,8

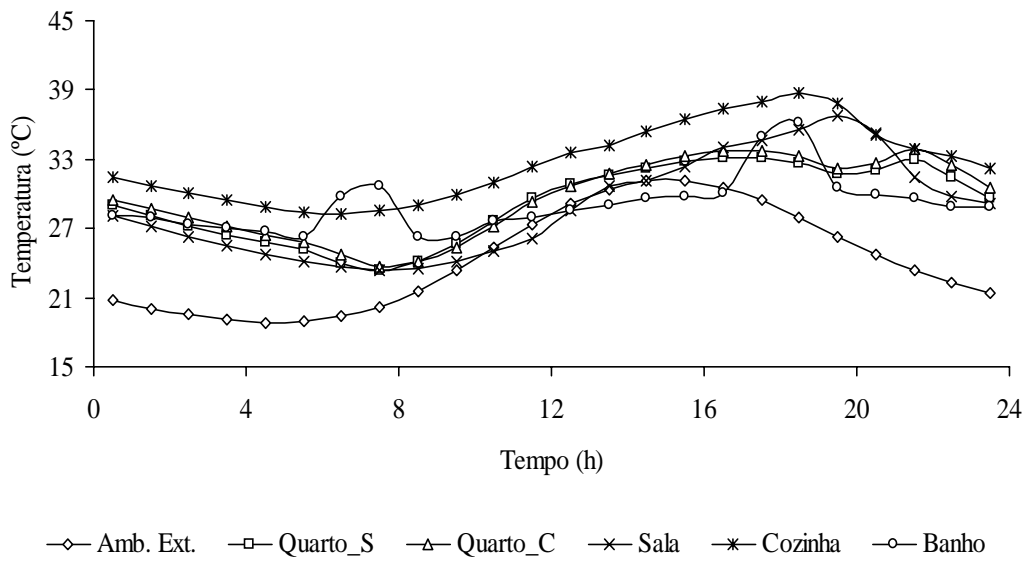


FIG. 5.20 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (BR)

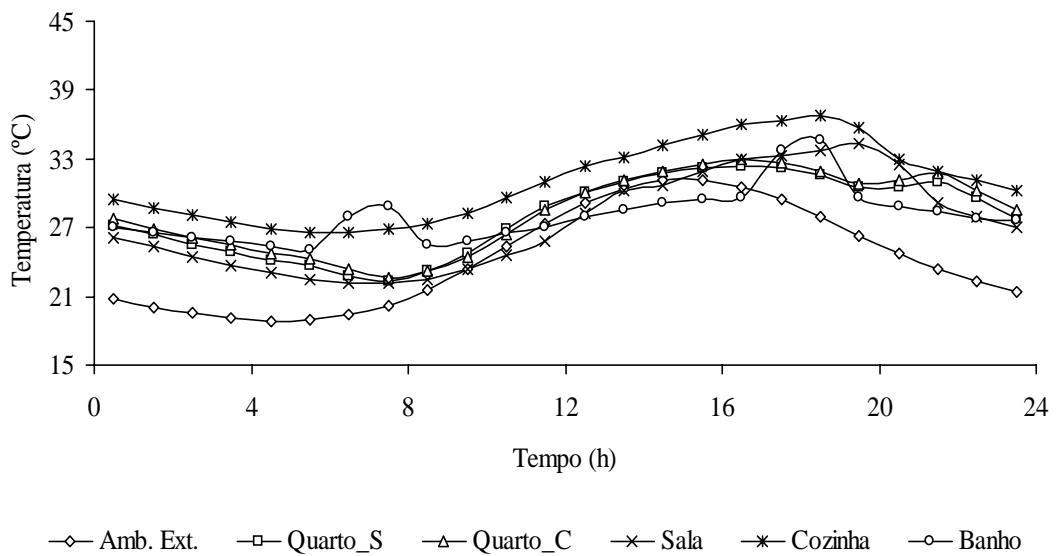


FIG. 5.21 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (BR)

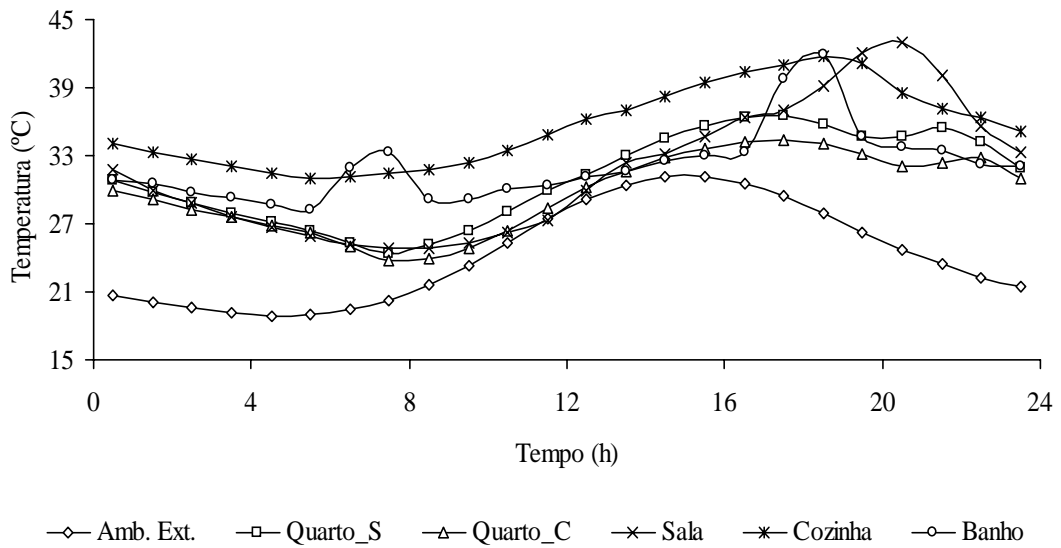


FIG. 5.22 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (BR)

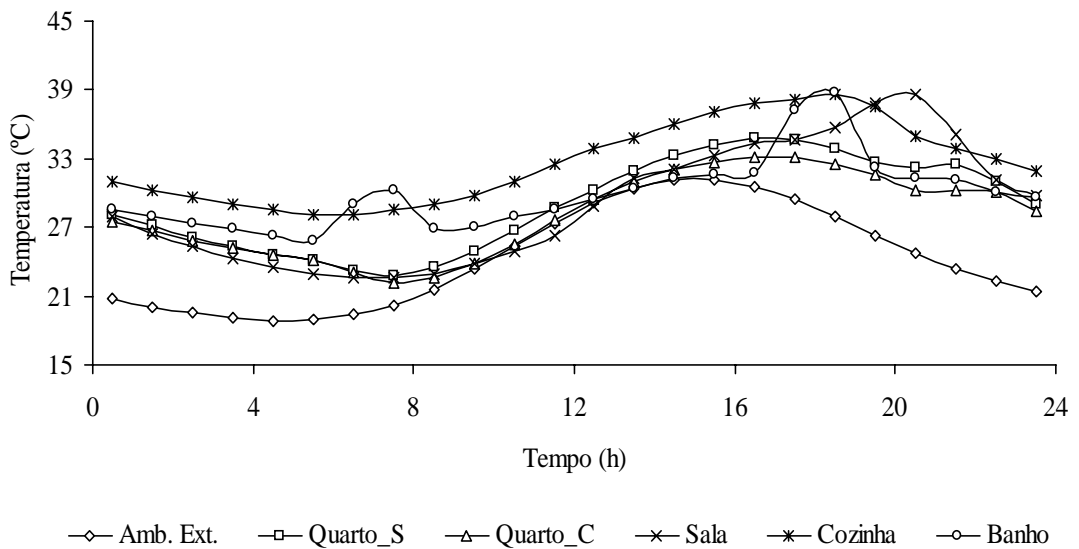


FIG. 5.23 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (BR)

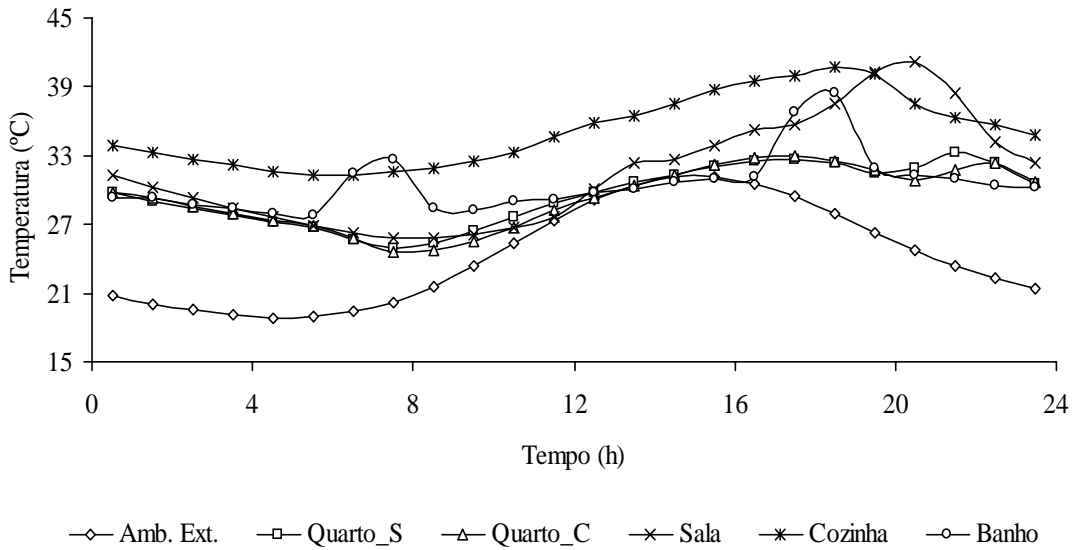


FIG. 5.24 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (BR)

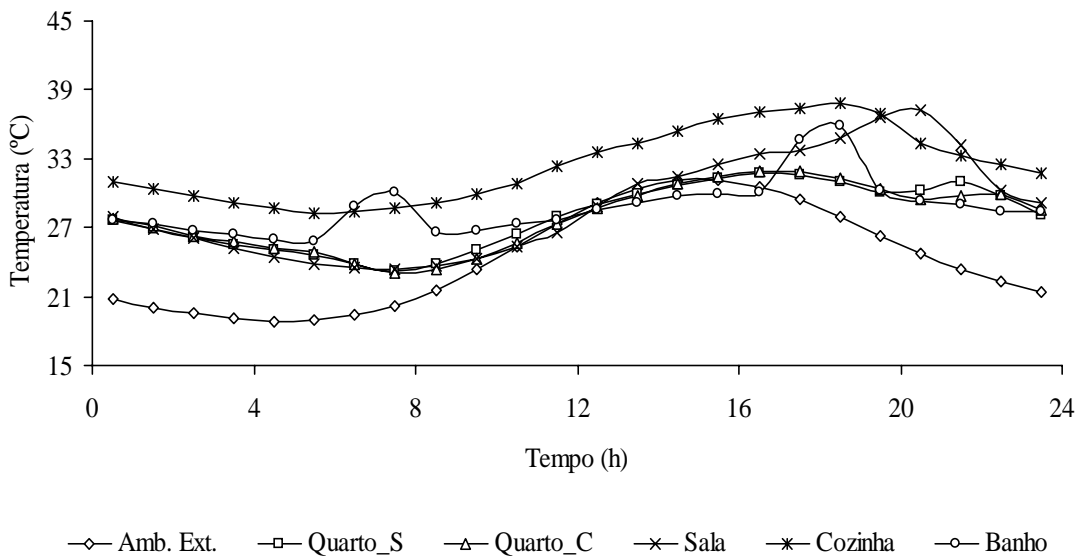


FIG. 5.25 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (BR)



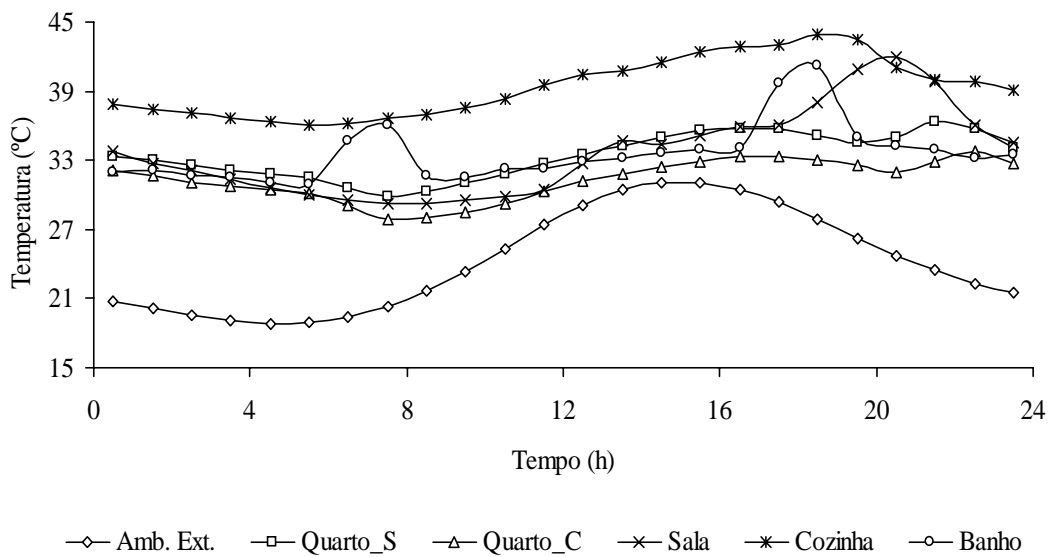


FIG. 5.26 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (BR)

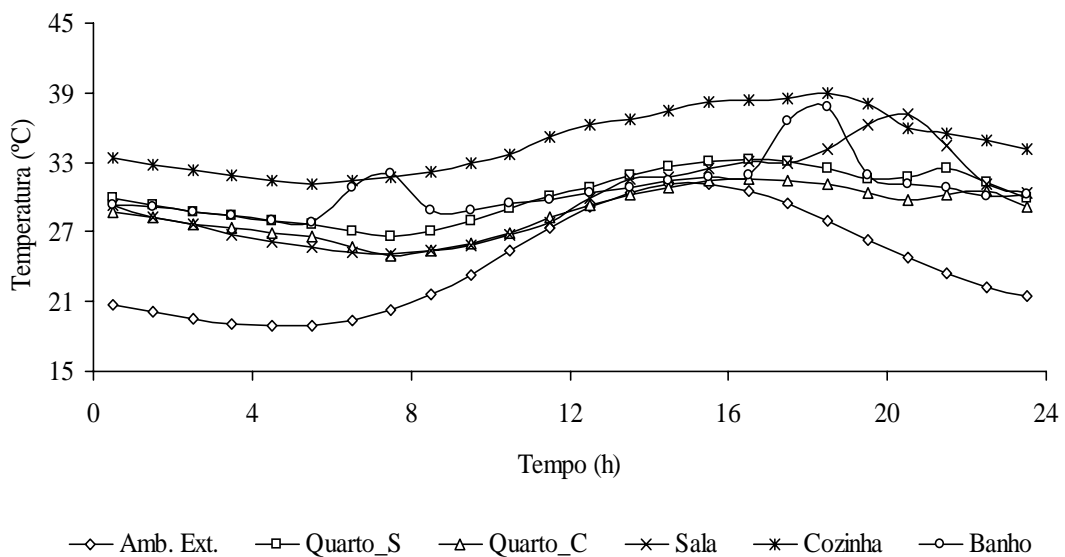


FIG. 5.27 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (BR)

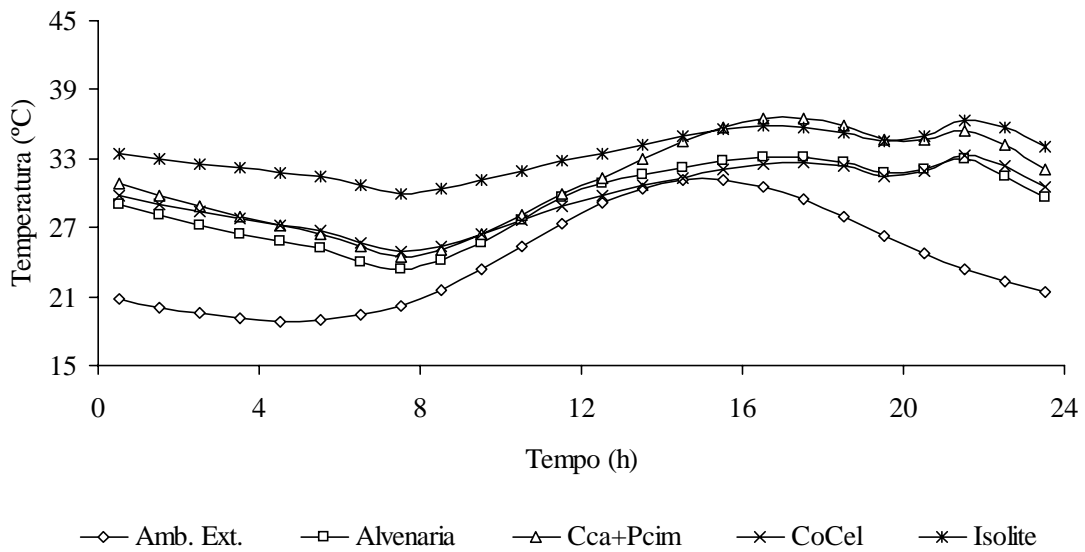


FIG. 5.28 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 1,0 ren/h (BR)

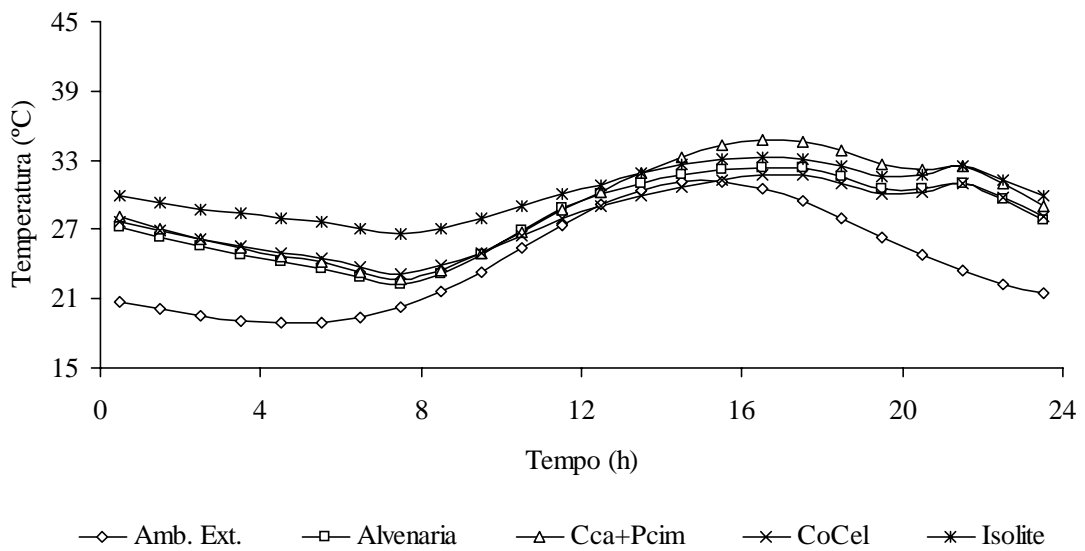


FIG. 5.29 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 3,0 ren/h (BR)

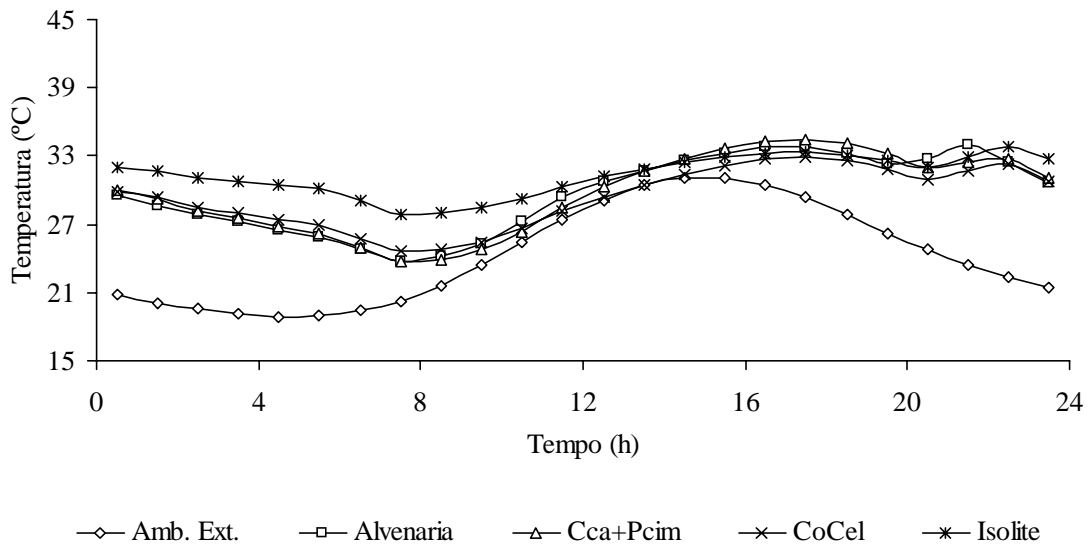


FIG. 5.30 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 1,0 ren/h (BR)

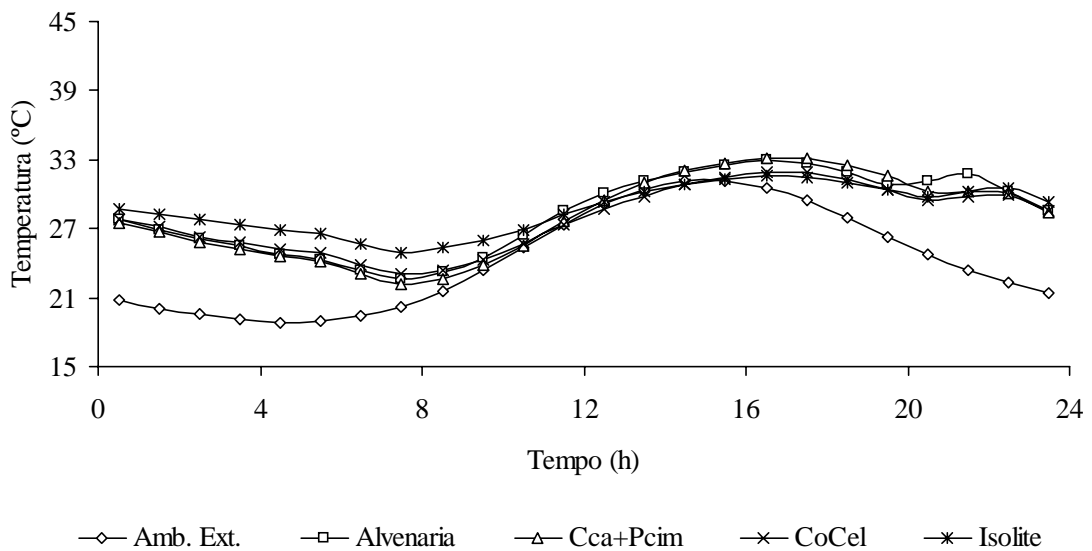


FIG. 5.31 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 3,0 ren/h (BR)

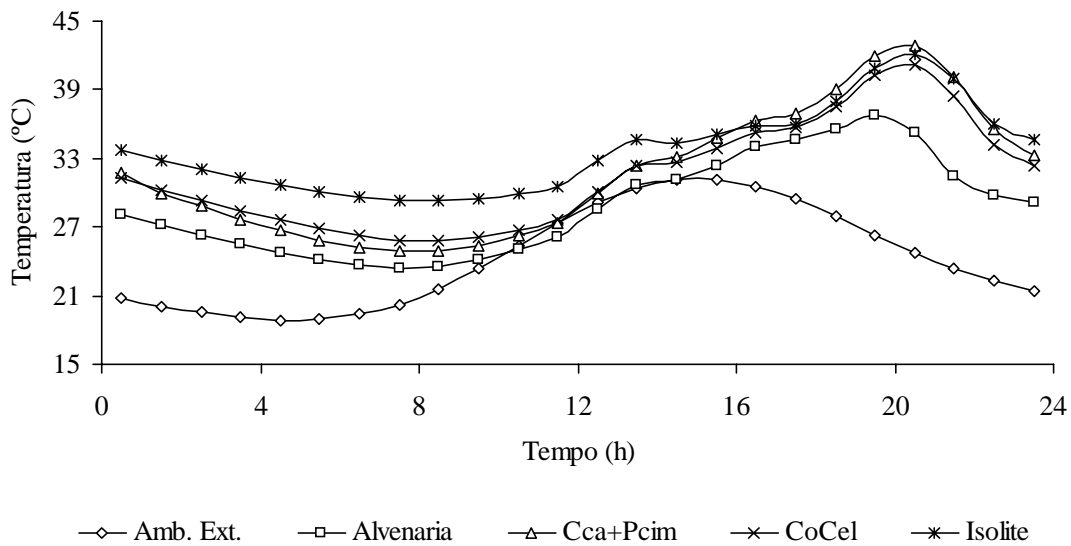


FIG. 5.32 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 1,0 ren/h (BR)

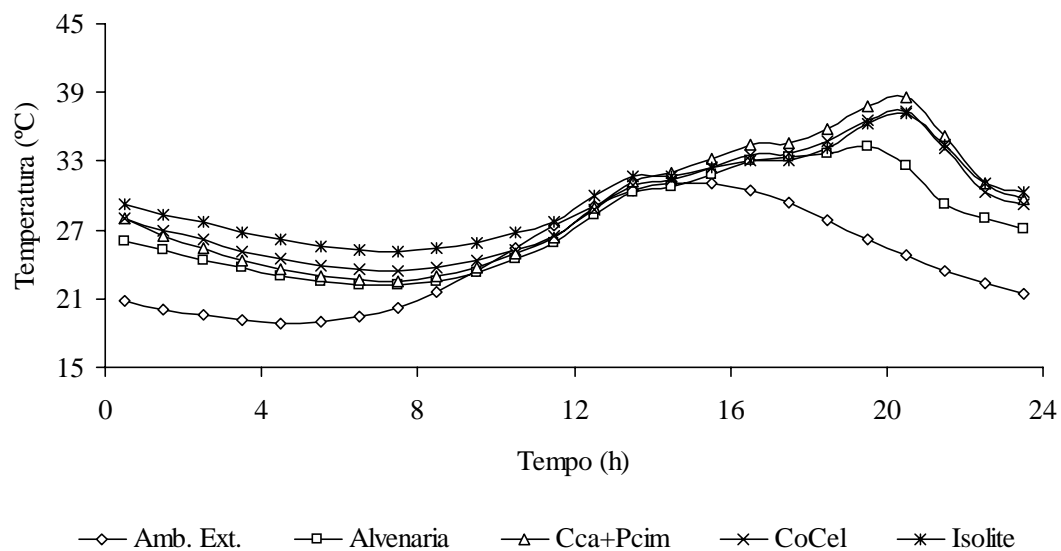


FIG. 5.33 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 3,0 ren/h (BR)

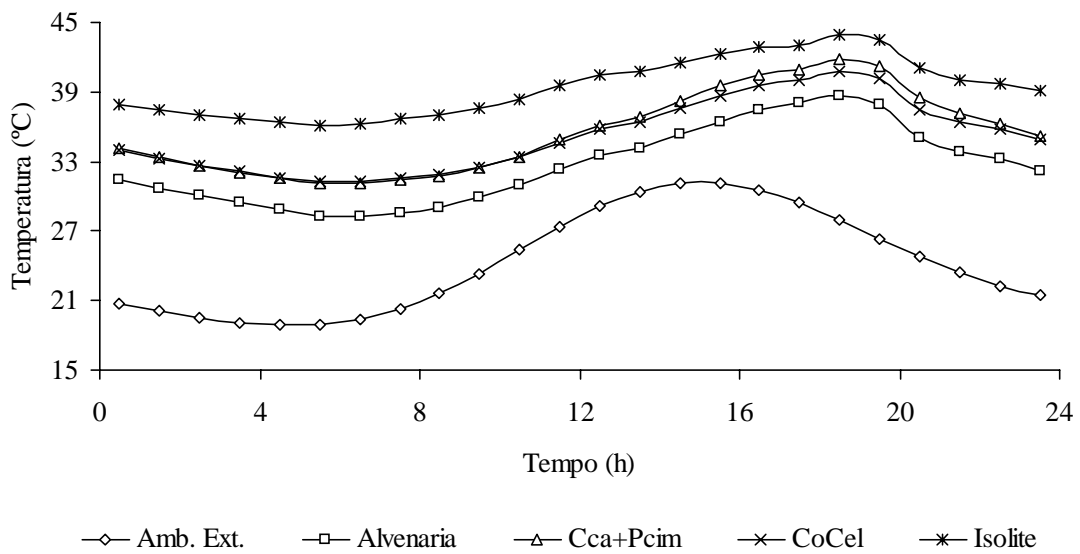


FIG. 5.34 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 1,0 ren/h (BR)

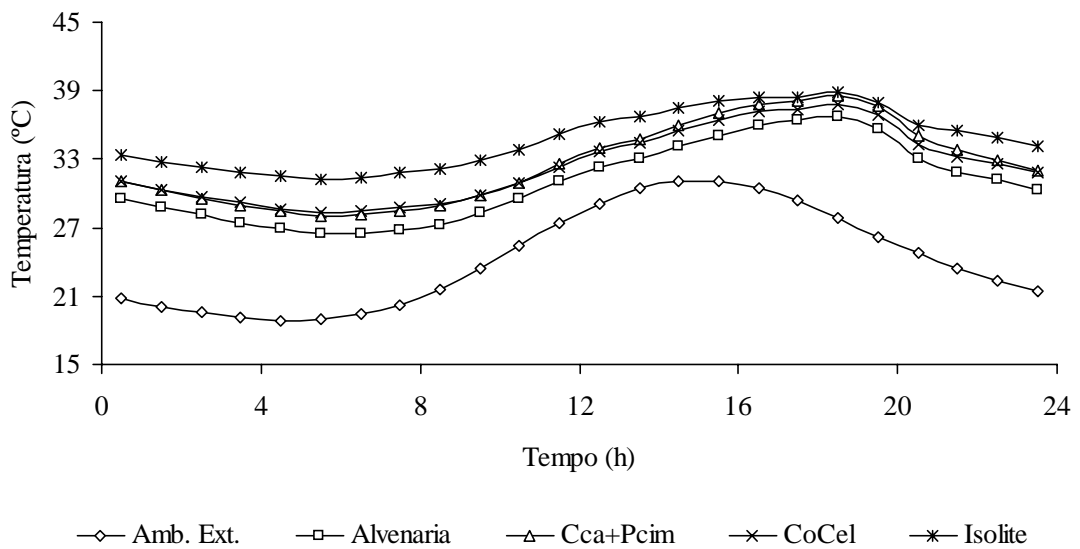


FIG. 5.35 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 3,0 ren/h (BR)

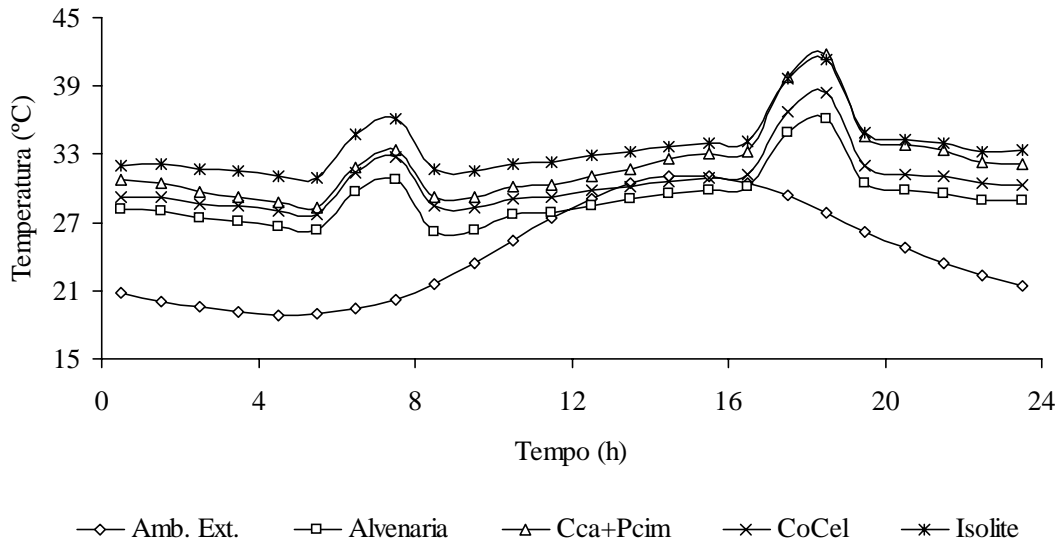


FIG. 5.36 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 1,0 ren/h (BR)

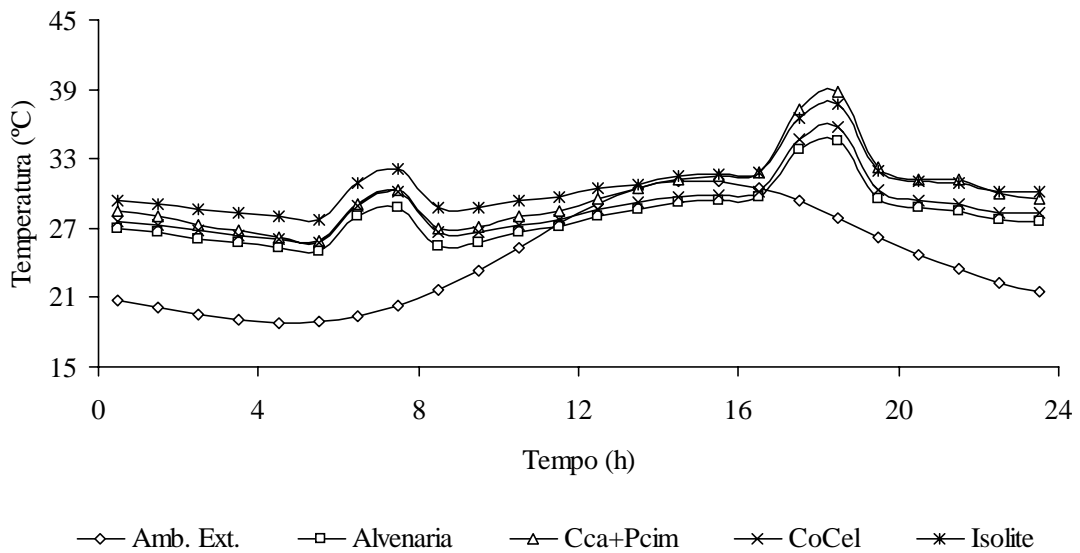


FIG. 5.37 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 3,0 ren/h (BR)

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 5.4, e nas Figuras 5.20 a 5.37, e considerando-se as características do perfil de ocupação adotado, Tabela 4.3, a cozinha é o ambiente que apresenta temperaturas de pico maiores tanto para a taxa de 1,0 ren/h quanto para a taxa de 3,0 ren/h, quando seu elemento de fechamento é o sistema Isolite. Isto decorre da influência dos equipamentos (geladeira e fogão) considerados que promovem um aumento considerável no fluxo interno de calor para os demais cômodos da habitação. Quando o sistema Isolite é o sistema adotado, nota-se que na cozinha registra-se o maior valor de temperatura (43,9 °C) com a taxa de renovação de 1,0 ren/h e no quarto\_c o menor valor de temperatura (31,6 °C) com a taxa de 3,0 ren/h, de todas as temperaturas máximas resultantes.

Quando o sistema de fechamento é o concreto celular autoclavado associado com placas cimentícias, a sala é o cômodo com a maior temperatura (42,9 °C) entre as máximas considerando-se a taxa de renovação de 1,0 ren/h., e para uma taxa de renovação de 3,0 ren/h o banho é o que apresenta a maior temperatura (38,8 °C). Nota-se quando se faz a comparação das máximas temperaturas obtidas nos ambientes analisados da habitação, há uma distribuição das maiores temperaturas no quarto\_s, quarto\_c, sala e banho quando o sistema de fechamento é aquele composto de concreto celular e placa cimentícia.

Observa-se pelos resultados apresentados que não há uma diferença acentuada no comportamento do perfil de temperatura em relação aos valores obtidos para o clima de Belo Horizonte. Em relação aos valores máximos da temperatura do ambiente externo e do ambiente interno, ocorre um atraso em função da inércia térmica da edificação, associada ao processo de transferência de calor por condução nos elementos de fechamento externos da estrutura e também pelas características do perfil de ocupação adotado. Em função do exposto anteriormente conclui-se que a melhor composição de fechamento para esta habitação na cidade de Brasília é a alvenaria, pois apresenta na maioria dos cômodos os menores valores das temperaturas máximas. O pior desempenho térmico apresentado foi o sistema de fechamento composto de blocos e/ou painéis de concreto celular autoclavado associado com painéis de placas cimentícias, Tabela 5.4.

#### **5.4. Resultados para as condições climáticas de Curitiba**

Para a avaliação do desempenho térmico da habitação em Curitiba, considera-se o valor horário da temperatura para o dia típico de verão apresentado na Tabela 5.2, e também o valor de 25,7 °C como valor médio da temperatura de bulbo seco, o valor de 58,7 % como o valor médio da umidade relativa do ar e o valor de 115,58 W/m<sup>2</sup> como valor médio da radiação solar incidente em plano horizontal, neste dia típico, e o valor global da radiação solar incidente na direção normal foi de 2773,81 W/m<sup>2</sup>. A velocidade do vento considerada foi 3,61 m/s, que é a velocidade média. A predominância do vento é na direção Leste.

Os resultados obtidos, considerando as várias configurações de sistemas de fechamento adotados nesta habitação, ventilada naturalmente, estão sintetizados nas Figuras 5.38 a 5.55. Na Tabela 5.5, apresenta-se as temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas.



TAB. 5.5 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos(CR)

Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_S	Máxima	1,0	31,3	32,8	34,8	33,1	35,5
		3,0	31,3	31,3	33,4	31,4	32,6
	Média	1,0	25,7	29,2	30,6	29,5	32,5
		3,0	25,7	28,3	29,1	28,4	30,1
	Mínima	1,0	21,3	24,8	25,5	25,9	29,7
		3,0	21,3	24,0	24,2	24,6	27,2
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_C	Máxima	1,0	31,3	33,4	32,4	32,1	33,1
		3,0	31,3	31,8	31,7	31,1	30,9
	Média	1,0	25,7	29,3	29,3	29,2	30,7
		3,0	25,7	28,4	28,2	28,2	28,9
	Mínima	1,0	21,3	24,9	25,0	25,5	28,0
		3,0	21,3	24,1	23,9	24,4	25,9
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
SALA	Máxima	1,0	31,3	36,8	42,8	41,3	41,9
		3,0	31,3	34,7	38,8	37,7	37,7
	Média	1,0	25,7	29,7	32,1	32,1	33,9
		3,0	25,7	28,5	29,8	29,8	30,6
	Mínima	1,0	21,3	25,2	26,2	27,0	29,8
		3,0	21,3	24,1	24,3	25,0	26,5
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
COZINHA	Máxima	1,0	31,3	39,2	42,2	41,3	44,3
		3,0	31,3	37,3	39,1	38,4	39,5
	Média	1,0	25,7	34,1	36,5	36,2	40,1
		3,0	25,7	32,3	33,7	33,5	35,7
	Mínima	1,0	21,3	30,5	32,6	32,7	37,2
		3,0	21,3	28,6	29,8	30,0	32,6
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
BANHO	Máxima	1,0	31,3	36,9	41,2	39,6	41,0
		3,0	31,3	35,3	38,4	36,6	37,6
	Média	1,0	25,7	29,9	32,4	31,3	33,7
		3,0	25,7	28,9	30,5	29,6	31,2
	Mínima	1,0	21,3	27,5	29,1	28,7	31,3
		3,0	21,3	26,3	27,0	26,9	28,7

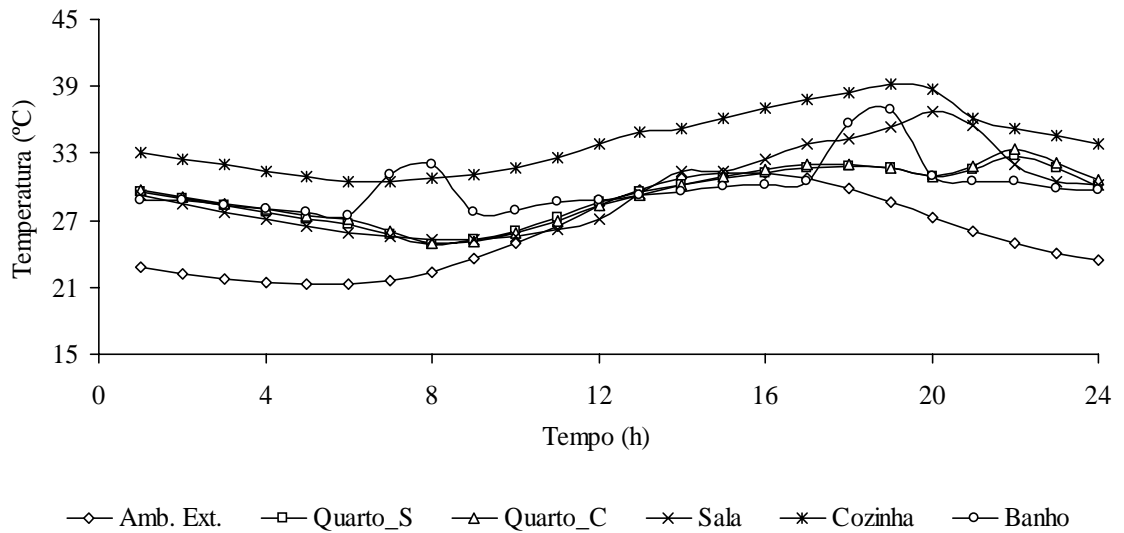


FIG. 5.38 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (CR)

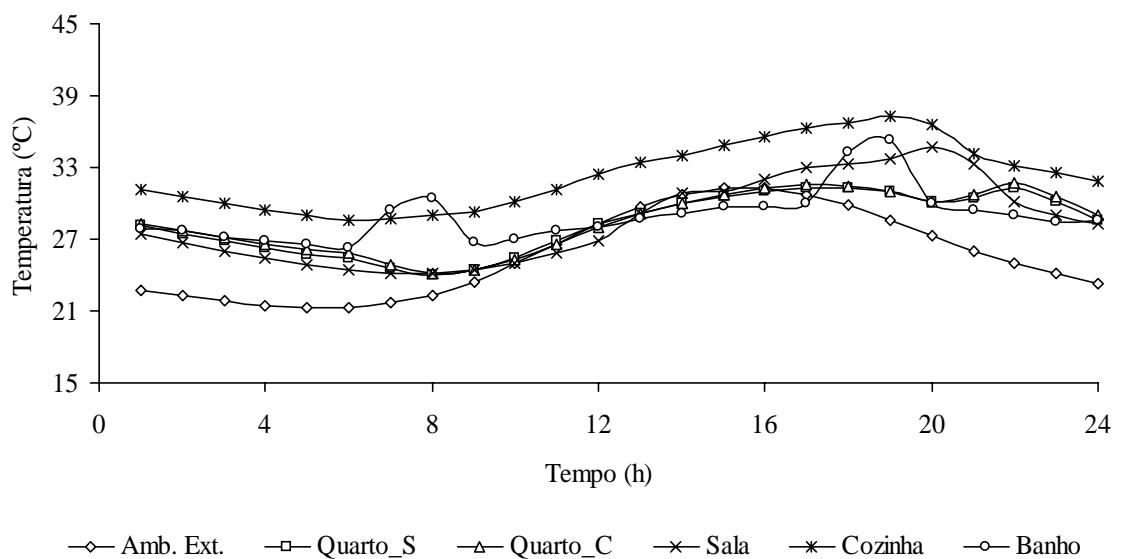


FIG. 5.39 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (CR)

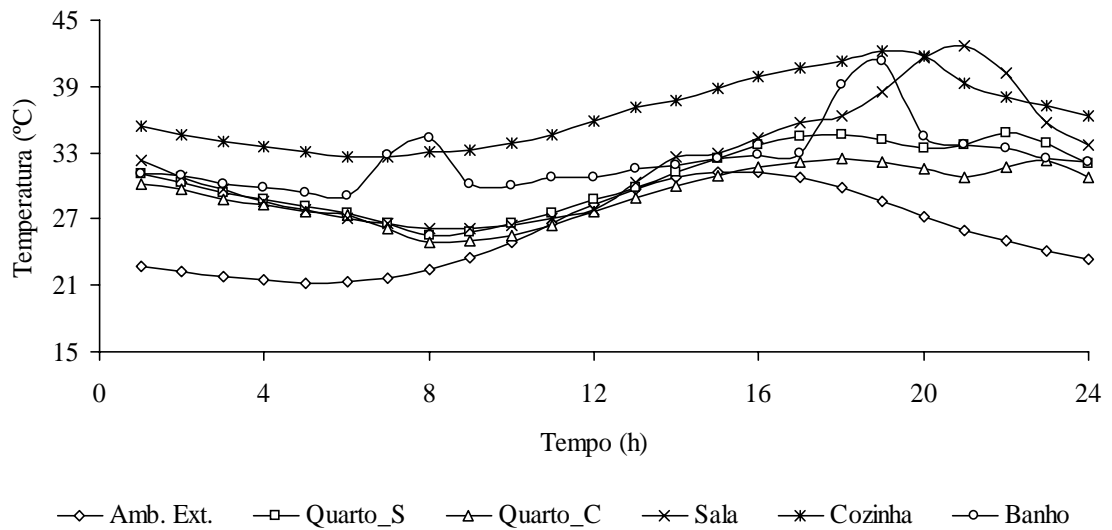


FIG. 5.40 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (CR)

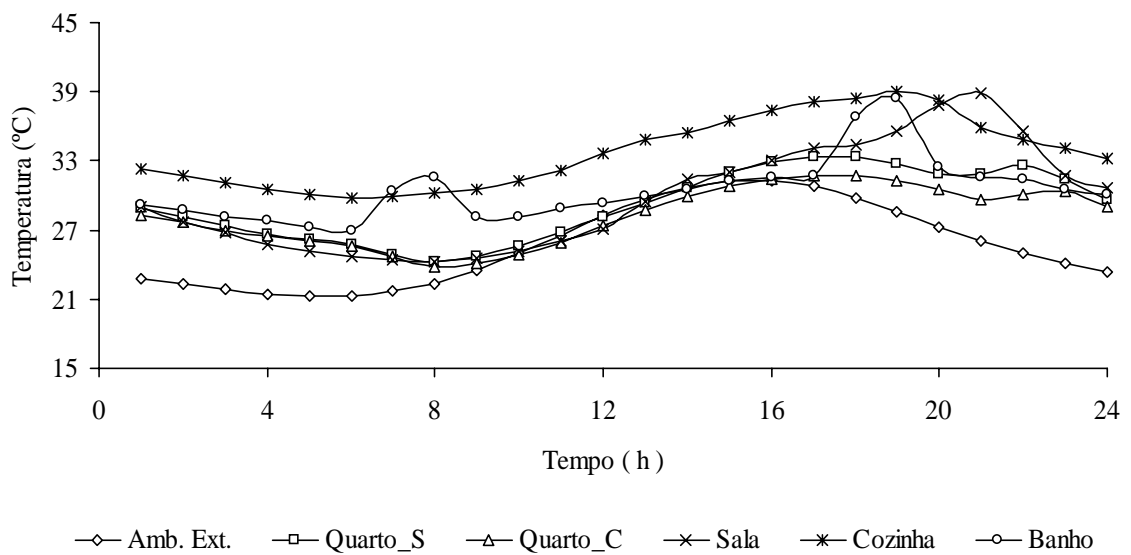


FIG. 5.41 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (CR)

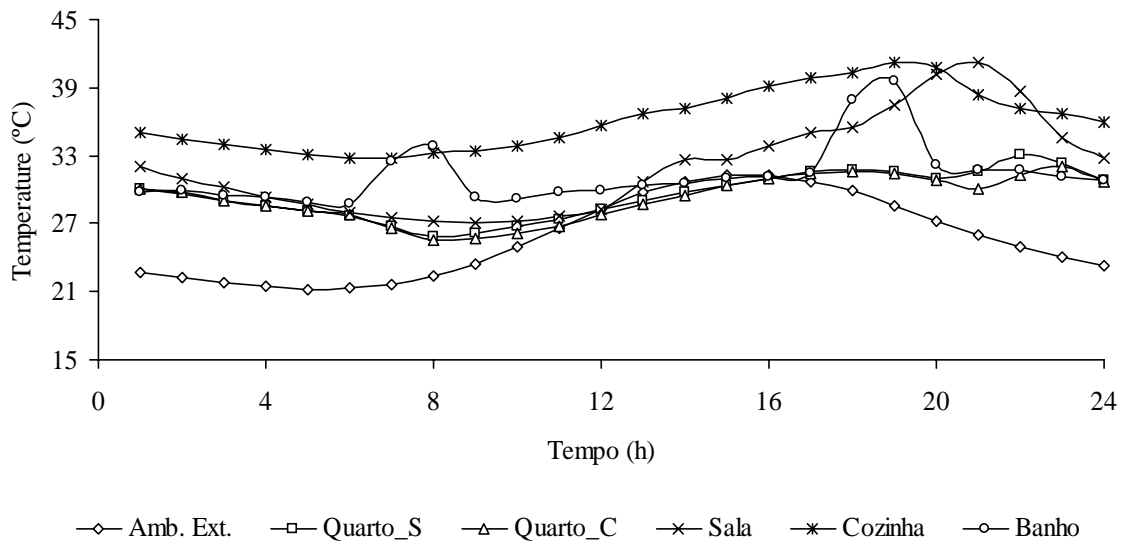


FIG. 5.42 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (CR)

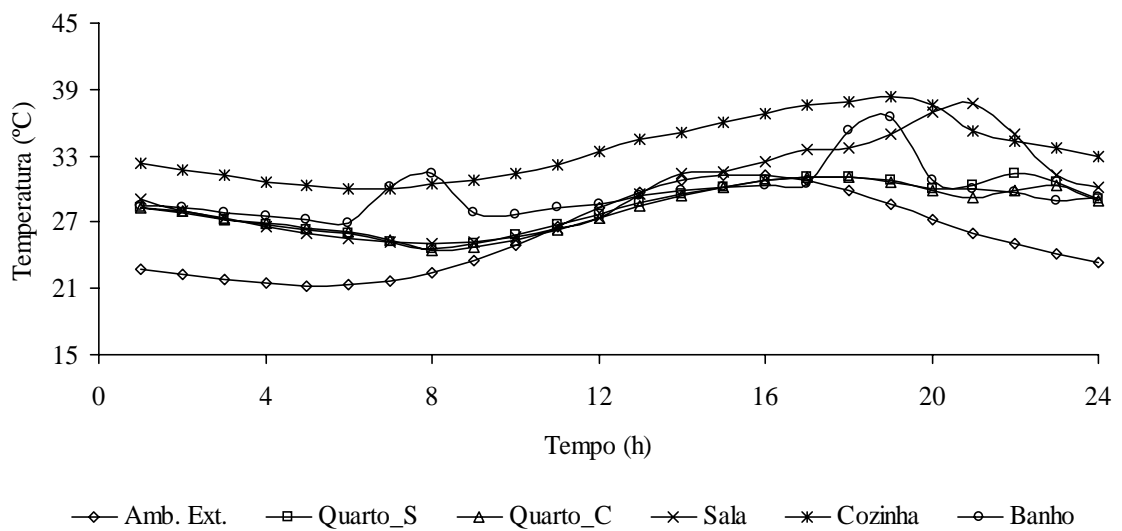


FIG. 5.43 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (CR)

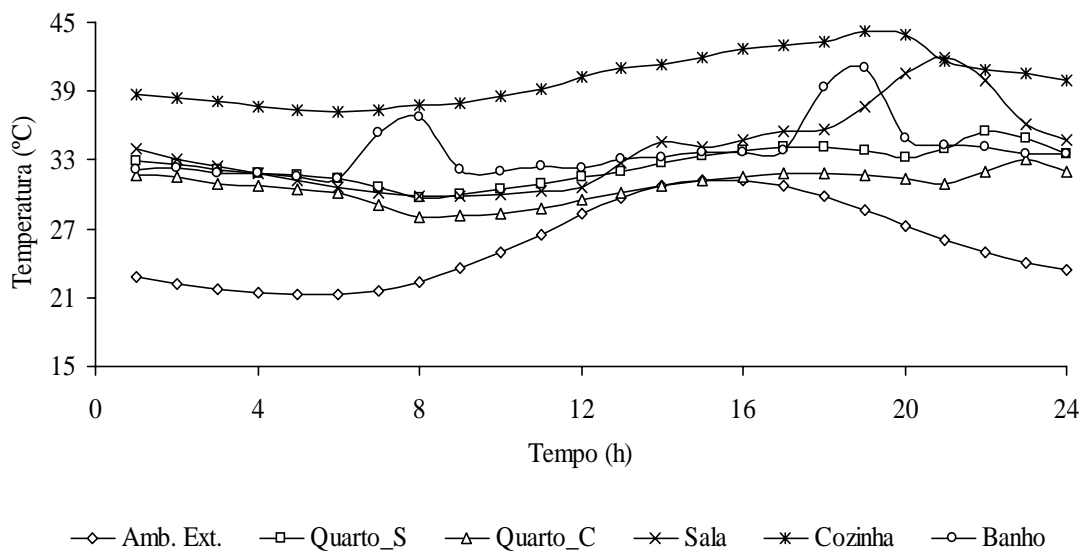


FIG. 5.44 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (CR)

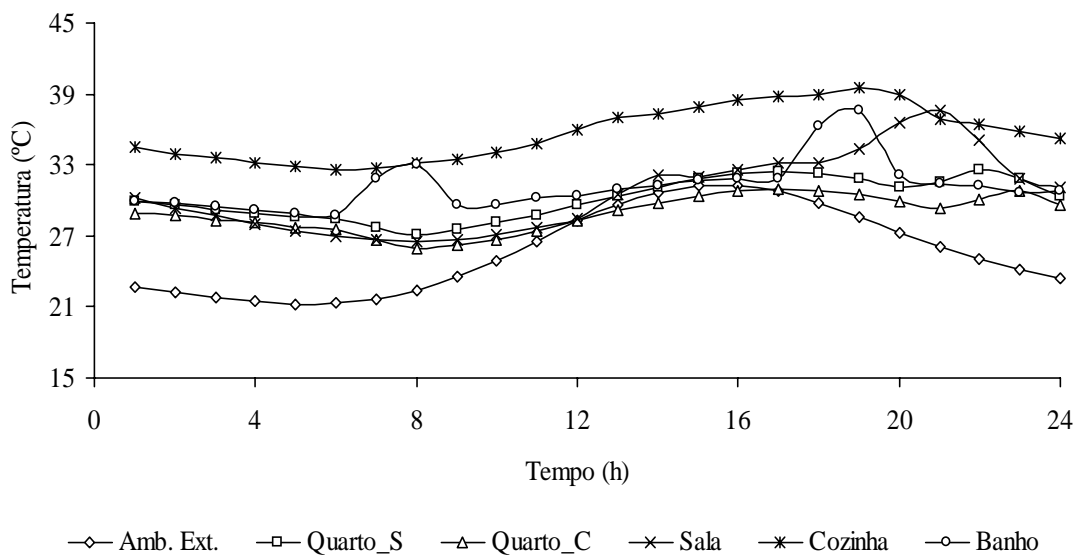


FIG. 5.45 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (CR)

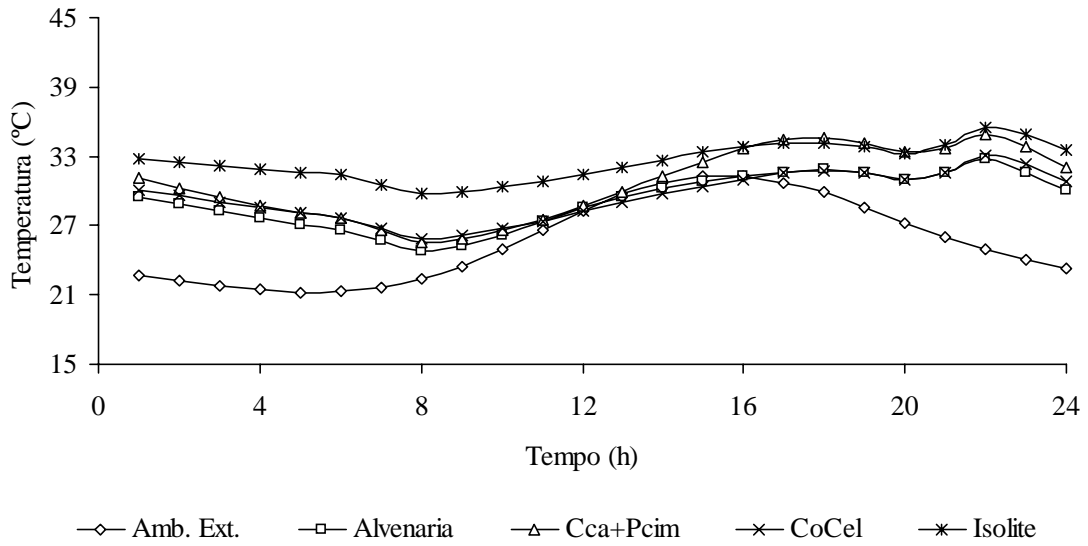


FIG. 5.46 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 1,0 ren/h (CR)

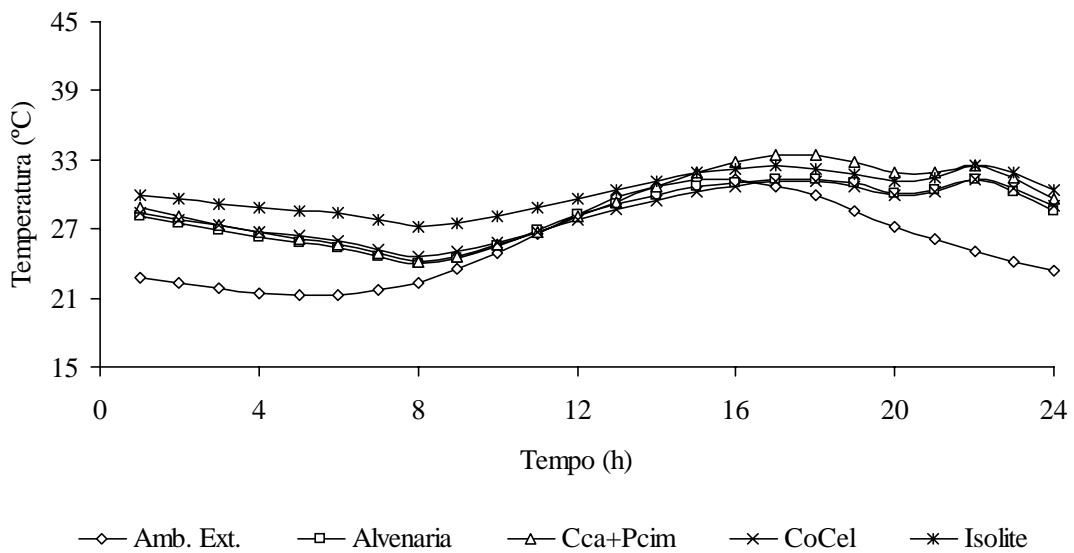


FIG. 5.47 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 3,0 ren/h (CR)

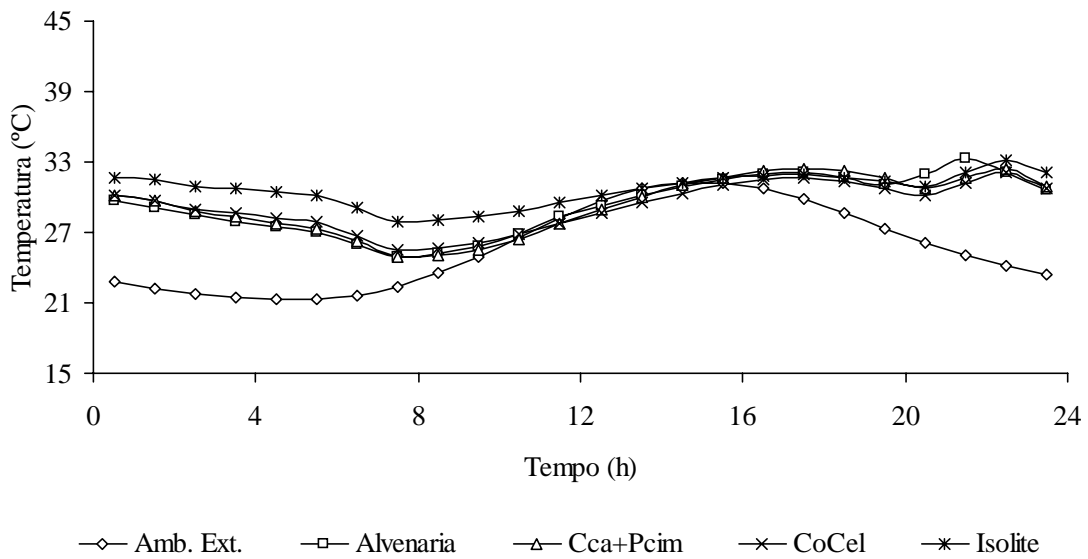


FIG. 5.48 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 1,0 ren/h (CR)

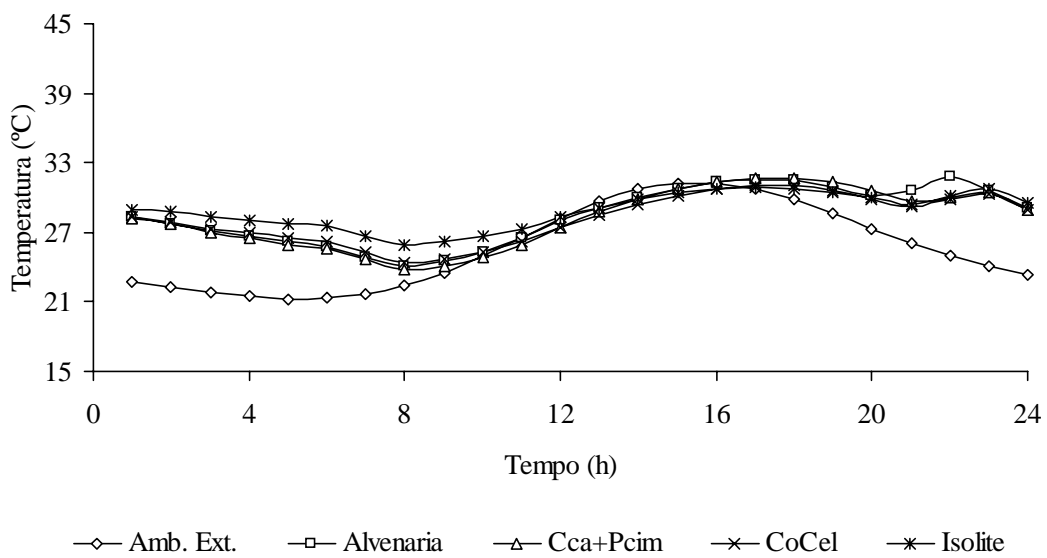


FIG. 5.49 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 3,0 ren/h (CR)

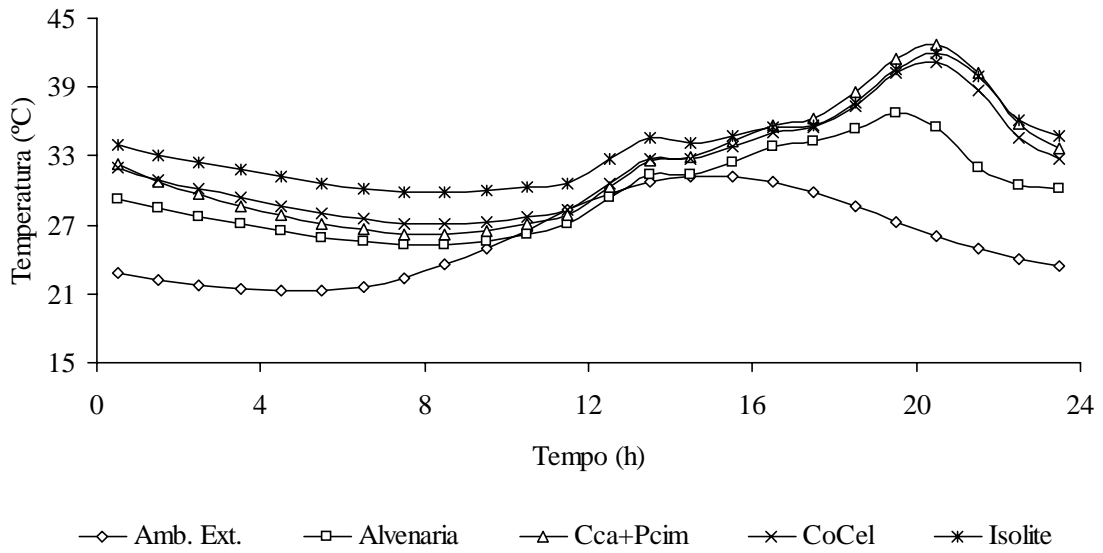


FIG. 5.50 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 1,0 ren/h (CR)

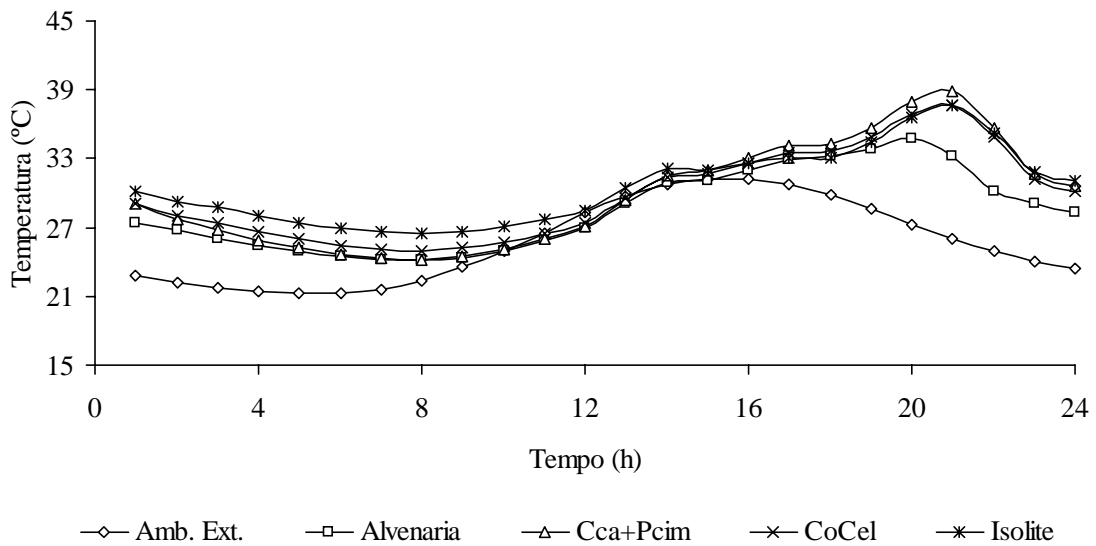


FIG. 5.51 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 3,0 ren/h (CR)



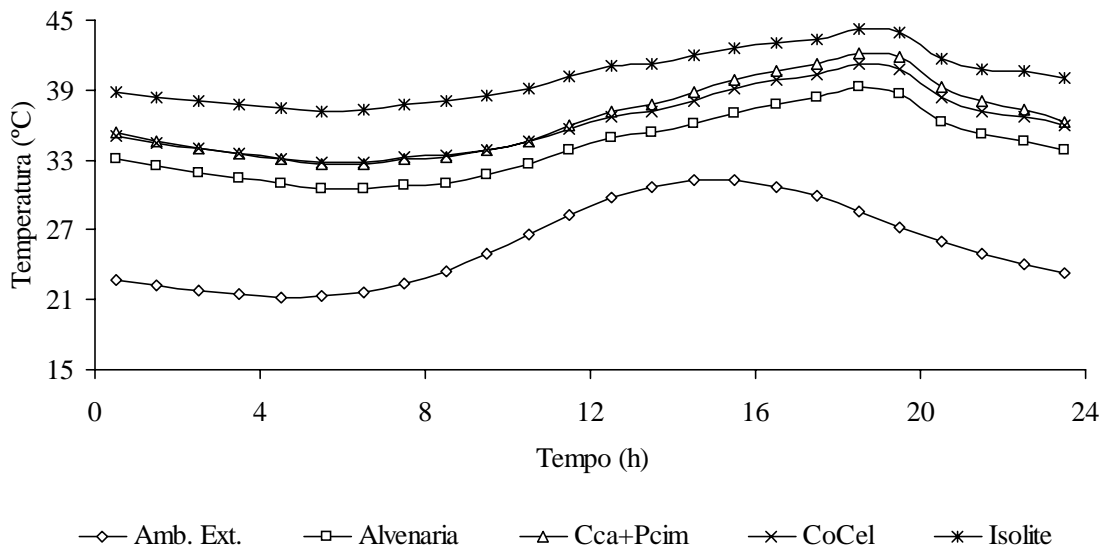


FIG. 5.52 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 1,0 ren/h (CR)

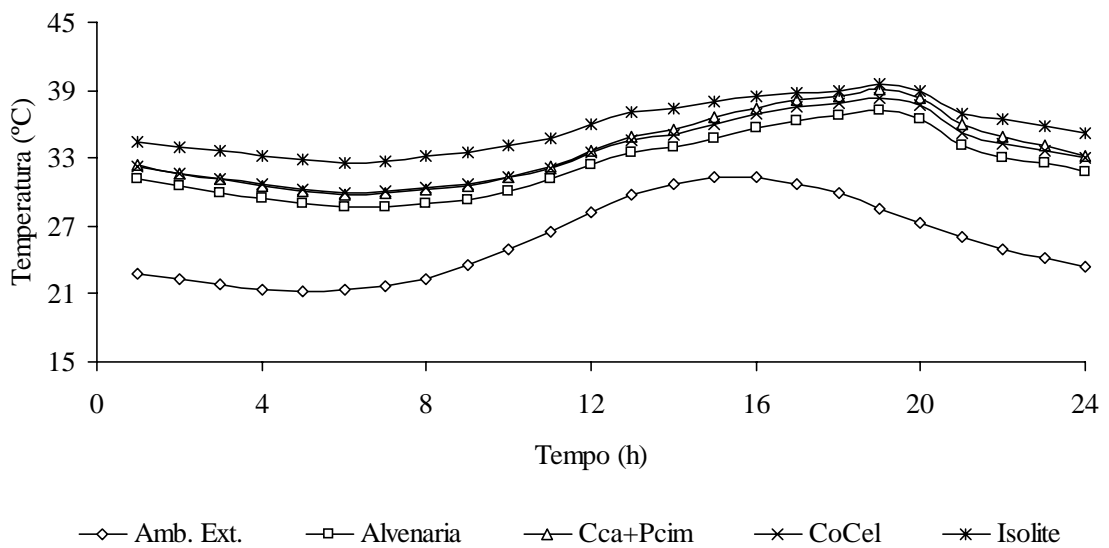


FIG. 5.53 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 3,0 ren/h (CR)

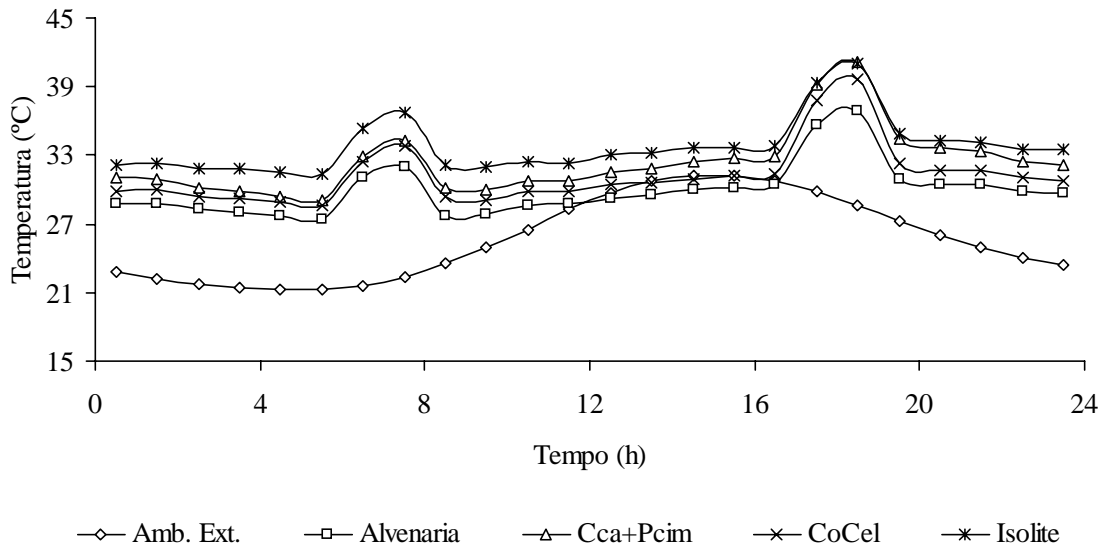


FIG. 5.54 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 1,0 ren/h (CR)

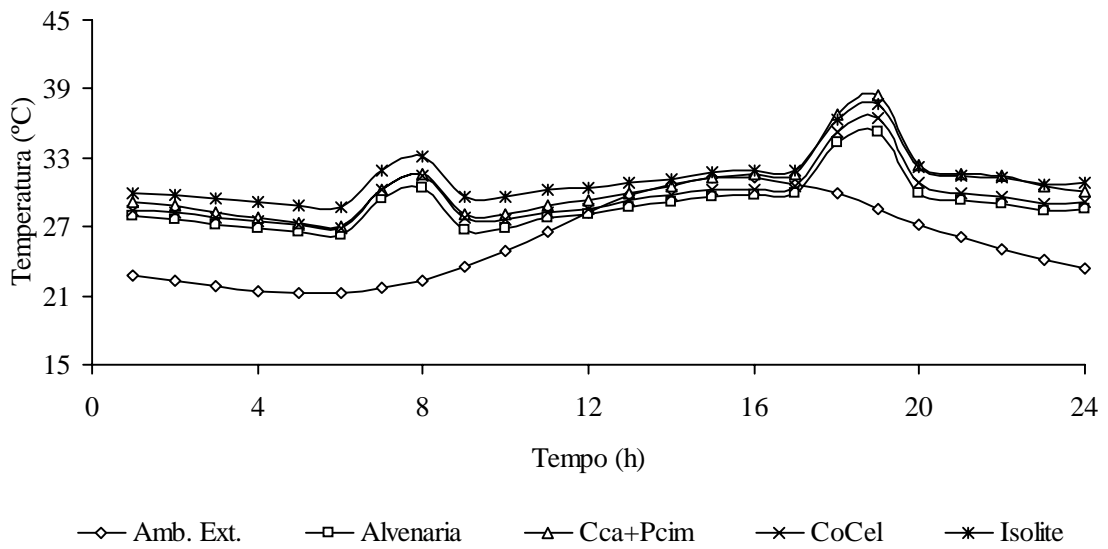


FIG. 5.55 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 3,0 ren/h (CR)

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 5.5, e nas Figuras 5.38 a 5.55, e considerando-se as características do perfil de ocupação adotado, Tabela 4.3, a cozinha continua sendo o ambiente que apresenta temperaturas de pico maiores tanto para a taxa de 1,0 ren/h quanto para a taxa de 3,0 ren/h, sendo a pior situação quando seu elemento de fechamento é o sistema Isolite como observado na análise das cidades anteriores. Quando o sistema de fechamento em concreto celular autoclavado é o sistema adotado, nota-se que no quarto\_c apresenta-se o menor valor de todas as temperaturas máximas resultantes (32,1 °C) com a taxa de renovação de 1,0 ren/h em comparação com os demais ambientes configurados com este sistema de fechamento. Nota-se também que este ambiente apresenta um perfil de temperatura em uma boa parte do dia, abaixo e até se superpondo com o perfil de temperatura do ambiente externo, tornando-se assim o cômodo da habitação mais confortável térmicamente.

Observa-se pelos resultados apresentados que não há uma diferença acentuada no comportamento dos perfis de temperatura em relação aos valores obtidos. Nota-se que o perfil de temperatura dos cômodos da habitação configurados com o sistema em alvenaria apresenta-se durante todo o período do dia com temperaturas mais baixas que o histórico de temperatura dos demais sistemas de fechamento, com exceção do quarto\_c no período de 20:30hs a 22:30hs, onde se nota uma inversão térmica. No entanto observa-se também que ocorre um atraso em função da inércia térmica da edificação, influenciado pelas características do perfil de ocupação adotado.

Em função do exposto anteriormente conclui-se que a melhor composição de fechamento para esta habitação na cidade de Curitiba é a mesma já determinada para Belo Horizonte e Brasília. Não se pode identificar um sistema de fechamento como o de pior desempenho térmico visto que as temperaturas máximas variam de cômodo para cômodo conforme Tabela 5.4.

### **5.5. Resultados para as condições climáticas de Porto Alegre**

Para a avaliação do desempenho térmico da habitação em Porto Alegre, considera-se o valor horário da temperatura para o dia típico de verão apresentado na Tabela 5.2, e também o valor de 30,6 °C como valor médio da temperatura de bulbo seco, o valor de 52,9 % como o valor médio da umidade relativa do ar e o valor de 228,17 W/m<sup>2</sup> como valor médio da radiação solar incidente em plano horizontal, neste dia típico, e o valor global da radiação solar incidente na direção normal foi de 5476,05 W/m<sup>2</sup>. A velocidade do vento considerada foi 1,39 m/s, que é a velocidade média. A predominância do vento é na direção Sul/Sudoeste.

Os resultados obtidos, considerando as várias configurações de sistemas de fechamento adotados nesta habitação, ventilada naturalmente, estão sintetizados nas Figuras 5.56 a 5.73. Na Tabela 5.6, apresenta-se as temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas.

TAB. 5.6 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos(PA)

Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_S	Máxima	1,0	35,8	39,9	43,0	39,6	42,8
		3,0	35,8	38,4	40,8	37,5	39,1
	Média	1,0	30,6	36,2	37,5	35,8	39,7
		3,0	30,6	34,8	35,4	34,2	36,5
	Mínima	1,0	26,6	30,8	31,2	31,4	36,4
		3,0	26,6	29,7	29,5	29,9	33,2
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_C	Máxima	1,0	35,8	40,4	40,0	38,6	40,0
		3,0	35,8	38,4	38,5	37,4	37,1
	Média	1,0	30,6	36,1	35,8	35,4	37,4
		3,0	30,6	34,8	34,2	33,9	34,9
	Mínima	1,0	26,6	30,9	30,4	31,1	34,2
		3,0	26,6	29,7	29,0	29,7	31,6
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
SALA	Máxima	1,0	35,8	43,8	49,8	47,9	48,7
		3,0	35,8	41,0	45,0	43,8	43,6
	Média	1,0	30,6	35,8	38,4	38,1	40,2
		3,0	30,6	34,2	35,5	35,4	36,2
	Mínima	1,0	26,6	30,9	31,8	32,7	36,0
		3,0	26,6	29,5	29,6	30,4	32,1
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
COZINHA	Máxima	1,0	35,8	46,7	50,0	48,6	52,3
		3,0	35,8	44,2	45,9	44,9	46,2
	Média	1,0	30,6	40,7	43,4	42,8	47,6
		3,0	30,6	38,5	39,9	39,5	42,0
	Mínima	1,0	26,6	36,7	39,0	39,0	44,3
		3,0	26,6	34,5	35,6	35,7	38,8
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
BANHO	Máxima	1,0	35,8	43,8	49,0	45,5	48,1
		3,0	35,8	41,9	44,7	42,9	43,8
	Média	1,0	30,6	36,7	39,6	37,4	40,4
		3,0	30,6	35,3	36,7	35,5	37,3
	Mínima	1,0	26,6	34,0	35,8	34,7	37,8
		3,0	26,6	33,1	33,0	32,6	34,7

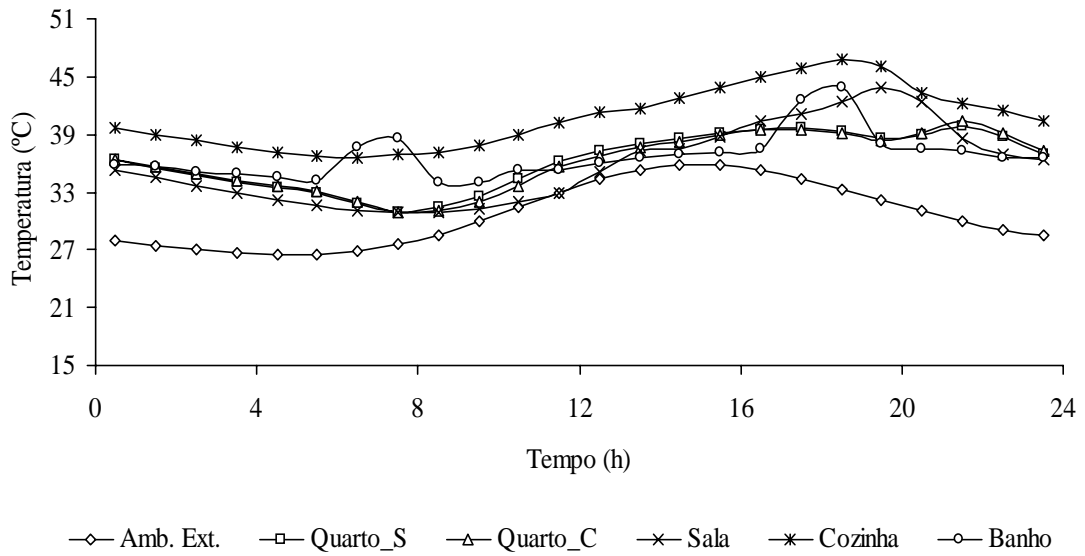


FIG. 5.56 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (PA)

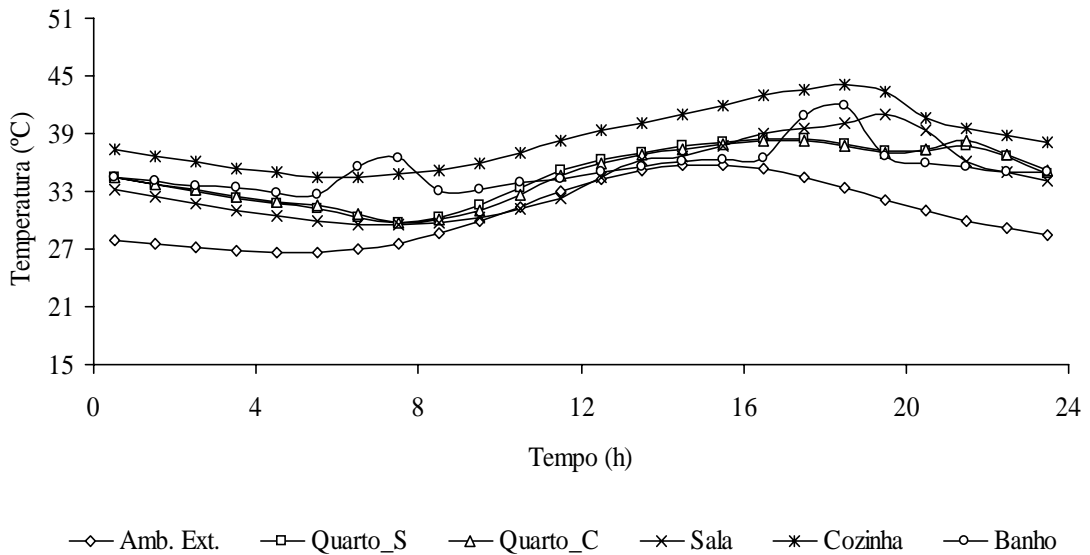


FIG. 5.57 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (PA)

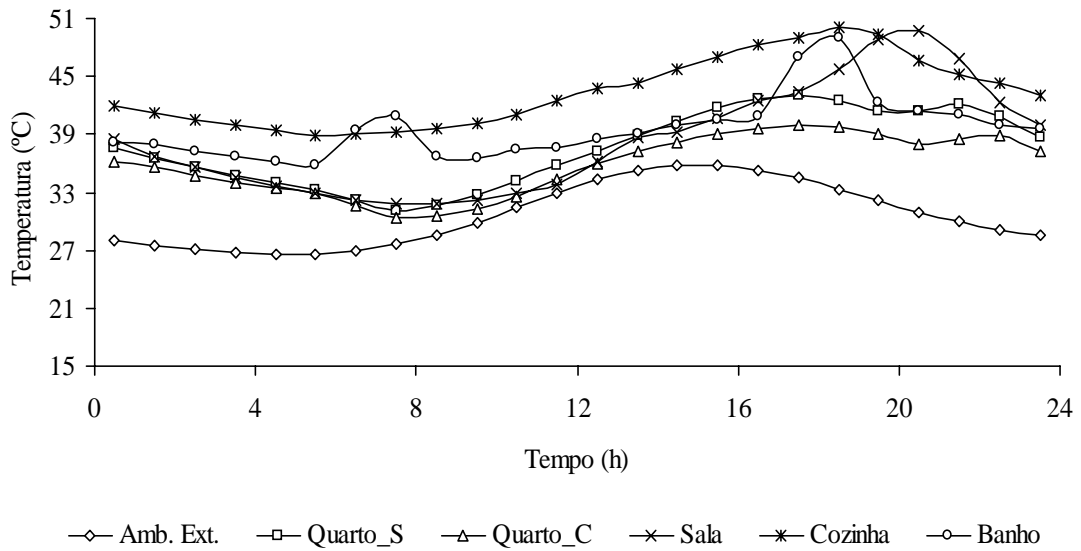


FIG. 5.58 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (PA)

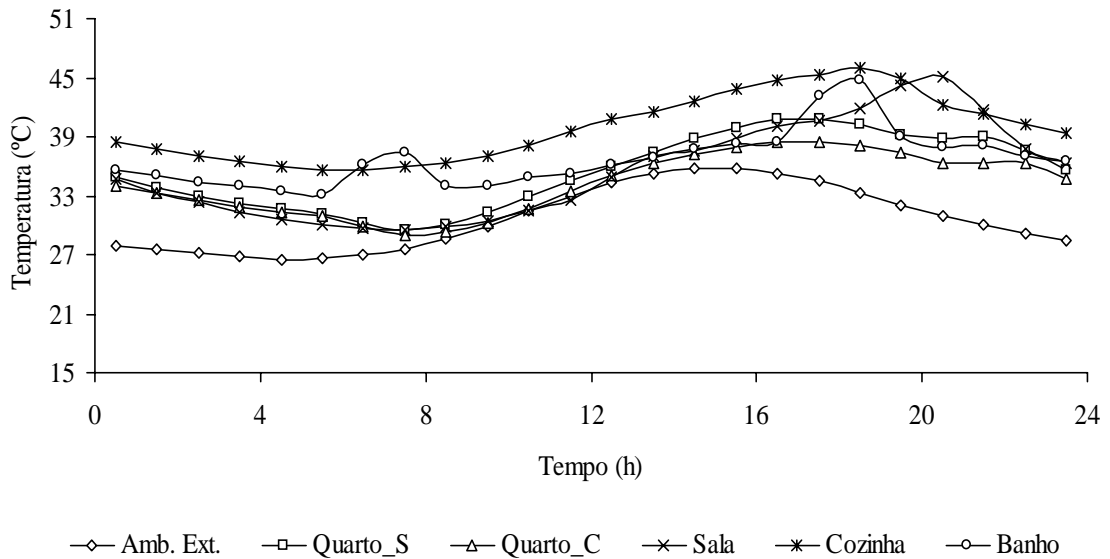


FIG. 5.59 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (PA)

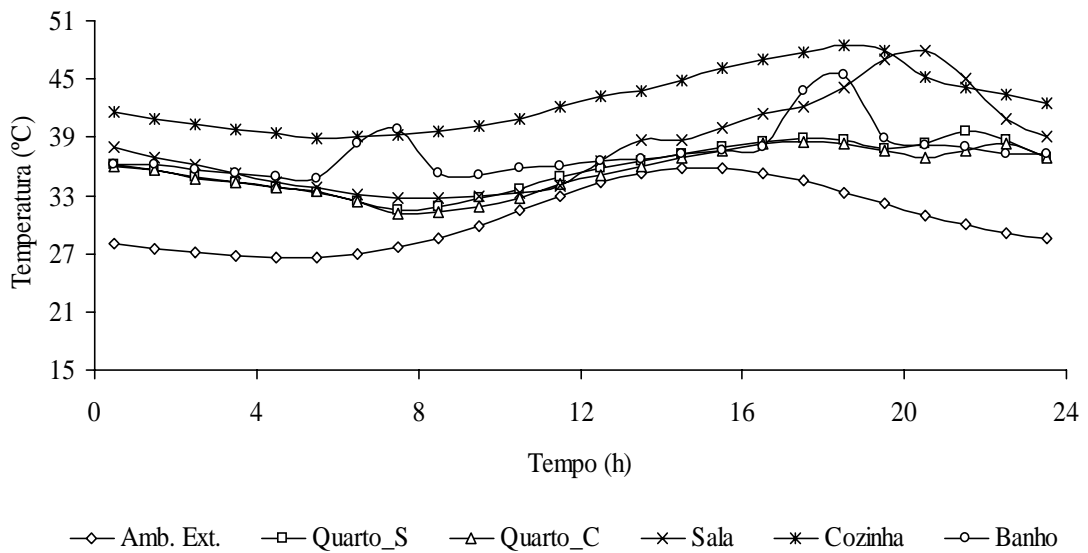


FIG. 5.60 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (PA)

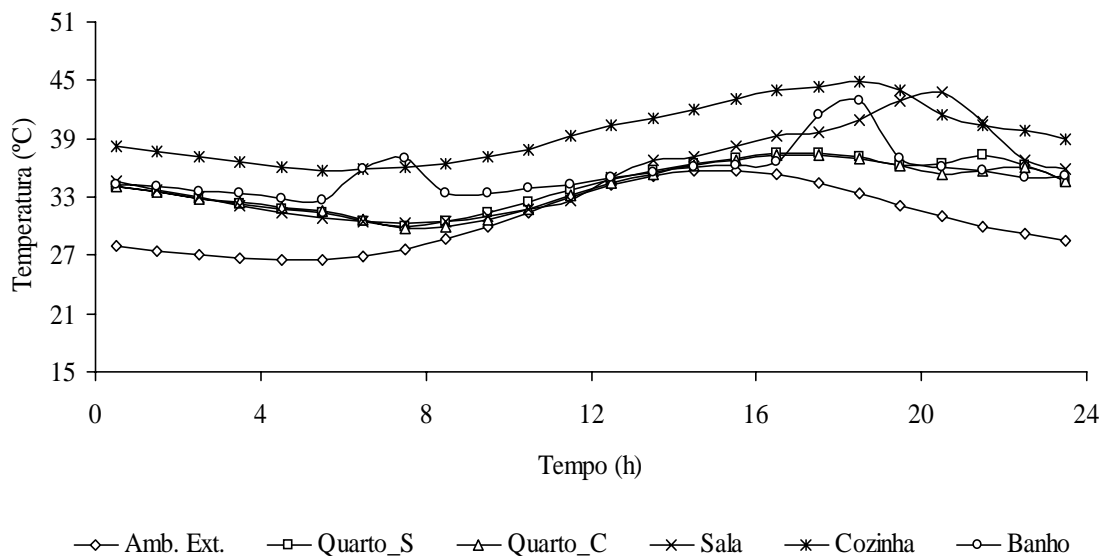


FIG. 5.61 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (PA)



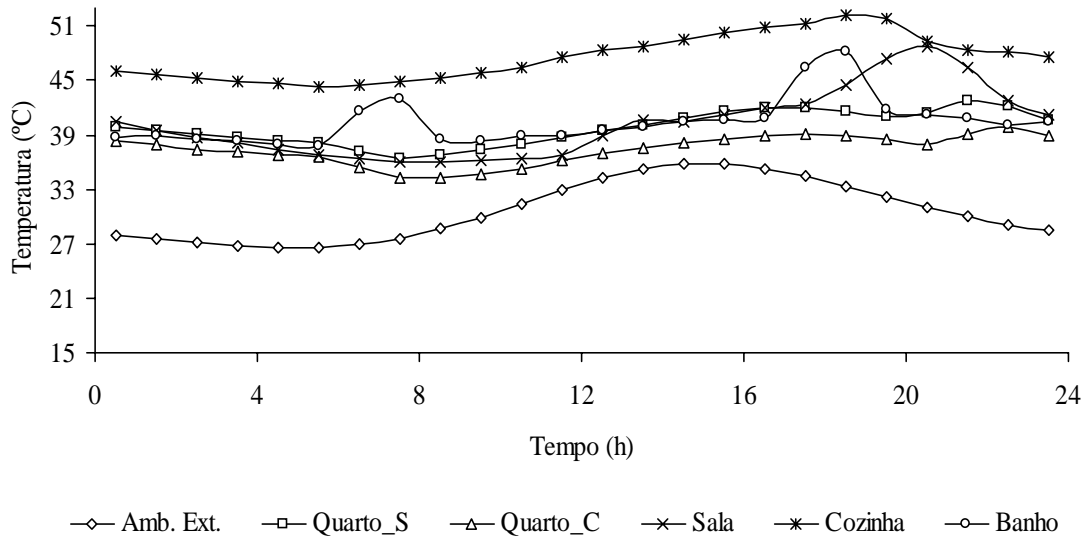


FIG. 5.62 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (PA)

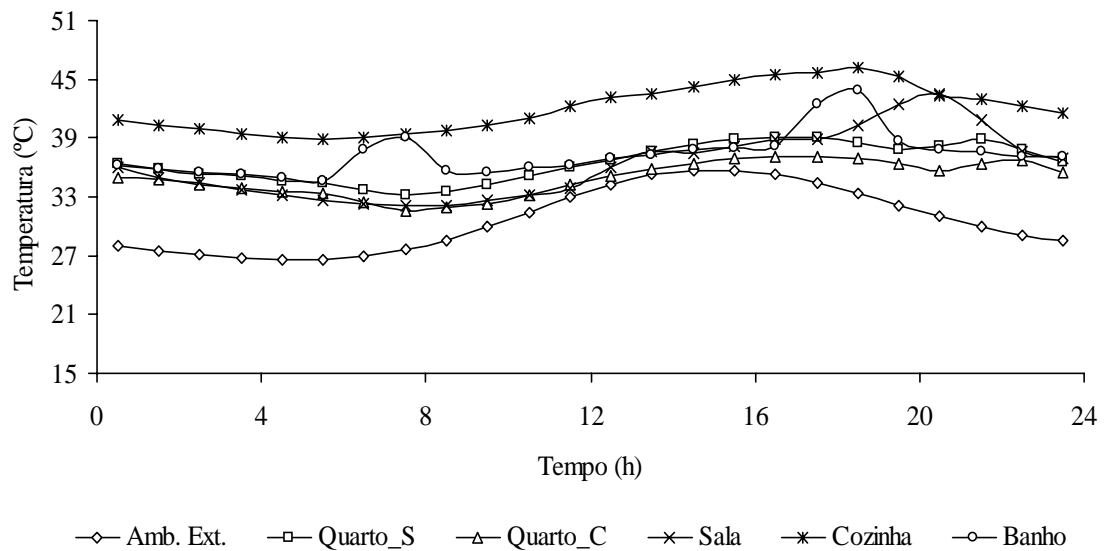


FIG. 5.63 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (PA)

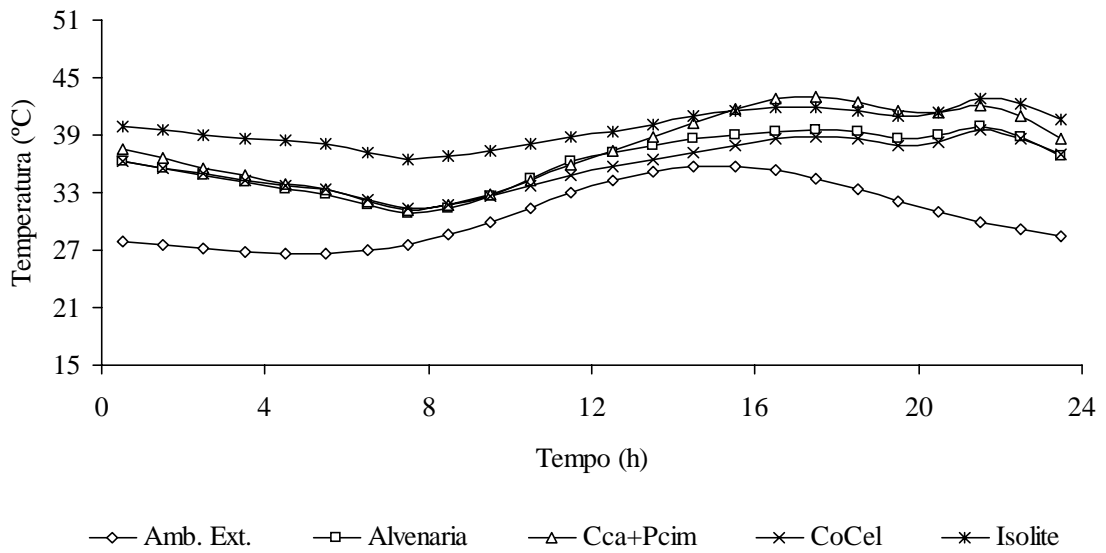


FIG. 5.64 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 1,0 ren/h (PA)

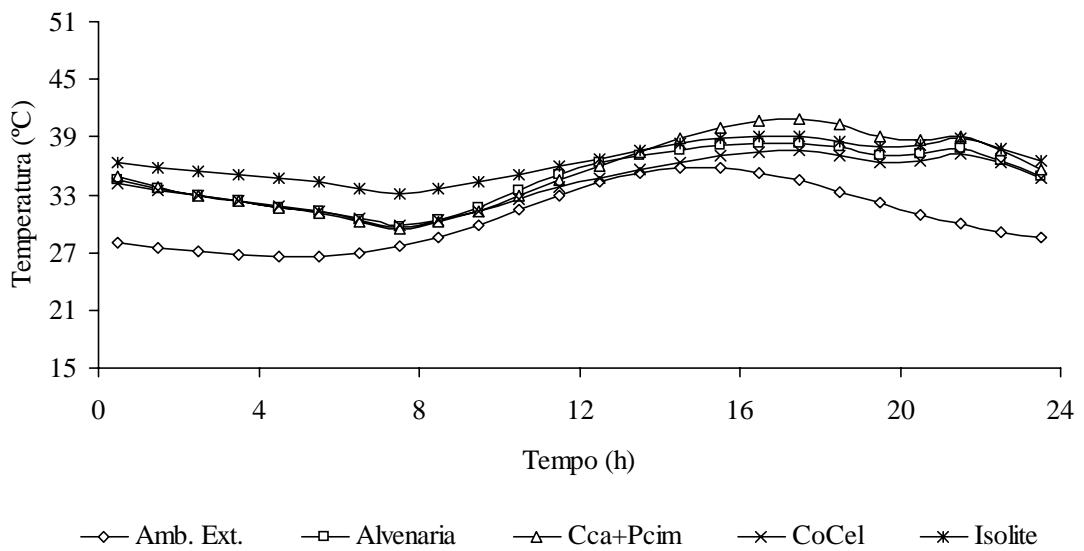


FIG. 5.65 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 3,0 ren/h (PA)

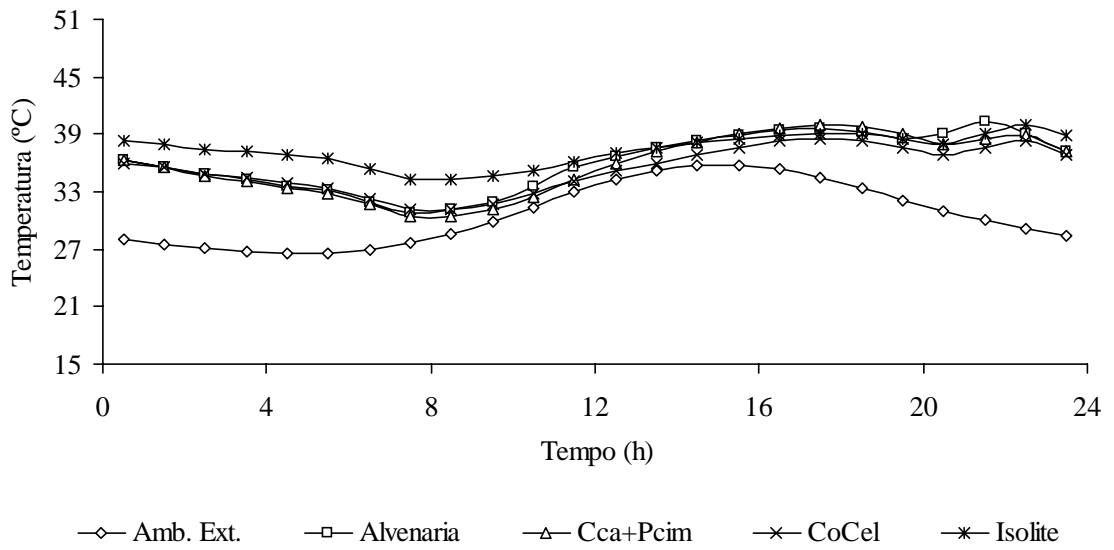


FIG. 5.66 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 1,0 ren/h (PA)

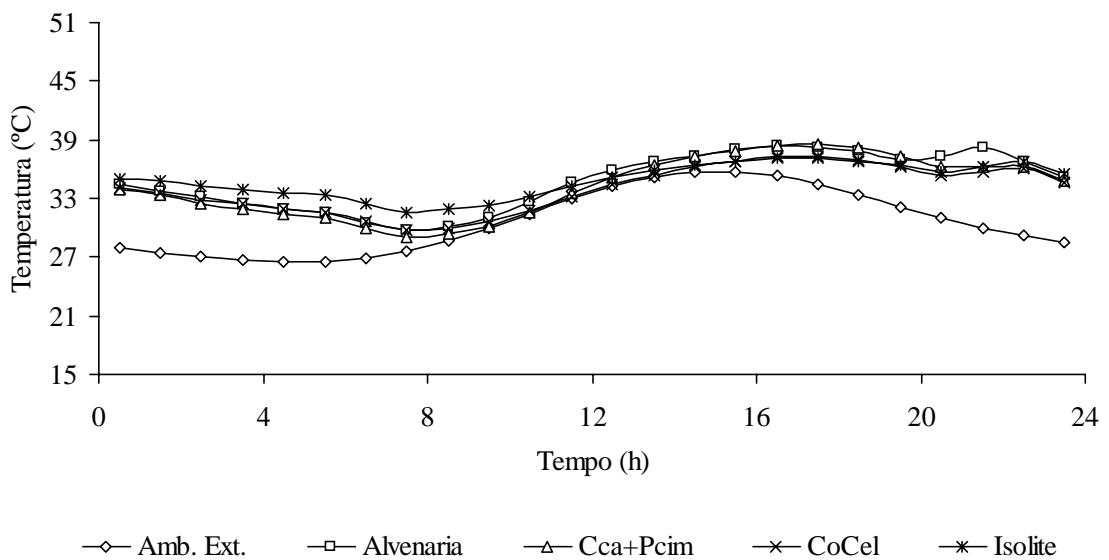


FIG. 5.67 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 3,0 ren/h (PA)

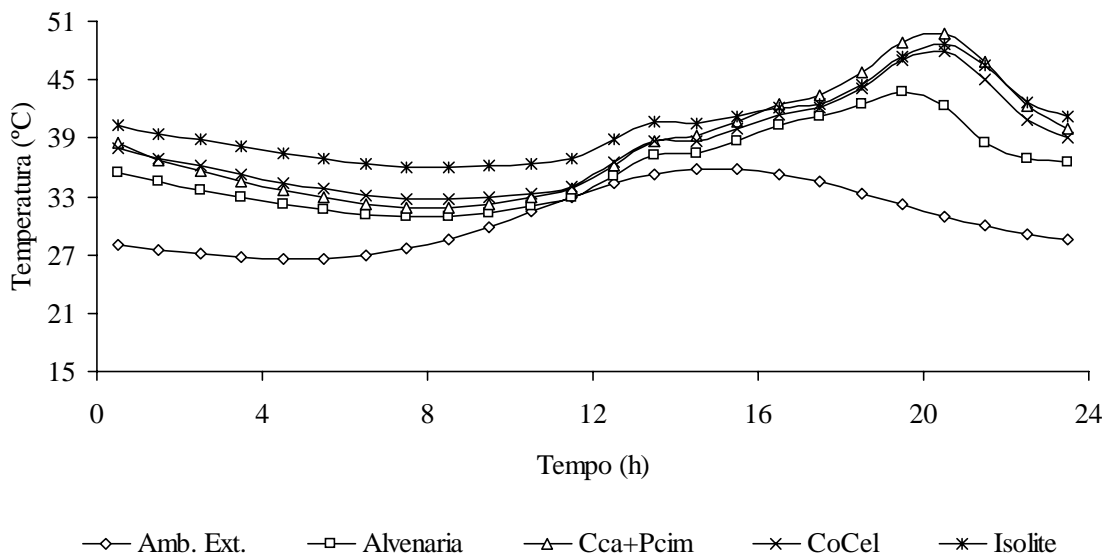


FIG. 5.68 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 1,0 ren/h (PA)

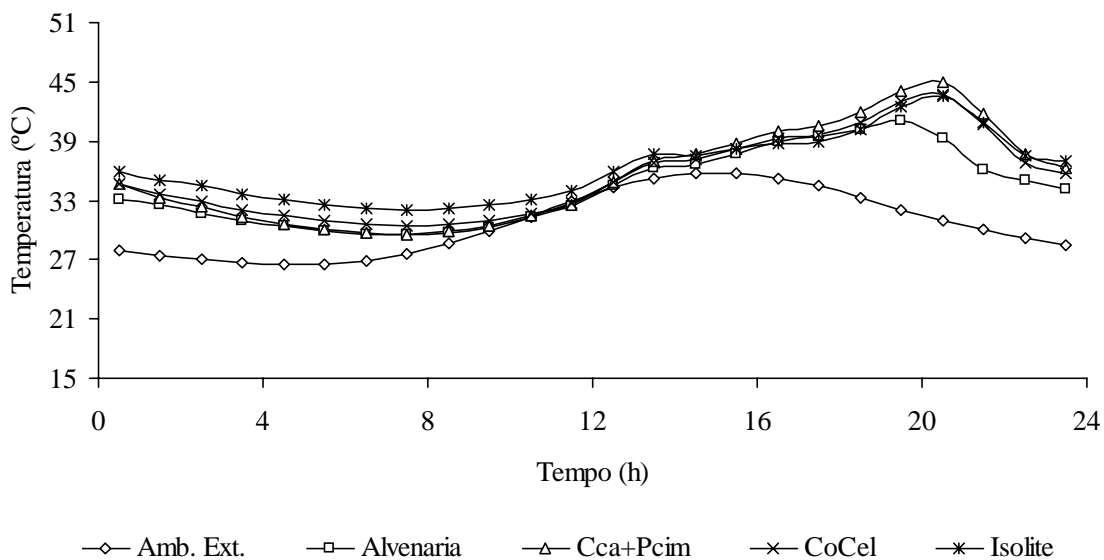


FIG. 5.69 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 3,0 ren/h (PA)

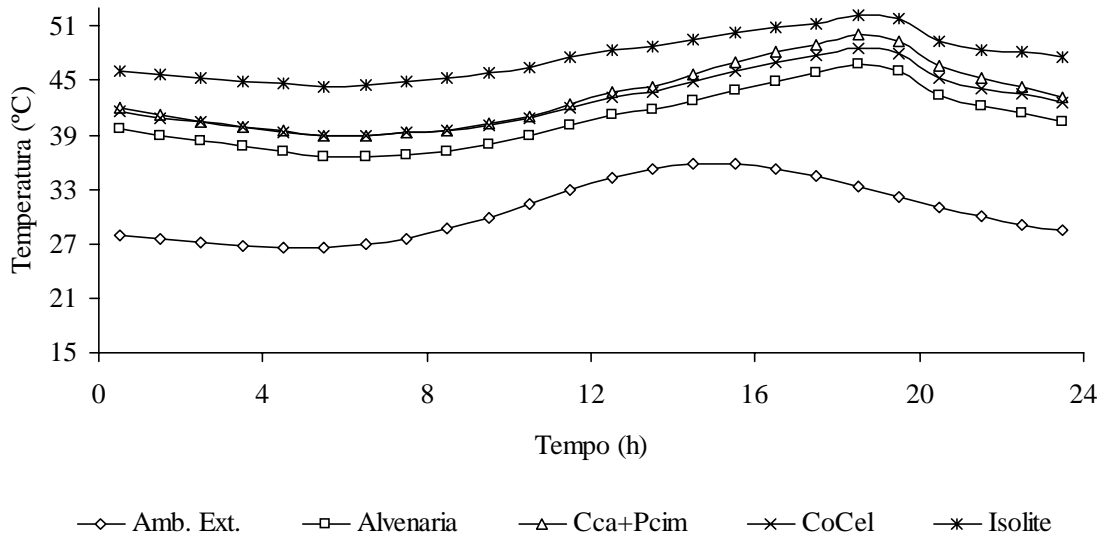


FIG. 5.70 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 1,0 ren/h (PA)

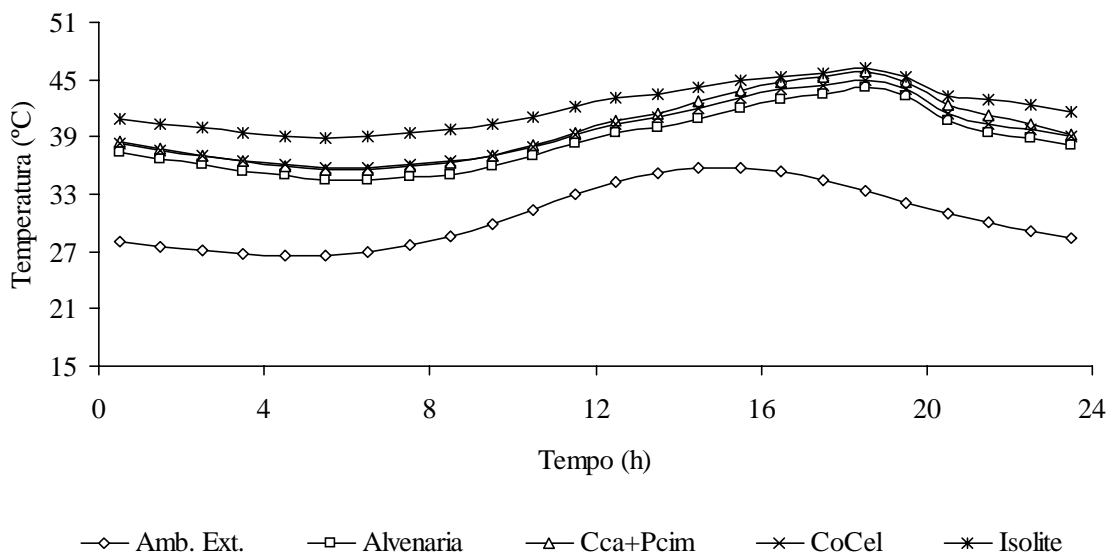


FIG. 5.71 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 3,0 ren/h (PA)

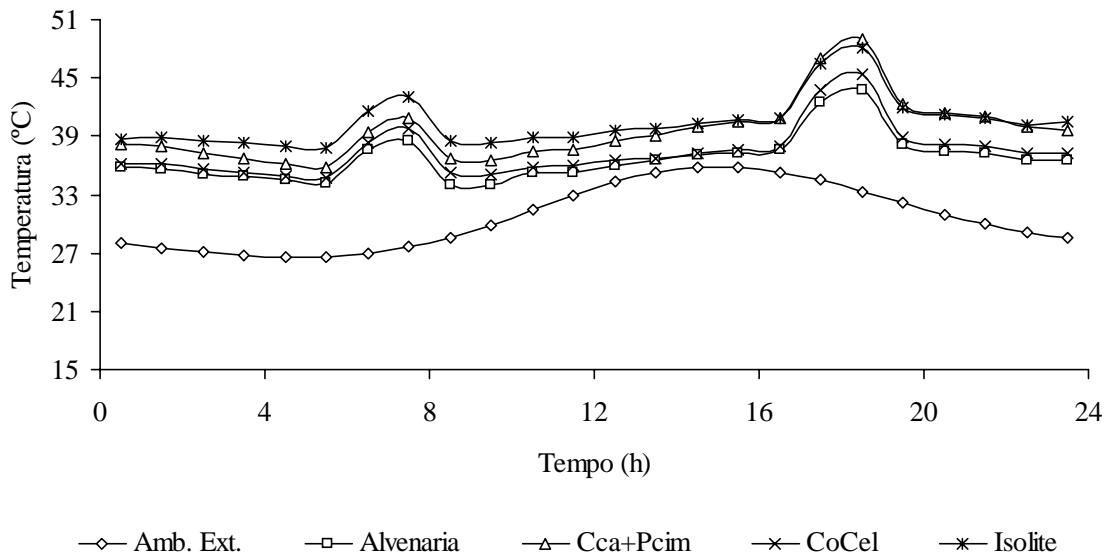


FIG. 5.72 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 1,0 ren/h (PA)

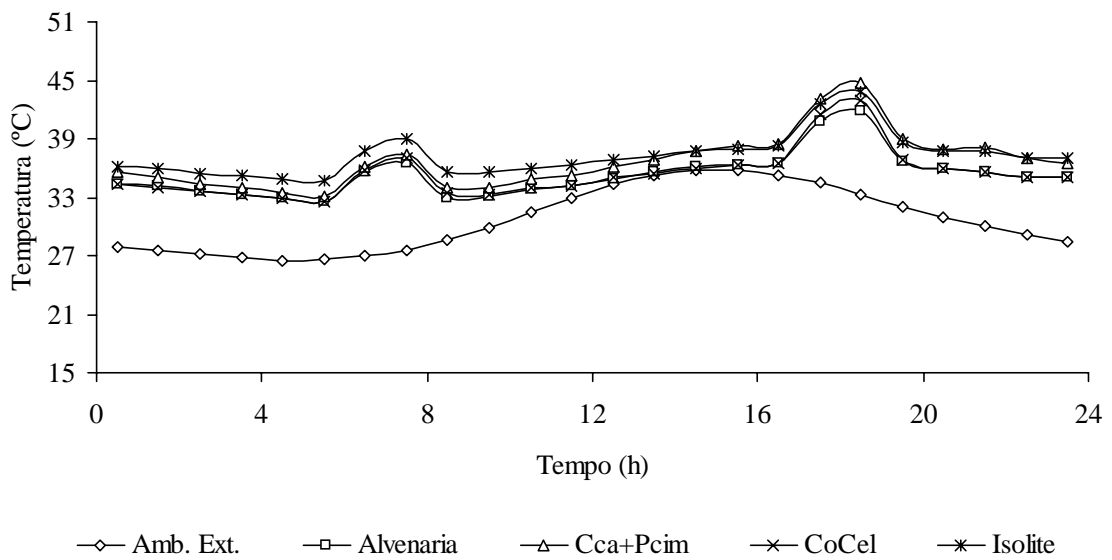


FIG. 5.73 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 3,0 ren/h (PA)

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 5.6, e nas Figuras 5.56 a 5.73, e considerando-se as características do perfil de ocupação adotado, Tabela 4.3, o histórico das temperaturas da Cozinha mostra que durante o dia típico de verão as temperaturas de pico são as maiores para qualquer sistema de fechamento que venha a ser adotado, tanto para a taxa de 1,0 ren/h quanto para a taxa de 3,0 ren/h. Quando o elemento de fechamento é o sistema Isolite, este ambiente apresenta um decréscimo de 6,0 °C entre as máximas temperaturas registradas, considerando-se a taxa de renovação do ar de 1,0 e 3,0 ren/h. Estas altas temperaturas são decorrentes da influência dos equipamentos (geladeira e fogão) considerados. Nota-se que quando se adota um sistema de fechamento em concreto celular autoclavado associado com placas cimentícias ou em isolite o desempenho térmico da habitação é muito ruim, pois as máximas temperaturas apresentadas nos cômodos com este tipo de fechamento permanecem acima dos 40,0 °C.

Observa-se pelos resultados apresentados que no comportamento do perfil de temperatura em relação aos valores obtidos para o clima de Porto Alegre há no máximo alguns pontos de contato entre este e os perfis que caracterizam o comportamento de temperatura nos ambientes internos. No entanto observa-se que em relação aos valores máximos da temperatura do ambiente externo e dos ambientes internos ocorre um atraso em função da inércia térmica da edificação. Para se determinar qual dos cômodos analisados oferece conforto térmico aos usuários da habitação, consideram-se as amplitudes térmicas entre as máximas temperaturas, comparando-as com uma temperatura de conforto de referência.

Em função do exposto anteriormente conclui-se que a melhor composição de fechamento para esta habitação na cidade de Porto Alegre é a alvenaria, pois apresenta na maioria dos cômodos os menores valores de temperatura máxima. Com este sistema de fechamento determinou-se que o quarto\_s é o mais confortável desta habitação localizada nesta cidade. O pior desempenho térmico apresentado foi o sistema de fechamento composto de blocos e/ou painéis de concreto celular autoclavado associado com painéis de placas cimentícias, pois apresentou as maiores temperaturas máximas em quase todos os cômodos analisados, exceto na cozinha, Tabela 5.6.

## **5.6. Resultados para as condições climáticas de Porto Velho**

Para a avaliação do desempenho térmico da habitação em Porto Velho, considera-se o valor horário da temperatura para o dia típico de verão apresentado na Tabela 5.2, e também o valor de 27,8 °C como valor médio da temperatura de bulbo seco, o valor de 76,4 % como o valor médio da umidade relativa do ar e o valor de 277,56 W/m<sup>2</sup> como valor médio da radiação solar incidente em plano horizontal, neste dia típico, e o valor global da radiação solar incidente na direção normal foi de 6661,41 W/m<sup>2</sup>. A velocidade do vento considerada foi 1,39 m/s, que é a velocidade média. A predominância do vento é na direção Oeste.

Os resultados obtidos, considerando as várias configurações de sistemas de fechamento adotados nesta habitação, ventilada naturalmente, estão sintetizados nas Figuras 5.74 a 5.91. Na Tabela 5.7, apresenta-se as temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas.



TAB. 5.7 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos(PV)

Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_S	Máxima	1,0	34,6	34,7	35,6	34,6	35,6
		3,0	34,6	33,2	33,8	33,0	33,5
	Média	1,0	27,8	30,4	30,8	30,4	32,4
		3,0	27,8	29,7	29,9	29,6	30,8
	Mínima	1,0	22,4	26,0	25,9	26,6	29,7
		3,0	22,4	25,2	24,9	25,6	27,7
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_C	Máxima	1,0	34,6	35,8	34,5	33,7	34,8
		3,0	34,6	34,0	34,0	32,7	32,8
	Média	1,0	27,8	30,9	30,7	30,3	32,0
		3,0	27,8	30,1	29,8	29,5	30,5
	Mínima	1,0	22,4	26,4	25,9	26,5	29,2
		3,0	22,4	25,6	25,0	25,6	27,3
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
SALA	Máxima	1,0	34,6	40,8	46,6	44,8	44,7
		3,0	34,6	38,6	42,2	41,0	40,3
	Média	1,0	27,8	32,2	34,4	34,3	36,0
		3,0	27,8	30,8	32,0	32,0	32,7
	Mínima	1,0	22,4	27,1	27,7	28,8	31,7
		3,0	22,4	25,9	25,8	26,7	28,2
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
COZINHA	Máxima	1,0	34,6	42,3	44,3	44,1	45,9
		3,0	34,6	40,5	41,7	41,4	41,7
	Média	1,0	27,8	36,2	38,0	38,2	41,5
		3,0	27,8	34,4	35,4	35,5	37,3
	Mínima	1,0	22,4	32,5	34,2	34,6	38,7
		3,0	22,4	30,5	31,3	31,7	34,1
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
BANHO	Máxima	1,0	34,6	37,7	40,8	39,4	42,7
		3,0	34,6	36,5	38,5	37,4	38,8
	Média	1,0	27,8	31,0	32,4	32,0	33,9
		3,0	27,8	30,2	31,0	30,8	31,9
	Mínima	1,0	22,4	28,6	29,3	29,4	31,3
		3,0	22,4	27,6	27,7	28,0	29,2

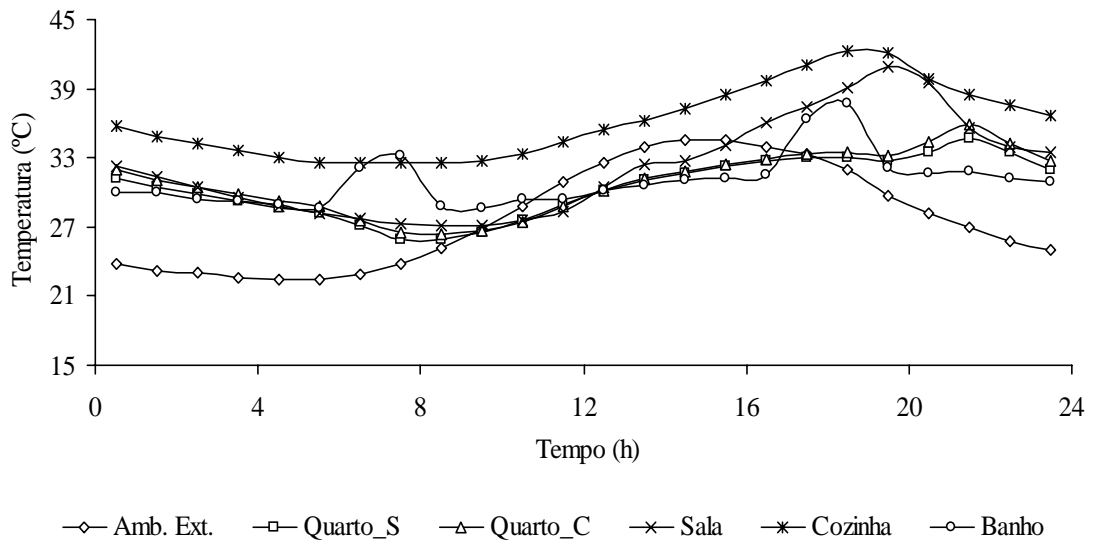


FIG. 5.74 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (PV)

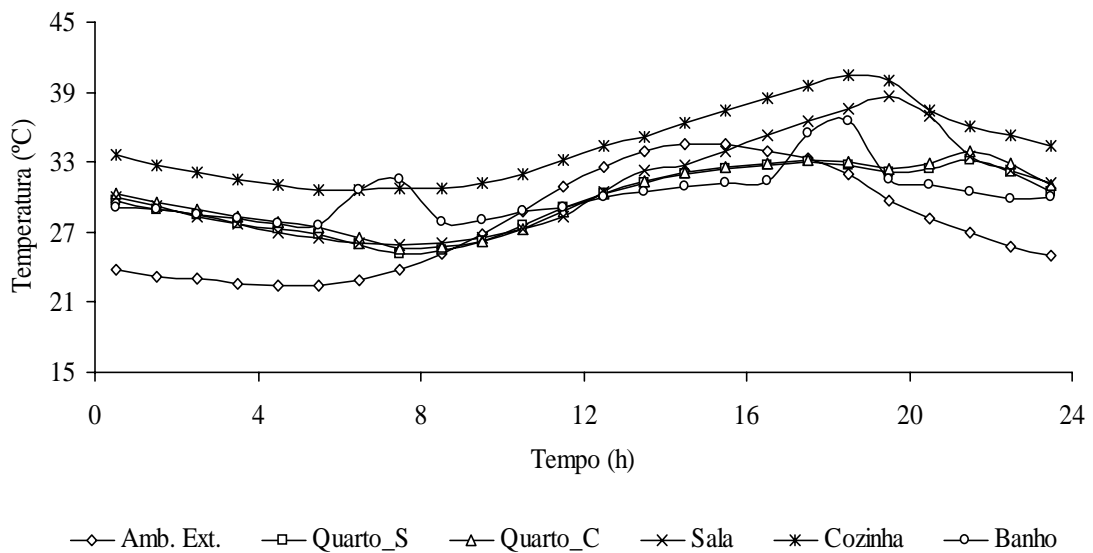


FIG. 5.75 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (PV)

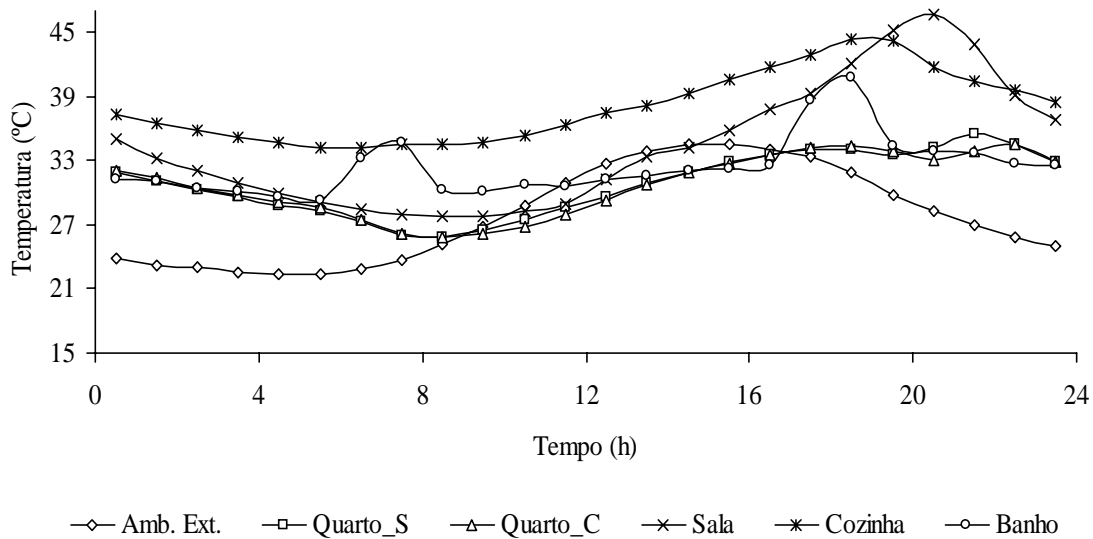


FIG. 5.76 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (PV)

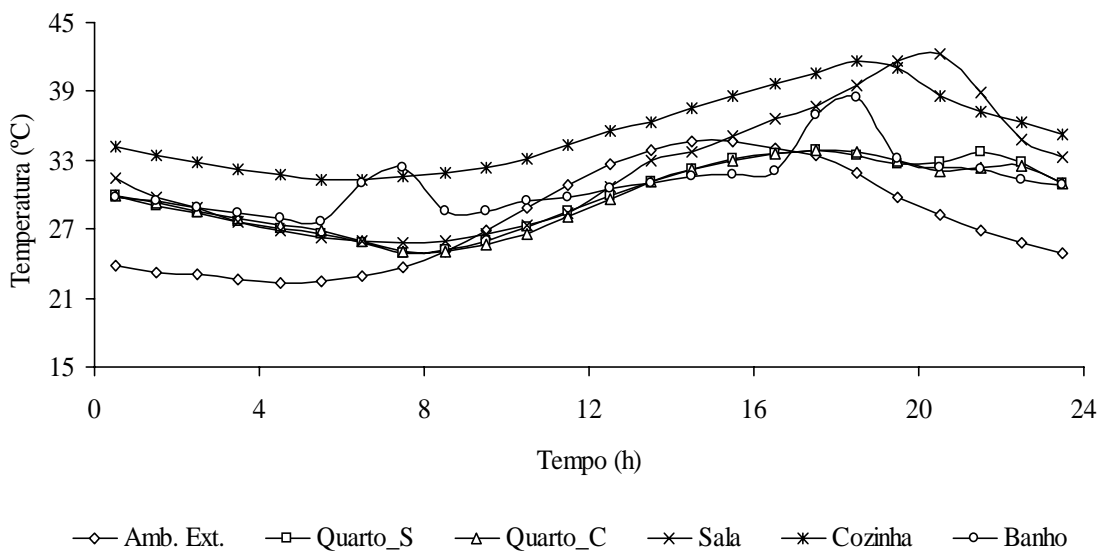


FIG. 5.77 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (PV)

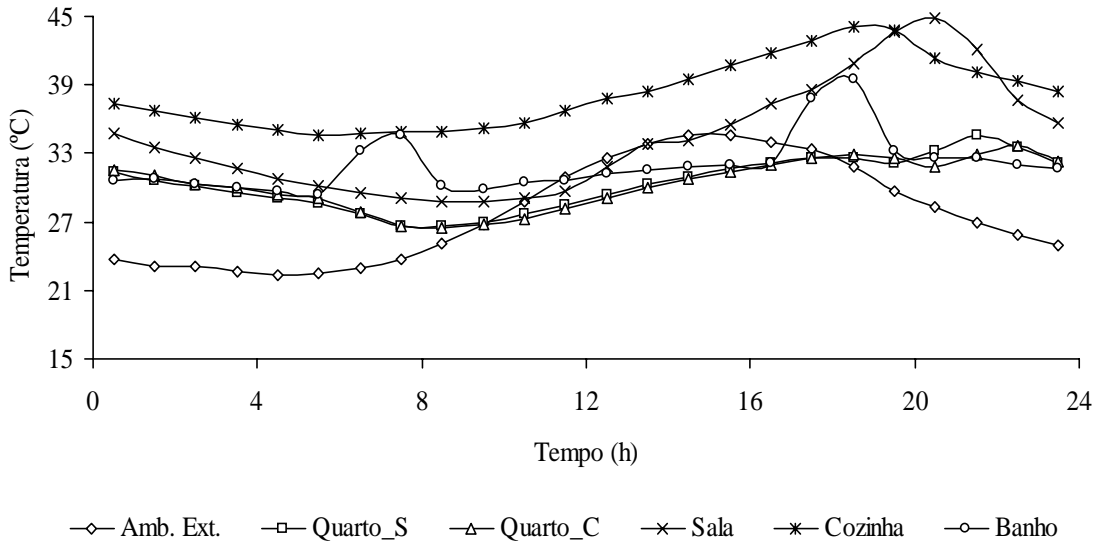


FIG. 5.78 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (PV)

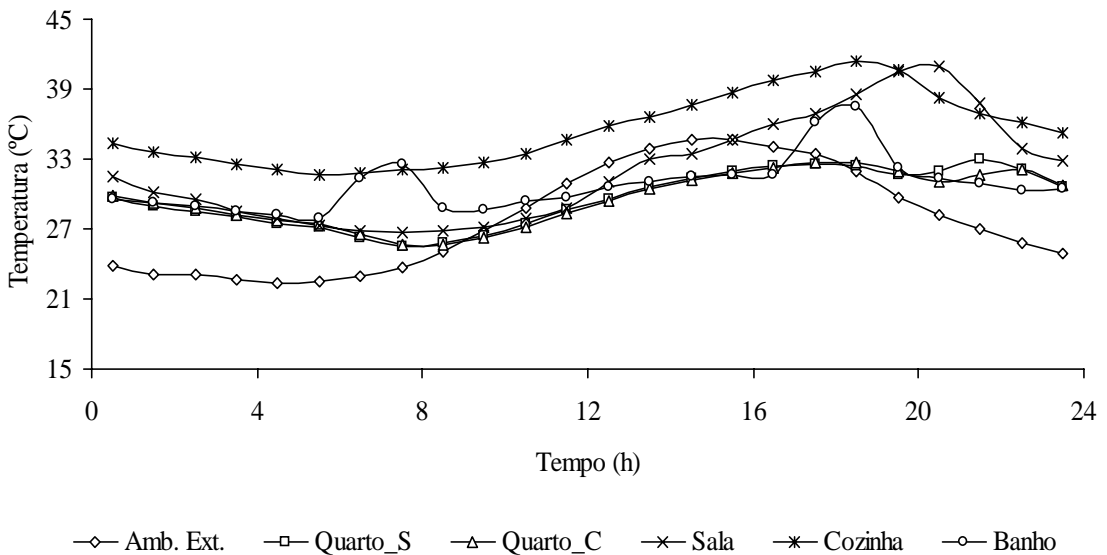


FIG. 5.79 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (PV)

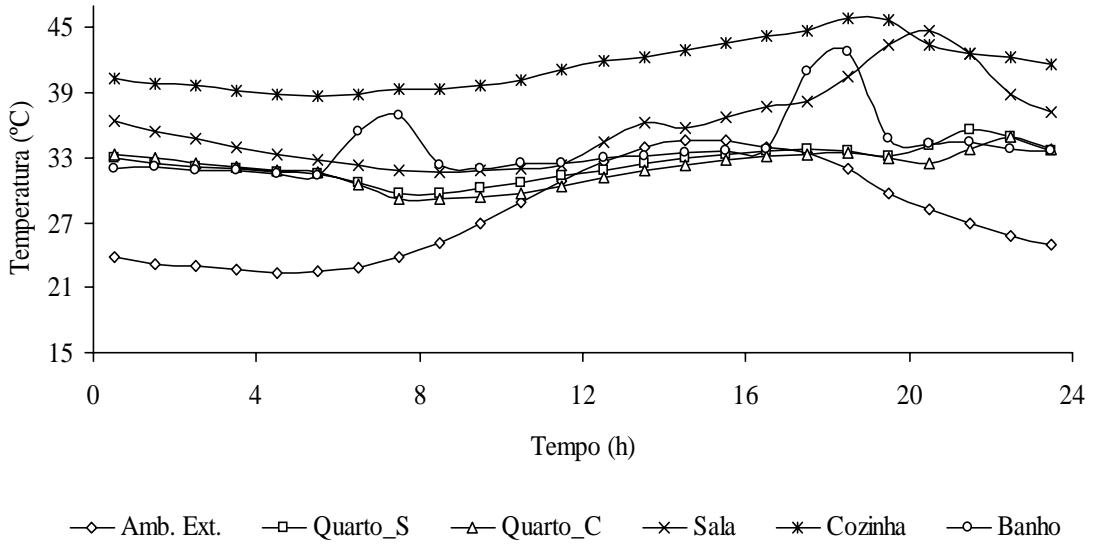


FIG. 5.80 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (PV)

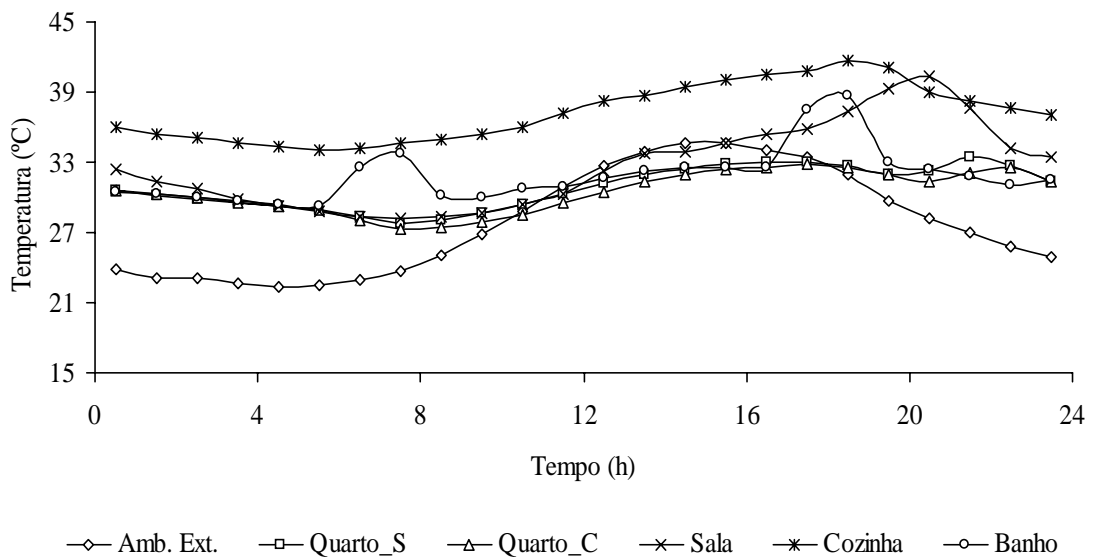


FIG. 5.81 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (PV)

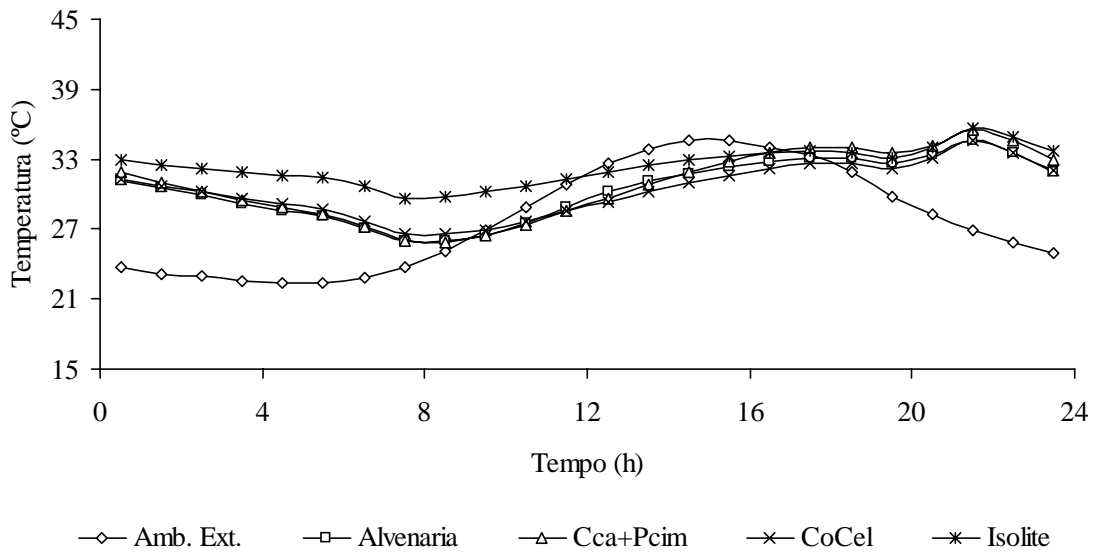


FIG. 5.82 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 1,0 ren/h (PV)

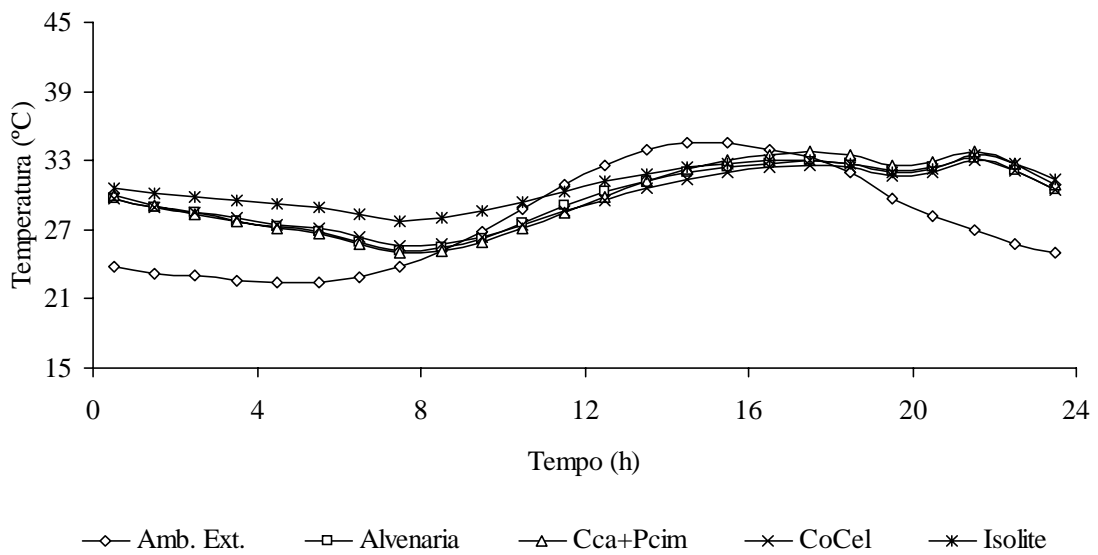


FIG. 5.83 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 3,0 ren/h (PV)

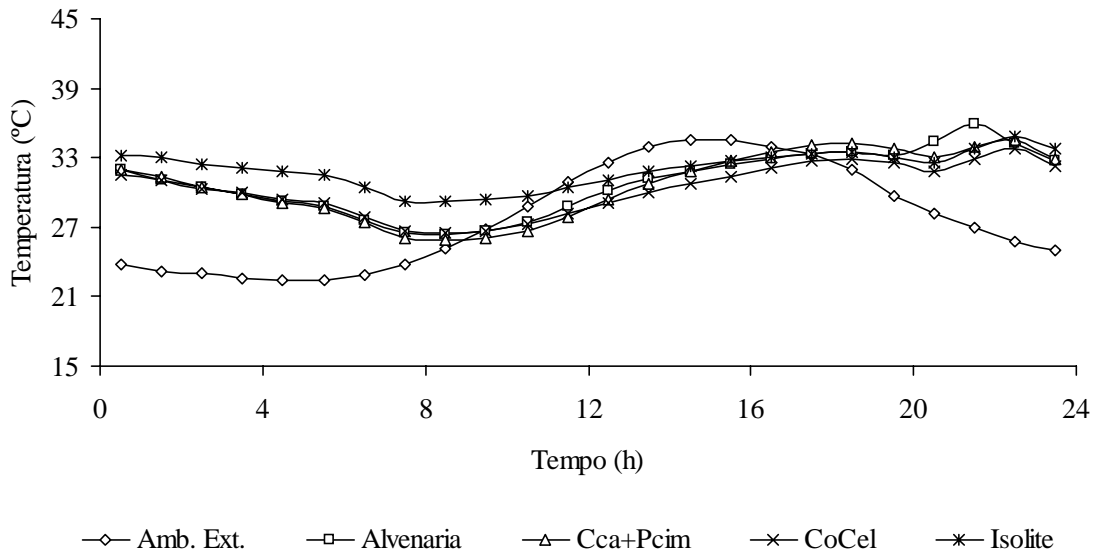


FIG. 5.84 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 1,0 ren/h (PV)

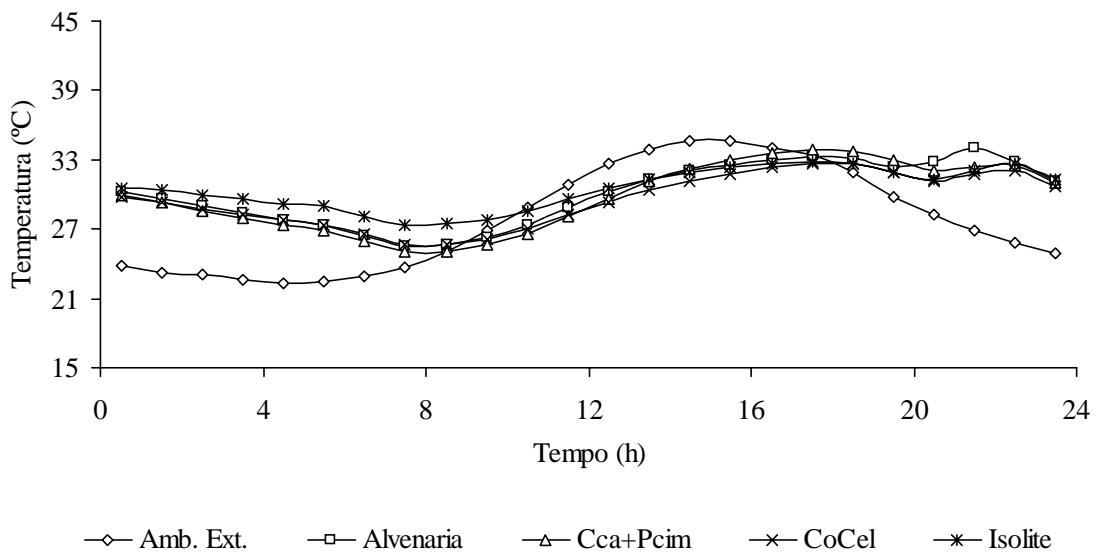


FIG. 5.85 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 3,0 ren/h (PV)

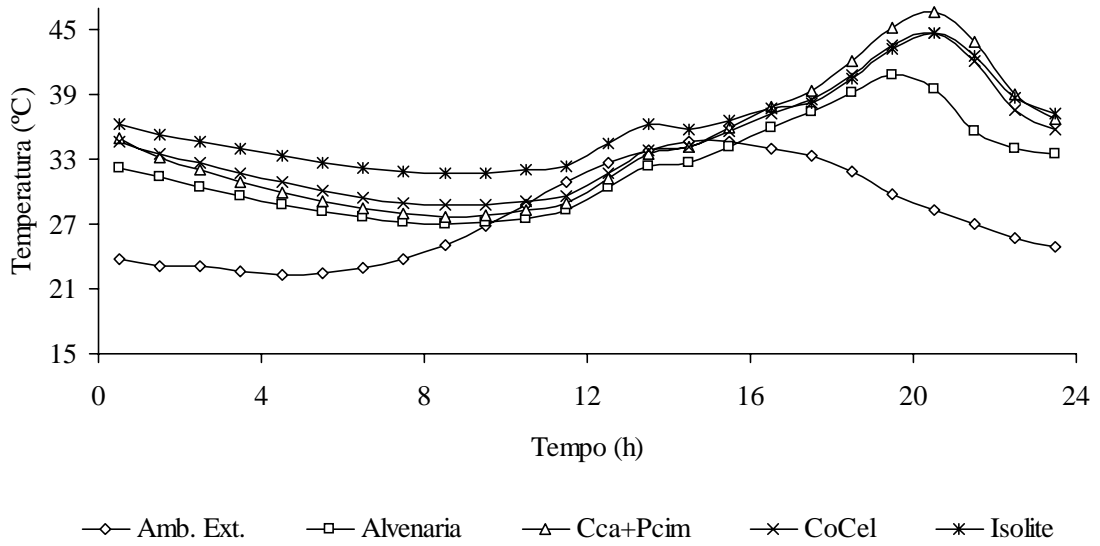


FIG. 5.86 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 1,0 ren/h (PV)

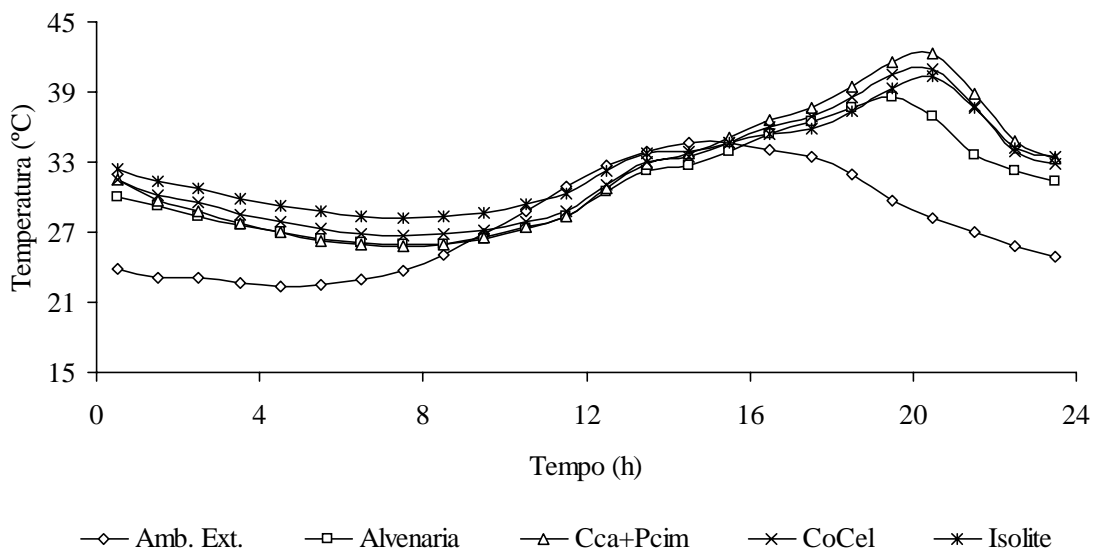


FIG. 5.87 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 3,0 ren/h (PV)



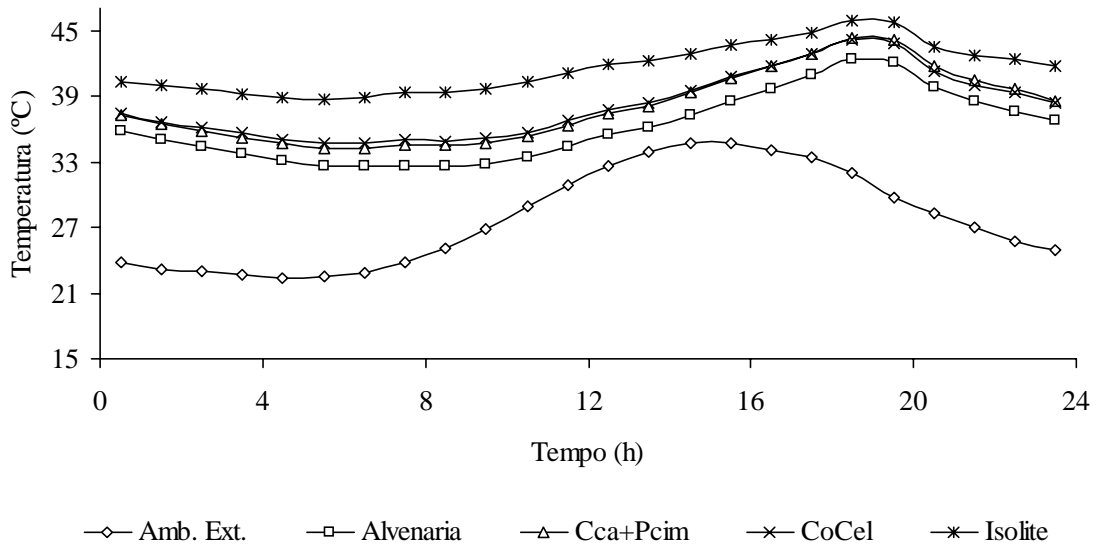


FIG. 5.88 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 1,0 ren/h (PV)

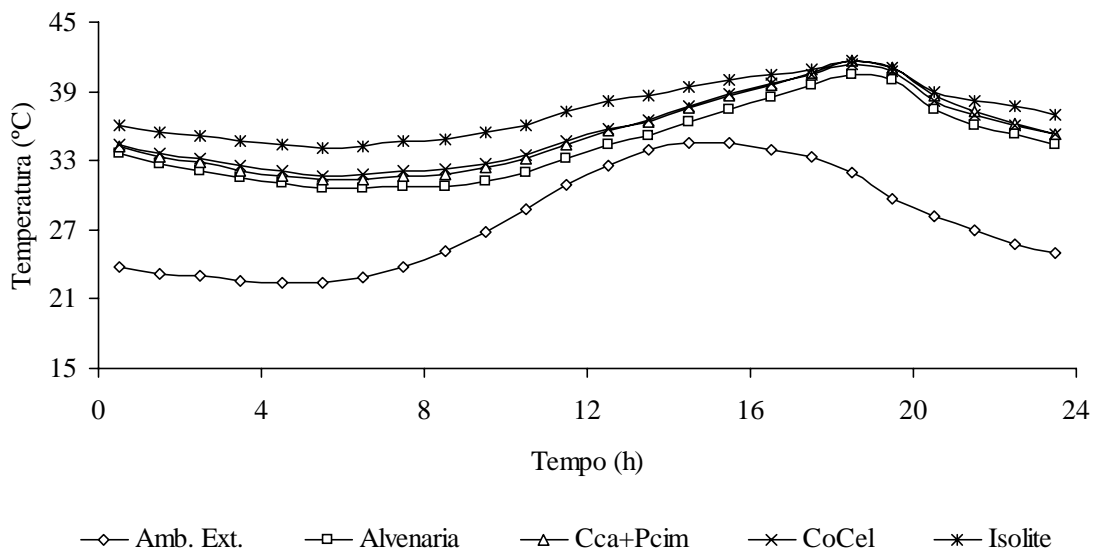


FIG. 5.89 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 3,0 ren/h (PV)

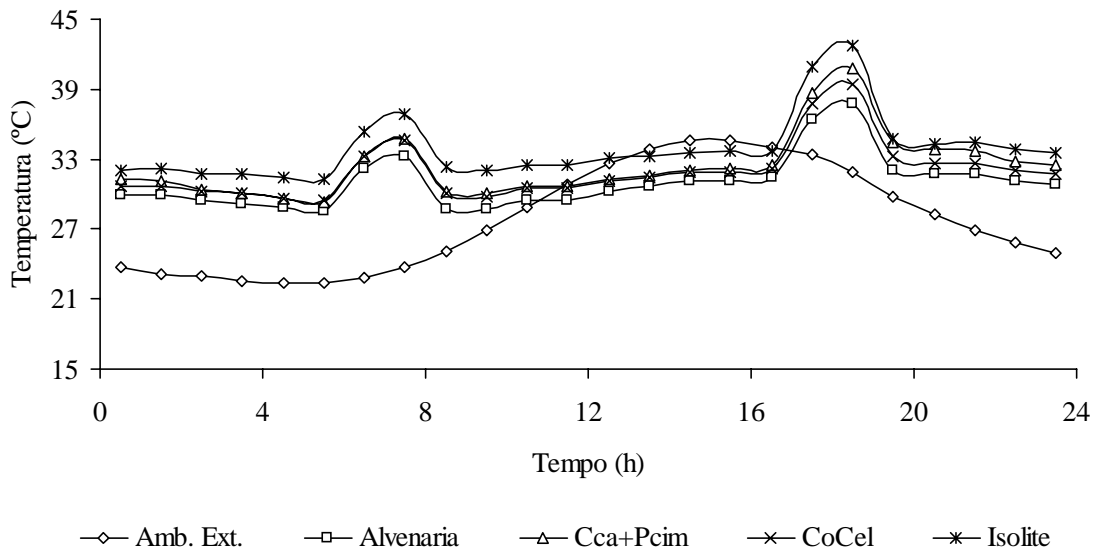


FIG. 5.90 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 1,0 ren/h (PV)

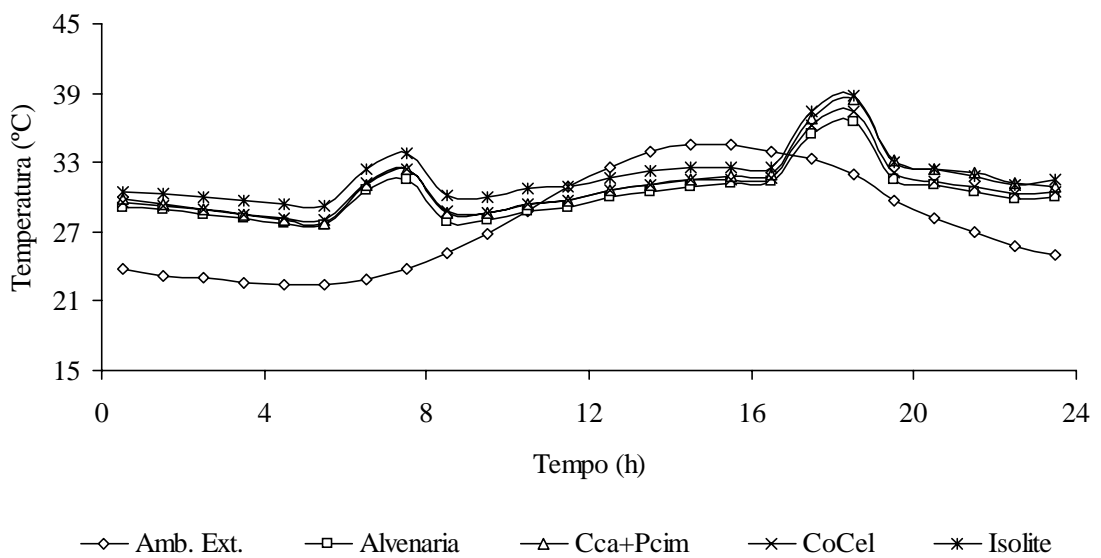


FIG. 5.91 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 3,0 ren/h (PV)

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 5.7, e nas Figuras 5.74 a 5.91, e considerando-se as características do perfil de ocupação adotado, Tabela 4.3, verifica-se que para os sistemas de fechamento da habitação em Isolite e em alvenaria, a cozinha apresenta temperaturas de pico tanto para a taxa de 1,0 ren/h quanto para a taxa de 3,0 ren/h, enquanto que considerando-se o sistema de fechamento em concreto celular autoclavado associado com placas cimentícias, é a sala que apresenta estas temperaturas para as mesmas taxas de renovação do ar. Quando o sistema de fechamento adotado é em concreto celular autoclavado, nota-se que os valores das temperaturas de pico de 44,8 °C com a taxa de renovação de 1,0 ren/h e a de 41,4 °C com a taxa de 3,0 ren/h ocorrem em ambientes distintos, ou seja, na sala e na cozinha respectivamente. Nota-se ainda que os perfis de temperatura dos cômodos com os sistemas de fechamento adotados para esta habitação no dia típico de verão apresentam-se com um comportamento diferente dos outros casos estudados até o momento. Observa-se que somente o histórico de temperatura da cozinha permanece durante todo este dia acima do perfil de temperatura do ambiente externo, independente do sistema de fechamento adotado. Para os outros históricos de temperatura observa-se também que permanecem abaixo do perfil de temperatura do ambiente externo no horário de 8:30 hs as 17:00hs aproximadamente.

Em relação aos valores máximos da temperatura do ambiente externo e do ambiente interno ocorre um atraso em função da inércia térmica da edificação, associada ao processo de transferência de calor por condução nos elementos de fechamento externos da estrutura e também pelas características do perfil de ocupação adotado. Observa-se ainda que a sala apresenta em seu perfil um pico de temperatura muito próximo ao da cozinha, chegando até em certo momento a ultrapassá-lo.

Em função do exposto anteriormente conclui-se que a melhor composição de fechamento para esta habitação na cidade de Porto Velho continua sendo a alvenaria apesar de apresentar alguns valores altos de temperatura máxima. Não há um sistema de fechamento com um desempenho térmico nitidamente pior para esta cidade, Tabela 5.4.

## **5.7. Resultados para as condições climáticas de São Paulo**

Para a avaliação do desempenho térmico da habitação em São Paulo, considera-se o valor horário da temperatura para o dia típico de verão apresentado na Tabela 5.2, e também o valor de 24,9 °C como valor médio da temperatura de bulbo seco, o valor de 68,3 % como o valor médio da umidade relativa do ar e o valor de 238,34 W/m<sup>2</sup> como valor médio da radiação solar incidente em plano horizontal, neste dia típico, e o valor global da radiação solar incidente na direção normal foi de 5720,13 W/m<sup>2</sup>. A velocidade do vento considerada foi 6,39 m/s, que é a velocidade média. A predominância do vento é na direção Sul/Sudeste.

Os resultados obtidos, considerando as várias configurações de sistemas de fechamento adotados nesta habitação, ventilada naturalmente, estão sintetizados nas Figuras 5.92 a 5.109. Na Tabela 5.8, apresenta-se as temperaturas máximas, médias e mínimas obtidas.

TAB. 5.8 – Temperaturas(°C) máximas, médias e mínimas dos ambientes internos(SP)

Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_S	Máxima	1,0	31,3	32,6	35,2	32,6	35,1
		3,0	31,3	32,0	33,9	31,6	32,7
	Média	1,0	24,9	29,1	30,5	29,4	32,5
		3,0	24,9	28,1	28,9	28,1	29,9
	Mínima	1,0	19,3	24,0	24,7	25,2	29,3
		3,0	19,3	23,1	23,3	23,8	26,6
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
QUARTO_C	Máxima	1,0	31,3	32,4	32,7	31,6	32,6
		3,0	31,3	31,6	31,9	31,0	30,9
	Média	1,0	24,9	28,7	28,9	28,7	30,4
		3,0	24,9	27,8	27,8	27,6	28,4
	Mínima	1,0	19,3	23,8	24,2	24,8	27,5
		3,0	19,3	23,0	22,9	23,5	25,2
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
SALA	Máxima	1,0	31,3	37,3	43,1	41,5	42,1
		3,0	31,3	34,5	38,2	37,3	37,1
	Média	1,0	24,9	29,8	32,2	32,1	34,0
		3,0	24,9	28,3	29,6	29,6	30,3
	Mínima	1,0	19,3	24,5	25,6	26,6	29,6
		3,0	19,3	23,1	23,2	24,1	25,7
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
COZINHA	Máxima	1,0	31,3	41,0	44,2	42,9	46,3
		3,0	31,3	38,5	40,2	39,3	40,4
	Média	1,0	24,9	34,9	37,6	37,1	41,7
		3,0	24,9	32,8	34,2	33,9	36,2
	Mínima	1,0	19,3	30,5	32,9	33,0	38,2
		3,0	19,3	28,2	29,4	29,6	32,6
Zona	Temperatura (°C)	Taxa (ren/h)	Amb. Ext.	Alvenaria	CCA+Pcim	CCA	Isolite
BANHO	Máxima	1,0	31,3	38,4	43,6	40,2	42,9
		3,0	31,3	36,4	39,5	37,3	38,7
	Média	1,0	24,9	31,2	34,1	32,1	35,2
		3,0	24,9	29,7	31,2	30,1	31,8
	Mínima	1,0	19,3	28,4	30,1	29,2	32,5
		3,0	19,3	26,7	27,1	26,9	28,9

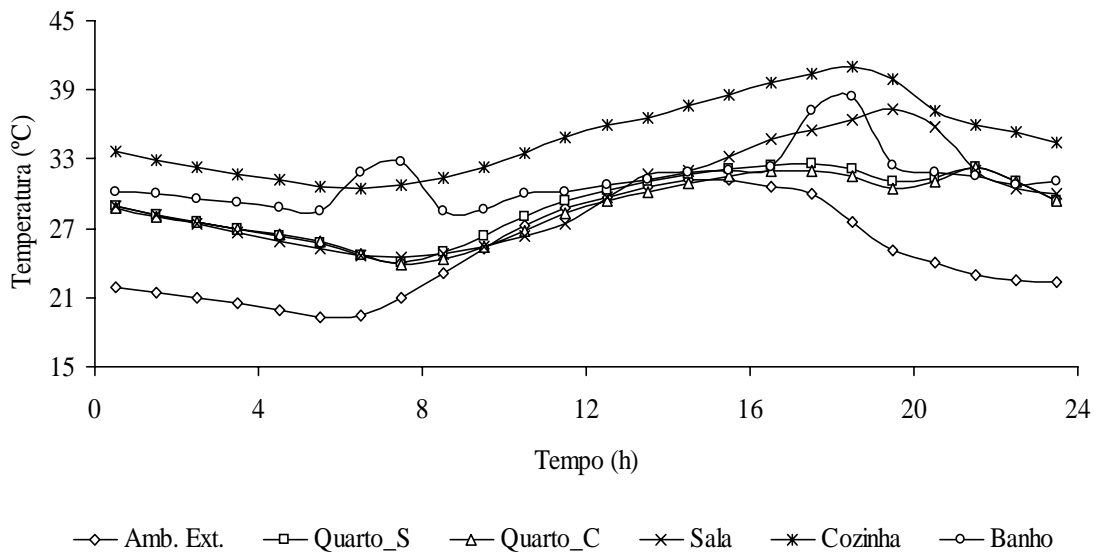


FIG. 5.92 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (SP)

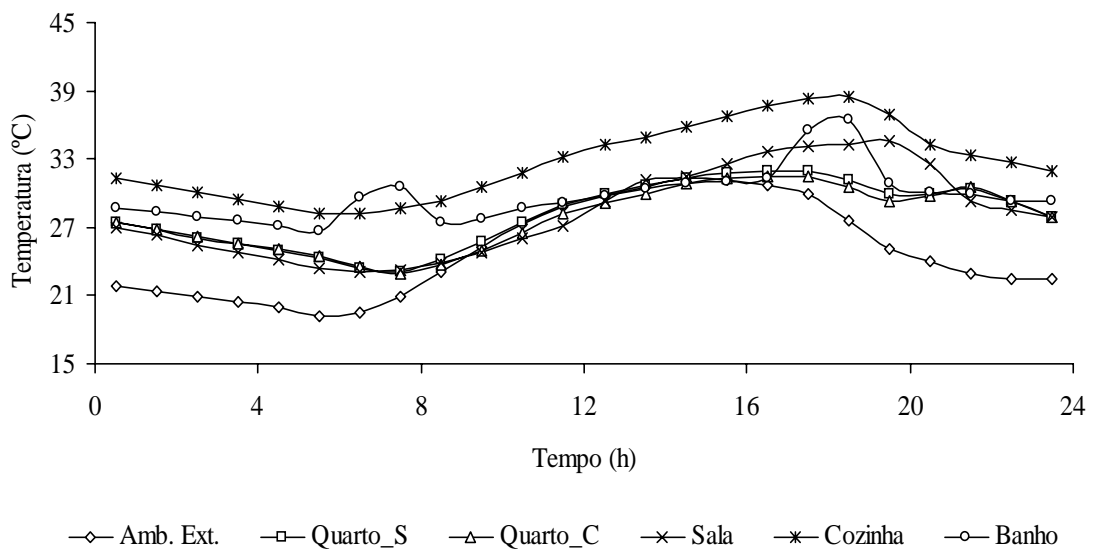


FIG. 5.93 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Alvenaria (SP)

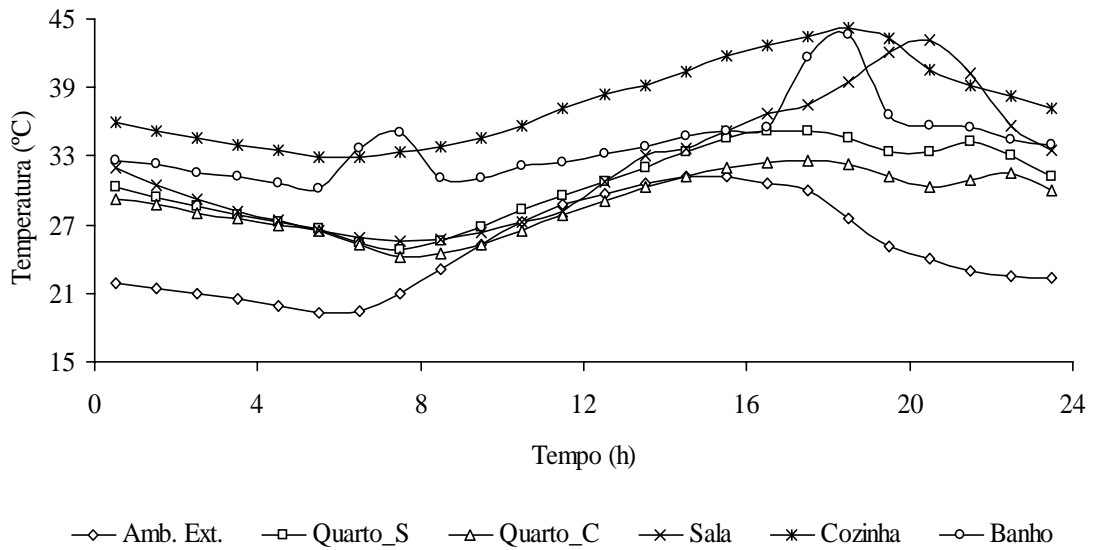


FIG. 5.94 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (SP)

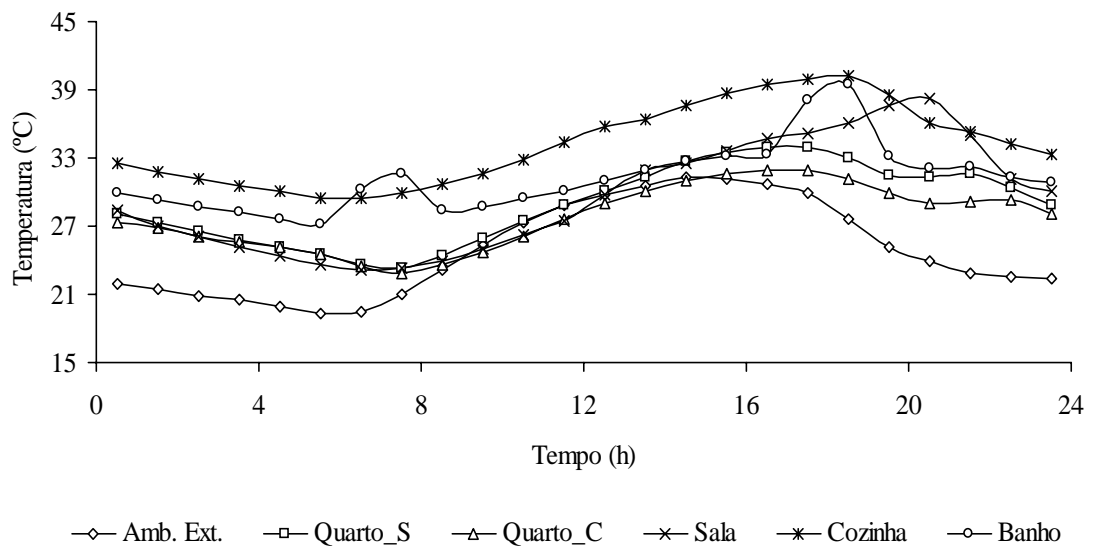


FIG. 5.95 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno em Placa Cimentícia e fechamento externo em Concreto Celular Autoclavado (SP)

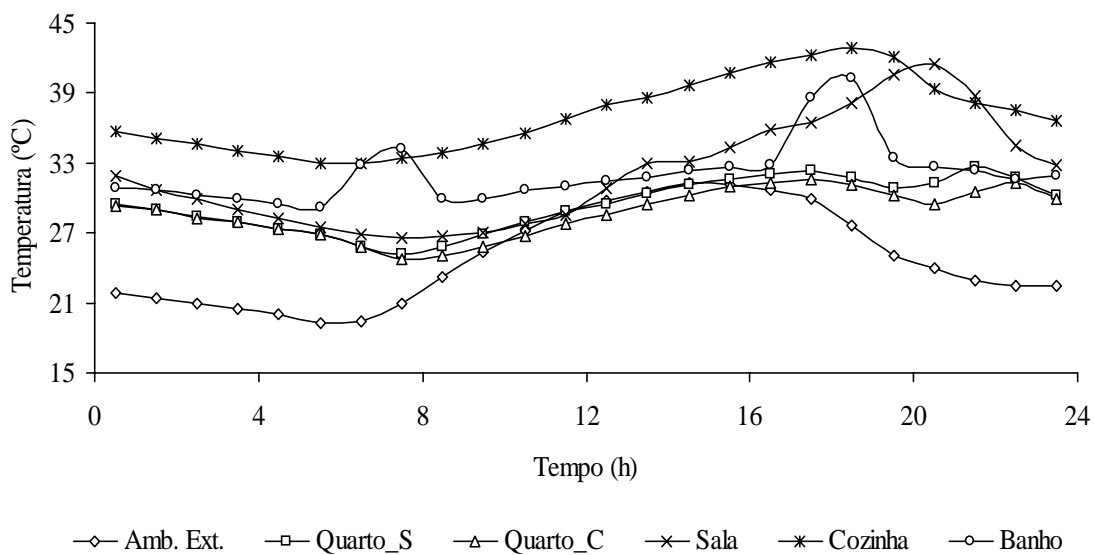


FIG. 5.96 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (SP)

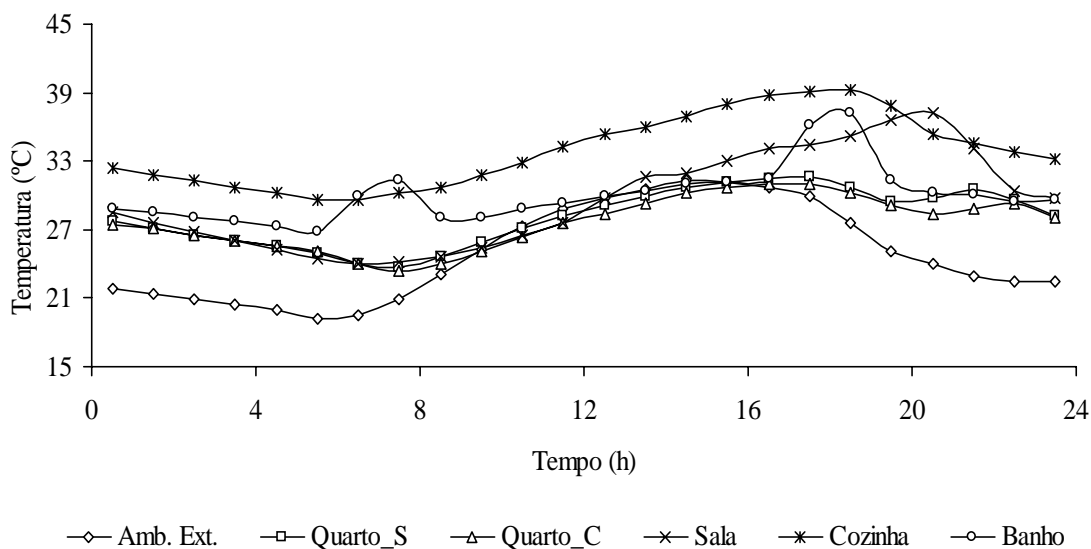


FIG. 5.97 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Concreto Celular Autoclavado (SP)



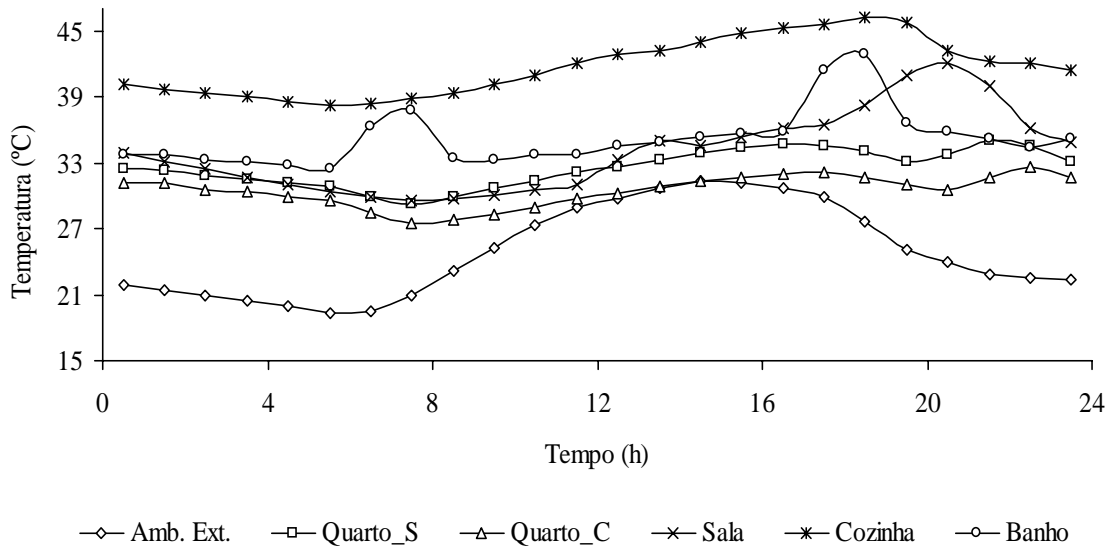


FIG. 5.98 - Temperatura interna para Infiltração de 1,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (SP)

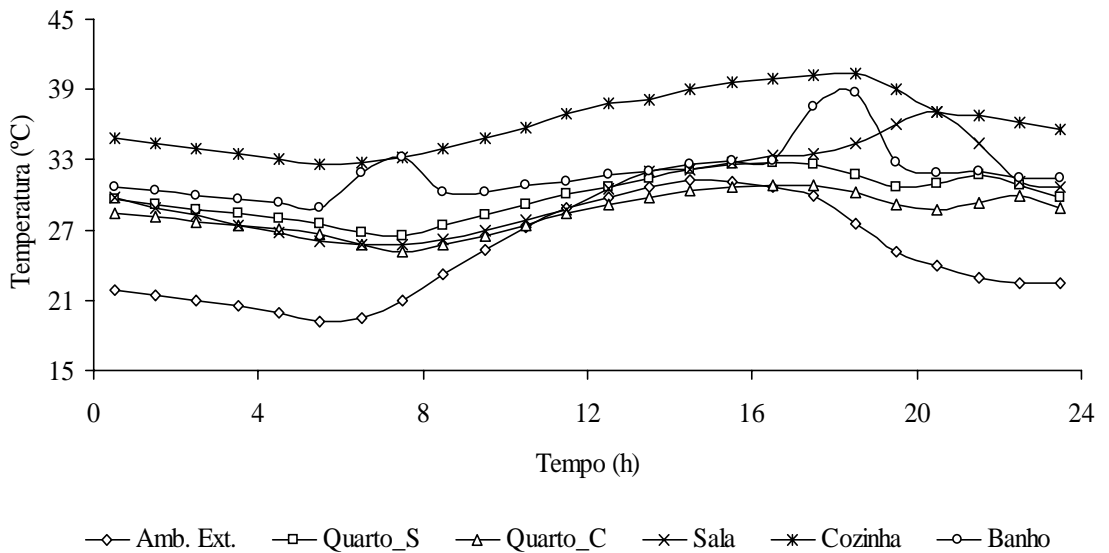


FIG. 5.99 - Temperatura interna para Infiltração de 3,0 ren/h, com fechamento interno e externo em Isolite (SP)

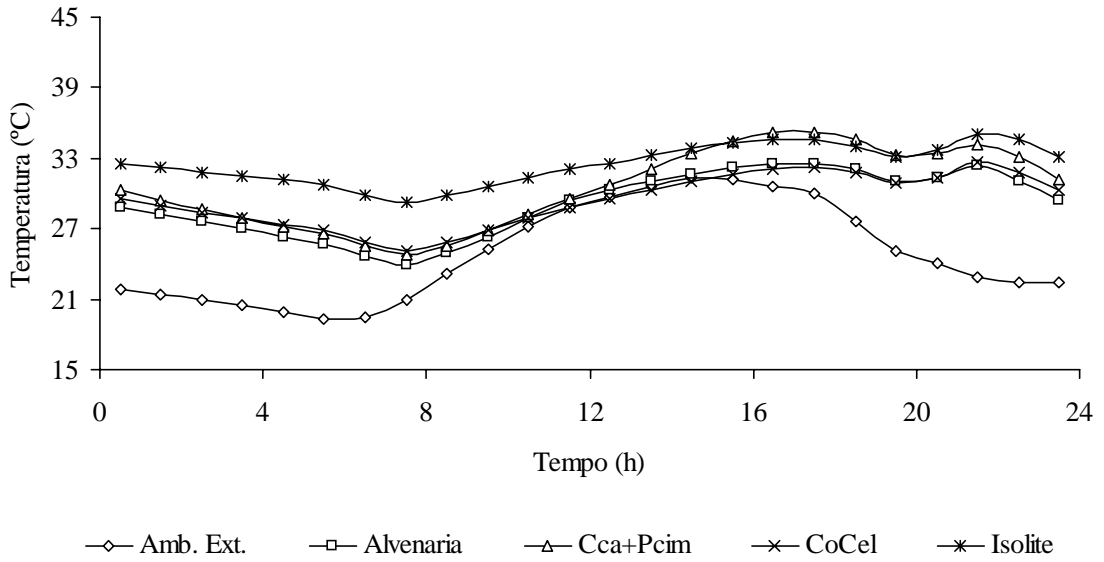


FIG. 5.100 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 1,0 ren/h (SP)

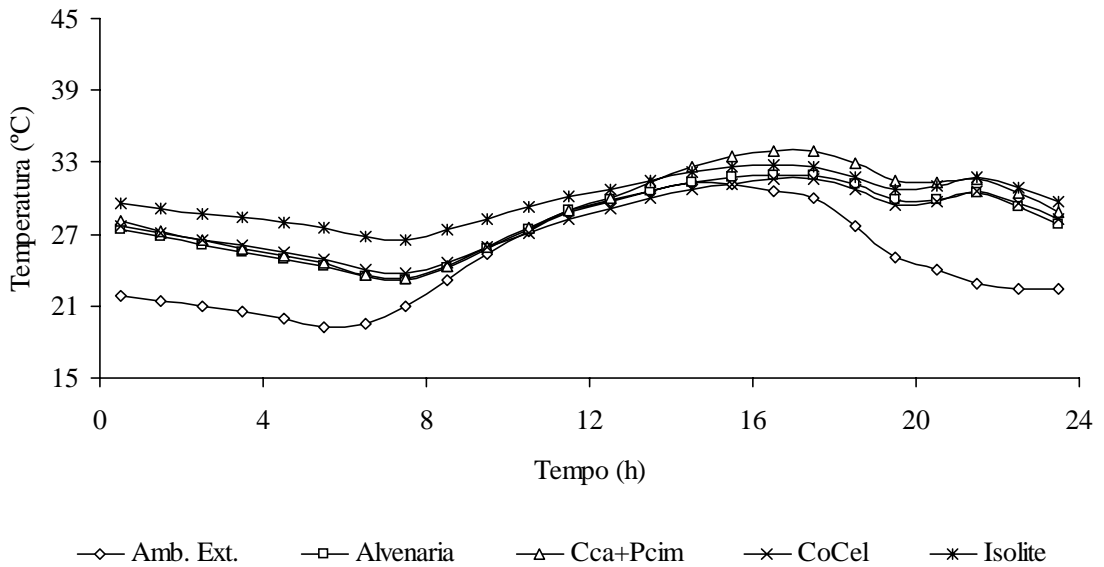


FIG. 5.101 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 3,0 ren/h (SP)

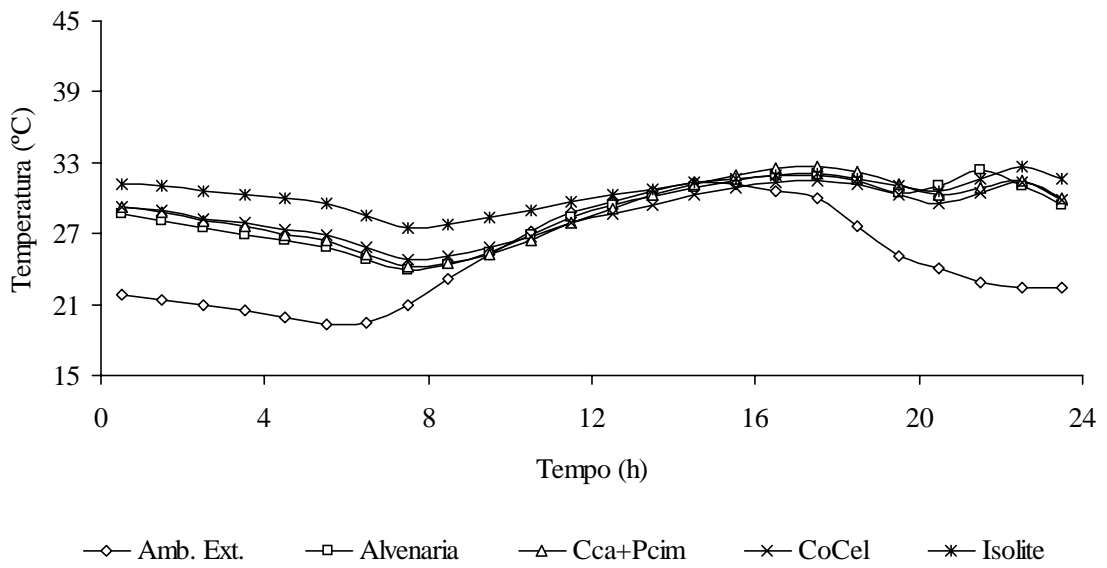


FIG. 5.102 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 1,0 ren/h (SP)

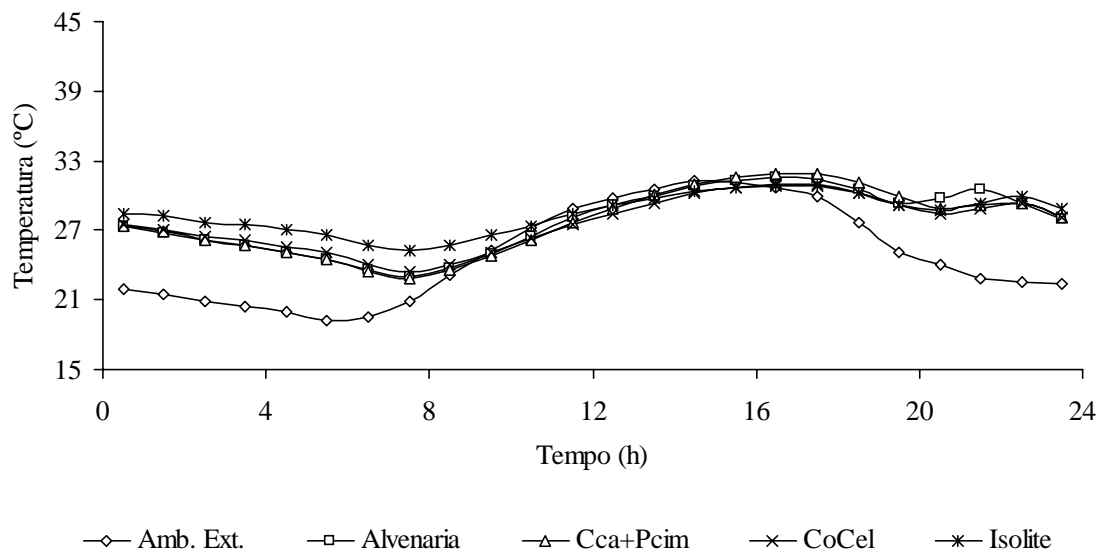


FIG. 5.103 - Temperatura interna no Quarto\_C para Infiltração de 3,0 ren/h (SP)

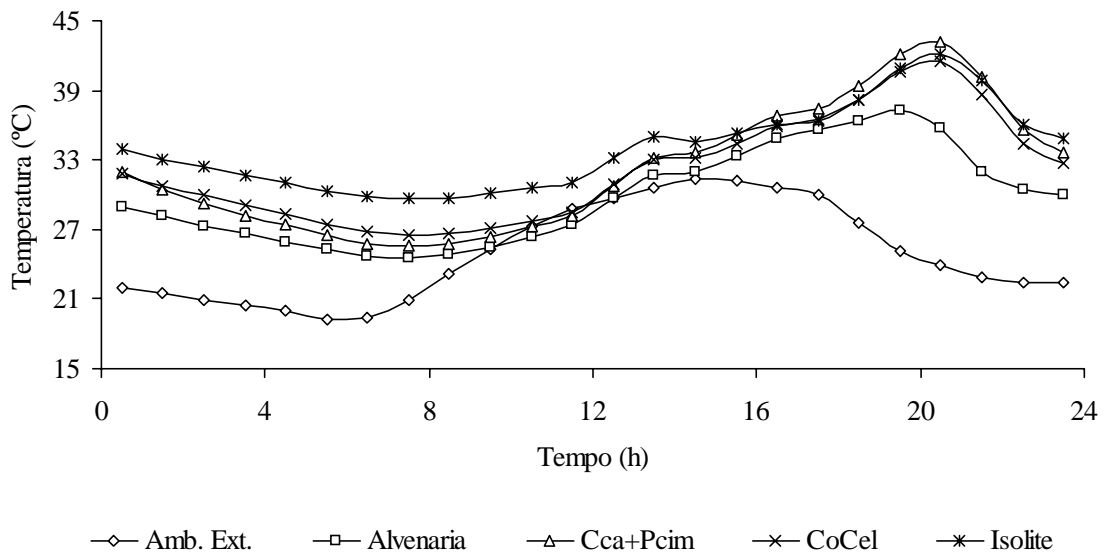


FIG. 5.104 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 1,0 ren/h (SP)

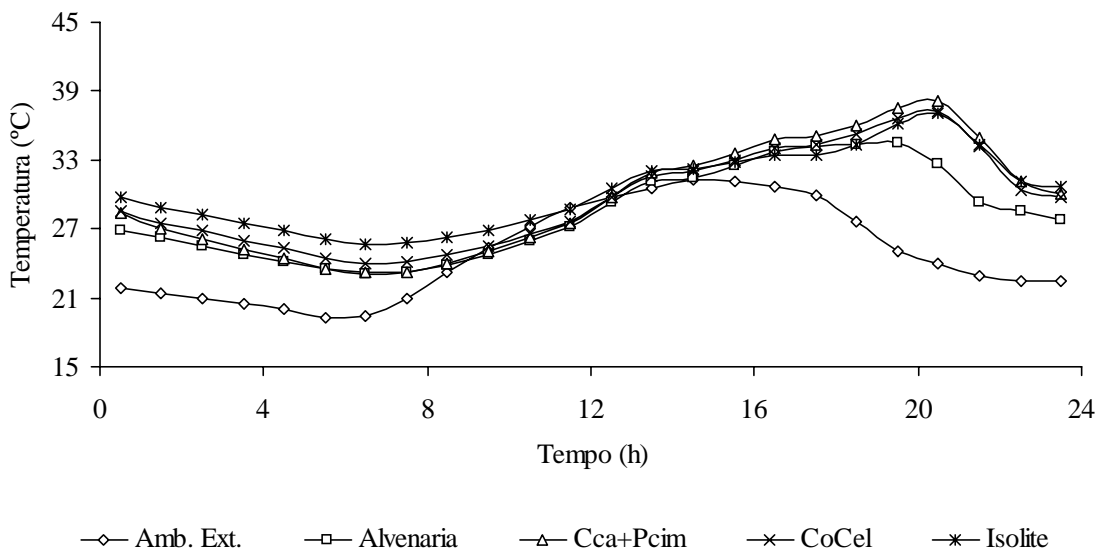


FIG. 5.105 - Temperatura interna na Sala para Infiltração de 3,0 ren/h (SP)

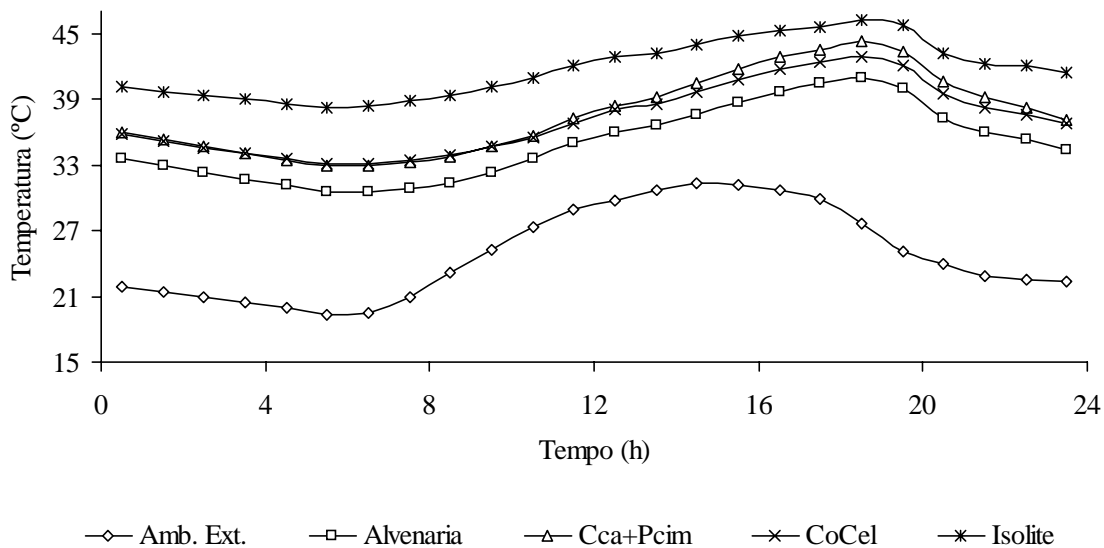


FIG. 5.106 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 1,0 ren/h (SP)

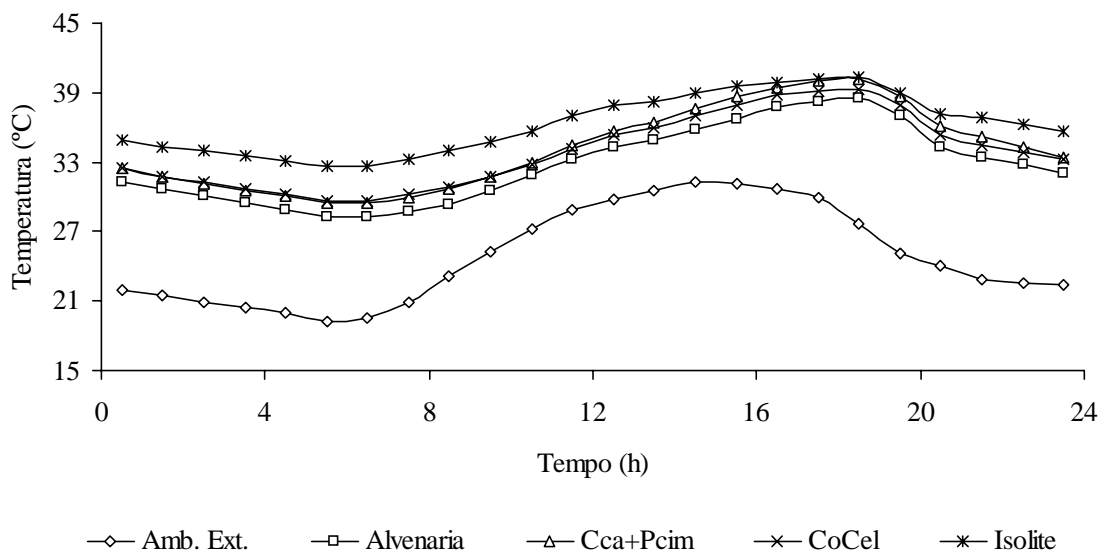


FIG. 5.107 - Temperatura interna na Cozinha para Infiltração de 3,0 ren/h (SP)

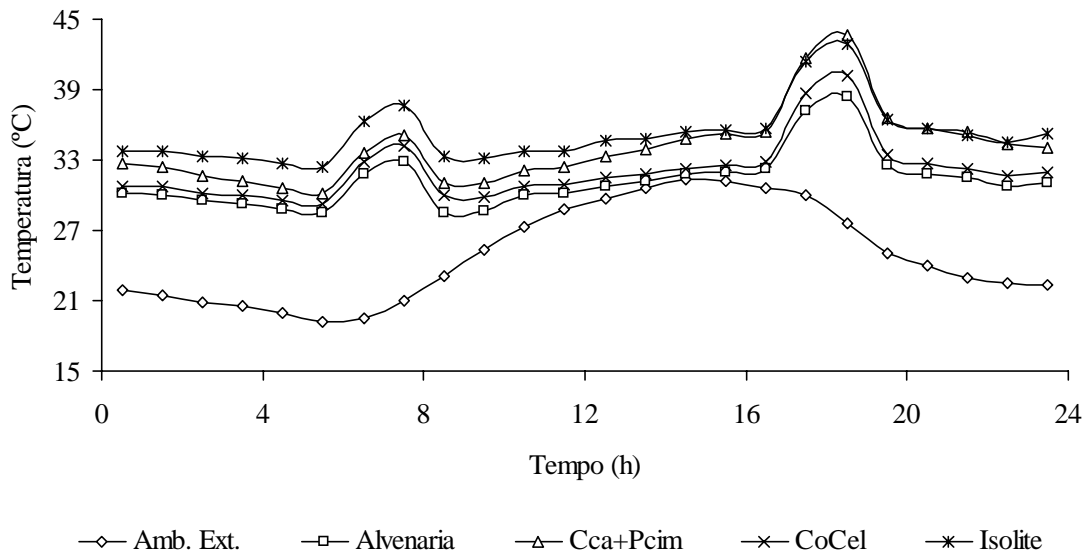


FIG. 5.108 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 1,0 ren/h (SP)

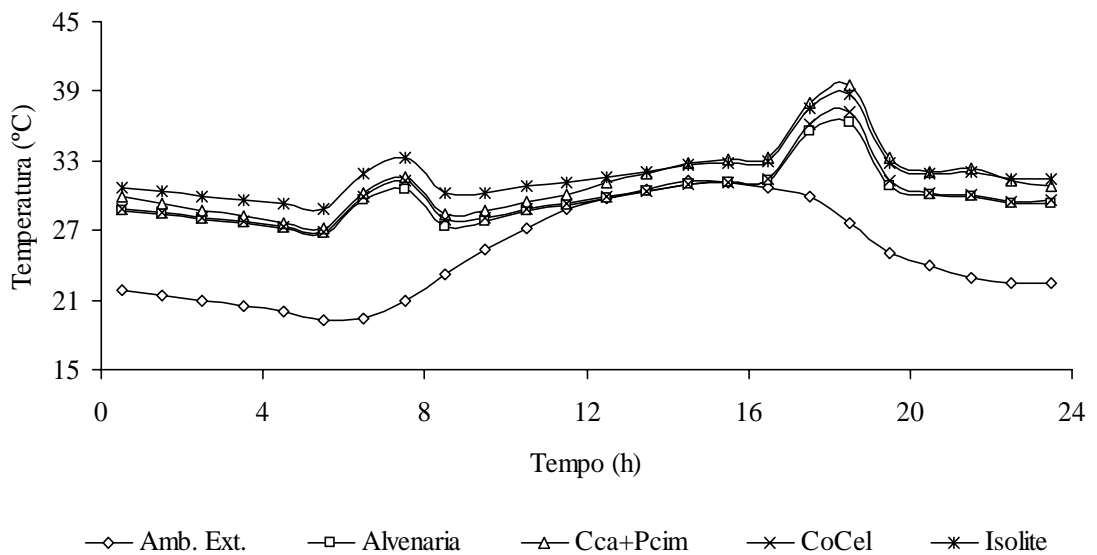


FIG. 5.109 - Temperatura interna no Banho para Infiltração de 3,0 ren/h (SP)

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 5.8, e nas Figuras 5.92 a 5.109, e considerando-se as características do perfil de ocupação adotado, Tabela 4.3, a cozinha é o ambiente que apresenta as maiores temperaturas de pico para qualquer dos tipos de sistema de fechamento que venha a ser adotado. Isto decorre da influência dos equipamentos (geladeira e fogão) considerados que promovem um aumento considerável no fluxo interno de calor para os demais cômodos da habitação. Quando adota-se o sistema Isolite como elemento de fechamento nota-se que na cozinha registra-se o maior valor de todas as temperaturas máximas resultantes. Nota-se que quando se faz a comparação das máximas temperaturas obtidas nos ambientes analisados da habitação, há uma concentração das maiores máximas de temperatura em todos os cômodos quando o sistema de fechamento é aquele composto de concreto celular autoclavado e placa cimentícia.

Observa-se pelos resultados apresentados que os perfis de temperatura dos cômodos com os sistemas de fechamento adotados para o dia típico de verão apresentam o mesmo comportamento, chegando até em certo período do dia a se superporem ao perfil de temperatura do ambiente externo. No entanto observa-se que o histórico de temperatura da cozinha nunca se iguala com do ambiente externo. Nota-se ainda que há uma diferença de temperatura em torno de 10 °C entre o valor médio de temperatura do ambiente externo e das médias do ambiente interno que apresenta as maiores temperaturas máximas. Isto ocorre em função da inércia térmica da edificação, associada ao processo de transferência de calor por condução nos elementos de fechamento externos da estrutura e também pelas características do perfil de ocupação adotado.

Em função do exposto anteriormente conclui-se que o pior desempenho térmico é da composição de fechamento em concreto celular associado com placas cimentícias e o cômodo que apresenta um grau de desconforto térmico maior aos usuários da habitação na cidade de São Paulo é a cozinha. O desempenho térmico apresentado pelos outros sistemas de fechamento deixa dúvidas em apontar qual é o melhor, os compostos de blocos e/ou painéis de concreto celular autoclavado, o sistema em alvenaria ou o sistema em Isolite, Tabela 5.8.

## 5.8. Considerações finais

A avaliação de desempenho térmico de uma edificação leva em conta todas as interações térmicas entre o ambiente externo e o ambiente construído. Nesta análise todos os ambientes internos da edificação estão acoplados em relação ao fluxo de calor entre o ambiente externo e o interno. Desse modo o telhado que recebe uma maior quantidade de radiação solar é um dos sistemas de fechamento complementares de grande importância na avaliação térmica de uma edificação. Neste trabalho considerou-se para a cobertura da habitação analisada um só tipo de telha cerâmica e considerou-se quatro configurações de fechamentos verticais externo e interno.

A análise térmica da casa Usiteto realizada neste trabalho mostrou que, independente da região climática, o sistema de fechamento externo e interno em alvenaria é o mais eficiente. Por outro lado, na maioria das regiões analisadas, os sistemas de fechamento que apresentaram o pior desempenho térmico são aqueles em concreto celular associado com placas cimentícias e em Isolite. Na Figura 5.110 apresenta-se uma comparação da temperatura interna para todas as regiões analisadas considerando-se o sistema de fechamento em alvenaria.

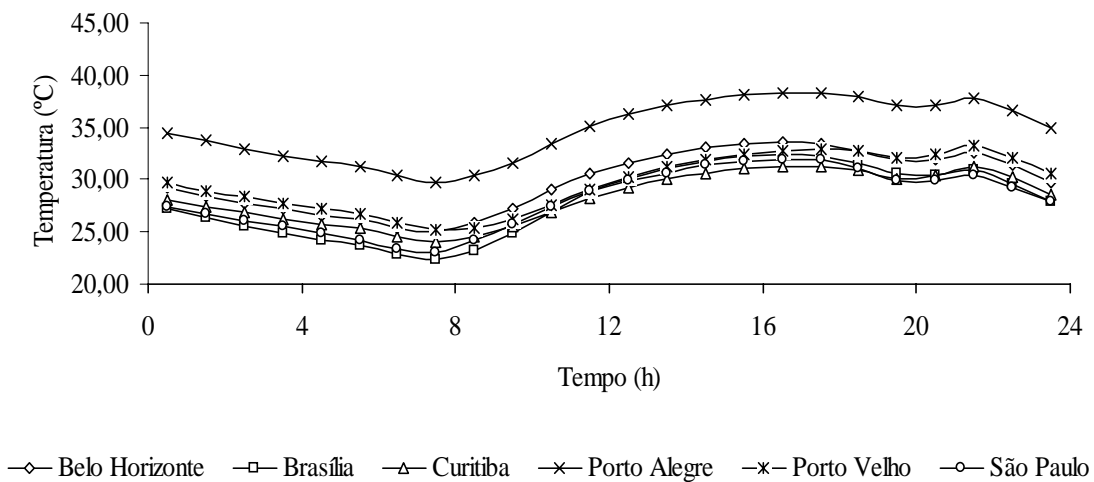


FIG. 5.110 - Temperatura interna no Quarto\_S para Infiltração de 3,0 ren/h e sistema de fechamento em alvenaria



Observou-se que as temperaturas internas obtidas para a edificação em todas as regiões climáticas resultaram elevadas. Deve-se salientar que estes resultados são fortemente influenciados pelo perfil de ocupação adotado e pela ventilação.

**1. INTRODUÇÃO**

**2. CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**

**3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO**

**4. METODOLOGIA**

**5. RESULTADOS**

**6. CONCLUSÕES FINAIS**

**6.1. – Estratégias Bioclimáticas**

**6.2. – Sugestões de trabalhos futuros**

**7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

## 6. CONCLUSÕES FINAIS

A preferência térmica em relação a um dado ambiente depende das condições físicas e psicológicas de cada usuário. Considerando-se que os ocupantes desta edificação estão em atividades moderadas (habitação unifamiliar) e em constante movimentação a faixa de temperatura de conforto pode ser mais ampla que aquela especificada pela Norma. De acordo com a Norma NBR 6401 (1978), o intervalo de conforto térmico considerado como recomendável para uma edificação residencial está na faixa de 28 °C a 30 °C aproximadamente. Pessoas que moram em habitações não condicionadas e ventiladas naturalmente aceitam melhor a grande variação das temperaturas e da velocidade do vento como uma situação normal, demonstrando sua aclimatação (LAMBERTS et. al., 1997).

Um dos fatores que pode influenciar na preferência térmica é o tempo de residência na região estudada. A influência da adaptação climática é um parâmetro relevante na obtenção dos votos de conforto térmico. Por exemplo, as pessoas que têm um tempo de residência inferior a um ano, podem influenciar na determinação dos limites de conforto para a população em estudo. Por isso, a faixa de temperaturas de conforto pode ser um pouco mais ampla.

A atividade desempenhada por uma pessoa também influencia na sua sensação de conforto térmico. Sabe-se que por meio das reações químicas do metabolismo alimentar, o corpo produz energia, que se transforma em trabalho externo e calor. Por exemplo, durante um exercício intenso, a taxa metabólica pode aumentar de 20 a 25 vezes acima do nível basal (o metabolismo basal corresponde a uma taxa em torno de 45 W/m<sup>2</sup> e representa a condição básica de sobrevivência, ou seja, respiração e circulação do sangue), desde que por pouco tempo. O aumento da taxa metabólica, devido à atividade física intensa e prolongada, teoricamente pode elevar a temperatura central em cerca de 1 °C a cada cinco minutos (McARDLE et al., 1985). Além destes fatores, o tipo da vestimenta, que pode promover um maior ou menor isolamento térmico, também interfere.

Na maioria dos casos analisados a temperatura do ar interior está sempre acima da temperatura do ar exterior. Observou-se que a ventilação do ambiente apresenta grandes efeitos na redução da temperatura do ar interior. Este efeito é mais significativo quando ocorrem altas taxas de renovação de ar que nem sempre são garantidas. Com os resultados obtidos pode-se afirmar que os detalhes de projeto, relativos ao controle de ventilação dos ambientes, conforme a necessidade do verão e do inverno são muito importantes, além da escolha de tipos de elementos de fechamento interno e externo.

### **6.1. Estratégias Bioclimáticas**

Com uma maior variação do fluxo de ar nos ambientes percebeu-se que houve uma melhoria significativa do conforto térmico. Nas condições de verão as temperaturas máximas, considerando-se o sistema de fechamento mais eficiente térmicamente, estão na faixa de 31 °C a 35°C, que é uma temperatura acima da faixa estabelecida para o conforto térmico dos ocupantes. Neste caso deve-se utilizar sistemas mecânicos de condicionamento naqueles horários em que a temperatura interna ultrapassa a temperatura de conforto ou aplicar algumas estratégias construtivas.

Através de estratégias construtivas para a adaptação da arquitetura ao clima (OLGYAY, 1968; GIVONI 1976, 1992) é possível obter-se uma edificação com condições mais favoráveis de conforto ao seu usuário. As estratégias bioclimáticas, como o nome indica, variam de clima para clima, no entanto existem orientações de caráter geral que podem ser aplicadas e implementadas na habitação para que esta tenha um bom desempenho em termos de adaptação ao clima. A partir de uma revisão bibliográfica abordando o tema Bioclimatologia (ANEXO II) aplicada ao projeto de edificações, foi selecionada a carta bioclimática proposta por GIVONI (1992), na qual os limites máximos de conforto foram expandidos, considerando a aclimação de pessoas que vivem em países de clima quente e em desenvolvimento. Na carta foi combinado o método de WATSON e LABS, (1983), que usa os dados climáticos das 8760 horas de um ano típico (*TRY – Test Reference Year*) (GOULART et al., 1998).

A carta bioclimática, Figura 6.1, é construída sobre a carta psicrométrica, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Plotando-se diretamente, sobre a carta, os dados de temperatura e umidade relativa do ar externo da região climática analisada, nove zonas (ANEXO II) de atuação são identificadas na carta, a saber: 1- zona de conforto, 2 – zona de ventilação, 3- zona de resfriamento evaporativo, 4 – zona de massa térmica para resfriamento, 5 – zona de ar-condicionado, 6 – zona de umidificação, 7 – zona de massa térmica para aquecimento, 8 – zona de aquecimento passivo, 9 – zona de aquecimento artificial (LAMBERTS et al., 1997).

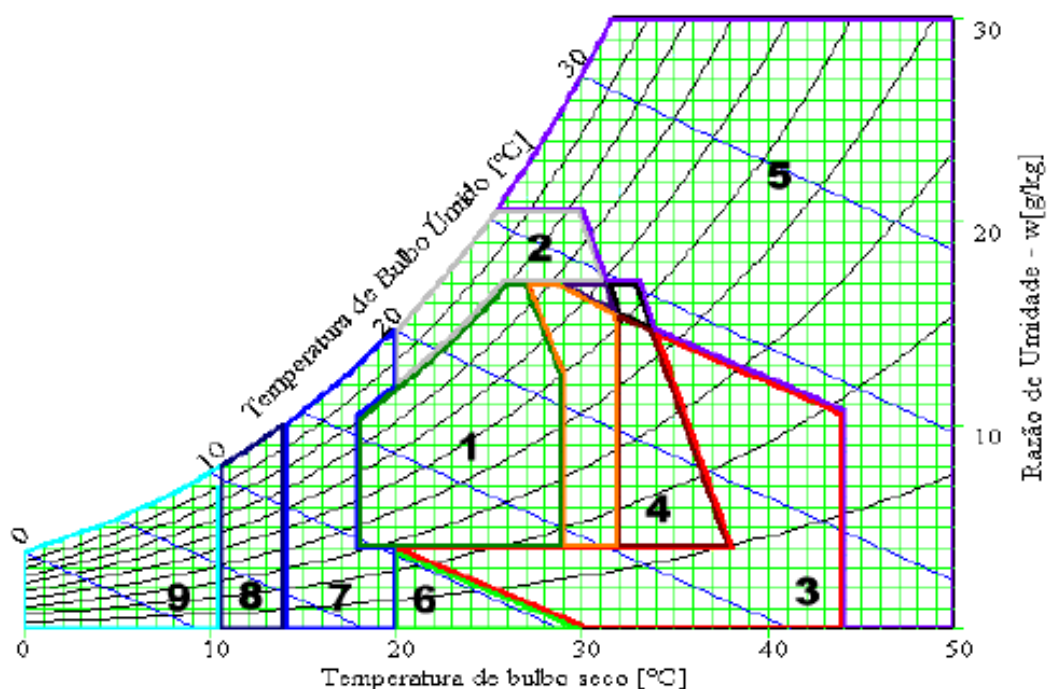


FIG. 6.1 – Carta Bioclimática adotada para o Brasil  
(Fonte: GOULART et al., 1998)

Nas cartas bioclimáticas são plotados os valores horários de temperatura e umidade relativa, sendo possível com isso obter-se quais as estratégias mais adequadas para cada período do ano, Figura 6.2. Este tipo de carta permite ao profissional (arquiteto e/ou projetista) ter indicações fundamentais sobre as estratégias bioclimáticas que podem ser adotadas na edificação, ainda na fase de anteprojeto e também fornecem uma indicação visual sobre o comportamento climático do local.

Das cidades analisadas, a cidade de Porto Alegre é a que apresenta a maior amplitude térmica anual do Brasil, com verões muito quentes, invernos muito frios e caracterizados por muita umidade no ar, que faz com que no verão a sensação térmica seja de mais calor e no inverno de mais frio. Tem-se uma temperatura média de 30,61°C (para o dia típico de verão), sendo a temperatura máxima de 35,75 °C e a temperatura mínima registrada de 26,55 °C. O valor médio da umidade relativa é de 52,9 %.

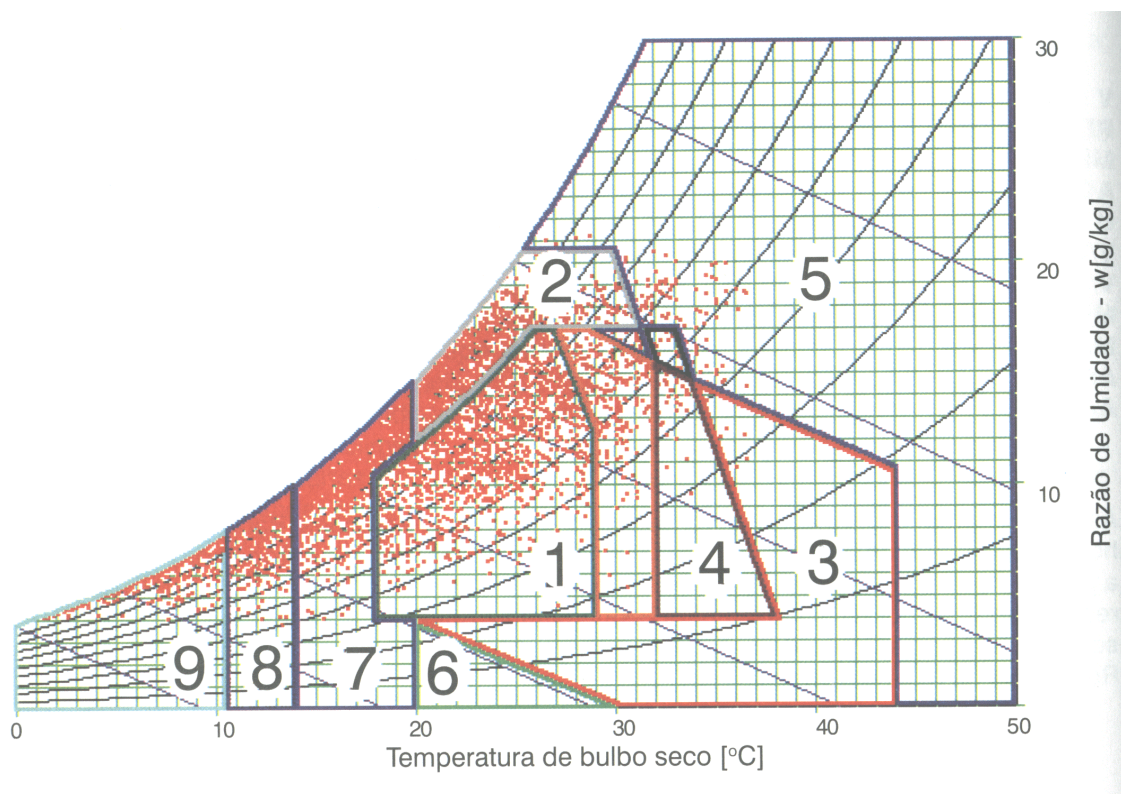


FIG. 6.2 – Carta Bioclimática de Porto Alegre  
(Fonte: LAMBERTS et al., 1997)

Na carta bioclimática de Porto Alegre, Figura 6.2, observa-se que a cidade está sob grande variação climática ao longo do ano onde os pontos representam cada hora do ano. Nota-se que há uma concentração maior de valores de temperaturas na parte superior da carta abrangendo uma região de umidade relativa elevada. Como os valores obtidos ficaram acima da região de conforto pode-se neste caso adotar as estratégias de massa térmica para resfriamento e ventilação (zonas 4 e 2). No entanto as soluções que

permitem o uso da ventilação no verão não podem prejudicar o armazenamento de calor por massa térmica no inverno, e vice-versa.

Para todas as regiões climáticas analisadas, a ventilação se mostra como uma estratégia eficiente, uma vez que para todas estas regiões obteve-se temperaturas mais elevadas do que as de conforto. Nas regiões mais secas a ventilação diurna deve ser acoplada com outras estratégias de resfriamento, como por exemplo o ar condicionado, o resfriamento evaporativo ou a massa térmica para resfriamento. O uso da inércia térmica (massa térmica) da edificação pode diminuir a amplitude da temperatura interior em relação a temperatura exterior. O ar condicionado neste caso deve ser colocado como a última opção para obtenção das condições de conforto, já que este trabalho visa um tipo de edificação voltado para a população de baixa renda.

O que se pode constatar, hoje em dia, no campo do projeto de edifícios, é que já existem conhecimentos de conforto que podem ser utilizados imediatamente e seu uso pelos projetistas pode melhorar consideravelmente as condições de habitabilidade nas edificações projetadas.

Nesta fase de renovação da arquitetura, que ocorre na era da ciência e tecnologia, cabe ao Arquiteto a responsabilidade de procurar usar com maior eficiência os novos conhecimentos existentes no campo do Conforto Térmico das habitações, obtendo assim soluções que possam melhorar ou se igualar as condições de conforto das edificações construídas pela arquitetura tradicional.

Deve-se salientar ainda que os resultados obtidos estão diretamente associados ao perfil de ocupação/equipamentos adotado. Desse modo as temperaturas internas podem sofrer alterações em função do perfil de ocupação/equipamentos a ser analisado. No entanto este parâmetro não altera a avaliação comparativa de desempenho térmico dos sistemas de fechamento utilizados.

## **6.2. Sugestões de trabalhos futuros**

- Análise simultânea da iluminação e acústica, uma vez que a condição de um ambiente ser confortável ou não depende do somatório das condições térmicas, lumínicas e de ruído.
- Análise da influência da ampliação da casa do projeto Usiteto e também do pé direito da mesma nas suas condições internas de conforto.
- Análise da influência das seguintes estratégias construtivas: massa térmica (espessura e tipos de sistemas de fechamento), ventilação (dimensão e número de aberturas).
- Análise térmica desta edificação para o período de inverno.
- Análise experimental em uma edificação deste projeto.



- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**
- 3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO**
- 4. METODOLOGIA**
- 5. RESULTADOS**
- 6. CONCLUSÕES FINAIS**
- 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**ANEXOS**

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AÇOMINAS. **Manual de edifícios de andares múltiplos**. Série Coletânea Técnica do Uso do Aço. Belo Horizonte : Açominas, 1. ed. (2ª impressão). 1979. v.1. 103p.

AKUTSU, M.. **Método para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil**. 1998. 156f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.

AKUTSU, M.; SATO, N. M. N.; PEDROSO, N. G.. **Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares**: manual de procedimentos para avaliação n. 1732 .São Paulo, 1987. 87p.

AKUTSU, M.; VITTORINO, F.. **A tendência atual dos métodos de avaliação do desempenho térmico e energético de edificações**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4.,1997, Salvador. Anais... Salvador: ANTAC, 1997. p.147-151.

ANSI - American National Standards Institute e ASHRAE - American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. *ANSI/ASHRAE 55/92. Thermal environmental conditions for human occupancy*. New York: ANSI/ASHRAE, 1992.

ARTICLE HOUSE. 2002. Disponível em: <[www.articlehouse.com.br/placascimenticias/main.htm](http://www.articlehouse.com.br/placascimenticias/main.htm)>. Acesso em: 27 set. 2002 .

ASHRAE. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. *Fundamentals Handbook. Thermal confort*. New York, USA: ASHRAE, 1997. chapter 8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. **Manual de projetos e construção**. São Paulo: ABCEM, 2002. 14p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13438/95**: Blocos de concreto celular autoclavado - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6401/80**: Instalações centrais de ar condicionado para conforto: Parâmetros básicos de projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7170/83**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7171/92**: Bloco cerâmico para alvenaria - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8041/83**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Forma e dimensões. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8042/92**: Bloco cerâmico para alvenaria – Forma e dimensões. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:135.07–003**. Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:135.07–003**. Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:135.07-003:** Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:136.01.001.** Desempenho de Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais. Desempenho de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASTRO DIENST. 2002. Disponível em:<<http://www.astro.com/cgi/ade.cgi>>. Acesso em: 09 set. 2002.

BALARAS, C. A.. *The role of thermal mass on the cooling load of buildings. An overview of computational methods*, Energy and Buildings, 1996. v. 24-1, p.1-10.

BARROS, M. M. S. B. **Inovação Tecnológica**. 1999. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/Pós/gepes/TGP/InovaçãoTecnológica-v12.htm> >. Acesso em: dez. 1999.

BIRDSALL, B. E. et al. *DOE-2 basics*. Califórnia, EUA : Lawrence Berkeley Laboratory, 1994.

BOTELHO, M. H. C; RENZETTI JÚNIOR, L. C.. **Manual de primeiros socorros do engenheiro e do arquiteto**. São Paulo : Edgar Blücher Ltd, 1984. p. B-17-1 – B-17-9.

BRACONTERM. 2002. Disponível em: < <http://www.braconterm.com.br> >. Acesso em: 15 mai. 2002.

BRAGA, T. M. G. **Cronologia do uso dos metais**. In: Usimetal. 1 .Belo Horizonte: USIMINAS. CD-ROM.

BRASILVIAGEM. 2003. Disponível em: <<http://www.brasilviagem.com/infogerais/?Secao=2> >. Acesso em: 28 jul. 2003

BRAÚNAS, Cerâmicas. 2002. Disponível em: <<http://www.braunas.com.br/historia.htm>>. Acesso em: out. 2002.

CARDÃO, C. **Técnica da construção**. 4. ed. Belo Horizonte: Ed. Engenharia e Arquitetura, 1979. v.2.

CASTRO, E. M. C. de **Patologia dos Edifícios em Estruturas Metálicas**. 1999, 190 f Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

CLARKE, J. A. et al. *ESP-r a program for building energy simulation. version 9 Series*. Glasgow. Scotland : ESRU Manual U93/1, 1993.

CLARKE, J. A.. *Energy Simulation in building design*. Bristol, Scotland: Published by Adam Hilger Ltd., 1985. 387p.

CLIMABRASILEIRO. 2002. Disponível em: < [www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br](http://www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br) >. Acesso em: fev. 2002.

COELHO, M. A.. **Geografia do Brasil**. 4.ed. São Paulo : Moderna, 1996. 400p.

CONSTRUÇÃO METÁLICA, Revista. São Paulo: ABCEM, v.11 n. 51, nov./dez, 2001. 54p..

COUTINHO, A. S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. João Pessoa: UFPB / PPGE, 1998.

CSN. Companhia Siderúrgica Nacional. 2003. Disponível em: < [www.csn.com.br](http://www.csn.com.br) >. Acesso em: 27 maio 2003.

DEPECKER, P; et al. Design of buildings shape energetic consumption. *Building and Environment*. n. 36, p. 627-635, 2001.

DIRIGENTE CONSTRUTOR, Revista. São Paulo: Visão Ltda.. v. 28.n.,1/2 jan./fev. 1992. p19.

EL PODER DE LA PALABRA(EPDLP). 2003. Disponível em: <<http://www.epdlp.com/paxton.html>>. Acesso em: 04 jun. 2003.

ESCOLHER E CONSTRUIR, Revista on-line. 2002. Disponível em : <[www.escolher-e-construir.eng.br](http://www.escolher-e-construir.eng.br)>. Acesso em: 27 set. 2002 .

ESRU. Energy Systems Research Unit. *The ESP-r System for Building Energy Simulation*. Glasgow, Scotland: University of Strathclyde. *ESRU Manual U97/1*. User Guide Version 9 Series. October, 1997 (printed June, 1998).

ESRU. Energy Systems Research Unit. *The ESP-r System for Building Energy Simulation*. Glasgow, Scotland: University of Strathclyde. *ESRU Manual U00/1*. User Guide Version 9 Series. October, 2000.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 1988. 228p.

GIVONI, B. *Climate and architecture*. London: Applied Science Pub. Ltda.. 1976.

GIVONI, B. *Comfort, climate analysis and building design guidelines*. Energy and Building, v.18, p.11- 23. 1992.

GOULART, V. G. S.; LAMBERTS R.; FIRMINO S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC. 1998. 345p.

HABITAR. Sistemas Construtivos. 2002. Disponível em: <<http://www.arq.ufmg.br/habitar/sis11.html#blocos>>. Acesso em: 05 jun. 2002.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: fev. 2002.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2002. Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em: fev. 2002.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério da Ciência e Tecnologia. 2002. Disponível em: <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: fev. 2002.

ISO - International Standards Organization. *ISO 7726*. Thermal environments – Instruments and methods for measuring physical quantities. Genebre: International Organization for Standardization. 1985.

ISO - International Standards Organization. *ISO 7730*. Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genebre: International Organization for Standardization. 1984.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Ministério do Planejamento e Orçamento. **O problema habitacional no Brasil** : déficit, financiamento e perspectivas. Texto elaborado por: José Romeu de Vasconcelos e José Oswaldo Cândido Júnior. Brasília,1996. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/pub/td/td\\_410.pdf](http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_410.pdf)>. Acesso em: mar. 2002.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social**. São Paulo: IPT, 1997.

ISOCEL. 2002. Disponível em: <<http://www.isocel.net/isopor.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2002.

ISOLITE. 2002. Disponível em: < [www.isolite.com.br](http://www.isolite.com.br) >. Acesso em: 03 ago. 2002.

JOAIA, Olaria. 2001. Disponível em: < [www.olariajoaia.com.br](http://www.olariajoaia.com.br) >. Acesso em: 2001.

KANG, Z. J.; XUE, H.; BONG, T. Y.. *Modeling of thermal environment and human response in a crowded space for tropical climate*. Building and Environment. v.36, p.511-525, 2001.

KARYONO, T. H.. *Report on thermal comfort and building energy studies in Jakarta-Indonesia*. Building and Environment. v.35, p.77-90, 2000.

KNAUF-ISOPOR. Knauf-Isopor Ltda. 2002. Disponível em: <[www.knaufisopor.com.br](http://www.knaufisopor.com.br)>. Acesso em: 01 out. 2002.

KUSUDA, T. *NBSLD, The computer program for heating and cooling loads in buildings*. Washington, DC: National Bureau of Standards. Building Science. 1976. Series 69.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192p.

LEPRI, Cerâmicas. 2002. Disponível em: <<http://www.ceramiclepri.com.br/nossosprodutos.htm>>. Acesso em: ago. 2002.

McARDLE, W. D. et al.. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan. 1985.

MICHALKA JÚNIOR, C. **Ambiente construído a busca pela integração total**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., Salvador. 2000. *Anais...* Salvador: ANTAC, 2000. CD-ROM.



OLGYAY, V. *Clima y arquitectura en Colombia*. Colombia: Universidad del Valle. Facultad de Arquitectura. Cali, 1968.

PEDERSEN, C. O. et al.. *BLAST 1.0, Building load analysis and system thermodynamics*. Champaign. Urbana, EUA: University of Illinois, 1993.

PETRUCCI, E.G. R. **Materiais de construção**. 4. ed. Porto Alegre: Globo, 1979. 435p.

PINTO, M. A. V.. **Avaliação térmica de edifícios em estrutura metálica**. 2000. 92 f  
Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2000.

PINTO, M. A. V.; SOUZA, H. A., FREITAS, M. S. R **Avaliação do desempenho térmico do entorno de um edifício comercial em estrutura metálica**. In: SEMINARIO INTERNACIONAL - O USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SME/AMICEM, 2000. CD-ROM.

PINTO, M. A. V.; SOUZA, H. A., FREITAS, M. S. R. **Desempenho térmico dos painéis de vedação versus conforto térmico**. Revista Construção Metálica, São Paulo, v. 11 n. 50, p.34-38, set./out. 2001.

POLIPAC. Disponível em: < [www.polipac.com.br](http://www.polipac.com.br) >. Acesso em: 27 set. 2002.

RIPPER, E.. **Como evitar erros na construção**. 2. ed.. São Paulo: Pini, 1986. 122p.

RORIZ, M.; BASSO, A.. **ARQUITROP 3.0, Conforto térmico e economia de energia nas edificações. Sistema integrado de rotinas e banco de dados para apoio às atividades de projeto em arquitetura e engenharia visando conforto térmico e economia de energia**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP. 1991.

SALES, U. C. **Mapeamento dos problemas gerados na associação entre sistemas de vedação e estrutura metálica e caracterização acústica e vibratória de painéis de vedação.** 2001. 249 f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2001.

SAMPACENTRO. 2003. Disponível em: <  
<http://www.sampacentro.com.br/estacaodaluz/#> > e <  
<http://www.sampacentro.com.br/viadutostaifigenia/#> >. Acesso em: 25 jun. 2003.

SANTOS, C. P.. **A maturidade da construção metálica no Brasil.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL - O USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4., CONGRESSO INTERNACIONAL DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 1., 2001. nov./2001, São Paulo. Anais... Belo Horizonte: SME, 2001. CD-ROM.

SENE, E. ; MOREIRA, J. C. **Geografia geral e do Brasil: espaço geográfico e globalização.** 1.ed. São Paulo: Scipione, 1999. 503p.

SICAL Industrial Ltda. Disponível em: < <http://www.sical.ind.br/produtos.html> >  
Acesso em: 01 set. 2002.

SIQUEIRA, T. C. P. A. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações.** In RELATÓRIO DO PROGRAMA DE INICIAÇÃO À PESQUISA., 2003. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2003.

SOUZA, H. A.; PINTO, M. A. V.; FREITAS, M. S. R. **Simulação do comportamento térmico de painéis de vedação em edificações em estrutura metálica.** *Revista da Escola de Minas de Ouro Preto*, Ouro Preto: REM, 2000. v. 53, n. 3, p. 169-173.

TERMOTÉCNICA. Disponível em:  
<<http://www.termotecnica.ind.br/portugues/blocos.html> >. Acesso em: 26 jun. 2002.

TOLEDO, E. **Ventilação natural das habitações**. Coordenação da publicação brasileira de Alexandre Toledo. Maceió: EDUFAL, 1999. 171 p.

TRIBESS, A.; HERNANDEZ NETO, A., VITTORINO, F., PEÇANHA, M.. **Aspectos de conservação de energia em ambientes condicionados**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador. Anais... Salvador: ANTAC, 1997. p. 413-417.

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/tempo/tempo.htm>>. Acesso em: 06 jun. 2002.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. 2002. Escola de Arquitetura. Disponível em: < <http://www.arq.ufsc.br/~labcon/arq5661/Ceramicos/ladrilho.html> >. Acesso em: 17 jun. 2002.

USEPLAC. 2002. **Boletim técnico Useplac sobre Placas Cimentícias**. 18p. Disponível em: < [www.useplac.com.br](http://www.useplac.com.br) >. Acesso em 27 set. 2002.

USIMINAS. 2002. Disponível em: < [www.usiminas.com.br](http://www.usiminas.com.br) >. Acesso em fev. 2002.

USIMINAS. **Usiteto - Solução Usiminas para habitação popular: detalhamento técnico**. Belo Horizonte: USIMINAS. Gerência de Desenvolvimento da Aplicação do Aço – DGA. 2001.

UTL - Universidade Técnica de Lisboa. 2002. Faculdade de Arquitectura. Disponível em: < [www.fa.utl.pt/materiais/ceramicos/2/index.htm](http://www.fa.utl.pt/materiais/ceramicos/2/index.htm) >. Acesso em: 17 jun. 2002.

VITTORINO, F.; AKUTSU, M.. **Avaliação do conforto térmico e lumínico em conjuntos habitacionais**. Revista Técnica, São Paulo: Pini, 2000. n.46, mai/jun. p.61-64.

von KRÜGER, P. G.. **Análise de Painéis de Vedação nas Edificações em Estrutura Metálica**. 167 f.: il. Dissertação/Tese (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2000.

WATSON, D.; LABS, K. *Climatic Design: Energy-efficient building Principles and Practices*. McGraw-Hill, New York, 280 p. 1983.

ZANETTINI, S.. **Arquitetura Contemporânea com Utilização de Estrutura Metálica, Uma Experiência de Três Décadas**. In SEMINÁRIO INTERNACIONAL O USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL 4., CONGRESSO INTERNACIONAL DA CONSTRUÇÃO METÁLICA. 1., 2001, São Paulo. Anais... Belo Horizonte: SME, 2001. CD-ROM.

- 1. INTRODUÇÃO**
- 2. CONSTRUÇÕES ESTRUTURADAS EM AÇO**
- 3. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO**
- 4. METODOLOGIA**
- 5. RESULTADOS**
- 6. CONCLUSÕES FINAIS**
- 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **ANEXOS**

- I. – Tabelas das temperaturas internas**
- II. – Glossário de termos técnicos**

## I. TABELAS DE TEMPERATURAS INTERNAS

### I.1. Temperaturas internas da habitação em Belo Horizonte/MG

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h – 500w							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B	0,50	23,00	30,78	31,41	31,30	34,84	30,71
	1,50	22,75	30,05	30,67	30,50	34,12	30,62
E	2,50	22,30	29,33	30,01	29,62	33,47	30,11
	3,50	21,95	28,67	29,36	28,83	32,87	29,80
L	4,50	21,75	28,07	28,78	28,13	32,31	29,42
	5,50	21,80	27,55	28,26	27,49	31,83	29,11
O	6,50	22,15	26,56	27,19	27,01	31,82	32,55
	7,50	22,90	25,91	26,30	26,80	32,19	33,58
H	8,50	24,05	26,78	26,80	26,98	32,64	29,30
	9,50	25,45	28,19	27,85	27,52	33,59	29,38
O	10,50	27,10	29,86	29,38	28,36	34,71	30,53
	11,50	28,80	31,42	31,09	29,39	36,11	30,70
R	12,50	30,25	32,36	32,23	31,89	37,23	31,33
	13,50	31,30	33,11	33,12	34,11	37,80	31,85
I	14,50	31,85	33,72	33,92	34,38	38,77	32,37
	15,50	31,85	34,14	34,60	35,68	39,81	32,42
Z	16,50	31,35	34,38	34,99	37,14	40,77	32,69
	17,50	30,40	34,37	34,92	37,71	41,31	37,71
O	18,50	29,15	33,90	34,36	38,62	41,91	38,90
	19,50	27,85	33,04	33,46	39,81	41,08	33,05
N	20,50	26,60	33,48	34,21	38,32	38,39	32,49
	21,50	25,50	34,49	35,50	34,58	37,29	32,19
E	22,50	24,60	33,22	34,12	33,06	36,70	31,54
	23,50	23,60	31,42	32,32	32,43	35,61	31,53
	Media	26,18	31,03	31,45	32,07	36,13	31,83

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren/h – VENTILAÇÃO 0,0 ren/h - 500w							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B	0,50	23,00	29,15	29,68	28,84	32,58	29,43
	1,50	22,75	28,47	29,02	28,23	31,90	29,20
	2,50	22,30	27,76	28,34	27,39	31,28	28,69
E	3,50	21,95	27,15	27,75	26,73	30,69	28,37
	4,50	21,75	26,58	27,20	26,08	30,18	27,97
L	5,50	21,80	26,15	26,77	25,59	29,74	27,69
	6,50	22,15	25,37	25,87	25,26	29,78	30,69
O	7,50	22,90	24,97	25,20	25,24	30,16	31,63
	8,50	24,05	25,83	25,80	25,61	30,66	28,23
H	9,50	25,45	27,26	26,92	26,34	31,66	28,46
	10,50	27,10	29,00	28,55	27,42	32,85	29,20
O	11,50	28,80	30,59	30,26	28,65	34,31	29,54
	12,50	30,25	31,65	31,47	30,93	35,50	30,46
R	13,50	31,30	32,48	32,44	32,88	36,07	31,02
	14,50	31,85	33,08	33,21	33,33	37,02	31,54
I	15,50	31,85	33,47	33,79	34,46	38,03	31,70
	16,50	31,35	33,61	34,04	35,50	38,82	31,90
Z	17,50	30,40	33,45	33,81	35,78	39,16	36,20
	18,50	29,15	32,82	33,11	36,15	39,51	37,14
O	19,50	27,85	31,88	32,19	36,83	38,45	31,79
	20,50	26,60	31,96	32,53	34,95	35,87	31,07
N	21,50	25,50	32,59	33,40	31,73	34,81	30,78
	22,50	24,60	31,39	32,02	30,90	34,21	30,13
T	23,50	23,60	29,69	30,30	29,90	33,31	30,08
	Média	26,18	29,85	30,15	30,20	34,02	30,54

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
I.1.1.1.1.1.1 INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h – 500w							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B	0,5	23,00	32,43	31,94	34,69	37,27	33,26
	1,5	22,75	31,60	31,36	33,00	36,51	32,98
E	2,5	22,30	30,71	30,46	31,84	35,87	32,24
	3,5	21,95	29,94	29,89	30,69	35,26	31,84
L	4,5	21,75	29,27	29,24	29,78	34,74	31,31
	5,5	21,80	28,71	28,77	28,98	34,29	30,91
O	6,5	22,15	27,69	27,63	28,37	34,34	34,60
	7,5	22,90	26,93	26,52	28,05	34,76	36,07
H	8,5	24,05	27,62	26,75	28,14	35,15	31,97
	9,5	25,45	28,78	27,58	28,60	35,89	31,94
O	10,5	27,10	30,15	28,86	29,41	36,89	32,78
	11,5	28,80	31,64	30,50	30,47	38,38	33,00
R	12,5	30,25	32,86	31,95	33,15	39,68	33,80
	13,5	31,30	34,19	33,22	35,71	40,38	34,29
I	14,5	31,85	35,54	34,22	36,28	41,59	35,06
	15,5	31,85	36,59	34,97	37,76	42,75	35,45
Z	16,5	31,35	37,18	35,46	39,37	43,65	35,62
	17,5	30,40	37,14	35,55	40,03	44,22	41,32
O	18,5	29,15	36,49	35,16	42,09	44,98	43,28
	19,5	27,85	35,45	34,34	44,98	44,31	36,94
N	20,5	26,60	35,58	33,32	45,94	41,61	36,10
	21,5	25,50	36,55	33,94	43,08	40,28	35,85
T	22,5	24,60	35,46	34,49	38,52	39,46	34,85
	23,5	23,60	33,46	32,85	36,29	38,35	34,48
E	Média	26,18	32,58	31,62	34,80	38,78	34,58



Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren/h – VENTILAÇÃO 0,0 ren/h - 500w							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B	0,5	23,00	29,91	29,52	30,61	33,82	30,78
	1,5	22,75	29,11	28,98	29,17	33,13	30,32
E	2,5	22,30	28,29	28,19	28,18	32,54	29,70
	3,5	21,95	27,64	27,64	27,13	31,93	29,23
L	4,5	21,75	27,04	27,10	26,45	31,47	28,73
	5,5	21,80	26,61	26,72	25,82	31,06	28,36
O	6,5	22,15	25,81	25,79	25,48	31,16	31,59
	7,5	22,90	25,33	24,97	25,45	31,58	32,91
H	8,5	24,05	26,12	25,45	25,84	32,03	29,49
	9,5	25,45	27,40	26,45	26,57	32,87	29,58
O	10,5	27,10	28,90	27,87	27,67	33,99	30,47
	11,5	28,80	30,43	29,59	28,98	35,56	30,94
R	12,5	30,25	31,74	31,09	31,47	36,89	31,83
	13,5	31,30	33,08	32,37	33,77	37,62	32,50
I	14,5	31,85	34,27	33,29	34,38	38,71	33,27
	15,5	31,85	35,15	33,91	35,51	39,75	33,63
Z	16,5	31,35	35,58	34,23	36,61	40,48	33,74
	17,5	30,40	35,42	34,17	36,90	40,74	38,20
O	18,5	29,15	34,68	33,64	38,05	41,16	39,76
	19,5	27,85	33,57	32,74	40,07	40,01	34,10
N	20,5	26,60	33,35	31,63	40,83	37,57	33,02
	21,5	25,50	33,83	31,80	37,63	36,72	33,20
T	22,5	24,60	32,54	31,91	33,69	35,74	32,20
	23,5	23,60	30,66	30,36	32,28	34,67	31,68
E	Média	26,18	30,69	29,98	31,61	35,47	32,05

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h – 500w							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B	0,5	23,00	31,59	31,84	34,35	37,04	31,72
	1,5	22,75	31,01	31,38	33,25	36,41	31,83
E	2,5	22,30	30,41	30,64	32,41	35,85	31,27
	3,5	21,95	29,87	30,27	31,46	35,31	31,05
L	4,5	21,75	29,37	29,73	30,66	34,84	30,65
	5,5	21,80	28,92	29,34	29,94	34,42	30,38
O	6,5	22,15	28,02	28,24	29,37	34,49	34,10
	7,5	22,90	27,31	27,17	29,03	34,90	35,46
H	8,5	24,05	27,88	27,41	29,02	35,25	31,20
	9,5	25,45	28,78	28,04	29,30	35,91	31,02
O	10,5	27,10	29,76	29,02	29,88	36,73	31,74
	11,5	28,80	30,81	30,30	30,71	38,04	31,85
R	12,5	30,25	31,60	31,28	33,17	39,20	32,44
	13,5	31,30	32,33	32,22	35,47	39,76	32,65
I	14,5	31,85	33,00	33,11	35,74	40,79	33,16
	15,5	31,85	33,58	33,81	36,94	41,92	33,45
Z	16,5	31,35	34,01	34,26	38,35	42,80	33,66
	17,5	30,40	34,09	34,33	38,85	43,20	40,24
O	18,5	29,15	33,66	33,91	40,62	43,87	41,95
	19,5	27,85	32,91	33,20	43,26	43,24	34,40
N	20,5	26,60	33,50	32,45	44,20	40,61	33,74
	21,5	25,50	34,84	33,38	41,45	39,43	33,69
T	22,5	24,60	34,02	34,16	37,16	38,88	33,06
	23,5	23,60	32,35	32,63	35,35	37,99	32,79
E	Média	26,18	31,40	31,34	34,58	38,37	33,23

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren/h – VENTILAÇÃO 0,0 ren/h – 500w							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B	0,5	23,00	29,53	29,67	30,65	33,76	29,94
	1,5	22,75	28,99	29,27	29,61	33,17	29,73
E	2,5	22,30	28,35	28,57	28,87	32,62	29,24
	3,5	21,95	27,83	28,12	27,95	32,08	28,94
L	4,5	21,75	27,35	27,65	27,32	31,64	28,55
	5,5	21,80	26,98	27,30	26,72	31,26	28,29
O	6,5	22,15	26,24	26,40	26,36	31,37	31,52
	7,5	22,90	25,75	25,61	26,26	31,78	32,75
H	8,5	24,05	26,41	25,99	26,52	32,18	29,23
	9,5	25,45	27,42	26,80	27,07	32,90	29,18
O	10,5	27,10	28,58	28,00	27,94	33,87	29,84
	11,5	28,80	29,77	29,36	29,05	35,30	30,16
R	12,5	30,25	30,72	30,45	31,38	36,50	30,92
	13,5	31,30	31,57	31,48	33,44	37,12	31,34
I	14,5	31,85	32,26	32,35	33,88	38,11	31,88
	15,5	31,85	32,77	32,96	34,89	39,16	32,11
Z	16,5	31,35	33,05	33,26	35,87	39,88	32,24
	17,5	30,40	32,94	33,14	36,07	40,04	37,61
N	18,5	29,15	32,39	32,59	37,11	40,42	38,94
	19,5	27,85	31,61	31,83	39,02	39,45	32,41
T	20,5	26,60	31,81	30,99	39,76	36,98	31,55
	21,5	25,50	32,71	31,43	36,66	36,01	31,26
E	22,5	24,60	31,79	31,77	32,87	35,35	30,59
	23,5	23,60	30,14	30,37	31,81	34,51	30,74
	Média	26,18	29,87	29,81	31,55	35,23	31,21

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h – 500w							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B	0,5	23,00	34,68	33,90	36,59	40,87	34,28
	1,5	22,75	34,43	33,70	35,64	40,45	34,41
E	2,5	22,30	34,02	33,16	34,98	40,09	34,00
	3,5	21,95	33,68	32,88	34,22	39,72	33,82
L	4,5	21,75	33,38	32,52	33,57	39,39	33,51
	5,5	21,80	33,11	32,28	32,98	39,10	33,31
O	6,5	22,15	32,30	31,23	32,51	39,32	37,20
	7,5	22,90	31,61	30,16	32,24	39,82	38,63
H	8,5	24,05	32,08	30,37	32,25	40,13	34,19
	9,5	25,45	32,74	30,82	32,45	40,71	34,00
O	10,5	27,10	33,43	31,39	32,83	41,47	34,53
	11,5	28,80	34,16	32,25	33,37	42,65	34,52
R	12,5	30,25	34,71	32,97	35,43	43,56	35,30
	13,5	31,30	35,39	33,61	37,29	43,81	35,52
I	14,5	31,85	36,05	34,12	37,15	44,57	36,01
	15,5	31,85	36,51	34,52	37,79	45,29	36,19
Z	16,5	31,35	36,72	34,77	38,62	45,72	36,31
	17,5	30,40	36,60	34,78	38,88	45,96	41,67
O	18,5	29,15	36,12	34,51	40,75	46,79	43,27
	19,5	27,85	35,47	34,06	43,63	46,43	37,22
N	20,5	26,60	36,04	33,53	44,92	44,00	36,54
	21,5	25,50	37,47	34,56	42,75	43,08	36,10
T	22,5	24,60	36,91	35,54	38,94	42,78	35,42
	23,5	23,60	35,35	34,44	37,48	42,12	35,79
E	Média	26,18	34,71	33,17	36,55	42,41	35,91

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren/h – VENTILAÇÃO 0,0 ren/h – 500w							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B	0,5	23,00	31,46	30,53	31,78	35,97	31,55
	1,5	22,75	31,03	30,35	30,87	35,48	31,38
E	2,5	22,30	30,57	29,85	30,24	35,08	30,95
	3,5	21,95	30,25	29,52	29,42	34,63	30,68
L	4,5	21,75	29,88	29,16	28,88	34,30	30,36
	5,5	21,80	29,66	28,92	28,32	33,99	30,13
O	6,5	22,15	29,02	28,07	27,99	34,16	33,27
	7,5	22,90	28,61	27,35	27,87	34,61	34,51
H	8,5	24,05	29,16	27,76	28,08	35,02	31,19
	9,5	25,45	29,91	28,33	28,53	35,63	31,15
O	10,5	27,10	30,75	29,12	29,22	36,41	31,75
	11,5	28,80	31,62	30,16	30,08	37,67	31,97
R	12,5	30,25	32,34	31,07	32,18	38,73	32,60
	13,5	31,30	33,13	31,83	33,91	39,12	32,96
I	14,5	31,85	33,81	32,39	33,89	39,81	33,45
	15,5	31,85	34,22	32,78	34,47	40,43	33,62
Z	16,5	31,35	34,32	32,92	35,04	40,76	33,71
	17,5	30,40	34,09	32,81	35,08	40,79	37,90
O	18,5	29,15	33,53	32,42	36,29	41,23	39,17
	19,5	27,85	32,82	31,87	38,48	40,38	33,90
N	20,5	26,60	33,09	31,24	39,51	38,47	33,05
	21,5	25,50	33,96	31,84	36,81	38,12	33,10
T	22,5	24,60	32,88	32,32	33,49	37,47	32,44
	23,5	23,60	31,49	31,05	32,77	36,75	32,37
E	Média	26,18	31,73	30,57	32,22	37,29	32,80

## I.2. Temperaturas internas da habitação em Brasília/DF

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B R A S Í L I A	0,5	20,75	28,95	29,53	28,04	31,46	28,09
	1,5	20,10	28,07	28,69	27,17	30,70	27,94
	2,5	19,55	27,25	27,92	26,28	30,02	27,41
	3,5	19,10	26,48	27,17	25,47	29,40	27,07
	4,5	18,85	25,76	26,48	24,74	28,82	26,66
	5,5	18,95	25,15	25,88	24,11	28,34	26,34
	6,5	19,40	24,06	24,72	23,61	28,31	29,71
	7,5	20,25	23,30	23,72	23,36	28,61	30,69
	8,5	21,60	24,14	24,16	23,51	28,96	26,23
	9,5	23,35	25,68	25,30	24,07	29,85	26,30
	10,5	25,35	27,70	27,17	25,00	30,95	27,70
	11,5	27,40	29,68	29,33	26,08	32,36	27,90
	12,5	29,15	30,83	30,75	28,51	33,56	28,54
	13,5	30,40	31,62	31,73	30,73	34,22	29,03
	14,5	31,10	32,27	32,54	31,08	35,35	29,60
	15,5	31,10	32,79	33,28	32,42	36,45	29,82
	16,5	30,50	33,11	33,79	33,97	37,39	30,13
	17,5	29,40	33,16	33,80	34,58	38,04	34,95
	18,5	27,90	32,74	33,26	35,58	38,70	36,11
	19,5	26,25	31,78	32,23	36,80	37,90	30,46
20,5	24,75	32,07	32,74	35,22	35,10	29,86	
21,5	23,45	32,95	33,93	31,40	33,85	29,55	
22,5	22,30	31,49	32,46	29,83	33,26	28,88	
23,5	21,45	29,62	30,54	29,20	32,22	28,92	
Média	24,27	29,19	29,63	28,78	32,66	29,08	

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B R A S Í L I A	0,5	20,75	27,25	27,76	26,06	29,52	26,97
	1,5	20,10	26,38	26,92	25,28	28,75	26,64
	2,5	19,55	25,56	26,13	24,39	28,10	26,11
	3,5	19,10	24,84	25,44	23,67	27,47	25,75
	4,5	18,85	24,16	24,78	23,00	26,93	25,32
	5,5	18,95	23,65	24,29	22,50	26,50	25,03
	6,5	19,40	22,80	23,32	22,17	26,52	27,97
	7,5	20,25	22,31	22,57	22,13	26,86	28,86
	8,5	21,60	23,18	23,16	22,51	27,31	25,52
	9,5	23,35	24,79	24,42	23,34	28,32	25,79
	10,5	25,35	26,89	26,38	24,54	29,55	26,63
	11,5	27,40	28,87	28,53	25,85	31,05	27,09
	12,5	29,15	30,14	30,03	28,26	32,34	27,98
	13,5	30,40	31,03	31,09	30,30	33,07	28,59
	14,5	31,10	31,71	31,90	30,72	34,12	29,18
	15,5	31,10	32,18	32,57	31,89	35,12	29,40
	16,5	30,50	32,38	32,90	33,03	35,96	29,66
	17,5	29,40	32,28	32,73	33,31	36,37	33,73
	18,5	27,90	31,62	31,94	33,69	36,76	34,60
	19,5	26,25	30,53	30,85	34,33	35,71	29,55
20,5	24,75	30,46	31,07	32,54	33,04	28,80	
21,5	23,45	30,93	31,76	29,21	31,86	28,41	
22,5	22,30	29,57	30,28	28,00	31,18	27,72	
23,5	21,45	27,84	28,54	27,10	30,27	27,65	
	Média	24,27	27,97	28,31	27,41	30,95	28,04

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B R A S Í L I A	0,5	20,75	30,84	29,96	31,73	34,15	30,78
	1,5	20,10	29,83	29,21	29,99	33,35	30,48
	2,5	19,55	28,81	28,21	28,79	32,67	29,71
	3,5	19,10	27,93	27,54	27,61	32,06	29,28
	4,5	18,85	27,13	26,79	26,67	31,51	28,71
	5,5	18,95	26,46	26,23	25,85	31,06	28,30
	6,5	19,40	25,31	24,99	25,22	31,09	31,91
	7,5	20,25	24,43	23,76	24,85	31,45	33,32
	8,5	21,60	25,10	23,94	24,90	31,76	29,19
	9,5	23,35	26,42	24,83	25,37	32,45	29,17
	10,5	25,35	28,07	26,36	26,22	33,39	30,08
	11,5	27,40	29,86	28,43	27,30	34,86	30,31
	12,5	29,15	31,36	30,23	29,88	36,16	31,12
	13,5	30,40	32,96	31,69	32,39	36,93	31,68
	14,5	31,10	34,47	32,80	33,15	38,23	32,56
	15,5	31,10	35,68	33,65	34,74	39,51	33,01
	16,5	30,50	36,45	34,24	36,32	40,45	33,25
	17,5	29,40	36,50	34,43	36,98	40,99	39,81
	18,5	27,90	35,84	34,08	39,13	41,82	41,85
	19,5	26,25	34,68	33,18	42,01	41,21	34,62
20,5	24,75	34,62	32,01	42,93	38,51	33,83	
21,5	23,45	35,43	32,45	40,13	37,21	33,41	
22,5	22,30	34,16	32,80	35,55	36,33	32,30	
23,5	21,45	31,99	31,01	33,32	35,17	32,08	
	Média	24,27	31,01	29,70	31,71	35,51	32,12



Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B R A S Í L I A	0,5	20,75	28,13	27,55	28,00	31,05	28,55
	1,5	20,10	27,11	26,78	26,42	30,25	28,02
	2,5	19,55	26,15	25,86	25,41	29,61	27,33
	3,5	19,10	25,37	25,20	24,31	28,98	26,83
	4,5	18,85	24,65	24,53	23,57	28,48	26,26
	5,5	18,95	24,15	24,09	22,94	28,07	25,88
	6,5	19,40	23,26	23,08	22,59	28,15	29,02
	7,5	20,25	22,70	22,21	22,54	28,54	30,29
	8,5	21,60	23,51	22,68	22,94	28,96	26,95
	9,5	23,35	24,96	23,80	23,77	29,82	27,10
	10,5	25,35	26,77	25,52	24,96	30,96	27,98
	11,5	27,40	28,67	27,62	26,32	32,56	28,51
	12,5	29,15	30,26	29,48	28,91	33,95	29,52
	13,5	30,40	31,83	30,96	31,26	34,78	30,40
	14,5	31,10	33,22	32,02	32,01	36,01	31,26
	15,5	31,10	34,23	32,74	33,29	37,06	31,57
	16,5	30,50	34,77	33,11	34,37	37,79	31,77
	17,5	29,40	34,66	33,11	34,62	38,12	37,21
	18,5	27,90	33,88	32,57	35,75	38,60	38,82
	19,5	26,25	32,63	31,54	37,83	37,61	32,26
20,5	24,75	32,21	30,28	38,55	35,01	31,22	
21,5	23,45	32,47	30,24	35,17	33,87	31,15	
22,5	22,30	30,99	30,10	31,08	32,95	30,07	
23,5	21,45	29,03	28,47	29,70	31,93	29,57	
	Média	24,27	28,98	28,06	29,01	32,63	29,90

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B R A S Í L I A	0,5	20,75	29,75	29,83	31,35	33,95	29,31
	1,5	20,10	29,06	29,32	30,20	33,28	29,26
	2,5	19,55	28,38	28,52	29,35	32,70	28,67
	3,5	19,10	27,76	28,02	28,39	32,16	28,43
	4,5	18,85	27,17	27,41	27,57	31,65	28,02
	5,5	18,95	26,66	26,94	26,85	31,24	27,73
	6,5	19,40	25,66	25,78	26,26	31,29	31,40
	7,5	20,25	24,85	24,62	25,87	31,63	32,71
	8,5	21,60	25,39	24,77	25,82	31,91	28,41
	9,5	23,35	26,41	25,47	26,11	32,53	28,24
	10,5	25,35	27,60	26,67	26,70	33,34	29,04
	11,5	27,40	28,87	28,21	27,60	34,64	29,18
	12,5	29,15	29,82	29,37	30,07	35,82	29,84
	13,5	30,40	30,61	30,39	32,30	36,44	30,14
	14,5	31,10	31,33	31,34	32,61	37,57	30,63
	15,5	31,10	32,00	32,17	33,83	38,71	30,92
	16,5	30,50	32,55	32,76	35,18	39,53	31,17
	17,5	29,40	32,71	32,93	35,67	39,97	36,80
	18,5	27,90	32,33	32,58	37,57	40,71	38,38
	19,5	26,25	31,50	31,78	40,23	40,13	31,97
20,5	24,75	31,92	30,87	41,13	37,52	31,25	
21,5	23,45	33,21	31,70	38,46	36,36	31,05	
22,5	22,30	32,32	32,34	34,14	35,77	30,41	
23,5	21,45	30,56	30,72	32,32	34,84	30,28	
	Média	24,27	29,52	29,35	31,48	35,15	30,55

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B R A S Í L I A	0,5	20,75	27,62	27,72	28,02	31,01	27,61
	1,5	20,10	26,89	27,12	26,87	30,31	27,29
	2,5	19,55	26,16	26,33	26,10	29,73	26,78
	3,5	19,10	25,57	25,80	25,15	29,16	26,43
	4,5	18,85	24,99	25,22	24,48	28,69	26,02
	5,5	18,95	24,57	24,83	23,88	28,31	25,75
	6,5	19,40	23,76	23,87	23,52	28,40	28,93
	7,5	20,25	23,20	23,02	23,40	28,77	30,10
	8,5	21,60	23,87	23,37	23,66	29,14	26,64
	9,5	23,35	25,02	24,26	24,28	29,89	26,66
	10,5	25,35	26,42	25,73	25,29	30,90	27,32
	11,5	27,40	27,89	27,41	26,50	32,37	27,71
	12,5	29,15	29,01	28,67	28,83	33,65	28,61
	13,5	30,40	29,96	29,81	30,91	34,37	29,21
	14,5	31,10	30,73	30,77	31,41	35,45	29,77
	15,5	31,10	31,33	31,50	32,46	36,45	29,92
	16,5	30,50	31,71	31,92	33,46	37,15	30,12
	17,5	29,40	31,66	31,88	33,66	37,37	34,64
	18,5	27,90	31,04	31,28	34,73	37,79	35,82
	19,5	26,25	30,11	30,38	36,63	36,87	30,29
20,5	24,75	30,24	29,44	37,29	34,33	29,39	
21,5	23,45	30,99	29,75	34,17	33,22	29,03	
22,5	22,30	29,84	29,91	30,30	32,56	28,34	
23,5	21,45	28,17	28,49	29,19	31,77	28,38	
	Média	24,27	27,95	27,85	28,92	32,40	28,78

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B R A S Í L I A	0,5	20,75	33,37	32,05	33,75	37,91	31,92
	1,5	20,10	33,00	31,70	32,76	37,46	32,08
	2,5	19,55	32,53	31,11	32,08	37,07	31,64
	3,5	19,10	32,16	30,83	31,32	36,69	31,46
	4,5	18,85	31,80	30,39	30,64	36,35	31,13
	5,5	18,95	31,50	30,09	30,06	36,07	30,93
	6,5	19,40	30,65	29,02	29,56	36,27	34,72
	7,5	20,25	29,90	27,87	29,27	36,73	36,11
	8,5	21,60	30,36	28,02	29,27	37,01	31,68
	9,5	23,35	31,09	28,50	29,51	37,59	31,48
	10,5	25,35	31,89	29,20	29,91	38,36	32,20
	11,5	27,40	32,76	30,25	30,48	39,54	32,23
	12,5	29,15	33,45	31,15	32,77	40,45	32,88
	13,5	30,40	34,26	31,87	34,66	40,76	33,14
	14,5	31,10	35,01	32,45	34,33	41,59	33,70
	15,5	31,10	35,54	32,95	35,08	42,35	33,93
	16,5	30,50	35,81	33,28	35,92	42,83	34,08
	17,5	29,40	35,71	33,36	36,09	43,07	39,65
	18,5	27,90	35,21	33,10	38,05	43,88	41,26
	19,5	26,25	34,47	32,59	40,86	43,50	34,96
20,5	24,75	34,94	32,00	42,04	41,03	34,28	
21,5	23,45	36,33	32,95	39,91	40,07	33,92	
22,5	22,30	35,70	33,83	36,07	39,79	33,22	
23,5	21,45	34,08	32,68	34,60	39,15	33,44	
	Média	24,27	33,40	31,30	33,71	39,40	33,59

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
B R A S Í L I A	0,5	20,75	29,85	28,73	29,31	33,33	29,33
	1,5	20,10	29,27	28,31	28,29	32,76	29,11
	2,5	19,55	28,75	27,72	27,63	32,33	28,65
	3,5	19,10	28,36	27,33	26,78	31,86	28,36
	4,5	18,85	27,93	26,88	26,18	31,50	28,00
	5,5	18,95	27,67	26,60	25,63	31,20	27,77
	6,5	19,40	27,00	25,72	25,28	31,36	30,86
	7,5	20,25	26,54	24,96	25,15	31,79	32,07
	8,5	21,60	27,10	25,33	25,38	32,21	28,80
	9,5	23,35	27,95	25,99	25,92	32,89	28,81
	10,5	25,35	28,95	26,95	26,71	33,76	29,43
	11,5	27,40	30,01	28,21	27,75	35,13	29,71
	12,5	29,15	30,90	29,31	29,94	36,25	30,39
	13,5	30,40	31,86	30,21	31,62	36,68	30,83
	14,5	31,10	32,66	30,89	31,73	37,51	31,48
	15,5	31,10	33,14	31,36	32,48	38,16	31,73
	16,5	30,50	33,27	31,57	33,05	38,44	31,82
	17,5	29,40	33,03	31,49	33,00	38,47	36,50
	18,5	27,90	32,42	31,06	34,11	38,91	37,76
	19,5	26,25	31,58	30,42	36,25	38,03	31,93
20,5	24,75	31,72	29,70	37,22	35,98	31,07	
21,5	23,45	32,45	30,20	34,46	35,48	30,84	
22,5	22,30	31,29	30,49	31,06	34,83	30,12	
23,5	21,45	29,95	29,24	30,33	34,14	30,21	
	Média	24,27	30,15	28,69	29,80	34,71	30,65

### I.3. Temperaturas internas da habitação em Curitiba/PR

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
CURITIBA	0,5	22,75	29,50	29,77	29,19	33,13	28,78
	1,5	22,25	28,86	29,07	28,46	32,47	28,81
	2,5	21,80	28,25	28,53	27,74	31,92	28,31
	3,5	21,45	27,67	27,96	27,04	31,39	28,08
	4,5	21,25	27,13	27,46	26,44	30,91	27,72
	5,5	21,30	26,68	27,03	25,91	30,49	27,46
	6,5	21,65	25,66	25,97	25,49	30,53	31,02
	7,5	22,35	24,75	24,93	25,23	30,81	32,05
	8,5	23,50	25,19	25,16	25,26	31,03	27,74
	9,5	24,95	26,09	25,83	25,60	31,72	27,79
	10,5	26,55	27,30	26,91	26,23	32,62	28,69
	11,5	28,25	28,63	28,28	27,08	33,84	28,74
	12,5	29,70	29,49	29,31	29,40	34,84	29,29
	13,5	30,70	30,21	30,16	31,39	35,28	29,58
	14,5	31,25	30,81	30,88	31,37	36,16	30,00
	15,5	31,25	31,29	31,54	32,45	37,01	30,14
	16,5	30,75	31,65	31,98	33,81	37,79	30,41
	17,5	29,85	31,82	32,04	34,34	38,42	35,64
	18,5	28,60	31,61	31,70	35,39	39,23	36,92
	19,5	27,25	30,95	30,99	36,80	38,65	30,91
20,5	26,05	31,56	31,90	35,54	36,19	30,45	
21,5	25,00	32,77	33,37	31,93	35,17	30,39	
22,5	24,10	31,64	32,12	30,52	34,64	29,83	
23,5	23,35	30,02	30,54	30,17	33,80	29,62	
Média		25,66	29,15	29,31	29,70	34,09	29,93

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
C U R I T I B A	0,5	22,75	28,08	28,32	27,42	31,17	27,89
	1,5	22,25	27,43	27,73	26,78	30,52	27,65
	2,5	21,80	26,81	27,15	26,03	29,98	27,19
	3,5	21,45	26,27	26,63	25,44	29,45	26,92
	4,5	21,25	25,75	26,16	24,89	29,00	26,56
	5,5	21,30	25,37	25,79	24,47	28,62	26,32
	6,5	21,65	24,57	24,92	24,19	28,69	29,42
	7,5	22,35	23,95	24,13	24,12	29,00	30,36
	8,5	23,50	24,50	24,49	24,37	29,32	26,78
	9,5	24,95	25,48	25,28	24,96	30,10	26,95
	10,5	26,55	26,81	26,51	25,86	31,10	27,77
	11,5	28,25	28,25	27,99	26,92	32,42	28,04
	12,5	29,70	29,21	29,09	29,12	33,50	28,76
	13,5	30,70	29,99	30,00	30,91	34,00	29,21
	14,5	31,25	30,62	30,73	31,03	34,81	29,66
	15,5	31,25	31,05	31,29	31,95	35,61	29,77
	16,5	30,75	31,29	31,59	32,94	36,30	29,98
	17,5	29,85	31,32	31,49	33,22	36,71	34,32
	18,5	28,60	30,94	30,96	33,78	37,29	35,28
	19,5	27,25	30,15	30,16	34,69	36,51	30,00
20,5	26,05	30,36	30,68	33,22	34,10	29,37	
21,5	25,00	31,22	31,75	30,12	33,08	29,06	
22,5	24,10	30,19	30,63	29,06	32,55	28,43	
23,5	23,35	28,59	29,04	28,32	31,81	28,51	
	Média	25,66	28,26	28,44	28,49	32,32	28,93

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
C U R I T I B A	0,5	22,75	31,06	30,12	32,28	35,34	31,05
	1,5	22,25	30,26	29,64	30,72	34,62	30,91
	2,5	21,80	29,45	28,81	29,66	34,03	30,22
	3,5	21,45	28,75	28,31	28,63	33,49	29,92
	4,5	21,25	28,13	27,71	27,82	33,02	29,40
	5,5	21,30	27,60	27,30	27,11	32,61	29,08
	6,5	21,65	26,55	26,19	26,56	32,69	32,85
	7,5	22,35	25,53	24,97	26,21	33,06	34,34
	8,5	23,50	25,80	25,01	26,17	33,28	30,13
	9,5	24,95	26,59	25,56	26,45	33,82	30,04
	10,5	26,55	27,57	26,43	27,05	34,63	30,71
	11,5	28,25	28,73	27,69	27,88	35,95	30,77
	12,5	29,70	29,88	28,92	30,30	37,12	31,49
	13,5	30,70	31,22	30,06	32,57	37,71	31,82
	14,5	31,25	32,55	30,99	32,93	38,79	32,42
	15,5	31,25	33,67	31,71	34,28	39,88	32,74
	16,5	30,75	34,44	32,21	35,71	40,70	32,93
	17,5	29,85	34,62	32,40	36,32	41,26	39,17
	18,5	28,60	34,18	32,18	38,52	42,21	41,22
	19,5	27,25	33,34	31,58	41,55	41,77	34,41
20,5	26,05	33,69	30,76	42,75	39,25	33,73	
21,5	25,00	34,83	31,63	40,18	38,04	33,40	
22,5	24,10	33,84	32,36	35,78	37,30	32,40	
23,5	23,35	32,00	30,84	33,70	36,31	32,21	
	Média	25,66	30,60	29,31	32,13	36,54	32,39



Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
CURTIAB	0,5	22,75	28,89	28,21	29,05	32,37	29,18
	1,5	22,25	28,11	27,75	27,63	31,67	28,80
	2,5	21,80	27,32	26,96	26,79	31,11	28,20
	3,5	21,45	26,69	26,47	25,81	30,57	27,82
	4,5	21,25	26,13	25,98	25,20	30,13	27,31
	5,5	21,30	25,72	25,65	24,64	29,77	27,01
	6,5	21,65	24,87	24,72	24,34	29,88	30,30
	7,5	22,35	24,18	23,82	24,26	30,25	31,63
	8,5	23,50	24,66	24,14	24,55	30,57	28,07
	9,5	24,95	25,60	24,91	25,15	31,28	28,09
	10,5	26,55	26,79	25,97	26,04	32,23	28,92
	11,5	28,25	28,13	27,37	27,13	33,62	29,26
	12,5	29,70	29,38	28,72	29,44	34,84	30,00
	13,5	30,70	30,73	29,91	31,49	35,52	30,52
	14,5	31,25	31,95	30,81	31,99	36,53	31,23
	15,5	31,25	32,86	31,43	33,07	37,43	31,54
	16,5	30,75	33,37	31,72	34,07	38,10	31,67
	17,5	29,85	33,36	31,71	34,36	38,47	36,80
	18,5	28,60	32,83	31,31	35,66	39,10	38,43
	19,5	27,25	31,89	30,58	37,91	38,34	32,42
20,5	26,05	31,85	29,68	38,82	35,93	31,53	
21,5	25,00	32,55	30,07	35,61	34,87	31,44	
22,5	24,10	31,46	30,40	31,70	34,09	30,51	
23,5	23,35	29,68	28,98	30,61	33,18	30,11	
	Média	25,66	29,13	28,22	29,81	33,74	30,45

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
C U R I T I B A	0,5	22,75	30,15	30,09	31,98	35,10	29,82
	1,5	22,25	29,57	29,73	30,96	34,52	29,93
	2,5	21,80	29,05	29,01	30,21	34,01	29,42
	3,5	21,45	28,56	28,64	29,36	33,53	29,25
	4,5	21,25	28,11	28,16	28,65	33,10	28,87
	5,5	21,30	27,71	27,83	28,01	32,73	28,65
	6,5	21,65	26,76	26,68	27,49	32,83	32,46
	7,5	22,35	25,84	25,51	27,14	33,18	33,81
	8,5	23,50	26,09	25,68	27,03	33,38	29,39
	9,5	24,95	26,71	26,13	27,20	33,87	29,15
	10,5	26,55	27,41	26,80	27,63	34,53	29,82
	11,5	28,25	28,27	27,79	28,30	35,69	29,87
	12,5	29,70	29,05	28,67	30,64	36,73	30,44
	13,5	30,70	29,76	29,53	32,69	37,18	30,58
	14,5	31,25	30,39	30,31	32,69	38,13	30,95
	15,5	31,25	31,01	30,98	33,77	39,10	31,17
	16,5	30,75	31,53	31,43	35,05	39,87	31,39
	17,5	29,85	31,76	31,60	35,49	40,40	37,86
	18,5	28,60	31,56	31,37	37,42	41,25	39,57
	19,5	27,25	30,93	30,79	40,18	40,80	32,26
20,5	26,05	31,59	30,10	41,25	38,30	31,67	
21,5	25,00	33,07	31,21	38,73	37,21	31,70	
22,5	24,10	32,32	32,10	34,53	36,76	31,13	
23,5	23,35	30,81	30,69	32,82	35,97	30,81	
	Média	25,66	29,50	29,20	32,05	36,17	31,25

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
C U R I T I B A	0,5	22,75	28,37	28,27	29,07	32,28	28,45
	1,5	22,25	27,83	27,93	28,06	31,68	28,23
	2,5	21,80	27,27	27,29	27,41	31,19	27,78
	3,5	21,45	26,80	26,90	26,58	30,69	27,50
	4,5	21,25	26,35	26,47	26,00	30,29	27,14
	5,5	21,30	26,02	26,17	25,47	29,95	26,92
	6,5	21,65	25,24	25,30	25,15	30,07	30,23
	7,5	22,35	24,58	24,44	25,02	30,43	31,45
	8,5	23,50	24,99	24,69	25,20	30,72	27,76
	9,5	24,95	25,76	25,33	25,67	31,32	27,66
	10,5	26,55	26,68	26,27	26,42	32,15	28,30
	11,5	28,25	27,75	27,43	27,39	33,43	28,55
	12,5	29,70	28,69	28,43	29,52	34,53	29,35
	13,5	30,70	29,52	29,38	31,37	35,09	29,78
	14,5	31,25	30,18	30,17	31,62	35,97	30,17
	15,5	31,25	30,73	30,75	32,53	36,86	30,28
	16,5	30,75	31,09	31,07	33,50	37,54	30,46
	17,5	29,85	31,12	31,05	33,73	37,82	35,28
	18,5	28,60	30,70	30,60	34,94	38,38	36,54
	19,5	27,25	29,98	29,90	36,96	37,65	30,79
20,5	26,05	30,30	29,19	37,72	35,28	30,00	
21,5	25,00	31,36	29,79	34,88	34,28	29,62	
22,5	24,10	30,58	30,28	31,16	33,70	28,99	
23,5	23,35	29,02	28,96	30,10	32,98	29,20	
	Média	25,66	28,37	28,17	29,81	33,51	29,60

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
C U R I T I B A	0,5	22,75	32,86	31,66	33,97	38,79	32,09
	1,5	22,25	32,54	31,51	33,06	38,38	32,30
	2,5	21,80	32,18	30,94	32,45	38,04	31,90
	3,5	21,45	31,89	30,73	31,77	37,70	31,77
	4,5	21,25	31,61	30,41	31,17	37,40	31,48
	5,5	21,30	31,38	30,20	30,65	37,15	31,31
	6,5	21,65	30,57	29,15	30,21	37,38	35,29
	7,5	22,35	29,74	27,97	29,92	37,83	36,70
	8,5	23,50	29,96	28,09	29,84	38,03	32,20
	9,5	24,95	30,40	28,39	29,97	38,50	31,98
	10,5	26,55	30,87	28,79	30,25	39,15	32,44
	11,5	28,25	31,48	29,53	30,68	40,22	32,37
	12,5	29,70	32,03	30,18	32,78	41,06	32,99
	13,5	30,70	32,71	30,76	34,54	41,27	33,15
	14,5	31,25	33,39	31,21	34,11	41,97	33,62
	15,5	31,25	33,89	31,58	34,73	42,63	33,74
	16,5	30,75	34,17	31,83	35,52	43,04	33,88
	17,5	29,85	34,16	31,90	35,72	43,32	39,34
	18,5	28,60	33,81	31,70	37,72	44,25	40,96
	19,5	27,25	33,26	31,31	40,61	43,99	34,88
20,5	26,05	33,95	30,87	41,90	41,69	34,27	
21,5	25,00	35,46	32,06	39,89	40,83	34,08	
22,5	24,10	34,91	33,11	36,12	40,56	33,46	
23,5	23,35	33,50	32,05	34,72	39,98	33,49	
	Média	25,66	32,53	30,66	33,85	40,13	33,74

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
C U R I T I B A	0,5	22,75	29,99	28,96	30,19	34,46	29,97
	1,5	22,25	29,62	28,80	29,28	33,96	29,81
	2,5	21,80	29,21	28,35	28,72	33,58	29,41
	3,5	21,45	28,89	28,08	27,97	33,18	29,17
	4,5	21,25	28,59	27,76	27,45	32,87	28,87
	5,5	21,30	28,38	27,57	26,96	32,60	28,67
	6,5	21,65	27,72	26,73	26,65	32,77	31,87
	7,5	22,35	27,17	25,92	26,51	33,20	33,10
	8,5	23,50	27,55	26,22	26,66	33,53	29,66
	9,5	24,95	28,12	26,68	27,05	34,07	29,57
	10,5	26,55	28,79	27,34	27,64	34,79	30,16
	11,5	28,25	29,58	28,28	28,43	36,02	30,34
	12,5	29,70	30,33	29,14	30,50	37,02	30,89
	13,5	30,70	31,14	29,85	32,08	37,31	31,19
	14,5	31,25	31,83	30,39	31,94	37,98	31,73
	15,5	31,25	32,27	30,76	32,55	38,54	31,90
	16,5	30,75	32,44	30,89	33,11	38,82	31,91
	17,5	29,85	32,28	30,81	33,11	38,92	36,31
	18,5	28,60	31,80	30,45	34,37	39,50	37,63
	19,5	27,25	31,15	29,93	36,61	38,88	32,19
20,5	26,05	31,50	29,38	37,65	36,93	31,42	
21,5	25,00	32,57	30,12	35,13	36,41	31,32	
22,5	24,10	31,87	30,75	31,85	35,87	30,69	
23,5	23,35	30,44	29,57	31,12	35,23	30,81	
	Média	25,66	30,13	28,86	30,56	35,69	31,19

#### I.4. Temperaturas internas da habitação em Porto Alegre/RS

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O A L E G R E	0,5	27,95	36,32	36,32	35,37	39,74	35,81
	1,5	27,50	35,55	35,56	34,54	38,99	35,67
	2,5	27,10	34,78	34,89	33,70	38,34	35,17
	3,5	26,75	34,09	34,23	32,93	37,74	34,87
	4,5	26,55	33,42	33,63	32,25	37,18	34,48
	5,5	26,60	32,85	33,10	31,64	36,70	34,17
	6,5	26,95	31,73	31,95	31,15	36,65	37,62
	7,5	27,60	30,81	30,86	30,85	36,89	38,60
	8,5	28,60	31,41	31,14	30,87	37,15	34,01
	9,5	29,90	32,63	31,98	31,25	37,92	33,98
	10,5	31,40	34,42	33,59	31,94	38,88	35,23
	11,5	32,95	36,26	35,56	32,82	40,16	35,34
	12,5	34,30	37,24	36,72	35,16	41,23	36,02
	13,5	35,25	37,98	37,57	37,23	41,77	36,51
	14,5	35,75	38,60	38,27	37,39	42,81	37,02
	15,5	35,75	39,07	38,92	38,70	43,88	37,20
	16,5	35,30	39,44	39,44	40,39	44,96	37,53
	17,5	34,45	39,60	39,54	41,22	45,87	42,54
	18,5	33,30	39,36	39,19	42,43	46,74	43,79
	19,5	32,10	38,61	38,43	43,82	46,07	38,10
20,5	31,00	38,95	39,13	42,37	43,41	37,52	
21,5	30,00	39,94	40,42	38,56	42,21	37,22	
22,5	29,15	38,73	39,09	36,96	41,52	36,56	
23,5	28,50	36,88	37,27	36,44	40,47	36,60	
	Média	30,61	36,19	36,12	35,83	40,72	36,73

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P	0,5	27,95	34,46	34,51	33,17	37,37	34,38
	1,5	27,50	33,70	33,80	32,49	36,65	34,09
O	2,5	27,10	32,96	33,12	31,69	36,04	33,60
	3,5	26,75	32,31	32,53	31,04	35,45	33,28
R	4,5	26,55	31,69	31,96	30,42	34,94	32,88
	5,5	26,60	31,22	31,53	29,95	34,50	32,60
T	6,5	26,95	30,33	30,57	29,61	34,50	35,59
	7,5	27,60	29,69	29,74	29,51	34,77	36,47
O	8,5	28,60	30,33	30,13	29,73	35,10	32,95
	9,5	29,90	31,61	31,09	30,32	35,90	33,11
A	10,5	31,40	33,40	32,72	31,27	36,95	33,88
	11,5	32,95	35,16	34,59	32,33	38,33	34,19
L	12,5	34,30	36,26	35,85	34,47	39,45	34,96
	13,5	35,25	37,08	36,73	36,34	40,02	35,57
E	14,5	35,75	37,69	37,40	36,62	40,95	36,11
	15,5	35,75	38,12	38,00	37,72	41,93	36,24
G	16,5	35,30	38,37	38,35	38,97	42,92	36,52
	17,5	34,45	38,37	38,28	39,49	43,54	40,87
R	18,5	33,30	37,94	37,78	40,13	44,18	41,88
	19,5	32,10	37,12	36,98	41,02	43,31	36,65
E	20,5	31,00	37,19	37,34	39,32	40,67	35,94
	21,5	30,00	37,78	38,21	36,08	39,51	35,63
	22,5	29,15	36,56	36,82	35,03	38,90	34,98
	23,5	28,50	34,88	35,13	34,15	38,07	34,99
	Média	30,61	34,76	34,72	34,20	38,50	35,31

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O A L E G R E	0,5	27,95	37,56	36,24	38,48	42,01	38,24
	1,5	27,50	36,59	35,59	36,78	41,21	37,97
	2,5	27,10	35,60	34,66	35,63	40,55	37,19
	3,5	26,75	34,76	34,05	34,51	39,95	36,78
	4,5	26,55	34,00	33,38	33,62	39,41	36,21
	5,5	26,60	33,36	32,88	32,84	38,95	35,79
	6,5	26,95	32,18	31,68	32,22	38,97	39,43
	7,5	27,60	31,17	30,43	31,83	39,31	40,84
	8,5	28,60	31,65	30,50	31,80	39,57	36,62
	9,5	29,90	32,78	31,22	32,14	40,18	36,54
	10,5	31,40	34,25	32,51	32,82	41,07	37,40
	11,5	32,95	35,88	34,33	33,73	42,47	37,60
	12,5	34,30	37,29	35,93	36,25	43,70	38,45
	13,5	35,25	38,79	37,24	38,65	44,38	39,06
	14,5	35,75	40,33	38,21	39,18	45,67	39,93
	15,5	35,75	41,73	39,01	40,74	47,09	40,47
	16,5	35,30	42,73	39,65	42,48	48,25	40,80
	17,5	34,45	43,01	39,99	43,37	49,04	46,94
	18,5	33,30	42,53	39,81	45,76	50,03	49,00
	19,5	32,10	41,46	39,05	48,79	49,40	42,24
20,5	31,00	41,39	37,99	49,75	46,64	41,35	
21,5	30,00	42,18	38,51	46,89	45,26	41,10	
22,5	29,15	40,91	38,92	42,28	44,31	40,04	
23,5	28,50	38,71	37,21	40,05	43,11	39,63	
	Média	30,61	37,54	35,79	38,36	43,36	39,57



Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O A L E G R E	0,5	27,95	34,83	33,96	34,72	38,46	35,59
	1,5	27,50	33,89	33,31	33,23	37,69	35,05
	2,5	27,10	32,99	32,47	32,30	37,09	34,41
	3,5	26,75	32,28	31,91	31,28	36,49	33,92
	4,5	26,55	31,61	31,35	30,62	36,01	33,40
	5,5	26,60	31,12	30,95	30,02	35,60	33,01
	6,5	26,95	30,21	29,94	29,69	35,66	36,19
	7,5	27,60	29,53	29,01	29,59	36,00	37,44
	8,5	28,60	30,13	29,37	29,85	36,34	33,95
	9,5	29,90	31,30	30,21	30,47	37,09	33,99
	10,5	31,40	32,85	31,61	31,43	38,09	34,83
	11,5	32,95	34,55	33,49	32,56	39,51	35,27
	12,5	34,30	35,99	35,09	34,91	40,77	36,19
	13,5	35,25	37,44	36,37	37,06	41,52	36,93
	14,5	35,75	38,81	37,26	37,65	42,67	37,80
	15,5	35,75	39,95	37,92	38,85	43,81	38,28
	16,5	35,30	40,72	38,39	40,03	44,76	38,54
	17,5	34,45	40,84	38,54	40,55	45,29	43,06
	18,5	33,30	40,26	38,19	41,94	45,91	44,68
	19,5	32,10	39,13	37,35	44,15	44,84	39,03
20,5	31,00	38,75	36,23	45,02	42,28	37,90	
21,5	30,00	39,04	36,31	41,73	41,30	38,06	
22,5	29,15	37,54	36,33	37,68	40,34	37,01	
23,5	28,50	35,60	34,79	36,35	39,32	36,51	
	Média	30,61	35,39	34,18	35,49	39,87	36,71

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O A L E G R E	0,5	27,95	36,19	36,03	38,06	41,59	36,12
	1,5	27,50	35,54	35,54	36,95	40,94	36,10
	2,5	27,10	34,91	34,79	36,14	40,38	35,54
	3,5	26,75	34,35	34,40	35,22	39,86	35,32
	4,5	26,55	33,80	33,84	34,44	39,38	34,92
	5,5	26,60	33,32	33,43	33,75	38,96	34,65
	6,5	26,95	32,32	32,28	33,17	39,01	38,39
	7,5	27,60	31,41	31,09	32,77	39,33	39,71
	8,5	28,60	31,79	31,20	32,66	39,58	35,34
	9,5	29,90	32,67	31,77	32,84	40,13	35,12
	10,5	31,40	33,71	32,77	33,29	40,84	35,85
	11,5	32,95	34,85	34,09	34,00	42,07	35,95
	12,5	34,30	35,74	35,13	36,53	43,19	36,50
	13,5	35,25	36,52	36,03	38,73	43,74	36,74
	14,5	35,75	37,24	36,87	38,70	44,86	37,34
	15,5	35,75	37,95	37,67	39,92	46,08	37,70
	16,5	35,30	38,57	38,27	41,46	47,07	37,99
	17,5	34,45	38,88	38,55	42,16	47,72	43,82
	18,5	33,30	38,62	38,32	44,20	48,55	45,48
	19,5	32,10	37,86	37,63	46,94	47,94	38,85
20,5	31,00	38,28	36,80	47,87	45,29	38,10	
21,5	30,00	39,55	37,67	45,12	44,08	37,93	
22,5	29,15	38,68	38,37	40,80	43,47	37,31	
23,5	28,50	36,96	36,84	39,02	42,54	37,21	
	Média	30,61	35,82	35,39	38,11	42,78	37,42

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O A L E G R E	0,5	27,95	34,10	34,00	34,71	38,28	34,34
	1,5	27,50	33,46	33,52	33,64	37,61	34,07
	2,5	27,10	32,82	32,84	32,95	37,09	33,58
	3,5	26,75	32,28	32,39	32,07	36,55	33,28
	4,5	26,55	31,76	31,89	31,45	36,11	32,88
	5,5	26,60	31,37	31,54	30,88	35,73	32,63
	6,5	26,95	30,55	30,61	30,53	35,81	35,86
	7,5	27,60	29,90	29,72	30,37	36,14	37,03
	8,5	28,60	30,40	29,96	30,52	36,44	33,41
	9,5	29,90	31,31	30,65	30,97	37,08	33,32
	10,5	31,40	32,47	31,81	31,73	37,93	33,96
	11,5	32,95	33,78	33,26	32,70	39,24	34,25
	12,5	34,30	34,79	34,37	34,90	40,40	35,02
	13,5	35,25	35,66	35,34	36,83	41,04	35,45
	14,5	35,75	36,38	36,17	37,17	42,03	36,01
	15,5	35,75	36,99	36,84	38,19	43,12	36,30
	16,5	35,30	37,45	37,29	39,32	44,00	36,53
	17,5	34,45	37,54	37,36	39,72	44,34	41,54
	18,5	33,30	37,11	36,95	40,95	44,89	42,87
	19,5	32,10	36,33	36,22	42,98	44,03	36,89
20,5	31,00	36,47	35,36	43,74	41,49	36,00	
21,5	30,00	37,29	35,77	40,68	40,42	35,65	
22,5	29,15	36,30	36,05	36,85	39,78	34,99	
23,5	28,50	34,69	34,71	35,80	39,02	35,13	
	Média	30,61	34,22	33,94	35,40	39,52	35,46

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O A L E G R E	0,5	27,95	39,83	38,28	40,41	46,13	38,78
	1,5	27,50	39,51	38,03	39,45	45,70	38,89
	2,5	27,10	39,07	37,47	38,80	45,33	38,48
	3,5	26,75	38,71	37,17	38,08	44,96	38,31
	4,5	26,55	38,38	36,78	37,43	44,63	37,99
	5,5	26,60	38,09	36,52	36,87	44,34	37,80
	6,5	26,95	37,21	35,41	36,38	44,53	41,65
	7,5	27,60	36,39	34,23	36,06	44,98	43,05
	8,5	28,60	36,73	34,35	35,99	45,24	38,58
	9,5	29,90	37,33	34,71	36,14	45,82	38,35
	10,5	31,40	38,01	35,26	36,43	46,53	38,86
	11,5	32,95	38,79	36,18	36,87	47,58	38,83
	12,5	34,30	39,41	36,97	38,88	48,42	39,59
	13,5	35,25	40,16	37,62	40,66	48,69	39,84
	14,5	35,75	40,91	38,13	40,48	49,50	40,39
	15,5	35,75	41,53	38,59	41,18	50,36	40,67
	16,5	35,30	41,94	38,95	42,10	50,97	40,90
	17,5	34,45	41,99	39,11	42,46	51,36	46,46
	18,5	33,30	41,62	38,97	44,49	52,26	48,12
	19,5	32,10	40,95	38,56	47,41	51,87	41,88
20,5	31,00	41,43	38,03	48,66	49,39	41,17	
21,5	30,00	42,82	39,03	46,53	48,42	40,85	
22,5	29,15	42,20	39,96	42,71	48,14	40,16	
23,5	28,50	40,57	38,85	41,26	47,52	40,50	
	Média	30,61	39,73	37,38	40,24	47,61	40,42

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O A L E G R E	0,5	27,95	36,38	35,03	35,95	40,83	36,13
	1,5	27,50	35,87	34,75	35,01	40,29	35,91
	2,5	27,10	35,40	34,25	34,42	39,91	35,49
	3,5	26,75	35,05	33,92	33,63	39,47	35,23
	4,5	26,55	34,67	33,54	33,09	39,13	34,89
	5,5	26,60	34,43	33,30	32,56	38,83	34,66
	6,5	26,95	33,72	32,41	32,22	38,98	37,82
	7,5	27,60	33,18	31,58	32,06	39,39	39,03
	8,5	28,60	33,60	31,86	32,18	39,73	35,60
	9,5	29,90	34,28	32,36	32,56	40,30	35,51
	10,5	31,40	35,11	33,12	33,15	41,02	36,04
	11,5	32,95	36,01	34,18	33,91	42,20	36,23
	12,5	34,30	36,77	35,11	35,98	43,18	36,89
	13,5	35,25	37,58	35,86	37,64	43,51	37,25
	14,5	35,75	38,32	36,42	37,53	44,22	37,76
	15,5	35,75	38,86	36,85	38,16	44,93	38,00
	16,5	35,30	39,14	37,09	38,80	45,39	38,20
	17,5	34,45	39,07	37,12	38,95	45,59	42,51
	18,5	33,30	38,60	36,86	40,24	46,16	43,84
	19,5	32,10	37,90	36,35	42,49	45,27	38,62
20,5	31,00	38,11	35,73	43,59	43,30	37,77	
21,5	30,00	38,88	36,32	40,92	42,95	37,70	
22,5	29,15	37,80	36,75	37,59	42,29	37,03	
23,5	28,50	36,48	35,54	36,91	41,62	37,03	
	Média	30,61	36,47	34,85	36,23	42,02	37,30

### I.5. Temperaturas internas da habitação em Porto Velho/RO

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA	Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O V E L H O	0,5	23,80	31,16	31,91	32,29	35,77	29,97
	1,5	23,15	30,48	31,07	31,34	34,92	29,95
	2,5	23,05	29,87	30,52	30,48	34,31	29,46
	3,5	22,60	29,23	29,85	29,61	33,65	29,24
	4,5	22,35	28,63	29,27	28,86	33,07	28,87
	5,5	22,45	28,14	28,78	28,20	32,57	28,62
	6,5	22,90	27,06	27,65	27,66	32,52	32,18
	7,5	23,75	25,95	26,46	27,26	32,65	33,20
	8,5	25,10	25,96	26,35	27,07	32,55	28,75
	9,5	26,85	26,53	26,67	27,17	32,79	28,66
	10,5	28,85	27,53	27,39	27,58	33,36	29,43
	11,5	30,90	28,92	28,75	28,31	34,44	29,46
	12,5	32,65	30,18	30,22	30,51	35,48	30,16
	13,5	33,90	31,06	31,20	32,45	36,14	30,62
	14,5	34,60	31,72	31,84	32,73	37,31	31,10
	15,5	34,60	32,30	32,41	34,16	38,47	31,18
	16,5	34,00	32,72	32,89	36,01	39,69	31,45
	17,5	33,40	33,03	33,32	37,39	40,99	36,41
	18,5	31,90	33,06	33,45	39,15	42,34	37,70
	19,5	29,75	32,69	33,11	40,84	42,06	32,11
20,5	28,25	33,46	34,40	39,59	39,83	31,69	
21,5	26,95	34,66	35,84	35,67	38,56	31,75	
22,5	25,80	33,55	34,29	33,94	37,63	31,17	
23,5	24,95	31,91	32,72	33,47	36,71	30,88	
Média	27,77	30,41	30,85	32,16	36,16	31,00	

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O V E L H O	0,5	23,80	29,70	30,26	30,07	33,57	29,16
	1,5	23,15	28,97	29,55	29,21	32,78	28,89
	2,5	23,05	28,41	29,01	28,40	32,19	28,49
	3,5	22,60	27,79	28,38	27,66	31,55	28,17
	4,5	22,35	27,20	27,81	26,95	30,99	27,80
	5,5	22,45	26,79	27,41	26,45	30,55	27,57
	6,5	22,90	25,95	26,47	26,07	30,54	30,67
	7,5	23,75	25,18	25,58	25,91	30,75	31,59
	8,5	25,10	25,39	25,70	26,02	30,82	27,94
	9,5	26,85	26,19	26,26	26,47	31,26	28,02
	10,5	28,85	27,51	27,34	27,26	32,03	28,81
	11,5	30,90	29,03	28,85	28,28	33,25	29,16
	12,5	32,65	30,23	30,23	30,45	34,39	30,00
	13,5	33,90	31,21	31,32	32,28	35,16	30,50
	14,5	34,60	31,95	32,06	32,71	36,29	30,98
	15,5	34,60	32,47	32,57	33,94	37,35	31,16
	16,5	34,00	32,79	32,92	35,34	38,41	31,37
	17,5	33,40	32,98	33,21	36,46	39,48	35,51
	18,5	31,90	32,78	33,08	37,62	40,53	36,48
	19,5	29,75	32,10	32,36	38,59	39,93	31,56
20,5	28,25	32,40	32,88	36,91	37,45	30,99	
21,5	26,95	33,23	33,99	33,55	36,07	30,53	
22,5	25,80	32,14	32,84	32,26	35,33	29,85	
23,5	24,95	30,50	31,13	31,28	34,46	29,96	
	Média	27,77	29,70	30,05	30,84	34,38	30,22

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O V E L H O	0,5	23,80	31,90	32,00	35,06	37,26	31,28
	1,5	23,15	31,01	31,34	33,25	36,43	31,06
	2,5	23,05	30,27	30,44	32,06	35,80	30,45
	3,5	22,60	29,53	29,82	30,89	35,18	30,12
	4,5	22,35	28,86	29,12	29,91	34,64	29,64
	5,5	22,45	28,33	28,64	29,10	34,19	29,32
	6,5	22,90	27,23	27,45	28,45	34,22	33,19
	7,5	23,75	26,03	26,09	27,97	34,49	34,69
	8,5	25,10	25,91	25,85	27,74	34,49	30,30
	9,5	26,85	26,45	26,09	27,84	34,75	30,10
	10,5	28,85	27,42	26,74	28,29	35,29	30,73
	11,5	30,90	28,57	27,93	28,99	36,35	30,67
	12,5	32,65	29,65	29,33	31,20	37,42	31,28
	13,5	33,90	30,87	30,73	33,44	38,12	31,54
	14,5	34,60	31,95	31,83	34,19	39,31	32,00
	15,5	34,60	32,82	32,74	35,90	40,57	32,21
	16,5	34,00	33,51	33,50	37,85	41,74	32,49
	17,5	33,40	34,00	34,14	39,35	42,86	38,66
	18,5	31,90	34,03	34,31	42,07	44,32	40,79
	19,5	29,75	33,48	33,81	45,25	44,14	34,41
20,5	28,25	34,18	33,04	46,62	41,69	33,87	
21,5	26,95	35,57	33,89	43,87	40,39	33,67	
22,5	25,80	34,59	34,54	39,11	39,57	32,75	
23,5	24,95	32,88	32,93	36,77	38,46	32,52	
	Média	27,77	30,79	30,68	34,38	37,99	32,41



Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O V E L H O	0,5	23,80	29,93	29,97	31,45	34,20	29,82
	1,5	23,15	29,08	29,30	29,77	33,38	29,41
	2,5	23,05	28,38	28,55	28,84	32,83	28,89
	3,5	22,60	27,69	27,94	27,71	32,19	28,46
	4,5	22,35	27,06	27,31	26,95	31,68	27,97
	5,5	22,45	26,64	26,94	26,32	31,29	27,67
	6,5	22,90	25,76	25,95	25,95	31,36	31,01
	7,5	23,75	24,93	24,98	25,82	31,67	32,35
	8,5	25,10	25,15	25,10	26,00	31,83	28,62
	9,5	26,85	25,97	25,66	26,55	32,36	28,59
	10,5	28,85	27,18	26,61	27,39	33,14	29,45
	11,5	30,90	28,55	28,05	28,42	34,36	29,75
	12,5	32,65	29,85	29,61	30,76	35,56	30,54
	13,5	33,90	31,16	31,07	32,92	36,38	31,05
	14,5	34,60	32,25	32,21	33,71	37,54	31,59
	15,5	34,60	33,06	33,03	35,16	38,62	31,81
	16,5	34,00	33,55	33,56	36,60	39,61	32,03
	17,5	33,40	33,82	33,95	37,66	40,59	36,88
	18,5	31,90	33,50	33,76	39,49	41,66	38,50
	19,5	29,75	32,61	32,94	41,59	41,03	33,19
20,5	28,25	32,86	32,08	42,23	38,62	32,40	
21,5	26,95	33,78	32,43	38,92	37,28	32,14	
22,5	25,80	32,76	32,57	34,79	36,27	31,24	
23,5	24,95	30,96	31,02	33,34	35,25	30,88	
	Média	27,77	29,85	29,77	32,01	35,36	31,01

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O V E L H O	0,5	23,80	31,33	31,57	34,70	37,40	30,64
	1,5	23,15	30,63	31,10	33,51	36,67	30,69
	2,5	23,05	30,16	30,37	32,67	36,13	30,23
	3,5	22,60	29,61	29,95	31,70	35,57	30,03
	4,5	22,35	29,10	29,39	30,84	35,06	29,65
	5,5	22,45	28,68	29,02	30,12	34,64	29,43
	6,5	22,90	27,70	27,84	29,51	34,68	33,27
	7,5	23,75	26,63	26,60	29,05	34,92	34,60
	8,5	25,10	26,57	26,54	28,79	34,91	30,11
	9,5	26,85	26,98	26,72	28,80	35,18	29,83
	10,5	28,85	27,65	27,21	29,08	35,70	30,47
	11,5	30,90	28,51	28,17	29,64	36,71	30,54
	12,5	32,65	29,37	29,13	31,77	37,76	31,18
	13,5	33,90	30,25	30,05	33,77	38,41	31,46
	14,5	34,60	30,99	30,77	34,10	39,55	31,82
	15,5	34,60	31,64	31,42	35,55	40,70	31,92
	16,5	34,00	32,20	32,06	37,32	41,79	32,13
	17,5	33,40	32,58	32,66	38,50	42,84	37,79
	18,5	31,90	32,61	32,89	40,87	44,07	39,44
	19,5	29,75	32,18	32,53	43,66	43,74	33,18
20,5	28,25	33,14	31,85	44,78	41,31	32,60	
21,5	26,95	34,58	32,86	42,16	40,04	32,61	
22,5	25,80	33,56	33,73	37,63	39,32	32,04	
23,5	24,95	32,11	32,31	35,72	38,44	31,76	
	Média	27,77	30,37	30,28	34,34	38,15	31,98

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O V E L H O	0,5	23,80	29,65	29,79	31,45	34,38	29,54
	1,5	23,15	29,01	29,32	30,22	33,66	29,27
	2,5	23,05	28,53	28,74	29,55	33,16	28,89
	3,5	22,60	27,98	28,25	28,57	32,58	28,56
	4,5	22,35	27,46	27,73	27,87	32,08	28,19
	5,5	22,45	27,11	27,41	27,26	31,71	27,97
	6,5	22,90	26,31	26,50	26,89	31,78	31,28
	7,5	23,75	25,55	25,59	26,71	32,07	32,48
	8,5	25,10	25,74	25,71	26,80	32,21	28,74
	9,5	26,85	26,40	26,18	27,20	32,67	28,62
	10,5	28,85	27,44	27,08	27,92	33,42	29,40
	11,5	30,90	28,59	28,30	28,87	34,65	29,77
	12,5	32,65	29,55	29,36	31,02	35,80	30,58
	13,5	33,90	30,54	30,38	32,93	36,57	31,07
	14,5	34,60	31,37	31,20	33,42	37,69	31,51
	15,5	34,60	31,97	31,82	34,67	38,74	31,59
	16,5	34,00	32,37	32,29	36,01	39,69	31,72
	17,5	33,40	32,62	32,71	36,92	40,52	36,21
	18,5	31,90	32,42	32,66	38,56	41,42	37,44
	19,5	29,75	31,62	31,91	40,44	40,70	32,19
20,5	28,25	31,91	31,10	41,00	38,24	31,42	
21,5	26,95	32,99	31,69	37,87	36,93	30,92	
22,5	25,80	32,14	32,08	33,92	36,12	30,26	
23,5	24,95	30,53	30,69	32,78	35,31	30,46	
	Média	27,77	29,58	29,52	32,04	35,50	30,75

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O V E L H O	0,5	23,80	32,94	33,21	36,35	40,34	32,03
	1,5	23,15	32,49	32,98	35,35	39,89	32,14
	2,5	23,05	32,22	32,44	34,72	39,59	31,76
	3,5	22,60	31,91	32,18	33,98	39,24	31,77
	4,5	22,35	31,62	31,80	33,30	38,91	31,45
	5,5	22,45	31,42	31,58	32,74	38,66	31,34
	6,5	22,90	30,61	30,45	32,25	38,88	35,37
	7,5	23,75	29,69	29,21	31,89	39,29	36,80
	8,5	25,10	29,77	29,25	31,70	39,36	32,27
	9,5	26,85	30,17	29,41	31,75	39,68	32,01
	10,5	28,85	30,66	29,71	32,00	40,20	32,52
	11,5	30,90	31,28	30,42	32,38	41,15	32,50
	12,5	32,65	31,86	31,12	34,50	41,95	33,04
	13,5	33,90	32,45	31,76	36,22	42,19	33,17
	14,5	34,60	32,92	32,29	35,78	42,91	33,51
	15,5	34,60	33,28	32,72	36,64	43,63	33,62
	16,5	34,00	33,54	33,05	37,66	44,17	33,73
	17,5	33,40	33,72	33,36	38,18	44,72	40,90
	18,5	31,90	33,60	33,41	40,43	45,88	42,71
	19,5	29,75	33,11	32,99	43,34	45,70	34,70
20,5	28,25	34,04	32,53	44,71	43,48	34,28	
21,5	26,95	35,62	33,80	42,64	42,61	34,38	
22,5	25,80	34,90	34,84	38,77	42,30	33,79	
23,5	24,95	33,67	33,74	37,28	41,69	33,54	
	Média	27,77	32,40	32,01	36,02	41,52	33,89

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
P O R T O V E L H O	0,5	23,80	30,55	30,58	32,34	36,02	30,44
	1,5	23,15	30,14	30,32	31,28	35,47	30,28
	2,5	23,05	29,86	29,93	30,74	35,14	29,96
	3,5	22,60	29,50	29,57	29,90	34,71	29,70
	4,5	22,35	29,18	29,18	29,30	34,35	29,39
	5,5	22,45	29,00	28,98	28,77	34,08	29,22
	6,5	22,90	28,34	28,12	28,41	34,25	32,50
	7,5	23,75	27,72	27,27	28,23	34,67	33,75
	8,5	25,10	28,00	27,45	28,32	34,92	30,17
	9,5	26,85	28,58	27,86	28,70	35,38	30,05
	10,5	28,85	29,37	28,56	29,37	36,07	30,72
	11,5	30,90	30,32	29,56	30,24	37,26	30,97
	12,5	32,65	31,16	30,47	32,19	38,23	31,72
	13,5	33,90	31,88	31,30	33,74	38,63	32,22
	14,5	34,60	32,42	31,93	33,88	39,38	32,61
	15,5	34,60	32,80	32,39	34,67	40,02	32,56
	16,5	34,00	32,96	32,62	35,39	40,44	32,61
	17,5	33,40	33,04	32,81	35,84	40,86	37,50
	18,5	31,90	32,70	32,60	37,34	41,69	38,75
	19,5	29,75	31,90	31,89	39,36	41,11	33,03
20,5	28,25	32,29	31,30	40,28	38,99	32,36	
21,5	26,95	33,45	32,07	37,66	38,19	31,75	
22,5	25,80	32,74	32,62	34,25	37,67	31,07	
23,5	24,95	31,29	31,36	33,49	37,01	31,48	
	Média	27,77	30,80	30,45	32,65	37,27	31,87

### I.6. Temperaturas internas da habitação em São Paulo/SP

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
S Ã O P A U L O	0,5	21,90	28,88	28,72	28,90	33,63	30,14
	1,5	21,45	28,22	28,06	28,15	32,93	30,03
	2,5	20,90	27,56	27,52	27,34	32,30	29,53
	3,5	20,50	26,96	26,95	26,61	31,72	29,21
	4,5	19,95	26,35	26,41	25,92	31,15	28,81
	5,5	19,25	25,74	25,86	25,23	30,58	28,43
	6,5	19,45	24,65	24,74	24,70	30,49	31,77
	7,5	20,95	23,98	23,84	24,53	30,83	32,79
	8,5	23,15	24,89	24,37	24,80	31,32	28,49
	9,5	25,30	26,35	25,41	25,43	32,34	28,60
	10,5	27,25	27,96	26,82	26,37	33,52	29,97
	11,5	28,85	29,40	28,37	27,38	34,92	30,19
	12,5	29,75	30,27	29,36	29,63	35,98	30,79
	13,5	30,60	31,03	30,13	31,70	36,54	31,26
	14,5	31,30	31,70	30,90	32,00	37,59	31,80
	15,5	31,15	32,18	31,52	33,26	38,63	31,95
	16,5	30,65	32,47	31,92	34,81	39,62	32,25
	17,5	29,95	32,56	31,99	35,54	40,37	37,19
	18,5	27,60	32,09	31,46	36,39	40,98	38,35
	19,5	25,10	31,06	30,42	37,34	40,01	32,49
20,5	24,00	31,37	31,10	35,75	37,20	31,83	
21,5	22,90	32,31	32,37	31,96	35,92	31,46	
22,5	22,50	31,05	31,02	30,48	35,32	30,81	
23,5	22,40	29,39	29,43	29,97	34,39	31,02	
	Média	24,87	29,10	28,70	29,76	34,93	31,22

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ALVENARIA		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
S Ã O P A U L O	0,5	21,90	27,41	27,36	26,90	31,33	28,70
	1,5	21,45	26,76	26,76	26,29	30,63	28,41
	2,5	20,90	26,09	26,16	25,45	30,03	27,91
	3,5	20,50	25,51	25,64	24,82	29,44	27,57
	4,5	19,95	24,90	25,08	24,14	28,88	27,12
	5,5	19,25	24,27	24,50	23,46	28,28	26,71
	6,5	19,45	23,40	23,53	23,05	28,22	29,59
	7,5	20,95	23,09	22,99	23,19	28,67	30,56
	8,5	23,15	24,16	23,78	23,82	29,34	27,38
	9,5	25,30	25,73	24,98	24,81	30,54	27,75
	10,5	27,25	27,44	26,52	26,00	31,83	28,66
	11,5	28,85	28,96	28,16	27,17	33,23	29,11
	12,5	29,75	29,87	29,16	29,28	34,32	29,81
	13,5	30,60	30,65	29,98	31,09	34,90	30,34
	14,5	31,30	31,36	30,78	31,48	35,84	30,92
	15,5	31,15	31,77	31,30	32,53	36,77	31,07
	16,5	30,65	31,95	31,55	33,67	37,69	31,32
	17,5	29,95	31,94	31,49	34,15	38,26	35,58
	18,5	27,60	31,14	30,60	34,31	38,47	36,39
	19,5	25,10	29,87	29,34	34,54	36,99	30,87
20,5	24,00	29,88	29,72	32,60	34,34	30,06	
21,5	22,90	30,42	30,53	29,37	33,33	29,89	
22,5	22,50	29,29	29,31	28,56	32,75	29,28	
23,5	22,40	27,87	27,91	27,84	32,01	29,30	
	Média	24,87	28,07	27,80	28,27	32,75	29,76

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
S Ã O P A U L O	0,5	21,90	30,26	29,30	32,04	36,02	32,65
	1,5	21,45	29,46	28,83	30,41	35,25	32,37
	2,5	20,90	28,63	28,05	29,31	34,60	31,60
	3,5	20,50	27,93	27,56	28,23	34,02	31,18
	4,5	19,95	27,25	26,93	27,35	33,46	30,59
	5,5	19,25	26,59	26,42	26,47	32,91	30,11
	6,5	19,45	25,48	25,24	25,82	32,88	33,64
	7,5	20,95	24,73	24,15	25,57	33,31	35,09
	8,5	23,15	25,50	24,46	25,77	33,78	31,06
	9,5	25,30	26,82	25,32	26,34	34,61	31,09
	10,5	27,25	28,26	26,46	27,21	35,67	32,10
	11,5	28,85	29,60	27,87	28,23	37,18	32,38
	12,5	29,75	30,70	29,12	30,74	38,44	33,24
	13,5	30,60	32,03	30,26	33,12	39,14	33,87
	14,5	31,30	33,42	31,23	33,68	40,43	34,74
	15,5	31,15	34,52	31,96	35,17	41,75	35,20
	16,5	30,65	35,17	32,46	36,77	42,78	35,45
	17,5	29,95	35,24	32,66	37,50	43,44	41,65
	18,5	27,60	34,54	32,22	39,46	44,20	43,63
	19,5	25,10	33,31	31,26	42,15	43,35	36,64
20,5	24,00	33,36	30,28	43,13	40,54	35,70	
21,5	22,90	34,23	30,95	40,18	39,14	35,47	
22,5	22,50	33,11	31,53	35,62	38,23	34,41	
23,5	22,40	31,21	30,04	33,57	37,12	34,01	
	Média	24,87	30,47	28,94	32,24	37,59	34,08



Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA+Pcim		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
S Ã O P A U L O	0,5	21,90	28,06	27,34	28,46	32,51	29,92
	1,5	21,45	27,26	26,87	27,05	31,75	29,38
	2,5	20,90	26,47	26,14	26,14	31,17	28,72
	3,5	20,50	25,84	25,66	25,15	30,56	28,22
	4,5	19,95	25,19	25,09	24,43	30,03	27,65
	5,5	19,25	24,54	24,52	23,60	29,43	27,12
	6,5	19,45	23,64	23,50	23,16	29,44	30,20
	7,5	20,95	23,29	22,86	23,29	29,96	31,54
	8,5	23,15	24,32	23,57	23,99	30,62	28,39
	9,5	25,30	25,85	24,73	25,00	31,69	28,66
	10,5	27,25	27,46	26,10	26,20	32,91	29,53
	11,5	28,85	28,91	27,64	27,45	34,46	30,06
	12,5	29,75	30,05	28,93	29,81	35,70	31,07
	13,5	30,60	31,35	30,07	31,94	36,42	31,86
	14,5	31,30	32,63	31,03	32,52	37,61	32,76
	15,5	31,15	33,49	31,61	33,64	38,66	33,13
	16,5	30,65	33,93	31,89	34,73	39,47	33,33
	17,5	29,95	33,91	31,93	35,16	39,97	38,04
	18,5	27,60	32,95	31,16	36,08	40,20	39,49
	19,5	25,10	31,52	29,94	37,61	38,61	33,23
20,5	24,00	31,27	28,94	38,20	36,14	32,03	
21,5	22,90	31,60	29,10	35,00	35,26	32,30	
22,5	22,50	30,39	29,32	31,20	34,24	31,24	
23,5	22,40	28,81	28,08	30,04	33,37	30,82	
	Média	24,87	28,86	27,75	29,58	34,17	31,20

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
S Ã O P A U L O	0,5	21,90	29,54	29,28	31,83	35,76	30,82
	1,5	21,45	28,97	28,94	30,76	35,13	30,74
	2,5	20,90	28,41	28,27	29,97	34,58	30,21
	3,5	20,50	27,91	27,91	29,06	34,05	29,95
	4,5	19,95	27,38	27,39	28,28	33,55	29,54
	5,5	19,25	26,85	26,93	27,48	33,03	29,19
	6,5	19,45	25,86	25,78	26,86	33,03	32,81
	7,5	20,95	25,17	24,76	26,58	33,44	34,17
	8,5	23,15	25,81	25,06	26,68	33,88	30,00
	9,5	25,30	26,84	25,78	27,07	34,64	29,88
	10,5	27,25	27,90	26,77	27,73	35,51	30,75
	11,5	28,85	28,85	27,85	28,56	36,83	30,92
	12,5	29,75	29,53	28,59	30,90	37,97	31,47
	13,5	30,60	30,33	29,44	33,03	38,54	31,73
	14,5	31,30	31,08	30,30	33,15	39,66	32,31
	15,5	31,15	31,67	30,92	34,34	40,80	32,60
	16,5	30,65	32,13	31,35	35,87	41,72	32,84
	17,5	29,95	32,30	31,55	36,46	42,29	38,63
	18,5	27,60	31,82	31,14	38,15	42,90	40,21
	19,5	25,10	30,87	30,28	40,63	42,10	33,50
20,5	24,00	31,33	29,50	41,54	39,41	32,69	
21,5	22,90	32,60	30,48	38,70	38,17	32,31	
22,5	22,50	31,79	31,29	34,42	37,57	31,64	
23,5	22,40	30,23	29,91	32,79	36,70	31,88	
	Média	24,87	29,38	28,73	32,12	37,14	32,12

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
CCA		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
S Ã O P A U L O	0,5	21,90	27,74	27,49	28,59	32,46	28,87
	1,5	21,45	27,16	27,13	27,55	31,78	28,58
	2,5	20,90	26,55	26,51	26,88	31,26	28,06
	3,5	20,50	26,06	26,10	25,98	30,71	27,74
	4,5	19,95	25,51	25,59	25,31	30,20	27,29
	5,5	19,25	24,93	25,06	24,50	29,64	26,89
	6,5	19,45	24,09	24,09	24,05	29,65	30,00
	7,5	20,95	23,75	23,47	24,12	30,16	31,28
	8,5	23,15	24,64	24,09	24,68	30,77	28,00
	9,5	25,30	25,89	25,09	25,49	31,73	28,13
	10,5	27,25	27,15	26,30	26,53	32,80	28,88
	11,5	28,85	28,27	27,52	27,61	34,20	29,26
	12,5	29,75	29,07	28,40	29,72	35,33	29,97
	13,5	30,60	29,93	29,31	31,62	35,93	30,44
	14,5	31,30	30,73	30,17	32,00	36,96	31,03
	15,5	31,15	31,23	30,71	33,00	37,98	31,21
	16,5	30,65	31,53	30,99	34,05	38,79	31,41
	17,5	29,95	31,56	31,03	34,41	39,13	36,16
	18,5	27,60	30,67	30,24	35,21	39,32	37,28
	19,5	25,10	29,48	29,11	36,64	37,90	31,27
20,5	24,00	29,77	28,38	37,27	35,42	30,29	
21,5	22,90	30,51	28,82	34,12	34,52	30,09	
22,5	22,50	29,57	29,25	30,42	33,81	29,47	
23,5	22,40	28,25	28,13	29,71	33,19	29,59	
	Média	24,87	28,09	27,62	29,56	33,90	30,05

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Periodo: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan			Dia Típico de verão - 13/01/1999		
INFILTRAÇÃO 1,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb. Ext.	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
S Ã O P A U L O	0,5	21,90	32,49	31,23	33,95	40,12	33,72
	1,5	21,45	32,21	31,09	33,02	39,70	33,69
	2,5	20,90	31,81	30,54	32,40	39,32	33,28
	3,5	20,50	31,48	30,30	31,67	38,94	33,08
	4,5	19,95	31,14	29,93	31,02	38,58	32,74
	5,5	19,25	30,77	29,59	30,35	38,20	32,46
	6,5	19,45	29,92	28,51	29,83	38,35	36,24
	7,5	20,95	29,29	27,51	29,63	38,90	37,69
	8,5	23,15	29,84	27,83	29,76	39,34	33,35
	9,5	25,30	30,60	28,34	30,10	40,10	33,20
	10,5	27,25	31,33	28,91	30,54	40,92	33,78
	11,5	28,85	32,06	29,68	31,06	42,01	33,78
	12,5	29,75	32,56	30,25	33,24	42,83	34,59
	13,5	30,60	33,20	30,80	35,04	43,09	34,83
	14,5	31,30	33,90	31,31	34,59	43,91	35,37
	15,5	31,15	34,38	31,70	35,25	44,70	35,61
	16,5	30,65	34,61	31,95	36,13	45,22	35,77
	17,5	29,95	34,55	32,06	36,42	45,54	41,33
	18,5	27,60	33,99	31,67	38,24	46,28	42,91
	19,5	25,10	33,14	31,00	40,86	45,69	36,52
20,5	24,00	33,68	30,53	42,07	43,19	35,77	
21,5	22,90	35,08	31,60	39,88	42,23	35,16	
22,5	22,50	34,53	32,61	36,12	41,99	34,44	
23,5	22,40	33,11	31,65	34,81	41,44	35,20	
	Média	24,87	32,49	30,44	34,00	41,69	35,19

Temperaturas (°C) das Zonas da Edificação após Simulação							
ISOLITE		Período: Sab 09 Jan a Qui 15 Jan		Dia Típico de verão - 13/01/1999			
INFILTRAÇÃO 3,0 ren / h - VENTILAÇÃO 0,0 ren / h							
Cid.	Tempo	Amb, Ext,	Quarto_S	Quarto_C	Sala	Cozinha	Banho
S Ã O P A U L O	0,5	21,90	29,61	28,44	29,76	34,89	30,61
	1,5	21,45	29,17	28,20	28,84	34,35	30,38
	2,5	20,90	28,72	27,72	28,25	33,96	29,95
	3,5	20,50	28,38	27,45	27,45	33,50	29,66
	4,5	19,95	27,95	27,02	26,85	33,10	29,26
	5,5	19,25	27,53	26,59	26,11	32,62	28,90
	6,5	19,45	26,83	25,71	25,70	32,71	31,90
	7,5	20,95	26,56	25,18	25,74	33,28	33,20
	8,5	23,15	27,32	25,77	26,23	33,94	30,16
	9,5	25,30	28,26	26,54	26,93	34,79	30,26
	10,5	27,25	29,22	27,43	27,78	35,72	30,85
	11,5	28,85	30,10	28,42	28,70	37,00	31,09
	12,5	29,75	30,74	29,12	30,57	37,90	31,65
	13,5	30,60	31,48	29,79	32,08	38,19	32,00
	14,5	31,30	32,21	30,41	32,15	38,96	32,66
	15,5	31,15	32,60	30,74	32,77	39,57	32,88
	16,5	30,65	32,72	30,87	33,36	39,94	32,98
	17,5	29,95	32,59	30,88	33,48	40,17	37,52
	18,5	27,60	31,77	30,17	34,38	40,40	38,72
	19,5	25,10	30,71	29,24	36,11	39,02	32,77
20,5	24,00	31,00	28,72	37,08	37,11	31,85	
21,5	22,90	31,75	29,32	34,34	36,86	32,06	
22,5	22,50	30,81	29,88	31,12	36,22	31,41	
23,5	22,40	29,74	28,93	30,73	35,66	31,44	
	Média	24,87	29,91	28,44	30,27	36,24	31,84

## II. GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS

ACLIMATAÇÃO – Ajuste gradual dos seres vivos a condições climáticas diferentes das quais eles estão acostumados.

BIOCLIMATOLOGIA – É a ciência que estuda a aplicação dos estudos do clima (climatologia) às relações com os seres vivos.

CLIMATOLOGIA – O estudo do clima. Inclui os dados climáticos, e a análise das causas das diferenças no clima e a aplicação de dados climáticos na solução de objetivos específicos ou problemas operacionais.

CLO – Unidade de medida utilizada para medir os índices de resistência térmica total das vestimentas  $\Rightarrow 1 \text{ CLO} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ .

EQUADOR – Círculo geográfico a zero graus de latitude na superfície da Terra. É a linha imaginária que divide o planeta em Hemisfério Norte e Hemisfério Sul, sendo equidistante dos pólos Norte e Sul.

EQUINÓCIO – É a posição em que a Terra se encontra em relação ao Sol nos dias 23 de setembro e 21 de março. Por exemplo, dizemos que no dia 23 de setembro é equinócio de primavera no hemisfério sul e equinócio de outono no hemisfério norte.

GROUTE – É um tipo de argamassa apresentada sob forma sólida de pó granuloso, de pega rápida, de alta resistência inicial e final, utilizada na colocação de chumbadores, placas de apoio, ligação e colagem de partes pré-moldadas e reparos estruturais.

**INSERT METÁLICO** – Peça de aço que serve para fixação de um painel do sistema de fechamento à estrutura metálica da edificação.

**METABOLISMO HUMANO** – É a taxa de produção de energia do corpo humano com resultado da reação exotérmica de oxidação dos “alimentos”, por unidade de área superficial do corpo. A taxa de calor metabólico produzido pelo corpo é mais precisamente medida pela taxa de consumo de oxigênio respirado e a produção de dióxido de carbono. Uma Segunda forma de medição, menos precisa, é pelas batidas cardíacas.

**PRECIPITAÇÃO** – A ação dos raios solares e do vento sobre as águas da superfície terrestre provoca o fenômeno da evaporação, que é a passagem da água do estado líquido para o estado de vapor. Devido a evaporação uma quantidade enorme de gotículas de água fica em suspensão na atmosfera, gotículas de água se concentram, formando nuvens. Ao se resfriar, a água das nuvens se precipita, em forma de chuva, por isso a chuva é um tipo de precipitação pluvial. A quantidade de chuva que cai num lugar num certo tempo é medida pelo pluviômetro e registrada pelo pluviógrafo. Considera-se Precipitação todas as formas de água, líquida ou sólida, que caem das nuvens, alcançando o solo: garoa, garoa gelada, chuva fria, granizo, cristais de gelo, bolas de gelo, chuva, neve, bolas de neve e partículas de neve.

**RENOVAÇÕES por HORA (REN/H)** – É a taxa utilizada na determinação de quantas vezes o volume de ar de um certo ambiente é renovado no período de uma hora.

**RESISTÊNCIA TÉRMICA** – É a dificuldade imposta à passagem do calor pelo meio.

**SOLSTÍCIO** – É a posição em que a Terra se encontra em relação ao Sol nos dias 22 de dezembro e 22 de junho. Por exemplo, dizemos que no dia 22 de dezembro é solstício de verão no hemisfério sul e solstício de inverno no hemisfério norte.

SUDAÇÃO – A sudação é um dos mecanismos termorreguladores existente para a regulação da temperatura do corpo humano, o qual é necessário para manter a temperatura corpórea constante.

TARDOZ – Superfície de aderência do ladrilho a argamassa, destinada ao seu assentamento sobre o contra piso.

TEMPERATURA de BULBO SECO (TBS) – É a temperatura real do ar medida pelo termômetro comum com o bulbo seco.

TEMPERATURA de BULBO ÚMIDO (TBU) – É a temperatura do ar medida por um termômetro comum com o bulbo envolvido por um tecido umedecido.

TEMPERATURA MÉDIA RADIANTE ( $T_r$ ) – É a temperatura uniforme de um meio constituído de superfícies negras, com o qual a pessoa, também admitida como superfície negra, troca a mesma quantidade de calor por radiação que aquela trocada com o meio real.

TEMPO MÉDIO de GREENWICH (GMT) – Nome usado pelas comunidades científicas e militares para definir as 24 horas do dia. O “Tempo Padrão” começa em Greenwich, Inglaterra, casa do Observatório Real, que primeiro utilizou este método de tempo mundial. Este é também o Principal Meridiano de Longitude. O globo é dividido em 24 (vinte e quatro) zonas de tempo de 15 graus de arco, ou o tempo de uma hora separadamente. Para o leste deste meridiano, as zonas de tempo vão de uma a 12 horas, antecidas pelo sinal menos (-), pois o número de horas deve ser subtraído para se obter o Tempo de Greenwich (GMT). Para o oeste, as zonas de tempo vão de uma a 12 horas, mas são antecidas pelo sinal mais (+), indicando que o número de horas deve ser somado para se obter o GMT. Outros nomes para esta medida de tempo são: Coordenadas Universais do Tempo (UTC) e Zulu (Z).



UMIDADE DO AR – É a quantidade de vapor de água contida na atmosfera. Ao subirem para a atmosfera, as gotículas de água se concentram, formando nuvens, ao se resfriar, a água se precipita, em forma de chuva, por isso, a chuva é um tipo de precipitação de água chamado de precipitação pluvial, o instrumento que mede a umidade do ar é o higrômetro e o que registra é o higrômetro.

UMIDADE RELATIVA – É a umidade verificada entre a pressão de vapor de água na atmosfera e a saturação da pressão de vapor na mesma temperatura. É expressada em percentagem.

VITRIFICAÇÃO – Ação ou efeito de tornar-se aparentemente como vidro.

ZONA BIOCLIMÁTICA – Região de um país com as mesmas características bioclimáticas (relevo, precipitação, temperatura e flora).

ZONA DE AQUECIMENTO ARTIFICIAL – É a zona da carta bioclimática onde é necessário recorrer à estratégias de aquecimento mecânico do ambiente construído.

ZONA DE AQUECIMENTO PASSIVO – É a zona da carta bioclimática onde há necessidade de lançar mão de estratégias arquitetônicas para o aquecimento da edificação, utilizando-se por exemplo de aberturas zenitais controláveis, o emprego de painéis refletores externos, os coletores solares, etc.

ZONA DE AR-CONDICIONADO – É a zona da carta bioclimática onde recomenda-se o uso de condicionadores de ar para a climatização do ambiente construído.

ZONA DE CONFORTO – É a zona da carta bioclimática delimitada por valores de temperatura e umidade, para uma dada região climática, e que representa a situação de conforto térmico para os ocupantes do ambiente construído.

ZONA DE MASSA TÉRMICA PARA AQUECIMENTO – É a zona da carta bioclimática onde há utiliza-se o aumento da massa térmica com ganho solar, visando compensar as baixas temperaturas pelo armazenamento do calor solar, que fica retido nas paredes da edificação e pode ser devolvido para o ambiente construído nos horários mais frios.

ZONA DE MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO – É a zona da carta bioclimática onde utiliza-se a inércia térmica de uma edificação para diminuir a amplitude térmica do ambiente construído em relação a temperatura externa, evitando-se assim os picos de temperatura.

ZONA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO – É a zona da carta bioclimática onde há a necessidade de aplicação de um processo evaporativo (fontes d'água, vegetação) a fim de reduzir a temperatura e simultaneamente aumentar a umidade relativa do ar do ambiente construído.

ZONA DE UMIDIFICAÇÃO – É a zona da carta bioclimática onde utiliza-se a estratégia de umidificação para aumentar a umidade relativa do ar dentro da edificação, visando assim dar melhores condições de conforto térmico ao ambiente construído.

ZONA DE VENTILAÇÃO – É a zona da carta bioclimática onde haverá utiliza-se a estratégia de ventilação com o objetivo de aumentar a taxa de renovação do ar e com isto diminuir a temperatura e a umidade do ar no ambiente construído.

ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO – Divisão do território de um país em regiões com as mesmas características bioclimáticas.