

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
Faculdade de Arquitectura

DAS NORMAS EM CONFORTO TÉRMICO AO PROJECTO DE ARQUITECTURA
Estudo de Caso para Edifícios de Habitação - Zona Bioclimática Brasileira Z3 - Brasil

ROSANA YOSHIDA

Dissertação submetida à Universidade Técnica de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em
Arquitectura Bioclimática

BANCA EXAMINADORA:

Doutor João Pedro do Carmo Fialho – presidente
Professor Auxiliar da Faculdade de Arquitectura da UTL

Doutor Helder José Perdigão Gonçalves – vogal e orientador
Investigador Principal do INETI, Departamento de Energias Renováveis

Doutor Jorge Manuel Tavares Ribeiro – vogal
Professor Auxiliar da Faculdade de Arquitectura da UTL

Co-orientadores:
Prof. Doutor Roberto Lamberts
LABEEE / UFSC
Laboratório em Eficiência Energética dos Edifícios - Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil

Prof.a. Dra. Paula San Payo Cadima
Universidade Técnica de Lisboa

LISBOA, MAIO DE 2006

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
Faculdade de Arquitectura

DAS NORMAS EM CONFORTO TÉRMICO AO PROJECTO DE ARQUITECTURA
Estudo de Caso para Edifícios de Habitação - Zona Bioclimática Brasileira Z3 - Brasil

ROSANA YOSHIDA

Dissertação submetida à Universidade Técnica de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em
Arquitectura Bioclimática

BANCA EXAMINADORA:

Doutor João Pedro do Carmo Fialho – presidente
Professor Auxiliar da Faculdade de Arquitectura da UTL

Doutor Helder José Perdigão Gonçalves – vogal e orientador
Investigador Principal do INETI, Departamento de Energias Renováveis

Doutor Jorge Manuel Tavares Ribeiro – vogal
Professor Auxiliar da Faculdade de Arquitectura da UTL

Co-orientadores:
Prof. Doutor Roberto Lamberts
LABEEE / UFSC
Laboratório em Eficiência Energética dos Edifícios - Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil

Prof.a. Dra. Paula San Payo Cadima
Universidade Técnica de Lisboa

LISBOA, MAIO DE 2006

RESUMO

Entende-se que o processo criativo de concepção dos edifícios tende a um condicionamento das questões do custo e da forma. Por outro lado é inquestionável o facto de que esta prática fundamenta-se numa série de determinantes sociais, económicas e culturais. Neste sentido, defendeu-se a necessidade de compreensão, e não de mudança, dessa realidade por forma a viabilizar caminhos em busca de melhores níveis de conforto ambiental. Como Estudo de Caso foram analisados os edifícios de habitação de uma cidade pertencente à Zona Bioclimática Z3, São Paulo. Desenvolveu-se a uma pesquisa acerca da prática profissional, bem como à identificação de tipologias de habitação. A partir desse processo identificou-se um modelo a ser utilizado no estudo paramétrico, etapa subsequente. O método de simulação paramétrica, através do software *EnergyPlus*, teve como objectivo de identificar a sensibilidade de alguns parâmetros como orientação e ventilação natural, face ao clima em estudo. A partir dos resultados obtidos em outros estudos científicos (revisão bibliográfica) e dos resultados conseguidos a partir do estudo paramétrico, procedeu-se a uma análise qualitativa de conforto térmico, nas tipologias identificadas anteriormente, consoante as potencialidades específicas de cada caso. A partir dessa análise, discorreu-se sobre a aplicabilidade da Norma em Desempenho térmico de edificações ABNT NBR 15220.

Palavras chaves: Prática profissional, Tipologias, Conforto Térmico, Normas, Estudo Paramétrico, Zona Bioclimática Z3.

ABSTRACT

The creative process of projecting buildings tends to attempt for the questions of form and costs. By the other hand there is no doubt that this practice is based on social, economical and cultural aspects. From this point of view it was defended the need of comprehension, instead of changing this reality, in order to promote better level of comfort. The case study was the typical houses of the Sao Paulo city, an example of a Brazilian Bioclimatic Zone Z3. It was developed a research about the professional practice and the identification of typical houses. It was evidenced a model to be used in the parametrical study, following step. The parametrical study method by using the *EnergyPlus* software intended to search for the influence of some parameters such as natural ventilation and orientation in the thermal performance, facing the climate of Sao Paulo city. The results of this parametrical study and the results achieved by other researches (bibliographical revision) allowed the development of an analyses exercise about the Thermal comfort level of the typologies. Finally it was discussed the applicability of the Normalization in Thermal Performance of Buildings ABNT NBR 15220.

Keywords: professional practice, typology, thermal comfort, normalization, parametrical study, Bioclimatic Zone Z3.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, **Helder Gonçalves**, pela sua constante motivação e pelos seus ensinamentos. Agradeço o precioso apoio que recebi, desde nossas primeiras conversas acerca do tema deste trabalho, durante todos os momentos de dificuldades e definições, até o processo de revisão final. Serei sempre grata por tê-lo tido como guia nesta jornada.

Agradeço ao **Roberto Lamberts**, meu co-orientador, pelo apoio e orientação durante todo o período em que estive desenvolvendo esse trabalho no Brasil. Sou muito grata pela sua paciência e ensinamentos durante toda a fase de compreensão das simulações com o *EnergyPlus*.

Sou grata também ao **Fernando Whestphal**, pela sua pronta ajuda nas simulações com o *EnergyPlus*, agradeço ao **Enedir Guisi** por nossas conversas no processo inicial deste trabalho, e estendo meus agradecimentos a toda a equipe do **Labee**.

Agradeço ao **Heitor da Costa Silva**, pela atenção prestada em nossas conversas sobre este tema.

Foi uma honra poder contar com o apoio de todos esses profissionais.

Agradeço ao **Luis Veiga**, meu companheiro, por acreditar nesse caminho, e fundamentalmente pelo seu apoio ao percorrê-lo ao meu lado. Agradeço pela sua cumplicidade nos meus sonhos.

Agradeço à **Paula Souza**, pela sua ajuda durante todo período que estive no Brasil, e pela sua companhia durante todo esse processo.

Agradeço a **meus pais**, Julio e Helena, pelos seus ensinamentos e pelo apoio em todos os meus projectos de vida.

Agradeço às **minhas irmãs**, Juliana e Luciana, pelo eterno incentivo amigo. Agradeço em especial à Juliana, por sua ajuda em diversos procedimentos burocráticos.

Agradeço a **Dra Guadalupe**, por sua preciosa ajuda no processo de conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos os **familiares e amigos**, que de certo modo me apoiaram em nossas conversas, que me acompanharam e compreenderam meu distanciamento.

ÍNDICE

1.	Introdução	1
1.1	Motivação	3
1.2	Objectivos	5
1.3	Estrutura do trabalho	6
2.	Revisão Bibliográfica	7
2.1	O Clima	9
2.1.1	Introdução ao Clima	9
2.1.2	Características gerais do Clima no Brasil	11
2.1.3	O Clima na cidade de São Paulo	13
2.1.4	Considerações sobre os Microclimas no meio urbano	19
2.2	Estratégias Bioclimáticas	20
2.2.1	Bioclimatologia aplicada a arquitectura	20
2.2.2	Estratégias Bioclimáticas para a cidade de São Paulo segundo o Gráfico Bioclimático proposto por GIVONI (1992)	25
2.2.3	Inércia Térmica	27
2.2.3.1	Fenómeno de armazenagem de calor	29
2.2.3.2	Fenómeno de amortecimento	29
2.2.3.3	O atraso térmico	30
2.2.3.4	Cálculo da Inércia Térmica	31
2.2.4	Ventilação Natural	33
2.2.4.1	Acção do vento ao nível da escala Global, Regional e Local	33
2.2.4.2	Acção do vento ao nível da escala do Edifício	35
2.2.4.2.1	Importância da Ventilação	35
2.2.4.2.2	Tipos de Ventilação	35
2.2.4.2.3	Aspectos considerados no Cálculo da Ventilação	38
2.3	Normalização em Conforto no Brasil – O caso da cidade de São Paulo	40
2.3.1	Regulamentação de edifícios no Município de São Paulo	40
2.3.1.1	Zoneamento Urbano	41
2.3.1.2	COE - Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo	42
2.3.2	Normalização em Conforto Ambiental no Brasil	43
2.3.2.1	Desempenho térmico de edificações	43
2.3.2.2	Recomendações da Norma ABNT NBR 15220 à Z3	49
2.3.3	Normalização do Desempenho de Edifícios	50
2.4	O uso de programas de simulação computacional para avaliar o desempenho térmico de edifícios	53
2.4.1	Panorama geral no Brasil	53
2.4.2	Apresentação e validação do EnergyPlus	54
2.4.3	Estrutura do EnergyPlus	56
2.4.4	Utilização do EnergyPlus	57
2.4.5	COMIS /EnergyPlus <i>link</i>	59

2.5	Estudos já realizados sobre o desempenho térmico de habitação na cidade de São Paulo	60
2.5.1	<i>Conforto térmico em edificações na cidade de São Paulo: Impacto das vedações verticais externas</i> , RORIZ (1997).	60
2.5.2	<i>Aplicação de isolantes térmicos em edificações: efeito no conforto térmico e nas cargas térmicas de condicionamento de ambientes</i> , AKUTSU e VITTORINO (1991).	61
2.5.3	<i>Heat Transfer Through Roofs of Low Cost Brazilian Houses</i> (Transferência de calor através das coberturas em moradias de baixo custo no Brasil), LAMBERTS (1988).	63
2.5.4	<i>Ventilação Natural em uma casa popular padrão COHAB: Avaliação das taxas de ventilação para diferentes tipos de orientação e abertura</i> , KRUGER e LAMBERTS (1999).	64
2.5.5	<i>Avaliação do desempenho térmico de casas populares</i> , KRUGER e LAMBERTS (2000).	65
3.	Caracterização da prática profissional e identificação de tipologias de habitação	67
3.1	Introdução	69
3.2	Arquitetura e habitação: contextualização na realidade Brasileira e o caso da cidade de São Paulo	70
3.3	A habitação social	71
3.4	A habitação no sector privado	75
3.5	Estudos já realizados sobre Tipologias de habitação na cidade de São Paulo	77
3.5.1	“Os Climats Urbanos” – TARIFA e ARMANI (2001)	77
3.5.2	“Caracterização da frequência dos tipos de edifícios habitacionais em altura no sector privado” – ARRUDA (1997)	81
3.5.3	“O espaço construído e os anseios de morar” – SOUZA (1998)	84
3.6	Conclusão sobre as tipologias de habitação	86
4.	Simulações paramétricas	91
4.1	Metodologia	93
4.2	Modelo utilizado e condições de referência	94
4.2.1	Geometria	94
4.2.2	Envolvente e divisões internas	95
4.2.3	Propriedades termofísicas dos materiais elementares	96
4.2.4	Ganhos internos	98
4.2.5	Regime de funcionamento	99
4.3	Estudos paramétricos	99
4.3.1	Coberturas	99
4.3.2	Paredes externas	102
4.3.3	Área dos vãos envidraçados	104
4.3.4	Sombreamento	106
4.3.5	Ventilação natural	108
4.3.5.1	Ventilação cruzada nocturna – V1	109
4.3.5.2	Ventilação cruzada nocturna e diurna – V2	110
4.3.5.3	Ventilação unilateral nocturna – V2	111

5.	Apresentação e análise dos resultados das simulações paramétricas	113
5.1	Seleccção dos dados a analisar	115
5.2	Coberturas	116
5.3	Paredes externas	129
5.4	Área dos vãos envidraçados	161
5.5	Sombreamento dos vãos	181
5.6	Ventilação natural	190
6.	Conclusões	213
6.1	Conclusões simulações paramétricas	215
6.2	Conclusões Tipologias construtivas do Estudo de caso	219
6.3	Conclusões sobre a ABNT NBR 15220 Norma em Desempenho térmico de edificações no Brasil	224

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	227
-----------------------------------	------------

ANEXOS	231
---------------	------------

A – Mapa do Brasil	A1
B – Mapa <i>Unidades Climáticas “Naturais” do Município de São Paulo</i>	B1
C – Mapa <i>Unidades Climáticas “Urbanas” do Município de São Paulo</i>	C1
D – Recomendações e directrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local (ABNT, 2005)	D1
E – Relação das 330 cidades cujos climas foram classificados (ABNT, 2005)	E1
F – Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico (ABNT, 2005)	F1
G – Transmitância, Capacidade térmica e Atraso térmico de Coberturas e Paredes (ABNT, 2005)	G1
H – Requisitos e Critérios estabelecidos para avaliação do desempenho térmico de coberturas (ABNT, 2002)	H1
I – Requisitos e Critérios estabelecidos para avaliação do desempenho térmico de fachadas (ABNT, 2002)	I1
J – Dados Climáticos	J1
K – Estudo de Insolação de Tipologias	K1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2.1 - Gráfico Bioclimático Olgyay (FONTE: OLGAY, 1963)	23
Figura 2.2.2 - Gráfico Bioclimático (GIVONI, 1992) com as estratégias indicadas para a cidade de São Paulo. (FONTE: Report Software <i>Analysis 2.0 – Bio</i>)	25
Figura 2.2.4 - Ventilação: Disposição dos edifícios. (FONTE: OLGAY, 1963, p.101)	37
Figura 2.2.5 - Ventilação: Barreiras vegetais. (FONTE: OLGAY, 1963, p.102)	37
Figura 2.2.6 - Ventilação: Aberturas nos Edifícios - plano horizontal. (FONTE: OLGAY, 1963, p.105)	37
Figura 2.2.7 - Ventilação: Disposição interna nos edifícios. (FONTE: OLGAY, 1963, p.107)	38
Figura 2.3.1 - Zoneamento bioclimático brasileiro. (FONTE: ABNT, 2005)	45
Figura 2.3.2 - Gráfico Bioclimático original de Givoni. (FONTE: RORIZ et alli, 1999).	46
Figura 2.3.3 - Gráfico Bioclimático de Givoni adaptado para o Zoneamento brasileiro. (FONTE: ABNT, 2005)	46
Figura 2.4.1 - Esquema de Funcionamento do <i>EnergyPlus</i> (FONTE: <i>EnergyPlus documentation</i>, 2004)	56
Figura 2.4.2 - Estrutura interna do <i>EnergyPlus</i> (FONTE: <i>EnergyPlus documentation</i>, 2004)	57
Figura 3.5.1 - Tipos básicos mais frequentes de apartamentos em relação às fachadas, conforme número de unidades por pavimento. (FONTE: GAMBI, 1992 apud ARRUDA, 1997)	82
Figura 3.5.2 - Tipos básicos mais frequentes de apartamentos em relação às fachadas, conforme número de unidades por pavimento. (FONTE: SHERWOOD, 1983 apud ARRUDA, 1997)	82
Figura 3.5.3 - Tipos de agregação de apartamentos e localização do núcleo de circulação vertical centralizado – edifícios de plantas retangulares. (FONTE: GAMBI, 1992 apud ARRUDA, 1997)	83
Figura 3.5.4 - Matriz gráfica – Tipologias de edifício de habitação Multifamiliar. (FONTE: esquema da autora)	89
Figura 3.5.5 - Matriz gráfica – Tipologias de edifício de habitação Unifamiliar – Moradias. (FONTE: esquema da autora)	89
Figura 4.2.1 - Simulações de tipologias – Imagem tridimensional do modelo multizonal. (Fonte: esquema da autora)	95
Figura 4.2.2 - Simulações de tipologias – Esquema da composição das Paredes internas. (Fonte: esquema da autora)	96
Figura 4.2.3 - Simulações de tipologias – Esquema da composição do Piso. (Fonte: esquema da autora)	96
Figura 4.3.1 - Esquema da composição das Coberturas simuladas.	100
Figura 4.3.2 - Esquema da composição das Paredes simuladas.	102
Figura 4.3.3 - Esquema construtivo das venezianas.	106
Figura 4.3.4 - Esquema de posicionamento das aberturas para ventilação cruzada V1	110

Figura 4.3.5 -	Esquema de posicionamento das aberturas para ventilação Unilateral.	111
Figura 5.2.1 -	Coberturas – Verão – Efeito variação Absortância solar e sistema construtivo – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	116
Figura 5.2.2 -	Coberturas – Verão – Efeito variação Sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Absortância 0.2	119
Figura 5.2.3 -	Coberturas – Verão – Efeito variação Sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Absortância 0.7	119
Figura 5.2.4 -	Coberturas – Verão – Efeito variação Absortância – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) – Alternativa C1	120
Figura 5.2.5 -	Coberturas – Verão – Efeito variação Absortância – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) – Alternativa C3	120
Figura 5.2.6 -	Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância solar – Gráfico média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	121
Figura 5.2.7 -	Coberturas – Inverno – Efeito variação Sistema construtivo – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto) Absortância 0.2	124
Figura 5.2.8 -	Coberturas – Inverno – Efeito variação Sistema construtivo – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto) Absortância 0.7	124
Figura 5.2.9 -	Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto) – Absortância 0.2	125
Figura 5.2.10 -	Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto) – Absortância 0.7	125
Figura 5.2.11 -	Coberturas – Verão (período de 23 de Dezembro a 22 de Março) – Horas “desconforto” ($T > 29^{\circ}\text{C}$)	126
Figura 5.2.12 -	Coberturas – Inverno (período de 23 de Dezembro a 22 de Março) – Horas “desconforto” ($T < 18^{\circ}\text{C}$)	126
Figura 5.2.13 -	Coberturas – Total anual – Horas “desconforto” ($T < 18^{\circ}\text{C}$ e $T > 29^{\circ}\text{C}$)	127
Figura 5.3.1 -	Verão – Parede P1 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	130
Figura 5.3.2 -	Verão – Parede P2 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	130
Figura 5.3.3 -	Verão – Parede P3 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	131
Figura 5.3.4 -	Verão – Parede P4 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	131
Figura 5.3.5 -	Verão – Efeito variação Orientação – Parede P1– Absortância 0.2 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	133
Figura 5.3.6 -	Verão – Efeito variação Orientação – Parede P1– Absortância 0.7 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	134
Figura 5.3.7 -	Verão – Efeito variação Orientação – Parede P3 – Absortância 0.2 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	134
Figura 5.3.8 -	Verão – Efeito variação Orientação – Parede P3 – Absortância 0.7 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	135
Figura 5.3.9 -	Verão – Efeito variação Absortância – Parede P1– Orientação Oeste – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	137

Figura 5.3.10 - Verão – Efeito variação Absortância – Parede P1– Orientação Sul – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	137
Figura 5.3.11 - Verão – Efeito variação Absortância – Parede P3 – Orientação Oeste – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	138
Figura 5.3.12 - Verão – Efeito variação Absortância – Parede P3 – Orientação Sul – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	138
Figura 5.3.13 - Verão – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Oeste e Absortância 0.2	139
Figura 5.3.14 - Verão – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Oeste e Absortância 0.7	140
Figura 5.3.15 - Verão – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Sul e Absortância 0.2	140
Figura 5.3.16 - Verão – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Sul e Absortância 0.7	141
Figura 5.3.17 - Inverno – Parede P1 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	143
Figura 5.3.18 - Inverno – Parede P2 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	144
Figura 5.3.19 - Inverno – Parede P3 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	144
Figura 5.3.20 - Inverno – Parede P4 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas	145
Figura 5.3.21 - Inverno – Efeito variação Orientação – Parede P1– Absortância 0.2 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	147
Figura 5.3.22 - Inverno – Efeito variação Orientação – Parede P1 – Absortância 0.7 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	148
Figura 5.3.23 - Inverno – Efeito variação Orientação – Parede P3 – Absortância 0.2 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	148
Figura 5.3.24 - Inverno – Efeito variação Orientação – Parede P3 – Absortância 0.7 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	149
Figura 5.3.25 - Inverno – Efeito variação Absortância – Parede P1 – Orientação Sul – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	151
Figura 5.3.26 - Inverno – Efeito variação Absortância – Parede P1 – Orientação Oeste – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	152
Figura 5.3.27 - Inverno – Efeito variação Absortância – Parede P3 – Orientação Sul – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	152
Figura 5.3.28 - Inverno – Efeito variação Absortância – Parede P3 – Orientação Oeste – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	153
Figura 5.3.29 - Inverno – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Oeste e Absortância 0.2	154
Figura 5.3.30 - Inverno – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Oeste e Absortância 0.7	154
Figura 5.3.31 - Inverno – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Sul e Absortância 0.2	155

Figura 5.3.32 - Inverno – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Sul e Absortância 0.7	155
Figura 5.3.33 - Paredes – Verão (período de 23 de Dezembro a 22 de Março) – Horas “desconforto” (T>29°C)	157
Figura 5.3.34 - Paredes – Inverno (período de 23 de Junho a 22 de Setembro) – Horas “desconforto” (T<18°C)	158
Figura 5.3.35 - Paredes – Total anual – Horas “desconforto” (T<18°C + T>29°C)	158
Figura 5.4.1 - Verão – Alternativa P1 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas	163
Figura 5.4.2 - Verão – Alternativa P2 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas	163
Figura 5.4.3 - Verão – Alternativa P3 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas	164
Figura 5.4.4 - Verão – Alternativa P4 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas	164
Figura 5.4.5 - Verão – Alternativa P3 – Efeito variação da Orientação – Aenv/Apav 16% – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	166
Figura 5.4.6 - Verão – Alternativa P3 – Efeito variação da Orientação – Aenv/Apav 32% – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	166
Figura 5.4.7 - Verão – Efeito variação do sistema construtivo – Aenv/Apav 16% – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	168
Figura 5.4.8 - Verão – Efeito variação do sistema construtivo – Aenv/Apav 32% – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)	168
Figura 5.4.9 - Inverno – Alternativa P1 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas	170
Figura 5.4.10 - Inverno – Alternativa P2 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas	171
Figura 5.4.11 - Inverno – Alternativa P3 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas	171
Figura 5.4.12 - Inverno – Alternativa P4 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas	172
Figura 5.4.13 - Inverno – Alternativa P3 – Efeito do aumento da área dos vãos – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)	172
Figura 5.4.14 - Inverno – Alternativa P3 – Efeito variação da Orientação – Aenv/Apav 16% – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)	174
Figura 5.4.15 - Inverno – Alternativa P3 – Efeito variação da Orientação – Aenv/Apav 32% – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)	174
Figura 5.4.16 - Inverno – Alternativa P3 – Efeito variação do sistema construtivo – Aenv/Apav 16% – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)	175
Figura 5.4.17 - Inverno – Alternativa P3 – Efeito variação do sistema construtivo – Aenv/Apav 32% – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)	175
Figura 5.4.18 - Área Vãos envidraçados – Verão (período de 23 de Dezembro a 22 de Março) – Horas “desconforto” (T>29°C)	177
Figura 5.4.19 - Área Vãos envidraçados – Inverno (período de 23 de Junho a 22 de Setembro) – Horas “desconforto” (T<18°C)	177
Figura 5.4.20 - Área Vãos envidraçados – Total anual – Horas “desconforto” (T<18°C + T>29°C)	178
Figura 5.5.1 - Verão – Efeito do Sombreamento – Alternativa P1 – Orientação e Área dos vãos envidraçados	181

Figura 5.5.2 -	Verão – Efeito do Sombreamento – Alternativa P2 – Orientação e Área dos vãos envidraçados	182
Figura 5.5.3 -	Verão – Efeito do Sombreamento – Alternativa P3 – Orientação e Área dos vãos envidraçados	182
Figura 5.5.4 -	Verão – Efeito do Sombreamento – Alternativa P4 – Orientação e Área dos vãos envidraçados	183
Figura 5.5.5 -	Efeito do Sombreamento – Alternativa P1 – Orientação Norte – Aenv/Apav=16%	186
Figura 5.5.6 -	Efeito do Sombreamento – Alternativa P3 – Orientação Norte – Aenv/Apav=16%	186
Figura 5.5.7 -	Efeito do Sombreamento – Horas sobreaquecimento (T>29°C) – Orientação Oeste	187
Figura 5.5.8 -	Efeito do Sombreamento – Horas sobreaquecimento (T>29°C) – Orientação Este	187
Figura 5.5.9 -	Efeito do Sombreamento – Horas sobreaquecimento (T>29°C) – Orientação Norte	188
Figura 5.5.10 -	Efeito do Sombreamento – Horas sobreaquecimento (T>29°C) – Orientação Sul	188
Figura 5.6.1 -	Efeito da Ventilação – Alternativa P1 – Média das temperaturas Mínimas	191
Figura 5.6.2 -	Efeito da Ventilação – Alternativa P2 – Média das temperaturas Mínimas	191
Figura 5.6.3 -	Efeito da Ventilação – Alternativa P3 – Média das temperaturas Mínimas	192
Figura 5.6.4 -	Efeito da Ventilação – Alternativa P4 – Média das temperaturas Mínimas	192
Figura 5.6.5 -	Efeito da Ventilação – Alternativa P1 – Média das temperaturas Máximas	193
Figura 5.6.6 -	Efeito da Ventilação – Alternativa P2 – Média das temperaturas Máximas	193
Figura 5.6.7 -	Efeito da Ventilação – Alternativa P3 – Média das temperaturas Máximas	194
Figura 5.6.8 -	Efeito da Ventilação – Alternativa P4 – Média das temperaturas Máximas	194
Figura 5.6.9 -	Efeito da V1 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)	199
Figura 5.6.10 -	Efeito da V1 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Temperatura do ar	199
Figura 5.6.11 -	Efeito da V2 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)	200
Figura 5.6.12 -	Efeito da V2 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Temperatura do ar	200
Figura 5.6.13 -	Efeito da V3 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)	201
Figura 5.6.14 -	Efeito da V3 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Temperatura do ar	201
Figura 5.6.15 -	Efeito variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Orientação Norte Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)	203
Figura 5.6.16 -	Efeito variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Orientação Norte Gráfico Temperatura do ar	203
Figura 5.6.17 -	Efeito variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Orientação Oeste Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)	204
Figura 5.6.18 -	Efeito variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Orientação Oeste Gráfico Temperatura do ar	204
Figura 5.6.19 -	Efeito aumento da área dos vãos na ventilação – Alternativa P3 – Ventilação V1 – Orientação Norte Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)	206

Figura 5.6.20 -	Efeito aumento da área dos vãos na ventilação – Alternativa P3 – Ventilação V1 – Orientação Norte Gráfico Temperatura do ar	206
Figura 5.6.21 -	Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P1 – Orientação Norte – Horas “desconforto” (T>29°C)	206
Figura 5.6.22 -	Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P1 – Orientação Sul – Horas “desconforto” (T>29°C)	207
Figura 5.6.23 -	Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P1 – Orientação Este – Horas “desconforto” (T>29°C)	208
Figura 5.6.24 -	Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P1 – Orientação Oeste – Horas “desconforto” (T>29°C)	208
Figura 5.6.25 -	Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Orientação Norte – Horas “desconforto” (T>29°C)	209
Figura 5.6.26 -	Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Orientação Sul – Horas “desconforto” (T>29°C)	209
Figura 5.6.27 -	Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Orientação Este – Horas “desconforto” (T>29°C)	210
Figura 5.6.28 -	Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Orientação Oeste – Horas “desconforto” (T>29°C)	210

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1.1 - Normais climatológicas – Mirante de Santana 1961 a 1990. (FONTE: INMET apud TAFIFA e ARMANI, 2001a, p. 37)	14
Quadro 2.1.2 - Frequência e Intensidade média de ventos 1982 a 1991 - Aeroporto de Congonhas (FONTE: Serviço de protecção do voo apud ARMANI, 2001a, p. 38)	15
Quadro 2.2.1 - Relatório parcial das estratégias indicadas para a cidade de São Paulo. (FONTE: <i>Software Analysis 2.0 – Bio</i>)	25
Quadro 2.2.2 - Tabela da relação superfície equivalente pesada / área do piso do local. (FONTE: CROISET, 1972 apud FROTA e SCHIFFER, 2003)	32
Quadro 2.2.3 - Tabela de classificação da Inércia Térmica. (FONTE: CROISET, 1972 apud FROTA e SCHIFFER, 2003)	32
Quadro 2.3.1 - Critérios para classificação bioclimática. (FONTE: ABNT, 2005)	47
Quadro 2.3.2 - Estrutura da norma para avaliação do desempenho de uma classe de edifício. (FONTE: GONÇALVES et alli, 2003, p.49)	51
Quadro 2.5.1 - Sumário das simulações de KRUGEL e LAMBERTS (FONTE: KRUGEL e LAMBERTS, 2000, p.1235)	65
Quadro 4.2.1 - Tabela de propriedades termofísicas dos elementos utilizados na composição das componentes simuladas.	97
Quadro 4.2.2 - Padrão de uso nas zonas simuladas - Ocupação e Actividades	98
Quadro 4.2.3 - Padrão de uso nas zonas simuladas - Iluminação.	98
Quadro 4.3.1 - Características térmicas recomendadas pela NB para a componente Cobertura na Z3.	99
Quadro 4.3.2 - Características térmicas das Coberturas simuladas.	100
Quadro 4.3.3 - Padrão de uso do sistema de sombreamento tipo veneziana.	101
Quadro 4.3.4 - Combinações de variáveis simuladas – etapa COBERTURAS.	101
Quadro 4.3.5 - Características térmicas das Paredes simuladas.	102
Quadro 4.3.6 - Características térmicas recomendadas pela NB para a componente Cobertura na Z3.	103
Quadro 4.3.7 - Combinações de variáveis simuladas – etapa PAREDES.	103
Quadro 4.3.8 - Tabela de Dimensões dos Vãos simulados – Zona Estar.	104
Quadro 4.3.9 - Combinações de variáveis simuladas – etapa ÁREA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS.	105
Quadro 4.3.10 - Padrão de funcionamento do sistema de sombreamento tipo veneziana.	107
Quadro 4.3.11 - Tabela de Dimensões dos Vãos simulados. Proporção de Iluminação e sombreamento.	107
Quadro 4.3.12 - Combinações de variáveis simuladas – etapa SOMBREAMENTO.	107
Quadro 4.3.13 - Tabela de Dimensões dos Vãos simulados. Proporção de Iluminação, sombreamento ventilação.	108
Quadro 4.3.14 - Ventilação cruzada nocturna V1. <i>Schedule</i> de abertura e sombreamento dos Vãos envidraçados e <i>Schedule</i> de abertura das portas.	109

Quadro 4.3.15 - Ventilação cruzada noturna V2. <i>Schedule</i> de abertura e sombreamento dos Vãos envidraçados e <i>Schedule</i> de abertura das portas.	110
Quadro 4.3.16 - Ventilação cruzada noturna V2. <i>Schedule</i> de abertura e sombreamento dos Vãos envidraçados e <i>Schedule</i> de abertura das portas.	111
Quadro 5.2.1 - Coberturas – Verão – Efeito variação Absortância solar – Tabela Média das temperaturas Mínimas e Máximas	117
Quadro 5.2.2 - Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância solar – Tabela Média das temperaturas Mínimas	122
Quadro 5.2.3 - Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância solar – Tabela Média das temperaturas Médias	122
Quadro 5.2.4 - Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância solar – Tabela Média das temperaturas Máximas	122
Quadro 5.2.5 - Coberturas – Efeito variação Absortância e Transmitância – Quadro Geral de resultados	128
Quadro 5.3.1 - Verão – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as médias das Médias das orientações Oeste e Sul DT(K).	132
Quadro 5.3.2 - Verão – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as médias das Máximas das orientações Oeste e Sul DT(K).	132
Quadro 5.3.3 - Verão – Paredes – Efeito da variação da Absortância térmica – Diferença entre as médias das Médias a0.7 - a0.2 DT(K).	136
Quadro 5.3.4 - Verão – Paredes – Efeito da variação da Absortância térmica – Diferença entre as médias das Máximas a0.7 - a0.2 DT(K).	136
Quadro 5.3.5 - Paredes – Verão – Efeito da Transmitância térmica – Diferença entre as médias das Mínimas das alternativas P3 e P1 DT(K).	142
Quadro 5.3.6 - Paredes – Verão – Efeito da Transmitância térmica – Diferença entre as médias das Médias das alternativas P3 e P1 DT(K).	142
Quadro 5.3.7 - Paredes – Verão – Efeito da Transmitância térmica – Diferença entre as médias das Máximas das alternativas P3 e P1 DT(K).	142
Quadro 5.3.8 - Inverno – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as médias das Mínimas das orientações Este e Sul DT(K).	146
Quadro 5.3.9 - Inverno – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as médias das Médias das orientações Este e Sul DT(K).	146
Quadro 5.3.10 - Inverno – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as médias das Máximas das orientações Oeste e Sul DT(K).	146
Quadro 5.3.11 - Inverno – Paredes – Efeito da variação da Absortância térmica – Diferença entre as médias das Médias a0.7 - a0.2 DT(K).	150
Quadro 5.3.12 - Inverno – Paredes – Efeito da variação da Absortância térmica – Diferença entre as médias das Médias a0.7 - a0.2 DT(K).	150
Quadro 5.3.13 - Paredes – Inverno – Efeito variação da Transmitância térmica – Diferença entre as médias das Mínimas das alternativas P3 e P1 DT(K).	156
Quadro 5.3.14 - Paredes – Inverno – Efeito variação da Transmitância térmica – Diferença entre as médias das Médias das alternativas P3 e P1 DT(K).	156
Quadro 5.3.15 - Paredes – Efeito variação Orientação, Absortância e Transmitância – Quadro Geral de resultados	160

Quadro 5.4.1 - Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito aumento área dos vãos – Diferença entre as médias das Médias. Aenv/Apav 36%-16% DT(K).	161
Quadro 5.4.2 - Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito aumento área dos vãos – Diferença entre as médias das Máximas. Aenv/Apav 36%-16% DT(K).	161
Quadro 5.4.3 - Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito da variação da Orientação – Diferença entre as médias das Máximas – Oeste - Sul DT(K).	165
Quadro 5.4.4 - Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito da variação da Transmitância – Diferença entre as médias das Máximas. P3 – P1 DT(K).	167
Quadro 5.4.5 - Área dos Vãos envidraçados – Inverno – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Máximas. 32% - 16% DT(K).	169
Quadro 5.4.6 - Área dos Vãos envidraçados – Inverno – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Médias. 32% - 16% DT(K).	169
Quadro 5.4.7 - Área dos Vãos envidraçados – Inverno – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Mínimas. 32% - 16% DT(K).	170
Quadro 5.4.8 - Área dos Vãos envidraçados – Inverno – Efeito da variação da Orientação – Diferença entre as médias das Máximas. Oeste - Sul DT(K).	173
Quadro 5.4.9 - Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Mínimas. P3 – P1 DT(K).	176
Quadro 5.4.10 - Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Médias. P3 – P1 DT(K).	176
Quadro 5.4.11 - Área dos vãos envidraçados – Efeito aumento da área dos vãos – Quadro Geral de resultados	180
Quadro 5.5.1 - Efeito do Sombreamento – Redução dos valores médios das Temperaturas Máximas	184
Quadro 5.5.2 - Sem sombreamento – Verão – Efeito da variação da Transmitância – Diferença entre as médias das Máximas. P1 – P3 DT(K).	185
Quadro 5.5.3 - Com sombreamento – Verão – Efeito da variação da Transmitância – Diferença entre as médias das Máximas. P1 – P3 DT(K).	185
Quadro 5.6.1 - Efeito da V1 – Redução dos valores médios das Temperaturas Mínimas em relação ao Sombreamento	195
Quadro 5.6.2 - Efeito da V1 – Redução dos valores médios das Temperaturas Máximas em relação ao Sombreamento	195
Quadro 5.6.3 - Efeito da V2 – Redução dos valores médios das Temperaturas Mínimas em relação ao Sombreamento	196
Quadro 5.6.4 - Efeito da V2 – Aumento dos valores médios das Temperaturas Máximas em relação ao Sombreamento	196
Quadro 5.6.5 - Efeito da V3 – Redução dos valores médios das Temperaturas Mínimas em relação ao Sombreamento	197
Quadro 5.6.6 - Efeito da V3 – Aumento dos valores médios das Temperaturas Máximas em relação ao Sombreamento	197
Quadro 5.6.7 - Efeito da V1 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Tabela Taxas de renovação do ar/hora (RPH)	199
Quadro 5.6.8 - Efeito da V2 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Tabela Taxas de renovação do ar/hora (RPH)	200

Quadro 5.6.9 - Efeito da V3 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Tabela Taxas de renovação do ar/hora (RPH)	201
Quadro 5.6.10 - Efeito na Ventilação devido ao aumento da área dos vãos – Tabela do Diferencial de temperatura	206
Quadro 6.1.1 - Conclusões Simulações paramétricas – Quadro Geral de resultados	218
Quadro 6.2.1 - Conclusão Tipologias – Quadro Geral de análise	219
Quadro 6.2.2 - Conclusão Tipologias A3 / A4a / A4b – Quadro Geral de análise	220
Quadro 6.2.3 - Conclusão Tipologias M1 / M2 / M3a / M3b / M3c – Quadro Geral de análise	221
Quadro 6.3.1 - Conclusões Parâmetros da ABNT NBR 15220 (2005) – Quadro Geral de análise	224

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

- 1.1 Enquadramento do Tema
- 1.2 Objectivos
- 1.3 Estrutura do trabalho

1.1 Enquadramento do Tema

A história da Arquitectura nos remete a vários exemplos de espaços concebidos em sintonia com o clima e o meio ambiente. No entanto, verificam-se também outros valores que se foram reflectindo na arquitectura. Nesse âmbito cita-se a arquitectura gótica, que idealizava a construção em altura, a monumentalidade e a iluminação natural; o desafio da engenharia, que durante muito tempo representava o principal factor determinante das características arquitectónicas; e o Classicismo e a Arte Nova, os quais são exemplos de estilos fundamentados em valores como regras clássicas de proporção e movimentos artísticos.

Com a revolução industrial surgiram novos conceitos que marcaram a história da humanidade. Na arquitectura desencadeou fenómenos como o início das grandes concentrações urbanas, a introdução de novas tecnologias construtivas e de novos materiais. Nesse momento a standardização surgia como resposta a uma nova necessidade: o tempo.

Dentro desse processo, as cidades representam um foco de grande importância. O crescente número de pessoas que vivem nas cidades suscita questões como a falta da qualidade de vida, que por sua vez também está relacionada com o conforto ambiental nos edifícios. Identifica-se, portanto a importância de se ter em atenção as condicionantes das cidades, a interacção dos espaços construídos com o meio ambiente e a necessidade crescente em garantir uma melhor qualidade de vida dentro dos espaços edificados.

O início da crise energética mundial veio evidenciar a questão da economia de energia, como um factor determinante na qualidade das habitações, para além da questão do conforto térmico. Se por um lado as cidades são grandes consumidoras de energia e de produtos, e ao mesmo tempo grande geradora de resíduos, por outro lado qualquer alteração positiva no sentido inverso seria de grande impacto como contributo para o meio ambiente, uma mais valia para grande parte da população.

No caso de países em desenvolvimento, ressalta-se que a preocupação com a qualidade dos espaços edificados avança na questão da saúde pública, devido ao aparecimento de doenças proeminentes das más condições de habitabilidade. Outro aspecto determinante tem sido a questão do custo, o que se vai traduzir na especificação de técnicas construtivas e na especificação dos materiais de construção.

Pode-se dizer que, no âmbito das habitações, destacam-se os seguintes aspectos: grande potencial de consumo de energia eléctrica voltado para aclimação dos espaços nos sectores sociais mais “elevados”, e baixa qualidade de conforto ambiental e graves problemas de insalubridade nos sectores sociais mais “baixos”.

Dentro desse contexto podem ser referenciados diversos estudos científicos, os quais têm procurado, de alguma maneira, interpretar as relações entre o homem e o espaço construído. É emergente a preocupação em normalizar a construção de edifícios, visando especificamente o desempenho energético e as condições de conforto. Observa-se, no entanto, que no contexto do Brasil este processo está apenas na sua fase inicial de concepção.

Em 30 de Maio de 2005 formalizou-se, no Brasil, a publicação da Norma **ABNT NBR 15220- 3**, Parte 3, integrante de um conjunto de **Normas no âmbito do Desempenho térmico de edificações**. Neste documento se estabelece um Zoneamento bioclimático brasileiro e se propõe directrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Nesse contexto cita-se também a existência de uma proposta de Normalização referente ao **Desempenho de Edifícios**.

No entanto, para além da criação de normas e regulamentações, há ainda uma questão que se faz evidente: Como aplicá-las sem dar margem a interpretações como mais um factor limitador do processo criativo? Como conseguir resultados positivos e concretos diante da actual cultura de concepção dos espaços construídos?

O processo criativo está condicionado pelas questões do custo e da forma. O custo influencia directamente na definição do sistema construtivo, na especificação de materiais e no

tempo disponível para a concepção dos projectos de arquitectura e das especialidades. E a forma representa um dos aspectos determinantes na actual cultura da imagem como sinónimo de “valor”.

Faz-se necessário desenvolver metodologias que possam promover aos arquitectos uma sensibilização para essas “novas” questões ambientais e bioclimáticas, a partir de conceitos e estudos científicos já estabelecidos, nomeadamente a partir de normas e regulamentações, no entanto com especial atenção à linguagem e ao recurso de ferramentas interpretativas desses conceitos.

1.2 Objectivos

Entende-se que a prática profissional é determinante na qualidade das habitações, quanto ao seu desempenho térmico e energético. Ao mesmo tempo é inquestionável o facto de que esta prática está baseada numa série de determinantes sociais, económicas e culturais, as quais não cabe, neste trabalho, questioná-las, mas sim compreendê-las.

A partir desse pressuposto defende-se a viabilidade de se contribuir para uma maior aplicabilidade das estratégias bioclimáticas, através da identificação das tipologias mais frequentemente utilizadas, em uma determinada localidade. No caso deste trabalho tem-se como objecto de estudo a Zona Bioclimática brasileira Z3, mais especificamente a cidade de São Paulo.

O processo de identificação tipológica das habitações teve como objectivo servir de base para o estudo paramétrico, e contribuir, fundamentalmente, para a compreensão da sensibilidade de cada tipologia face a alguns parâmetros. Dentre estes citam-se a orientação, área dos vãos, ventilação natural e características construtivas.

Em complemento, evidenciaram-se alguns comentários em relação às recomendações da ABNT NBR 15220-3 (2005) para a Z3, objectivando analisar o potencial de aplicabilidade desta.

A análise tipológica permitiu identificar aspectos potenciais, de cada tipologia, para o estabelecimento de melhores condições de conforto térmico, e ao mesmo tempo discorrer sobre as recomendações da proposta de Norma. Acredita-se que esta análise tenha atingido o objectivo principal: contribuir para o processo de aproximação entre estudos científicos, regulamentação dos edifícios no âmbito do desempenho térmico e energético, e a prática profissional dos arquitectos.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho encontra-se desenvolvido em sete Capítulos.

Capítulo 1: Enquadramento do problema e a definição do objecto de estudo.

Capítulo 2: Revisão bibliográfica acerca dos aspectos considerados relevantes para o tema deste trabalho, bem como no auxílio na análise do estudo paramétrico. Encontram-se também referências sobre os aspectos normativos em Conforto Ambiental, no Brasil e no caso específico de São Paulo (estudo de caso).

Capítulo 3: Pesquisa sobre a prática profissional e a identificação de tipologias, para o caso da cidade de São Paulo.

Capítulo 4: Etapa das simulações paramétricas. Identifica-se a metodologia utilizada nas simulações, descreve-se o modelo utilizado e suas condições de referência. Apresentam-se também as variações paramétricas efectuadas nas cinco etapas de simulações: Coberturas, Paredes externas, Área dos vãos envidraçados, Sombreamento dos vãos e Ventilação Natural.

Capítulo 5: Apresentam-se os resultados do estudo paramétrico, subdivididos pelas cinco etapas de simulações.

Capítulo 6: Formulam-se conclusões gerais referentes ao estudo paramétrico, desenvolve-se uma análise das tipologias identificadas no Capítulo 3, com base no estudo paramétrico, e finaliza por apresentar considerações quanto à norma ABNT (2005).

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Clima

- 2.1.1 Introdução ao Clima
- 2.1.2 Características gerais do Clima no Brasil
- 2.1.3 O Clima na cidade de São Paulo
- 2.1.4 Considerações sobre os Microclimas no meio urbano

2.2 Estratégias Bioclimáticas

- 2.2.1 Bioclimatologia aplicada a arquitectura
- 2.2.2 Estratégias Bioclimáticas para a cidade de São Paulo segundo o Gráfico Bioclimático proposto por GIVONI (1992)
- 2.2.3 Inércia Térmica
 - 2.2.3.1 Fenómeno de armazenagem de calor
 - 2.2.3.2 Fenómeno de amortecimento
 - 2.2.3.3 O atraso térmico
 - 2.2.3.4 Cálculo da Inércia Térmica
- 2.2.4 Ventilação Natural
 - 2.2.4.1 Acção do vento ao nível da escala Global, Regional e Local
 - 2.2.4.2 Acção do vento ao nível da escala do Edifício
 - 2.2.4.2.1 Importância da Ventilação
 - 2.2.4.2.2 Tipos de Ventilação
 - 2.2.4.2.3 Aspectos considerados no Cálculo da Ventilação

2.3 Normalização em Conforto no Brasil – O caso da cidade de São Paulo

- 2.3.1 Regulamentação de edifícios no Município de São Paulo
 - 2.3.1.1 Zoneamento Urbano
 - 2.3.1.2 COE - Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo
- 2.3.2 Normalização em Conforto Ambiental no Brasil
 - 2.3.2.1 Proposta de Norma em Conforto Ambiental e Norma em desempenho térmico ABNT NBR 15220 (2005)
 - 2.3.2.2 Recomendações da proposta de Norma à Z3
- 2.3.3 Normalização do Desempenho de Edifícios

2.4 O uso de programas de simulação computacional para avaliar o desempenho térmico de edifícios

- 2.4.1 Panorama geral no Brasil
- 2.4.2 Apresentação e validação do EnergyPlus
- 2.4.3 Estrutura do EnergyPlus
- 2.4.4 Utilização do EnergyPlus
- 2.4.5 COMIS /EnergyPlus *link*

2.5 Estudos já realizados sobre o desempenho térmico de habitação na cidade de São Paulo

- 2.5.1 *Conforto térmico em edificações na cidade de São Paulo: Impacto das vedações verticais externas*, RORIZ (1997).
- 2.5.2 *Aplicação de isolantes térmicos em edificações: efeito no conforto térmico e nas cargas térmicas de condicionamento de ambientes*, AKUTSU e VITTORINO (1991).
- 2.5.3 *Heat Transfer Through Roofs of Low Cost Brazilian Houses* (Transferência de calor através das coberturas em moradias de baixo custo no Brasil), LAMBERTS (1988).
- 2.5.4 *Ventilação Natural em uma casa popular padrão COHAB: Avaliação das taxas de ventilação para diferentes tipos de orientação e abertura*, KRUGER e LAMBERTS (1999).
- 2.5.5 *Avaliação do desempenho térmico de casas populares*, KRUGER e LAMBERTS (2000).

2.1 O Clima

2.1.1 Introdução ao Clima

Um dos factores que justifica a grande diversidade climática do Brasil é a dinâmica das massas de ar. Determinada pelas diferenças de pressões atmosféricas, as massas de ar decorrem essencialmente do aquecimento e arrefecimento das terras e oceanos, da distribuição de temperatura no globo e do movimento de rotação da Terra. Os ventos Aliseos são considerados os mais importantes, advindos das zonas de alta pressão subtropical de sudeste e noroeste. Os ventos de Oeste e ventos Polares também exercem uma considerável influência no território brasileiro. Mais pormenores sobre a acção do vento se encontram desenvolvidos no ponto 2.2.4.1, do capítulo 2.2.4 sobre Ventilação Natural.

Ao nível de uma escala mais global, para além das massas de ar, consideradas por NIMER (1979) como um factor dinâmico, cita-se também a posição latitudinal. Quanto menor for a latitude de uma localidade maior será a quantidade de radiação solar recebida ao longo do ano, o que, em parte, justifica os climas mais quentes e constantes nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Genericamente pode-se dizer que, através da posição de uma determinada localidade em relação ao Equador, ou seja posição latitudinal, é possível deduzir a intensidade da radiação solar incidente. Tendo em conta o movimento de Rotação da Terra verifica-se o ciclo anual, ao mesmo tempo, a declividade do eixo imaginário da Terra em relação ao plano da eclíptica permite que durante esse ciclo se dêem as quatro estações ao longo do ano, estabelecidas pela variação do ângulo de incidência dos raios solares. Nesse sentido KOENIGSBERGER et alli (1977) complementam com dois factores determinantes para a quantificação da radiação solar incidente: a dissipação atmosférica e a duração da luz do dia.

“Quanto menor a altitude solar, mais longo é o trajeto da radiação através da atmosfera e, em consequência, chega menos radiação à superfície terrestre. Esse fenómeno é conhecido como dissipação atmosférica, ou seja, a absorção da radiação solar pelo ozônio, vapores e partículas contidas na atmosfera”. (LAMBERTS et alli, 1997, p. 31)

Sob uma visão de uma escala mais próxima, encontram-se alguns aspectos considerados por NIMER (1979) como estáticos: a fisionomia das superfícies, a proximidade com o mar e a **topografia**. Conforme descreve FROTA e SCHIFFER (2003, p.60), *“Além da natural diferença de radiação solar recebida por vertentes de orientações distintas, um relevo acidentado pode se constituir em barreira aos ventos, modificando, muitas vezes, as condições de umidade e temperatura do ar em relação à escala regional”*. Quanto à **fisionomia das superfícies** MAGALHÃES (1983, p.53) refere que *“Uma das características importantes das superfícies é a sua CAPACIDADE REFLECTORA que, normalmente, se mede pela percentagem de energia reflectida em relação à energia recebida ou seja, pelo seu ALBEDO”*. O tipo de revestimento do solo e superfícies em geral interfere no processo de aquecimento e arrefecimento das mesmas e, conseqüentemente nas variações de temperatura e humidade do ar. Em relação à **proximidade com o mar**, o que se verifica é um efeito moderador de temperatura representado pelas superfícies de água. Devido ao facto do calor específico da água ser o dobro do da terra, decorre que esta aquece e resfria mais rapidamente que a água. *“Uma vez que as temperaturas do ar junto à superfície da terra e da água são diferentes, geram-se movimentos do ar entre estas duas superfícies, das temperaturas mais baixas para as mais altas, ou seja, durante o dia, da água para a terra (brisas do mar) e, durante a noite, da terra para o mar (brisas da terra)”*. (MAGALHÃES, 1983, p.48)

Como um resultado dessa conjuntura de factores verifica-se variações quanto à temperatura, humidade do ar, índice de precipitação de chuvas, nebulosidade e características do vento, ou seja, índices usualmente quantificados em estações meteorológicas que permitem diagnosticar as características gerais de uma região. Podem ser compostos por valores médios e extremos, denominados de Normais climatológicas, ou através do estabelecimento de um Ano Climático de Referência (TRY, do inglês Test Reference Year), com uma base de horária dados.

Neste estudo cabe uma breve descrição das regiões climáticas do Brasil, sob o ponto de vista de algumas dessas variáveis. O clima em específico da cidade de São Paulo será mencionado no ponto 2.1.3.

2.1.2 Características gerais do Clima no Brasil

Com uma superfície total de 8.547.403 km², tendo a Norte localidades que passam pela Linha do Equador, e a Sudeste que passam pelo Trópico de Capricórnio, a extensão territorial do país já representa, notoriamente, um factor de grande influência nas variações climáticas. (para mapa do Brasil ver anexo A)

Pode-se dizer que a região mais a Norte é caracterizada pela grande massa de vegetação da Floresta Amazónica, o que contribui para o estabelecimento de humidade elevada (média entre 80 e 90%), com chuvas constantes e índice pluviométrico médio anual superior a 2.500mm. A altitude é baixa, pela qual se estende o Rio Amazonas e seus afluentes. A temperatura média nesta região fica entre 24 e 26°C. O distanciamento da faixa litorânea e a proximidade ao Equador são factores que condicionam a uma maior estabilidade climática. Esta unidade é classificada como clima Equatorial ou quente e húmido.

O clima Tropical (quente semi-húmido) se estende essencialmente pela região central em direcção ao Nordeste. Com verão quente e chuvoso, e inverno quente e seco, apresenta temperatura média entre 18 e 22°C. O índice pluviométrico médio mensal é baixo no inverno, de aproximadamente 5mm. No verão este índice alcança a ordem de 300mm. Região intermédia entre o Norte e o Sul do país apresenta grande diversidade quanto ao relevo, o que determina uma certa variação nos valores médios de temperatura. Nesta zona encontra-se a região do Pantanal mato-grossense.

No Nordeste, essencialmente nos estados do Ceará, Maranhão e parte da Bahia, e na parte continental dos demais estados desta região, o clima é predominantemente quente e seco, ou semi-árido. É a região mais seca do país, com chuvas escassas e temperaturas médias altas em torno dos 27°C.

Grande parte da faixa litorânea é identificada como uma única unidade climática, o **Tropical Atlântico** (quente e semi-húmido). Com extensão que percorre desde as latitudes mais próximas do Equador até as proximidades do Trópico de Capricórnio, é marcada essencialmente pela influência do oceano Atlântico. As temperaturas médias oscilam entre 18 e 26°C. Como uma faixa estreita, de baixa altitude, e paralela ao planalto central, há intensa precipitação de chuvas (aproximadamente 1.200mm anual), as quais, no entanto, são mais escassas a Norte. Pode-se caracterizar a faixa Norte litorânea como um sub-clima onde a mudança de estação é notável essencialmente pelas chuvas (inverno com chuva) sem grande variação de temperatura.

O clima **Tropical de Altitude** (quente e semi-húmido) é caracterizado por um inverno seco e verão chuvoso, com médias pluviométricas mensais por volta de 50mm no inverno e 200mm no verão. As temperaturas médias oscilam entre 18 e 22°C. No inverno pode ocorrer geada em função das massas de ar polar. Abrange regiões mais altas do planalto atlântico.

Finalmente, em grande parte da região sul do Brasil predomina o clima **Subtropical**. O sul é considerado por NIMER (1979) como uma das regiões geográficas de maior unidade climática. A geografia não apresenta grandes variações (terrenos planos) de modo que não representam grande interferência às acções das massas de ar. Predominam nessas localidades as frentes polares, as quais decorrem com frequência durante todo o ano provocando mudanças bruscas de temperatura. A temperatura média é por volta de 20°C. O índice pluviométrico é alto e constante durante todo o ano (1500mm/ano). Nas áreas mais elevadas pode ocorrer neve durante o inverno.

2.1.3 O Clima na cidade de São Paulo

“A cidade de São Paulo está inserida num contexto de terras altas (predominantemente entre 720 e 850 metros), chamado Planalto Atlântico. A topografia desse planalto apresenta as mais variadas feições, tais como planícies (várzeas), colinas, morros, serras e maciços com diversas orientações. A poucos quilômetros de distância (45km em média) encontra-se o Oceano Atlântico. Esse quadro físico define um conjunto de controles climáticos que, em interação com a sucessão habitual dos sistemas atmosféricos, irão dar identidade aos climas locais, produzidos pelos encadeamentos de diferentes tipos de tempo.” (TARIFA e ARMANI, 2001, p.38)

Localizada numa latitude sul aproximada de 23° 21' e longitude de 46° 44', junto ao Trópico de Capricórnio, a cidade de São Paulo apresenta uma realidade de transição entre o Clima Tropical Húmido de Altitude e o Clima Subtropical. O primeiro é caracterizado por um período seco definido, já o Clima Subtropical identifica-se pela constante humidade ao longo de todo ano. Como descrevem TARIFA e ARMANI, a cidade de São Paulo resulta dessa condição de transição uma variação para um verão quente-húmido e inverno frio e relativamente mais seco. Para além dessa caracterização sazonal, pode-se verificar mudanças de estados atmosféricos de intenso calor para uma brusca queda na temperatura em curtos espaços de tempo (dias a semanas).

Com base nas normais climatológicas do período de 1961-1990, medições realizadas no Mirante de Santana (fig.1), obtiveram-se os seguintes dados para temperatura: Valores médios de temperatura com variação entre 15,8°C no mês mais frio (julho) e 22,4°C no mês mais quente (fevereiro); Média anual das máximas de 24,9°C (21,8°C julho e 28,0°C fevereiro); Média anual das mínimas de 15,5°C (11,7°C julho e 18,8°C fevereiro) e Registos da máxima absoluta para o dia 15 de novembro de 1985 com 35,5°C e a mínima absoluta para o dia 1º de junho de 1979 com 1,2°C.

Os registos de humidade relativa apresentam-se relativamente elevados durante o ano todo com variações entre 74% em agosto e 80% para os meses de janeiro, março, abril e

novembro. Quanto à nebulosidade decorreram variações entre 6,1 décimos no mês de julho a 8,2 décimos em dezembro. O número de horas de insolação é relativamente baixo oscilando entre 4,2 horas de brilho solar em dezembro e 5,3 horas em julho. A pluviosidade média anual foi de 1.454,8mm, sendo a média máxima registada no mês de janeiro com 238,7mm e a média mínima de 38,9mm no mês de agosto. (Quadro 2.1.1)

Normais climatológicas – Mirante de Santana (1961 a 1990)													
Meses	jan	fev	mar	abr	ma	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	ano
pres atm (mb)	923,5	924,2	924,9	926,2	927,4	928,7	929,4	928,3	927,2	925,4	923,8	923,2	926,0
md max (°C)	27,3	28,0	27,2	25,1	23,0	21,8	21,8	23,3	23,9	24,8	25,9	26,3	24,9
md min (°C)	18,7	18,8	18,2	16,3	13,8	12,4	11,7	12,8	13,9	15,3	16,6	17,7	15,5
max abs (°C)	34,2	34,7	33,5	31,4	29,7	28,6	29,3	33,0	35,2	34,5	35,3	33,5	35,3
max abs data	19/88	03/84	15/86	06/90	08/84	29/72	15/87	31/63	20/61	12/63	15/85	01/61	15/11/85
min abs (°C)	11,9	12,4	12,1	6,8	2,2	1,2	1,5	3,4	3,5	7,0	7,0	10,3	1,2
min abs data	01/62	01/62	30/61	25/71	31/79	01/79	18/75	27/84	04/64	31/74	01/74	24/63	01/06/79
md comp (°C)	22,1	22,4	21,7	19,7	17,6	16,5	15,8	17,1	17,8	19,0	20,3	21,1	19,3
umd relativa (%)	80	79	80	80	79	78	77	74	77	79	78	80	78
nebu (C10)	8,1	7,5	7,7	7,4	6,6	6,2	6,1	6,2	7,2	7,7	7,7	8,2	7,2
prec tot (mm)	238,7	217,4	159,8	75,8	73,6	55,7	44,1	38,9	80,5	123,6	145,8	200,9	1454,8
max prec (mm)	103,5	121,8	90,8	57,9	71,8	74,0	70,8	42,3	62,6	63,7	82,8	151,8	151,8
max data	19/77	02/83	09/72	20/68	16/68	15/87	03/76	08/82	20/84	07/69	15/79	21/88	21/12/88
evap total (mm)	99,9	86,9	88,4	80,7	79,8	78,2	91,1	104,8	100,0	99,9	101,4	96,9	1108,0
insol (h/dia)	4,8	5,2	4,7	4,7	4,6	4,8	5,3	5,2	4,0	4,5	4,8	4,2	4,7

Quadro. 2.1.1- Normais climatológicas – Mirante de Santana 1961 a 1990.
(FONTE: INMET apud TAFIFA e ARMANI, 2001a, p. 37)

Com relação aos ventos, registos da estação meteorológica do Aeroporto de Congonhas (Quadro 2.1.2), constata-se o octante Sudeste como o mais activo apresentando 19,6% de frequência anual, seguido do octante Sul, com 16% e o Este com 8,8%. As calmarias representam 33,7% horas por ano, com variações máximas entre 24,4% a 29,1% nos meses quentes de novembro a outubro e 13,9 a 14% nos meses de maio e junho.

	N		NE		E		SE		S		SO		O		NO		CALMO
	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	
JAN	9,6	11,0	5,4	9,3	8,3	9,9	18,1	11,7	13,7	12,0	2,4	9,9	2,5	9,3	9,0	10,8	30,9
FEV	6,4	9,0	5,3	9,0	8,5	8,6	17,1	10,5	13,6	10,7	1,9	9,7	1,8	8,5	7,2	9,1	38,2
MAR	4,7	10,1	5,2	9,2	9,4	10,0	20,0	11,9	15,7	11,7	2,1	9,5	1,9	9,3	5,6	9,8	35,3
ABR	4,6	10,8	5,3	9,8	8,4	10,1	19,4	11,6	15,7	11,3	3,0	9,5	2,1	9,3	7,7	10,2	32,9
MAI	6,0	11,2	5,9	9,1	8,1	9,5	13,9	10,5	12,9	10,0	2,7	8,9	2,3	9,1	6,1	10,9	41,0
JUN	7,2	11,1	6,4	9,1	9,1	9,8	14,0	10,2	9,7	10,0	1,6	9,5	1,7	8,9	6,7	11,1	43,4
JUL	6,1	11,3	7,3	9,3	9,8	10,5	15,1	10,7	12,8	10,3	1,5	8,2	1,2	10,0	5,0	11,2	41,1
AGO	4,3	10,2	6,1	9,5	10,0	10,8	18,9	11,9	16,5	11,3	1,4	10,7	1,8	9,8	5,5	11,3	35,9
SET	3,8	11,9	5,8	9,7	9,1	11,7	24,4	12,3	21,1	11,4	1,8	10,6	1,1	8,1	3,2	10,4	29,7
OUT	4,2	11,4	4,8	8,7	9,4	10,1	29,1	12,3	20,1	11,7	2,5	10,2	1,5	9,7	4,7	10,8	23,6
NOV	4,8	10,6	5,1	9,4	8,6	9,4	25,7	12,6	20,1	12,3	2,1	9,8	2,1	8,2	6,9	10,6	24,4
DEZ	7,9	10,8	5,0	9,6	7,1	10,3	19,4	11,6	19,8	11,7	2,0	9,8	1,8	9,7	8,6	10,8	28,1
ANO	5,8	10,8	5,6	9,3	8,8	10,0	19,6	13,8	16,0	11,2	2,1	9,7	1,8	9,1	6,3	10,6	33,7

F= frequência (%) I= intensidade (km/h)

Quadro. 2.1.2 - Frequência e Intensidade média de ventos 1982 a 1991 - Aeroporto de Congonhas (FONTE: Serviço de protecção do voo apud TAFIFA e ARMANI, 2001a, p. 38)

A partir de um trabalho de análise integrada de todo acervo de mapas produzidos desde 1980 pelo Laboratório de Climatologia do Departamento de Geografia da USP, dados sobre ventos da estação meteorológica do Aeroporto de Congonhas (período de 1981 a 1993), e conhecimentos adquiridos a partir de observações mesoclimáticas de campo, TARIFA e ARMANI (2001) desenvolveram a Carta de Unidades Climáticas “Naturais” do Município de São Paulo (ver Anexo B). Baseados no conceito de “Unidade Climática” como um espaço onde atributos e controle climáticos mantêm uma homogeneidade relativa, foram identificados cinco climas numa escala mais abrangente denominados Climas Locais e diversas sub-unidades denominadas unidades meso e topoclimáticas.

2.1.3.1 Clima tropical húmido de Altitude do Planalto Paulistano (I)

Corresponde a diferentes mesoclimas com variações decorrentes da topografia, orientação dos altos e baixos relevos, bem como das colinas intermédias. Quanto à dispersão de poluentes e ventilação, verifica-se que as regiões de maiores altitudes apresentam melhores condições em contraposição às várzeas e baixos terraços. Estes últimos apresentam forte aquecimento diurno e elevada estabilidade atmosférica nocturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio. Nas colinas intermédias as características assumem um carácter de transição. Nestes casos, a dispersão de poluentes é razoável. E quanto aos impactos pluviométricos, as proximidades a serra da Cantareira representam médios a altos impactos.

Através das cartas de Unidades climáticas Naturais e Urbanas do município de São Paulo verifica-se, nessa unidade climática Natural, o seguinte padrão de ocupação Urbano:

Terras Altas:

- *Favelas* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Verticalização centro e bairros residenciais* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Residencial bairro verde* - alta percentagem de Áreas Verdes;
- *Residencial baixo Ipiranga* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Verticalização Área nobre Morumbi* - alta percentagem de Áreas Verdes;

Terras Intermédias:

- *Favelas* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Verticalização centro e bairros residenciais* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Residencial bairro verde* - alta percentagem de Áreas Verdes;
- *Residencial baixo* - média percentagem de Áreas Verdes;
- *Residencial baixo Ipiranga* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Verticalização Área nobre Morumbi* - alta percentagem de Áreas Verdes;
- *USP (Campus da Universidade de São Paulo)* - alta percentagem de Áreas Verdes;
- *Aeroporto de Congonhas* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Comércio e Indústrias* - baixa percentagem de Áreas Verdes.

Terras baixas:

- *Favelas* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Verticalização centro e bairros residenciais* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Indústria, Comércio e Marginal Rio Tietê* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Residencial baixo* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Verticalização Área nobre Morumbi* - alta percentagem de Áreas Verdes;
- *Verticalização Serviços Faria Lima* - baixa percentagem de Áreas Verdes.

2.1.3.2 Clima tropical húmido Serrano da Cantareira – Jaraguá (II)

Representa uma área de preservação ambiental com regulamentação específica, e conta com a presença dos Parques Florestais da Cantareira e Jaraguá em altitudes que variam entre 800 e 1200m. Nesta zona da cidade as características denotam forte influência não somente da altitude, mas também da vegetação. Identificam-se elevados impactos pluviométricos (total anual médio entre 1400 a 1590 mm e máximo diário entre 150 a 220mm), boa ventilação e dispersão dos poluentes, aumento da instabilidade e elevação da camada de mistura por efeito topográfico, e forte amenização térmica nas áreas serranas e drenagem nocturna de ar frio.

Padrão de ocupação Urbana:

- *Favelas* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Parque Cantareira e Jaraguá* - alta percentagem de Áreas Verdes;
- *Indústrias* - baixa percentagem de Áreas Verdes.

2.1.3.3 Clima tropical húmido de Altitude do Alto Juqueri (III)

Já nas áreas limítrofes a norte da Região Metropolitana, além das serras da Cantareira e Jaraguá, a diminuição da altitude para valores entre 720 a 800 m sugerem uma diminuição da altura da camada de mistura, um aumento da estabilidade atmosférica, diminuição da velocidade do vento e o aumento de calmarias.

Padrão de ocupação Urbana:

- *Favelas* - baixa percentagem de Áreas Verdes;
- *Parque Anhanguera* - alta percentagem de Áreas Verdes.

2.1.3.4 Clima tropical Sub oceânico Super húmido do Reverso do Planalto Atlântico (IV)

Altitudes variáveis entre 740m (Represa Billings) e 800-850m (Morros do Alto de Pinheiros), representam áreas já em direcção sul da Região Metropolitana e, portanto, mais próximas das influências oceânicas. Como principais características estão os fortes impactos pluviométricos, elevada instabilidade, frequentes nevoeiros e boa dispersão de poluentes.

Padrão de ocupação Urbana: Residencial baixo - alta percentagem de Áreas Verdes.

“Qualquer pessoa que se aventure nesse clima local deverá ser adaptada ao grande volume de água que precipita nessas áreas, podendo gerar movimentos de massa, deslizamentos e desmoronamentos”. (TARIFA e ARMANI, 2001, p.44)

2.1.3.5 Clima tropical Oceânico Super húmido da Fachada Oriental do Planalto Atlântico (V)

No extremo sul da Região Metropolitana, sob forte impacto da influência oceânica e nas proximidades da escarpa da Serra do Mar, são áreas que apresentam alta instabilidade e forte impacto pluviométrico. Apresentam os maiores índices de 1600 a 2210 mm (total anual médio) e máximo diário entre 300 a 400mm. A proximidade do oceano também propicia a frequente ocorrência de nevoeiros.

Padrão de ocupação: Floresta

2.1.4 Considerações sobre os Microclimas no meio urbano

A forma e as características físicas dos elementos que compõem as cidades são factores determinantes na caracterização dos microclimas urbanos. As cidades são mais quentes, menos iluminadas e mais poluídas do que as áreas rurais. O fenómeno ilha de calor é um exemplo de alteração climática, causada a nível local, pelas cidades. As temperaturas das cidades são mais elevadas no centro e tendem a diminuir em direcção às áreas semi-urbanas e rurais, configurando deste modo uma “ilha de calor”.

Os principais factores que contribuem para esse acréscimo de temperatura são a elevada capacidade de absorção de calor das superfícies urbanas, a carência de áreas verdes, cuja presença contribui para o processo de arrefecimento do ar através da evapotranspiração, e o total de energia produzida pelos carros, edifícios, indústrias e equipamentos em geral.

O planeamento urbano, ou a ausência do mesmo pode ser considerado como uma estrutura essencial que condiciona a ocupação das cidades. Os planos directores e as regulamentações são reflexos das intenções políticas e económicas de uma sociedade. Dentre essa estrutura citam-se outros valores determinantes da “forma urbana”, como a história das cidades com os primeiros eixos de adensamento urbano, a tradição e inovação tecnológica dos métodos de construção, as necessidades sociais, a especulação imobiliária e reflexos sociais como ocupações clandestinas.

“Cada unidade climática natural, em diferentes níveis de hierarquia (...) guarda estreita relação com as várias superposições temporais: anuais, sazonais e diárias (dia-noite). Em outras palavras, existem momentos ou durações em que os “fenômenos e os ritmos urbanos” se impõem, mas existem outros onde os “ritmos dos ciclones extratropicais ou das brisas oceânicas” são dominantes, neste tipo de interação”. (TARIFA e ARMANI, 2001, p.34)

2.2 Estratégias Bioclimáticas

2.2.1 Bioclimatologia aplicada a arquitectura

Pretende-se, neste capítulo, citar alguns estudos e pesquisas desenvolvidos no âmbito da bioclimatologia aplicada a arquitectura, de modo a introduzir a metodologia utilizada pela Norma em Desempenho Térmico de Edificações ABNT NBR 15220 (2005) a ser descrita no ponto 2.3.2.

O termo bioclimatologia refere-se ao estudo das interacções entre o homem e as condicionantes climáticas para uma determinada localidade. De início, muitos estudos foram desenvolvidos nesse âmbito, no entanto ainda sem estabelecerem uma associação directa com a arquitectura.

Esses primeiros estudos envolviam preocupações em avaliar os efeitos negativos do clima em relação ao homem, ou seja, procuravam compreender os níveis de interacções em que os limites provocassem sensações de dor, tensão e efeitos nocivos à saúde. Segundo OLGAY (1963), outro método de avaliação dessa interactividade relacionava as condições em que a produtividade, saúde e energia mental e física alcançam sua máxima eficiência.

Conforme relata FROTA e SCHIFFER (2003), o organismo é mantido a uma temperatura interna praticamente constante na ordem dos 37°C e com tolerância entre 36,1°C e 37,2°C, sendo as temperaturas de 32°C e 42°C consideradas limites para sobrevivência em estado de enfermidade. O processo de manutenção dessa temperatura dá-se através da termorregulação, ou seja, regular a redução dos ganhos ou o aumento das perdas de calor quando necessário. *“O organismo experimenta a sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, o calor compatível com sua atividade”*. (FROTA e SCHIFFER, 2003, p.20)

A associação dos conceitos da Bioclimatologia a arquitectura surgiria posteriormente com a compreensão dos espaços construídos como sendo um meio, externo ao corpo humano, de controle dessa termorregulação, e conseqüentemente interagindo com as sensações de conforto. Os primeiros gráficos bioclimáticos buscavam, de maneira gráfica, traduzir esse processo de interação homem-clima em termos de níveis de conforto, bem como distinguir estratégias ditas “bioclimáticas” que pudessem ser adoptadas para a obtenção de melhores resultados em termos de conforto.

Actualmente existem diversos gráficos propostos por pesquisadores, com características e considerações distintas, mas que buscam limites de conforto em realidades diversas.

“A moradia é o principal instrumento que nos permite satisfazer as exigências de conforto adequadas. Modifica o entorno natural e nos aproxima das condições óptimas de habitabilidade. Deve filtrar, absorver ou repelir os elementos do meio ambiente conforme a influência em benefício ou contrariamente ao conforto do ser humano”. (OLGYAY, 1963, p.16)

Historicamente podemos observar diversos exemplos de arquitectura concebidos com fundamentos claros das questões bioclimáticas. No entanto, o distanciamento entre a arquitectura e os conceitos bioclimáticos, tendo a Revolução Industrial desempenhado um papel fundamental neste sentido, viria a ser retomado no âmbito da engenharia, em busca de novos parâmetros de conforto que auxiliassem no processo dos sistemas de aquecimento e arrefecimento artificiais.

Conforme citam SZOKOLAY e AULICIEMS (1997), alguns estudos começaram a ser desenvolvidos no início do século XIX no sentido de se compreender as variáveis que envolvem as questões do conforto humano. Surgiu nesse contexto o primeiro estudo científico em busca da definição de uma *zona de conforto*, desenvolvido por HOUGHTEN e YAGLOGLOU (1923), pela ASHVE (American Society of Heating and Ventilation Engineers). Cronologicamente foram os primeiros a utilizar o gráfico psicrométrico convencional como base para esta finalidade, tendo se tornado uma referência para outros pesquisadores, inclusive

para a ASHRAE, a qual utiliza o gráfico psicrométrico como base para a definição da zona de conforto desde 1966.

Segundo FANGER (1970), as mais importantes variáveis que influenciam o conforto térmico são: nível de actividade física, resistência térmica das vestimentas, temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar, e pressão de vapor d'água no ar ambiente. Em conclusão, defende que é impossível considerar o efeito de qualquer um desses principais factores de forma independente, sendo que o efeito e comportamento de cada um desses factores variam conforme os níveis e condições dos outros.

O termo *projecto bioclimático* surgiu na década de 60, conceito introduzido pelos irmãos OLGAYAY. Arquitectos envolvidos em ensaios e pesquisas por uma arquitectura sensível as interacções com o clima, iniciaram publicações sobre esta temática, que posteriormente teriam continuidade em trabalhos desenvolvidos apenas por VICTOR OLGAYAY.

OLGAYAY (1963), em síntese de diversos trabalhos e pesquisas, propõe uma metodologia de desenvolvimento de projecto que permite, através de várias etapas de análise, ponderar questões relativas ao clima, localização, orientação, forma das edificações, ventos e critérios na escolha de materiais e componentes. Foi o primeiro a delinear uma zona de conforto através de um gráfico bioclimático onde, a partir da projecção de dados climáticos de temperatura de bulbo seco e humidade relativa, para um determinado clima, se é possível verificar não somente a percentagem de desconforto, mas também identificar possíveis estratégias que poderiam restabelecer o nível de conforto em maior proporção.

A versão original do gráfico bioclimático de OLGAYAY (1963) considera a temperatura efectiva (TE) como parâmetro de definição da zona de conforto, actividade sedentária, vestimenta de 1Clo (vestimenta leve com resistência térmica equivalente a $0,15^{\circ}\text{C m}^2/\text{W}$), desenvolvida para latitudes de aproximadamente 40° e altitudes inferiores a 300m em relação ao nível do mar.

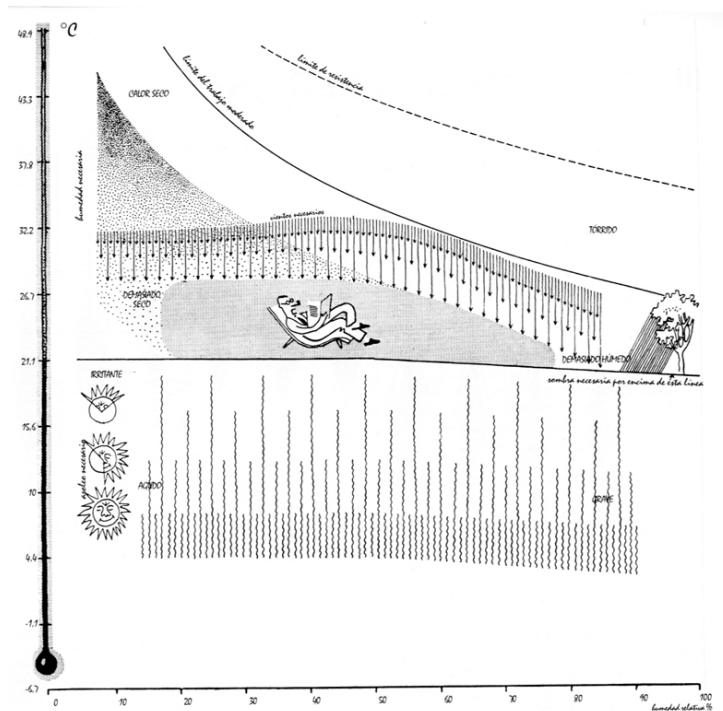


Fig. 2.2.1 - Gráfico Bioclimático Olgay

Fonte: Olgay (1963)

Diversas revisões foram feitas sobre o gráfico bioclimático de OLGAY. A partir de pesquisas e uma análise crítica, GIVONI (1968) apresenta um novo gráfico bioclimático com as seguintes diferenças em relação ao gráfico de OLGAY (1963): base na carta psicrométrica convencional, umidade absoluta como referência, e adaptação às condições internas das edificações.

GIVONI (1992) apud. ANDRADE (1996), incorporou em sua última revisão ao seu gráfico bioclimático original, uma diferenciação até então desconsiderada: limites de conforto adaptados aos padrões de aclimação para países em desenvolvimento. Fundamentado em estudos realizados por diversos pesquisadores, que detectavam uma maior tolerância, em situações de clima quente e húmido, a níveis mais elevados de temperatura. Também em consideração ao facto de que grande parte das habitações dos países referidos não dispõe de sistemas de condicionamento artificiais, GIVONI (1992) propõe dois novos gráficos diferenciados entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento. Basicamente o gráfico bioclimático para países desenvolvidos se aproxima mais da versão original, já o proposto para países em desenvolvimento apresenta a zona de conforto com seus contornos mais alargados, considerando maior tolerância à variação de temperatura e umidade.

Sobre os diversos gráficos bioclimáticos já propostos por pesquisadores, ANDRADE (1996) sintetizou que o proposto por OLGAYAY (1963), bem como sua revisão de 1968, e o proposto por KOENIGSBERGER et alli (1997), são aplicáveis apenas para condições externas. Distinguiu a metodologia utilizada por WATSON e LABS (1983) por ser a única que buscou quantificar a proporção de cada estratégia, para um determinado clima. Identificou o gráfico de GONZALEZ et alli (1986) como sendo de importante referência por ter sido desenvolvido exclusivamente a condições de climas tropicais. E finalmente identifica o gráfico de GIVONI (1992) como sendo o mais adequado à realidade brasileira, pelo que apresenta a zona de conforto mais adaptável para regiões de clima quente e húmido.

Em descrição de LAMBERTS et alli (1997), a carta bioclimática proposta por GIVONI, para países em desenvolvimento, em 1992, define limites máximos de conforto expandidos em relação à sua carta original. Os novos limites propostos por GIVONI são de 18°C, como limite inferior para o inverno, e 29°C, como limite superior para o verão. No caso o limite 29°C equivale a valores de humidade relativa de até 50%. Essa alteração fundamenta-se no facto de que, tendo em conta o não uso de condicionamento artificial como padrão, em países de clima quente e em desenvolvimento, as pessoas tenderiam a um processo de aclimação com maior tolerância a altas temperaturas e níveis de humidade do ar.

Em termos práticos, a Bioclimatologia aplicada a arquitectura contribui para uma melhor compreensão da qualidade das edificações, no que se refere ao conforto higro-térmico, ou seja, níveis de humidade e temperatura do ar. Por outro lado, a variação desses limites da zona de conforto podem sugerir interpretações distintas, perante um mesmo desempenho higro-térmico de uma determinada edificação, em determinadas condições. Ou seja, as mesmas condições de temperatura e humidade podem sugerir diferentes estratégias bioclimáticas, ou decorrer numa interpretação de desconforto e conforto, através de gráficos bioclimáticos limites de zonas distintos.

2.2.2 Estratégias Bioclimáticas para a cidade de São Paulo segundo o Gráfico Bioclimático proposto por GIVONI (1992)

Através da aplicação do TRY (Test Reference Year) de 1954, referente à cidade de São Paulo, no Gráfico Bioclimático proposto por GIVONI (1992), tem-se as seguintes estratégias de condicionamento térmico (Figuras 2.2.2 e Quadro 2.2.1):

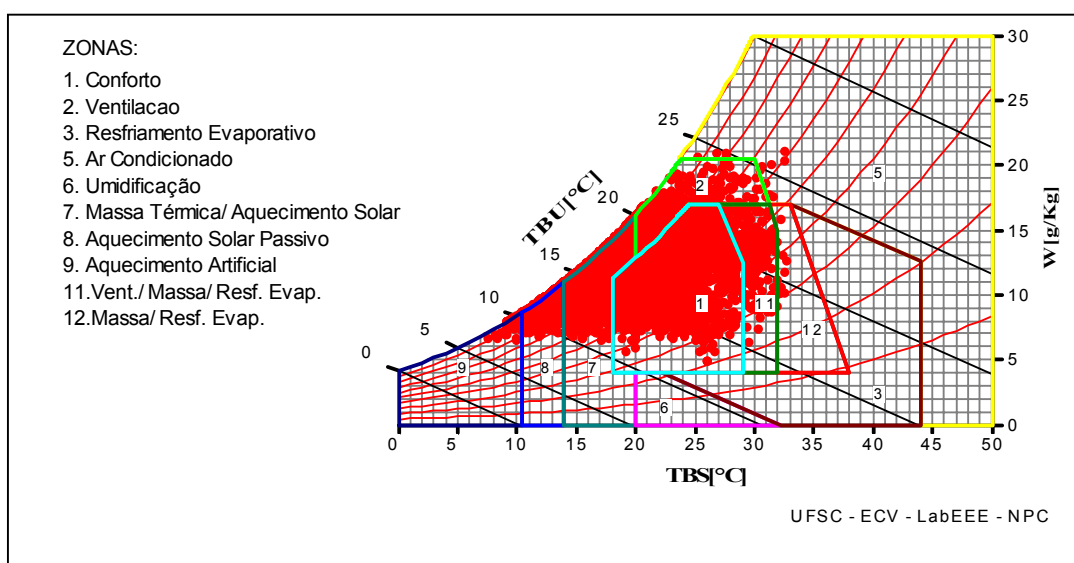


Figura 2.2.2 - Gráfico Bioclimático (GIVONI, 1992) com as estratégias indicadas para a cidade de São Paulo
 FONTE: Software Analysis 2.0 – Bio.

<p>GERAL Conforto: 26% Desconforto: 74% -Frio: 59.4% -Calor: 14.5%</p>
<p>Calor Ventilação: 14.3% Massa Térmica para Resfriamento.: 2.63% Resfriamento Evaporativo.: 2.63% Ar Condicionado: 0.137%</p>
<p>Frio Massa Térmica /Aquecimento Solar: 48.3% Aquecimento Solar Passivo: 10.4% Aquecimento Artificial: 0.719% Humidificação: 0%</p>
<p>POR ZONAS Ventilação: 11.8% Ventilação / Massa Térmica / Resfriamento Evaporativo: 2.5% Massa Térmica / Resfriamento Evaporativo: 0.126% Aquecimento Artificial: 0.719% Massa Térmica / Aquecimento Solar: 48.3% Aquecimento Solar Passivo: 10.4% Ar Condicionado: 0.137%</p>

Quadro 2.2.1 - Relatório parcial das estratégias indicadas para a cidade de São Paulo
 FONTE: Software Analysis 2.0 - Bio.

As estratégias resultantes mais evidentes são a Ventilação (Verão) e a Massa Térmica / Aquecimento Solar (Frio).

Segundo LAMBERTS et alli (1997), há que se ter atenção ao facto de que, embora a ventilação contribua para melhores sensações térmicas em clima quente e húmido, durante o dia essa estratégia tende a igualar as temperaturas interna e externa. A ventilação diurna pode provocar sensação de conforto durante o dia, no entanto decorre também no acumulo maior de calor a ser notado durante a noite. “O princípio bioclimático se resume a controlar a ventilação durante o dia e incrementar a ventilação noturna, aproveitando o ar mais fresco para resfriar o interior”. Relativamente à estratégia de “Massa Térmica / Aquecimento solar” esclarecem que, para condições de temperatura e humidade equivalente a esta Zona 7, a utilização da Massa Térmica associada ao aquecimento solar passivo pode ser tão eficiente quanto o aquecimento solar passivo em associação ao isolamento térmico.

As estratégias Ventilação e Inércia Térmica (Massa Térmica) serão referidas em pormenor nos capítulos subsequentes.

2.2.3 Inércia Térmica

Segundo FROTA e SCHIFFER (2003, p.48), *“à inércia térmica estão associados dois fenômenos de grande significado para o comportamento térmico: o amortecimento e o atraso da onda de calor, devido ao aquecimento ou ao resfriamento dos materiais. A inércia térmica depende das características térmicas da envolvente e dos componentes construtivos internos”*.

O amortecimento está relacionado à resistência dos componentes opacos às flutuações de temperatura externa. No entanto, somente este factor não denota uma boa inércia térmica, mas sim quando associado a um atraso térmico. Ou seja, quando associado à capacidade de armazenagem e retardamento da transferência de calor para o ambiente interno, característica dos elementos massivos.

Conforme cita CAMELO (1995, p.41), *“(...) pode definir-se a inércia térmica de um edifício como a resistência oferecida à modificação do estado térmico pelos elementos constituintes massivos, e que consiste no facto de aqueles elementos possuírem a capacidade de armazenar calor quando os ganhos são elevados e de, posteriormente, devolvê-lo em função da temperatura do ar interior”*.

Diversos estudos têm sido feitos no sentido de se identificar as vantagens do uso da inércia térmica, tanto para condições de verão quanto de inverno. Conforme constata PAPST (1999, p.22), em sua revisão bibliográfica sobre o uso da inércia térmica, *“percebe-se pelas pesquisas e medições realizadas que há uma certa controvérsia sobre o uso de massa térmica para resfriamento em climas quentes e úmidos. Alguns pesquisadores afirmam através de simulações computacionais que o uso de massa térmica para este clima não tem bons resultados, enquanto outros usando o mesmo método apresentaram bons resultados”*.

GOODWIN S. e M. CATANI (1979) apud PAPST (1999) verificaram, através de simulações utilizando o programa NBSLD (National Bureau of Standards), que em regiões de clima moderado dos Estados Unidos, o uso da inércia térmica pode contribuir para uma

redução do consumo de energia para resfriamento, tendo no entanto melhores resultados quando não há ganhos internos. Constataram também que para os casos simulados com resistências equivalentes, mas com diferenças na inércia térmica, as paredes mais massivas contribuíram para a redução do consumo para resfriamento, efeito não observado para o caso de edifícios residenciais

FROTA e SCHIFFER (2003, p.71) recomendam que, para regiões de clima quente e húmido “(...) as construções não devem ter uma inércia muito grande, pois isto dificulta a retirada do calor interno armazenado durante o dia, prejudicando o resfriamento da construção quando a temperatura externa noturna está mais agradável que internamente. Nesse sentido, deve-se prever uma inércia de média a leve, porém com elementos isolantes nos vedos, para impedir que grande parte do calor da radiação solar recebida pelos vedos atravesse a construção e gere calor em demasia.” Observam ainda que as estratégias bioclimáticas devem ser distintas para regiões de clima quente e húmido e para regiões de clima quente e seco. Ressaltam que para a primeira condição está relacionada a amplitudes diárias maiores que a segunda, o que denota mínimas (noite) consideravelmente mais baixas favorecendo o uso da inércia térmica (liberação do calor acumulado pela massa térmica).

Finalmente como conclusão do estudo sobre o uso da inércia térmica para uma região de clima quente e húmido (Florianópolis), através de medições de temperatura em três residências com distintas características da envolvente, PAPST (1999) conclui que

“O uso efetivo de inércia térmica só apresenta bons resultados quando faz-se o uso de isolamento na cobertura, evitando o ganho de calor por radiação no período quente, e evitando a perda de calor interno no período frio. (...) em edificações residenciais poderia ser adotado em ambientes que tenham ocupação primordialmente diurna. Ambientes como dormitórios, é mais interessante permitir um resfriamento mais efetivo com as quedas de temperaturas noturnas no verão, através de uma ampla ventilação noturna, e ou, materiais leves. Mas com o uso de materiais leves na envoltória dos dormitórios é necessário garantir ganhos de calor no período frio (lareiras ou similares). Evitar a orientação oeste para dormitórios. O período frio nesta cidade não é muito longo, mas para conforto dos ocupantes, estudar a trajetória solar para permitir aquecimento solar passivo através das aberturas. (...) pode ser combinado com o uso de isolamento térmico. Mas o isolamento deve sempre ser posicionado do lado externo da edificação. Edificações que usem a inércia térmica tem de ter uma boa orientação solar. As paredes orientadas a leste e oeste devem ter um bom sombreamento no verão, e permitir no inverno aquecimento solar passivo. (...) tem de ter um bom gerenciamento da edificação, ou seja, só ventilar a edificação no verão quando a temperatura externa foi inferior a interna, e no inverno só ventilar quando a externa foi superior a interna.” (PAPST, 1999, pp.160-161)

2.2.3.1 Fenómeno de armazenagem de calor

A capacidade de armazenagem de calor define-se por **Capacidade térmica**, a qual pode ser calculada através da densidade, espessura e calor específico dos componentes de uma superfície, conforme demonstra a expressão (ABNT, 2003):

$$C_T = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot R_i \cdot C_i \cdot \rho_i = \sum_{i=1}^n e_i \cdot C_i \cdot \rho_i \quad (1)$$

onde

- λ_i é a condutividade térmica do material da camada i^a ;
- R_i é a resistência térmica da camada i^a ;
- e_i é a espessura da camada i^a ;
- C_i é o calor específico do material da camada i^a ;
- ρ_i é a densidade de massa aparente do material da camada i^a .

2.2.3.2 Fenómeno de amortecimento

A capacidade de amortecimento pode ser referida como a capacidade de um determinado componente em reduzir o efeito das altas temperaturas, contribuindo assim para a diminuição da amplitude térmica de um determinado ambiente, em relação às variações do clima exterior. RIVERO (1986) apud PAPST (1999) define o coeficiente de amortecimento através da seguinte fórmula:

$$\mu = \frac{\omega_s}{\theta_s} \quad (2)$$

onde

- (μ) é o coeficiente de amortecimento
- (ω_s) é a amplitude da temperatura superficial interna de um fechamento
- (θ_s) é a amplitude da temperatura do ambiente externo

2.2.3.3 O atraso térmico

Uma vez armazenado o calor, o fenómeno de transferência desse calor da componente para o ambiente decorre em um determinado período de tempo. O cálculo desse tempo é definido por atraso térmico.

“O atraso ou retardo térmico (φ) é o tempo que leva uma diferença térmica ocorrida num dos meios para manifestar-se na superfície oposta do fechamento. O atraso depende dos parâmetros que intervêm no processo de transmissão de calor por condução em regime variável, ou seja, a condutividade térmica (λ), o calor específico (c), a densidade absoluta (d), e a espessura (e)”. (RIVERO, 1986 apud PAPST, 1999)

O cálculo do atraso térmico encontra-se descrito na ABNT NBR 15220 (2005) para “elementos homogêneos” (3 e 4) e “elementos heterogêneos” (5), cujas denominações podem ser visualizadas na Figura 2.2.3.

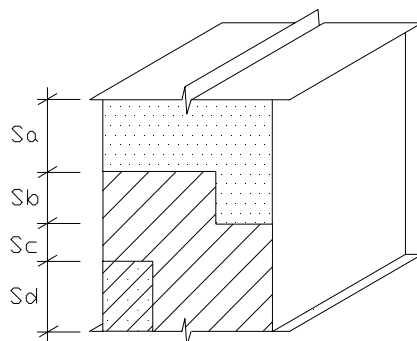


Figura 2.2.3 - Seções de um componente com camadas homogêneas e heterogêneas (Fonte: ABNT NBR 15220, 2003)

$$\varphi = 1,382.e.\sqrt{\frac{\rho.c}{3,6.\lambda}} \quad (3)$$

$$\varphi = 0,7284.\sqrt{R_t.C_T} \quad (4)$$

onde

- φ é o atraso térmico ;
- e é a espessura da placa ;
- λ é a condutividade térmica do material ;
- ρ é a densidade de massa aparente do material;
- c é o calor específico do material;
- R_t é a resistência térmica de superfície a superfície do componente ;
- C_T é a capacidade térmica do componente.

$$\varphi = 1,382.R_t.\sqrt{B_1 + B_2} \quad (5)$$

onde

R_t é a resistência térmica de superfície a superfície do componente;

B_1 é dado pela expressão 5.1;

B_2 é dado pela expressão 5.2.

$$B_1 = 0,226.\frac{B_0}{R_t} \quad (5.1)$$

onde

B_0 é dado pela expressão 5.3.

$$B_2 = 0,205.\left(\frac{(\lambda.\rho.C)_{ext}}{R_t}\right).\left(R_{ext} - \frac{R_t - R_{ext}}{10}\right) \quad (5.2)$$

$$B_0 = C_T - C_{Text} \quad (5.3)$$

onde

C_T é a capacidade térmica total do componente ;

C_{Text} é a capacidade térmica da camada externa do componente.

2.2.3.4 Cálculo da Inércia Térmica

Segundo FROTA e SCHIFFER (2003), “*para avaliação da inércia térmica da construção recorre-se ao conceito de superfície equivalente pesada – que é igual à somatória das áreas das superfícies de cada uma das paredes interiores, inclusive piso e teto, multiplicadas por um coeficiente que será função do peso da parede e da resistência térmica de seus revestimentos – em relação à área do piso do local*”.

A partir da Resistência térmica do revestimento da superfície e do peso da componente tem-se (CROISET, 1972 apud FROTA e SCHIFFER, 2003) o Quadro 2.2.2:

Cálculo da relação superfície equivalente pesada / área do piso do local

	$R < 0,15 \text{ (m}^2\cdot\text{K) / W}$	$0,50 < R > 0,15 \text{ (m}^2\cdot\text{K) / W}$	$R > 0,50 \text{ (m}^2\cdot\text{K) / W}$
Parede pesando + de 200Kg/m ²	1	2/3	0
Parede pesando entre 200 e 100Kg/m ²	2/3	1/3	0
Parede pesando entre 100 e 50Kg/m ²	1/3	0	0
Parede pesando menos de 50Kg/m ²	0	0	0

Quadro 2.2.2 – Tabela da relação superfície equivalente pesada / área do piso do local (Fonte: CROISSET, 1972 apud FROTA e SCHIFFER ,2003)

Neste caso, o cálculo da *superfície equivalente pesada*, para componentes que dividem dois ambientes (inclusive piso e tecto), considera-se apenas 50% da sua espessura. A partir dos resultados a classificação dá-se conforme a tabela da Quadro 2.2.3.

Tabela de classificação da Inércia Térmica

Inércia muito fraca	valor inferior a 0,5
Inércia fraca	valor entre 0,5 e 1,5
Inércia média	valor superior a 1,5 (sem cumprir a condição para inércia forte)
Inércia forte	valor superior a 1,5 se a metade das paredes pesar mais que 300Kg/m ²

Quadro 2.2.3 – Tabela de classificação da Inércia Térmica (Fonte: CROISSET, 1972 apud FROTA e SCHIFFER ,2003)

2.2.4 Ventilação Natural

2.2.4.1 Acção do vento ao nível da escala Global, Regional e Local

Segundo PEGUY apud ALLARD (1998), existem oito tipos de massa de ar que actuam sobre a superfície terrestre: massa de ar do Ártico; massa de ar Continental seco ou Marítimo húmido; massa de ar Polar (quente ou não), Continental seco ou Marítimo húmido Tropical, e massa de ar Equatorial.

O modo como cada tipo de massa de ar influencia nas condições dos ventos, a nível regional, em uma determinada localidade, dependerá essencialmente da sua posição no globo terrestre e das variações sazonais. Conforme descrevem FROTA e SCHIFFER (2003, p.63), *“(...) o determinante principal das direções e características dos ventos é a distribuição sazonal das pressões atmosféricas. A variação das pressões atmosféricas pode ser explicada, entre outros fatores, pelo aquecimento e esfriamento das terras e mares, pelo gradiente de temperaturas no globo e pelo movimento de rotação da Terra”*. Sendo assim complementam: *“Denomina-se pressão atmosférica a ação exercida pela massa de ar que existe sobre as superfícies da Terra”*.

A acção dos ventos também sofre influência devido às variações morfológicas, tais como: vales, montanhas, proximidade do mar ou grandes superfícies d'água como lagos, e também áreas urbanas. ALLARD (1998) descreve que o efeito da turbulência do ar nas áreas urbanas, devido ao aumento da rugosidade, é mais acentuado do que nas áreas rurais. No entanto, no que se refere à velocidade do ar, esta poderá ser maior ou menor nas áreas urbanas em comparação a áreas de campo aberto. Assim conclui que, quando a acção dos ventos (a nível local) varia entre moderada a forte, o efeito resultante nas áreas urbanas será de uma redução da velocidade do ar e um aumento da turbulência. Ao contrário da imposição de ventos fracos, que resulta no aumento da velocidade do ar nas áreas urbanas essencialmente devido ao efeito da turbulência, enquanto que nas áreas de campo aberto verificam-se calmarias.

O parâmetro que relaciona a variação do nível de rugosidade e os diferentes tipos de superfícies é a Altura de Rugosidade, definido por ALLARD (1998) como uma característica aerodinâmica das superfícies. Assim, *“Para uma idêntica geotropical velocidade e uma idêntica altura acima do nível do solo, a média de velocidade diminui conforme o aumento da rugosidade do solo”*. (ALLARD, 1998, p.13)

Para além do efeito moderador de temperatura, representado pelas superfícies de água conforme citado no ponto 2.1.1 do Capítulo 2.1 sobre Clima, tem-se o fenómeno das brisas características dos fundos de vales. Em situações de vales, existem dois tipos de brisas com sentido de fluxo invertidos que variam conforme o período do dia. Durante o dia, a diferença de temperatura entre o ar (mais frio) em relação à terra (que se aquece com o decorrer do dia), ocasiona fluxos de correntes de ar no sentido ascendente, ou seja, brisas de ar que fluem do fundo dos vales em direcção aos pontos mais altos. Já durante a noite o sentido do fluxo é inverso devido ao processo de esfriamento da terra, ocasionando brisas de fluxo descendente. Segundo OLGAY (1963), durante a noite o ar frio se comporta como a água que ocupa os pontos mais baixos ocasionando no efeito das “ilhas frias” devido ao facto de o ar frio ser mais denso que o ar quente.

Na sequência de análise da influência das diversas variáveis em relação à acção dos ventos, ALLARD (1998) conclui que o microclima representa a única escala onde o homem pode interferir nas condições do clima através do uso de sistemas como protecções ao vento, ou adaptando o planeamento urbano de acordo com os ventos dominantes, orientação solar e conforme a presença de reservas de água, entre outros factores.

2.2.4.2 Acção do vento ao nível da escala do Edifício

2.2.4.2.1 Importância da Ventilação

A importância da ventilação nos edifícios está relacionada com dois aspectos essencialmente: o conforto térmico e o nível de salubridade do ar. Como descrito em LAMBERTS et alli (2000), a potencialidade da ventilação é: *“manter o ambiente livre de impurezas e odores indesejáveis, além de fornecer oxigénio e eliminar o gás carbónico; remover o excesso de calor acumulado no interior da edificação produzido por pessoas ou fontes internas; resfriar a estrutura do edifício e seus componentes evitando o aquecimento do ar interno; facilitar as trocas térmicas do corpo humano com o meio ambiente (especialmente no verão); e remover o excesso de vapor d’água existente no ar interno evitando a condensação superficial”*.

No entanto, para que a ventilação tenha os efeitos benéficos acima descritos faz-se necessária a compreensão do seu mecanismo de funcionamento bem como a compatibilização com as condicionantes do clima local conforme descritos no capítulo anterior. Cuidados com os ventos indesejáveis em situações de inverno e atenção à qualidade do ar externo no que se refere ao nível de poluição, são exemplos de como a ventilação pode ser prejudicial se não forem analisadas todas as condicionantes para cada caso específico.

2.2.4.2.2 Tipos de Ventilação

A ventilação pode ser classificada entre Natural e Artificial. A primeira está associada à diferença de pressão causada pela acção do vento, ou pode estar associada à variação de densidade do ar devido à diferença de temperatura (efeito chaminé). Já a ventilação artificial está associada ao efeito da acção de sistemas mecânicos.

Pressões positivas são criadas nas faces expostas ao vento, denominadas de barlavento. Já nas faces não expostas ao vento, denominadas de sotavento, são criadas pressões negativas. Segundo ALLARD (1998), deste fenómeno resulta uma pressão negativa no interior dos edifícios responsável pela promoção de fluxos de ar através das aberturas. Pode-se concluir, portanto, que somente a presença de aberturas de “entrada” de ar (pressões positivas), com a ausência dos pontos de saída (pressões negativas), resulta num sistema não eficiente de ventilação. Verifica-se deste modo, que não basta uma boa orientação, mas também, a promoção da ventilação cruzada.

Em definição à ventilação promovida pela diferença de temperatura LAMBERTS et alli (2000, p.41) descreve: *“Baseia-se na diferença entre as temperaturas do ar interior e exterior provocando um deslocamento da massa de ar da zona de maior para a de menor pressão. Quando, nestas condições, existem duas aberturas em diferentes alturas, se estabelece uma circulação de ar da abertura inferior para a superior, denominada efeito chaminé”*. Deste fenómeno resulta que sua aplicabilidade não tem muito efeito em edificações térreas, onde não há possibilidade de se estabelecer grandes diferenças de altura entre as aberturas.

Em uma análise crítica sobre as variáveis que influenciam nas características do fluxo do ar no interior das edificações, OLGAY (1963) sintetiza as variáveis no âmbito da envolvente do edifício tais como: barreiras, disposição dos edifícios e o efeito das barreiras vegetais. Para além desses aspectos, descreve também a relação entre o fluxo de ar e as variáveis da própria edificação, como por exemplo: disposição interna das edificações, dimensões verticais e horizontais das aberturas, e sistemas de direccionamento do ar.

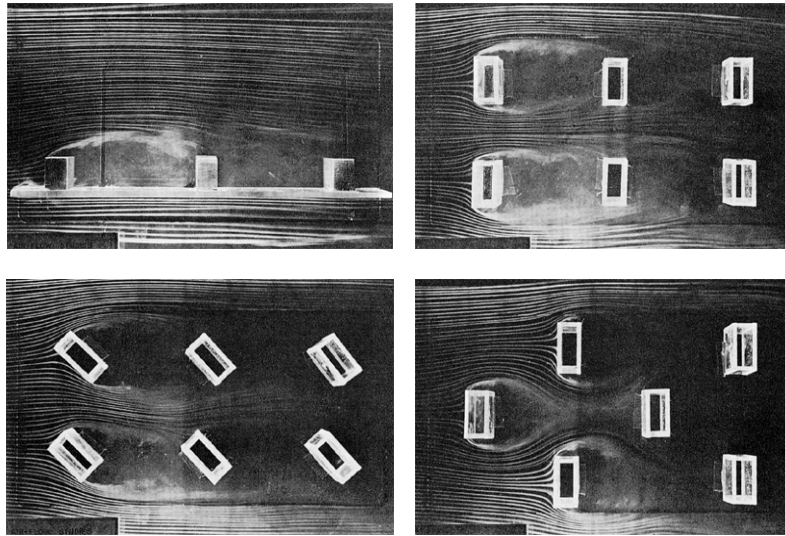


Figura 2.2.4 - Ventilação - Disposição dos edifícios (Fonte: OLGAY, 1963, p.101)

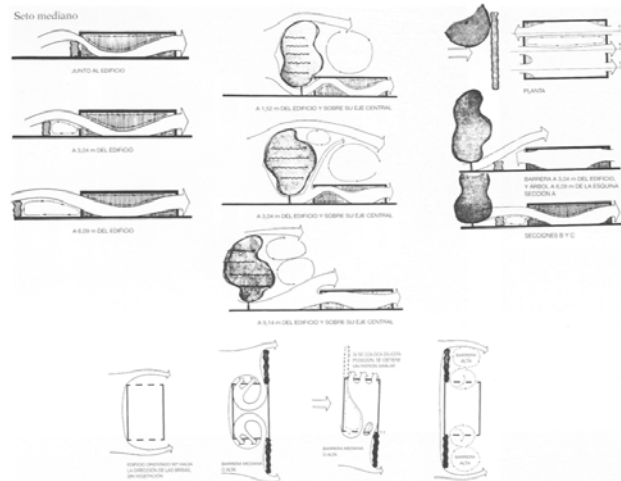


Figura 2.2.5 - Ventilação – Barreiras vegetais (Fonte: OLGAY, 1963, p.102)

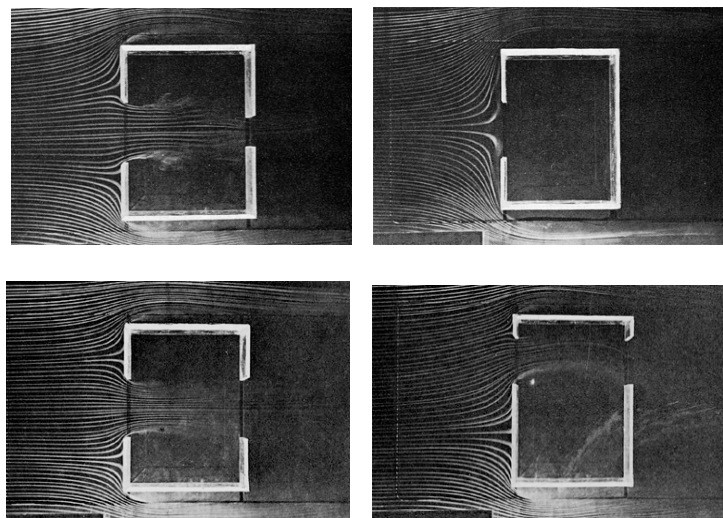


Figura 2.2.6- Ventilação – Aberturas nos Edifícios-plano horizontal (Fonte: OLGAY, 1963, p.105)

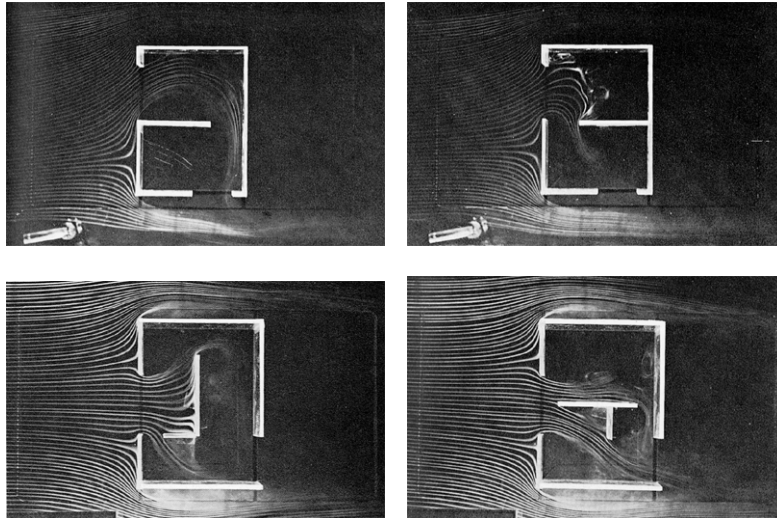


Figura 2.2.7 – Ventilação – Disposição interna nos edifícios (Fonte: OLGAYAY, 1963, p.107)

Em conclusão OLGAYAY (1963) orienta que a ventilação natural pode ser conseguida através das seguintes medidas:

- Orientação do edifício;
- Entorno criando zonas de alta e baixa pressão;
- Localização das entradas nas zonas de alta pressão e saídas nas zonas de baixa pressão;
- Entradas que conduzam os fluxos através das zonas de actividade;
- Pequenas entradas e grandes saídas;
- Planta livre sem elementos que barrem o fluxo de ar interior.

2.2.4.2.3 Aspectos considerados no Cálculo da Ventilação

Um primeiro ponto a ser analisado quando se trata de quantificar o efeito da ventilação é a velocidade do ar externo. Geralmente as medições das velocidades do vento são obtidas em estações meteorológicas fixadas a uma altura de 10 metros acima no nível do solo. Em qualquer método de cálculo da ventilação a primeira dificuldade que se coloca é a correcção das velocidades medidas em relação à provável velocidade do ar em uma determinada localização.

Segundo ALLARD (1998), a velocidade do ar medida na estação meteorológica deve ser apropriadamente corrigida para uma específica altura e deve ter em consideração a orientação do edifício, a topografia e o nível de rugosidade da envolvente. Neste sentido existem diversos algoritmos de cálculo para esse efeito, sendo que todos levam em consideração valores de correcção para terreno de campo aberto, campo com algumas barreiras, urbano e centro urbano.

No entanto, para além das correcções da velocidade do ar em relação às características do terreno, as pressões exercidas pela acção do vento, em uma determinada edificação, sofrem variações também em função da direcção do vento e das características arquitectónicas. Assim sendo o parâmetro que tem em consideração esses aspectos, para o cálculo da ventilação em uma determinada edificação, é denominado de Coeficiente de pressão (C_p). Segundo ALLARD (1998), os factores que influenciam na distribuição dos Coeficientes de pressão são: o Vento, segundo a velocidade e ângulo de incidência; a Envolvente, conforme a densidade e altura das edificações próximas; e a Geometria arquitectónica, segundo as proporções geométricas da forma total da edificação, o ângulo de inclinação da cobertura e as coordenadas de posicionamento do determinado ponto de pressão.

Quanto às aberturas, existem diversos estudos que buscam identificar e quantificar o efeito da viscosidade como um “reductor” da área efectiva de passagem de ar, em adição ao efeito do movimento turbulento real quando da passagem de ar através das aberturas. Neste sentido os algoritmos também levam em consideração o Coeficiente de desempenho das aberturas ou *discharge coefficient* (C_d). Conforme citado por ALLARD (1998), diversos estudos têm comprovado que o valor de C_d está directamente relacionado com a dimensão das aberturas, sendo que para pequenas internas aberturas o valor representativo de C_d é de 0.65, para grandes aberturas o valor de C_d é próximo de uma unidade, e conclui com a sugestão de um valor médio padrão de 0.78. Para além destes valores, existem outras referências de C_d que têm em consideração o efeito reductor do fluxo de ar devido à outros elementos tais como venezianas com ventilação permanente e telas de protecção contra insectos.

2.3 Normalização em Conforto no Brasil – O caso da cidade de São Paulo

2.3.1 Regulamentação de edifícios no município de São Paulo

Dentre as legislações que regulam projectos de Edifícios Habitacionais no município de São Paulo citam-se essencialmente:

- *Zoneamento Urbano* - Parte III da “Lei dos Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras e da Disciplina do Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo”. (Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).
- *COE (Código de Obras e Edificações)* do Município de São Paulo, Lei nº 11.228, de 25 de junho de 1.992.
- *NTO (Norma Técnica Oficial Brasileira)* - Normas criadas no âmbito da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), sob a responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), e elaboradas pelas Comissões de Estudo (CE).

Em 30 de Maio de 2005 foi publicada a **ABNT NBR 15220**, um conjunto de Normas Técnicas no âmbito do Desempenho térmico de edificações, estruturado em 5 partes. A Parte 3 deste documento, **ABNT NBR 15220-3**, estabelece um Zoneamento bioclimático brasileiro e propõe directrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

Cita-se ainda o projecto “*Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações*”, ABNT (2002), ainda em desenvolvimento, que visa normalizar sobre o processo de avaliação do Desempenho de novas tecnologias de construção de habitações.

2.3.1.1 Zoneamento Urbano - Parte III da “Lei dos Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras e da Disciplina do Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo”. (Prefeitura do Município de São Paulo, 2004).

O Zoneamento Urbano, nos aspectos que indirectamente relacionam-se ao desempenho térmico dos edifícios, regula quanto aos recuos mínimos dos edifícios no lote, quanto à densidade de ocupação, bem como gabaritos de altura.

O Zoneamento Urbano ordena a ocupação e estabelece uma divisão do território em zonas, classificadas de acordo com o tipo de uso permitido. As versões do Zoneamento, anteriores a 2004, especificavam as regras quanto aos recuos, coeficientes de aproveitamento, taxas de ocupação, conforme o uso dos edifícios. A nova versão de 2004 introduz uma mudança que visa garantir maior flexibilidade de usos nos edifícios, desvincular as regras de uso das regras da edificação. *“Pela lei anterior, casas e estabelecimentos comerciais ou de serviços tinham limites de recuos diferentes (...), dificultando a utilização do imóvel para uso diferente do inicialmente projetado e resultando, em vários casos, no abandono do imóvel tornando-se um dos principais obstáculos à renovação do uso das edificações e um dos fatores responsáveis pelo alto índice de imóveis irregulares na cidade”.* (Prefeitura do Município de São Paulo, 2004, p.25)

Segundo os coordenadores desta revisão, os recuos passam a ser proporcionais à altura dos edifícios, sem a exigência de recuos fixos, ou seja, favoráveis para o estabelecimento de uma implantação do edifício de modo mais eficiente, *“pois sem a exigência de recuos laterais e de fundos será possível orientar a implantação da edificação aproveitando a melhor insolação possível em cada terreno”.* (Id. Ibid.)

2.3.1.2 COE - Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo

O Actual Código de Obras e Edificações do Município de São Paulo (Prefeitura do Município de São Paulo, 1992), regula, através da Secção 11, sobre a classificação e dimensão dos vãos para fins de “aeração” e “insolação”. Para ambientes destinados aos usos repouso, estar e estudo, o COE classifica como classe “A”, com exigências mínimas de área para insolação de 15% da área do piso e 7,5% para ventilação. Para ambientes destinados a depósito (área > 2,5m²), cozinha, copa e área de serviço, classifica como classe “C” e estabelece um mínimo de 10% para insolação e 5% da área do piso para ventilação. As instalações sanitárias, zonas de circulação e depósitos (área < 2,5m²) enquadram-se na classe “D”, sendo permitido o uso de sistema mecânico de comprovada eficiência, ou um mínimo de 5% da área do piso para ventilação.

No que diz respeito aos componentes básicos o COE especifica que: *“fundações, estruturas, paredes, pisos, revestimento e cobertura, deverão apresentar resistência ao fogo, isolamento térmico, isolamento e condicionamento acústicos e impermeabilidade adequados à função e porte do edifício (...)”*, de acordo com as Normas Técnicas Oficiais brasileiras (NTO).

AKUTSU (1998), em referência às normas no Brasil, comenta que a origem das regulamentações, relacionada ao desempenho térmico de edificações, fundamentava-se em “regras empíricas de bem construir”, as quais foram sendo incorporadas em leis através dos Códigos de Obras de alguns municípios.

2.3.2 Normalização em Conforto Ambiental no Brasil

2.3.2.1 Desempenho térmico de edificações

ROMAN e BONIN (2003, p.9), em referencia ao projecto de Normalização em Conforto Ambiental no Brasil, avaliam que *“(...) os textos referentes a desempenho térmico e iluminação natural das edificações foram os primeiros textos normativos brasileiros sobre esses temas, preenchendo importante lacuna antes existente na normalização nacional aplicável à produção habitacional”*.

Com o objectivo da elaboração de projectos de Norma em Desempenho térmico, Desempenho acústico e sobre a Iluminação natural nas edificações, o projecto de Normalização em Conforto Ambiental no Brasil subdividiu-se em três Comissões de Estudo (CE), no âmbito do Comité da Construção Civil da Associação Brasileira de Normas Técnicas (COBRACON/ABNT). A CE 02:135.01 regula sobre o Desempenho acústico de edificações, a CE 02:135.07 sobre a Iluminação Natural nas edificações, e a CE 02:135.07 sobre o Desempenho térmico de edificações.

Segundo LAMBERTS et alli (2003), os primeiros esforços no sentido de se normalizar o uso racional de energia e o conforto nos edifícios de habitação no Brasil surgiram em 1990, na ocasião do “I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído”, realizado em Gramado, estado do Rio Grande do Sul. Na sequência deste evento, textos provocativos foram elaborados e publicados, muitos dos quais viriam a ser retomados somente em 1997 quando da aprovação do Projecto Normalização em Conforto Ambiental, em acordo com a FINEP - Financiadora de Estudos e Projectos, sob a coordenação geral do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

O projecto de norma em Desempenho térmico de edificações, desenvolvido pela CE 02:135.07, teve sua **publicação oficial em 30 de Maio de 2005** sob a referência de **ABNT NBR 15220**. Sua estrutura é composta por um conjunto de cinco partes a saber:

- Parte 1 (**ABNT NBR 15220 - 1**): “Definições, símbolos e unidades”;
- Parte 2 (**ABNT NBR 15220 - 2**): “Método de cálculo da transmitância, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações”;
- Parte 3 (**ABNT NBR 15220 - 3**): “Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social”;
- Parte 4 (**ABNT NBR 15220 - 4**): “Medição da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida”;
- Parte 5 (**ABNT NBR 15220 - 5**): “Determinação da resistência térmica e da condutividade térmica em regime estacionário pelo método fluximétrico”.

Sobre a Parte 3, “*Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*”, LAMBERTS et alli (2003p.34) descrevem:

“Objetivo: estabelecer requisitos mínimos de projeto que proporcionem condições aceitáveis de conforto térmico em habitações unifamiliares de interesse social de até 3 pavimentos para cada uma das oito zonas bioclimáticas estabelecidas no Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Descrição: o texto apresenta um zoneamento bioclimático para o território brasileiro, com divisão em oito zonas. Para cada zona bioclimática são apresentados parâmetros relacionados a tamanho das aberturas para ventilação, sombreamento das aberturas, transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes e coberturas, e estratégias de condicionamento térmico passivo. Em anexo é apresentada uma relação de 330 cidades brasileiras indicando a zona bioclimática na qual a cidade se localiza, e também as respectivas estratégias bioclimáticas recomendadas, bem como a metodologia utilizada na definição do zoneamento bioclimático e uma lista de transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de algumas paredes e coberturas”. (ver Figura 2.3.1)

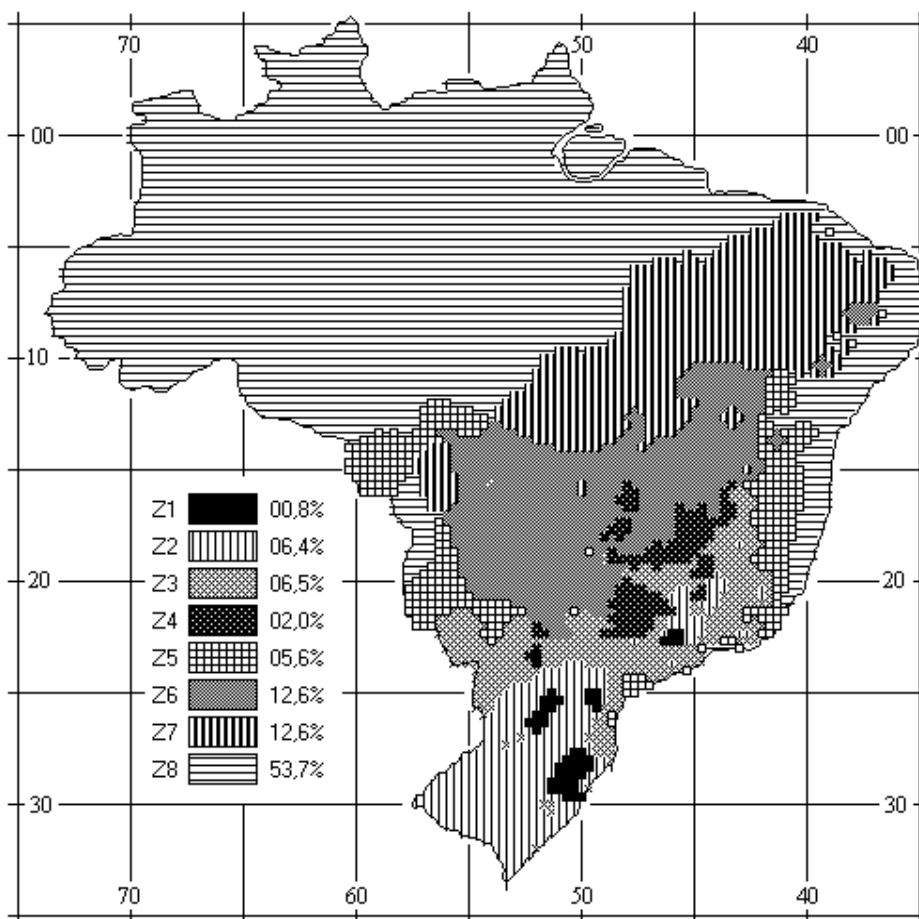


Figura 2.3.1 - Zoneamento bioclimático brasileiro

(Fonte: ABNT, 2005)

Os parâmetros propostos em relação ao tamanho das aberturas para ventilação, sombreamento das aberturas, transmitância térmica, atraso térmico e factor de calor solar para paredes e coberturas podem ser visualizadas no Anexo D. A relação das 330 cidades encontra-se no Anexo E, e as estratégias de condicionamento térmico passivo no Anexo F.

A metodologia de classificação das zonas bioclimáticas fundamenta-se na distribuição de 6500 células pelo Brasil, caracterizadas pela posição geográfica e pelas seguintes variáveis climáticas: médias mensais das temperaturas máximas, médias mensais das temperaturas mínimas e médias mensais da Humidade Relativa do ar. Para esses dados foram consideradas Normais Climatológicas de 1931 a 1960 em 124 cidades, e 1961 a 1990 em 206 cidades, para as demais foi utilizado o método da interpolação. A identificação das estratégias para o condicionamento natural das habitações está baseada no Gráfico Bioclimático sugerido por Givoni (1992), adaptado para a realidade brasileira. (ver Figuras 2.3.2 e 2.3.3)

Embora existam opiniões distintas quanto à adequação dos limites da Zona de Conforto à realidade brasileira, uns mais favoráveis aos limites propostos por GIVONI (1992) e outros mais favoráveis aos limites propostos por FANGER (1972), a proposta de Norma ABNT (2003) adota e justifica uma adaptação da primeira.

“As adaptações efetuadas sobre a Carta Bioclimática de Givoni não refletem qualquer intenção de questionar os fundamentos teóricos da mesma. Nesta etapa do processo de normalização, o trabalho limitou-se a considerar as experiências acadêmicas e profissionais dos especialistas da Comissão de Estudos, bem como alguns aspectos da cultura construtiva típica de cada região”. (RORIZ et alli, 1999, p.3).

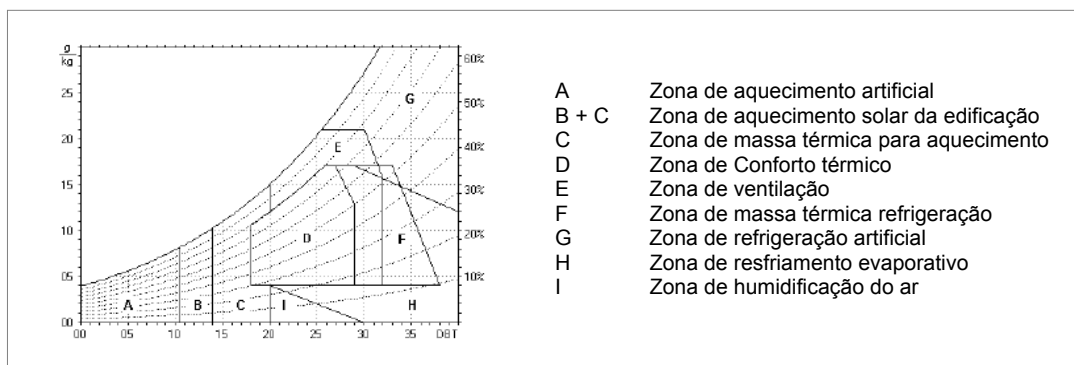


Figura 2.3.2 – Gráfico Bioclimático original de Givoni (Fonte: RORIZ et alli, 1999).

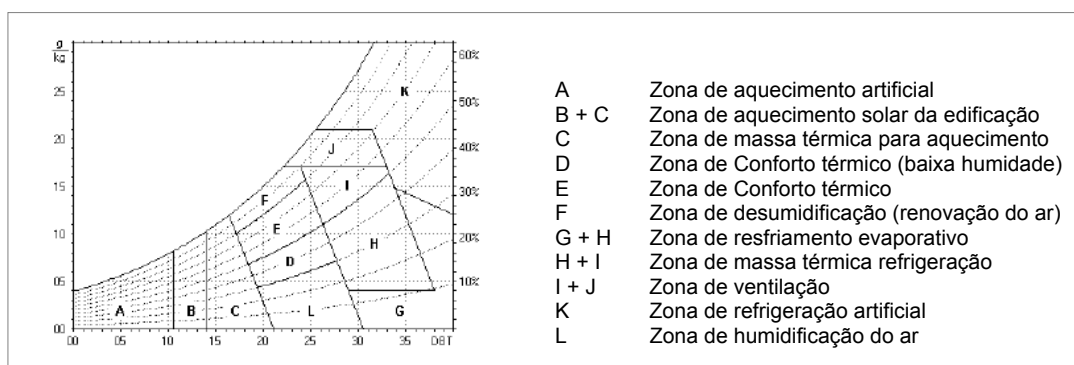


Figura 2.3.3 – Gráfico Bioclimático de Givoni adaptado para o Zoneamento brasileiro (Fonte: ABNT, 2005)

Segundo RORIZ et alli (1999), as adaptações feitas em relação ao Gráfico Bioclimático original de Givoni foram basicamente:

- Inclinação dos limites de temperatura à direita e à esquerda da zona de conforto;
- Subdivisão da zona de conforto em duas sub-zonas, zonas D e E. A primeira com humidade entre 30 e 50% e a segunda com humidade entre 50 e 80%;
- Criação da zona F, com recomendação da troca do ar húmido interno pelo ar mais seco externo, porém sugerindo taxas de renovação inferiores às da zona J;
- Subdivisão da zona de ventilação E nas zonas I e J, sendo a J aplicável somente às altas temperaturas conjugadas com alto valor de humidade;
- Adopção do limite inferior da zona de conforto pelas curvas da humidade relativa, e não da humidade absoluta.

O sistema de classificação das 330 cidades, nas 8 Zonas Bioclimáticas, dá-se a partir das estratégias bioclimáticas identificadas no gráfico bioclimático, conforme o critério ilustrado No Quadro 2.3.1.

Classificação							Zona	Nº Cidades
A	B	C	D	H	I	J		
Sim					Não	Não	1	12
Sim							2	33
	Sim		Não	Não			3	62
	Sim						4	17
		Sim	Não	Não			5	30
		Sim					6	38
				Sim			7	39
			Não				8	99

Legenda: Sim = presença obrigatória - Não = presença proibida

- 1) As estratégias não assinaladas com **sim** ou **não** podem estar no código do clima, mas sua presença não é obrigatória.
- 2) Percorrer a tabela de cima para baixo, adoptando a primeira zona cujos critérios coincidam com o código.

Quadro 2.3.1 - Critérios para classificação bioclimática (Fonte: ABNT NBR 15220, 2005)

Verifica-se, no entanto, que a Norma em Desempenho Térmico de edificações propõe (ABNT, 2003) directrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico para cada Zona Bioclimática, apenas como carácter “orientativo” e não “normativo”, e esclarece que “(...) *não trata dos procedimentos para avaliação do desempenho térmico de edificações, os quais podem ser elaborados através de cálculos, de medições in loco ou de simulações computacionais.*”

“A actual ausência de textos normativos relacionados ao desempenho térmico e de iluminação natural em edificações, além da falta de atualização nos textos de desempenho acústico, deixa a sociedade indefesa contra a má qualidade de alguns sistemas construtivos e dificulta aos órgãos públicos o estabelecimento de critérios para o julgamento de licitações em obras de construção civil. Dessa forma, a publicação dos textos propostos pode contribuir para a conscientização dos profissionais em construir edificações mais adequadas ao uso, o que caracteriza um progresso significativo no campo da construção civil e também pode fornecer aos órgãos financeiros subsídios para a avaliação do desempenho ambiental das edificações”.
(LAMBERTS et alli., 2003, pp. 37)

Os parâmetros recomendados pela ABNT NBR 15220, em relação à zona bioclimática Z3 seguem descritos no ponto 2.3.2.2 a seguir.

2.3.2.2 Recomendações da Norma ABNT NBR 15220 à Z3

Segundo o critério de classificação utilizado pela ABNT NBR 15220, inserção das Normas Climatológicas sobre o Gráfico Bioclimático e avaliação das estratégias bioclimáticas resultantes, são classificadas como pertencentes à Z3 as zonas que, obrigatoriamente, apresentam presença de dados na zona B e não presença de dados nas zonas D e H. (ver Figura 2.3.4).

Deste modo, foram identificadas 62 cidades como pertencentes à Zona Bioclimática Z3, localizadas nos Estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, ou seja, Regiões Sudeste e Sul do Brasil.

Os parâmetros e condições de contorno sugeridos para esta zona, podem ser resumidos em:

- Aberturas para ventilação: médias ($15\% < A < 25\%$, sendo $A = \% \text{ da área de piso}$);
- Sombreamento das aberturas: permitir sol durante o inverno;
- Vedações externas:

Parede tipo Leve Reflectora ($U \leq 3,60 \text{ W/m}^2\text{.K}$, $\varphi \leq 4,30 \text{ horas}$, $FCS \leq 4,00\%$);

Coberturas tipo Leve Isolada ($U \leq 2,00 \text{ W/m}^2\text{.K}$, $\varphi \leq 3,30 \text{ horas}$, $FCS \leq 6,50\%$);

As estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática Z3, segundo a Tabela 9 da ABNT NBR 15220 são:

Verão:	Ventilação cruzada;
Inverno:	Aquecimento Solar da edificação e Vedações internas pesadas (inércia térmica).

2.3.3 Normalização do desempenho de edifícios

Diversos estudos têm sido realizados com o propósito de se estabelecerem procedimentos para avaliação do desempenho térmico de edifícios. No entanto, foi no âmbito da actual proposta de Norma Técnicas para Avaliação do Desempenho de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações, que surgiram as primeiras propostas a este respeito, a nível normativo.

O projecto “*Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações*”, ABNT (2002), tem como objectivo elaborar um conjunto de normas técnicas para a avaliação de desempenho de novas tecnologias aplicáveis à construção de edifícios. Com um plano que abrange o total de 4 Classes de uso de edifícios (uso habitacional de até 5 pavimentos, uso habitacional com mais de 5 pavimentos, edifícios de escritório, edifícios institucionais e edifícios industriais e outros), a comissão instituída para esse projecto é a CE 02:136.01 - Desempenho de edificações.

Como recordam GONÇALVES et alli (2003, p.43), o aumento do déficite habitacional a partir da década de 70 decorreu no surgimento de novas tecnologias construtivas, com vista à racionalização e industrialização no sector da Construção Civil. Relatam que “*(...) a implementação de tecnologias ainda não suficientemente desenvolvidas ou adaptadas às necessidades nacionais levou, na maioria dos casos, a experiências desastrosas, com graves prejuízos para todos os agentes intervenientes no processo da construção, sendo transferidos aos usuários os problemas de patologia e os altos custos de manutenção e reposição advindos do uso de novos produtos (...)*”. Neste sentido o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) foi um dos pioneiros a desenvolver pesquisas no sentido de avaliar sistemas construtivos inovadores, em 1981.

A estrutura base visa associar a divisão do edifício em subsistemas e exigências do usuário (Quadro 2.3.2).

Partes da norma	Exigência do usuário													
	1. Desempenho estrutural	2. Segurança contra incêndio	3. Segurança no uso e operação	4. Estanqueidade	5. Conforto térmico	6. Conforto acústico	7. Conforto luminoso	8. Saúde e higiene	9. Funcionalidade e acessibilidade	10. Conforto tátil	11. Qualidade do ar	12. Durabilidade	13. Manutenibilidade	14. Adequação ambiental
Parte 1 - Requisitos gerais														
Parte 2 - Estrutura														
Parte 3 - Pisos internos														
Parte 4 - Fachada e paredes internas														
Parte 5 - Cobertura														
Parte 6 - Sistemas hidrossanitários														
Parte 7 - Fundações														
Parte 8 - Sistemas de condicionamento ambiental														
Parte 2 - Fundações														
Parte 9 - Sistemas de gás combustível														
Parte 10 - Sistemas de telecomunicação														
Parte 11 - Sistemas elétricos														
Parte 12 - Sistemas de elevação e transporte														
Parte 13 - Sistemas de proteção contra incêndios														
Parte 14 - Sistemas de segurança e automação predial														

Quadro 2.3.2 – Estrutura da norma para avaliação do desempenho de uma classe de edifício (Fonte: GONÇALVES et alli, 2003, p.49)

Actualmente encontram-se disponíveis para discussão os seguintes textos-base referentes à

Classe 1a: Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos

- Projecto 02:136.01.001 Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos
Parte 1: Requisitos gerais
- Projecto 02:136.01.002 Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos
Parte 2: Estrutura
- Projecto 02:136.01.003 Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos
Parte 3: Pisos internos
- Projecto 02:136.01.004 Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos
Parte 4: Fachadas e paredes internas
- Projecto 02:136.01.005 Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos
Parte 5: Coberturas
- Projecto 02:136.01.006 Desempenho de edifícios habitacionais de até 5 pavimentos
Parte 6: Sistemas hidrossanitários

Em relação ao Desempenho térmico, a “Parte 1: Requisitos gerais” sugere três procedimentos alternativos para avaliação da adequação às oito diferentes Zonas Bioclimáticas Brasileiras, em referência à proposta de Norma em Desempenho térmico:

Procedimento 1 – **Simplificado**: Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para fachadas e coberturas, nos documentos Parte 4 e Parte 5. (Anexos H e I)

Procedimento 2 – **Simulação**: Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos no documento Parte 1: Requisitos gerais”, por meio da simulação computacional do desempenho térmico do edifício.

O ponto 11 (Desempenho Térmico) da Parte 1 (Requisitos gerais) especifica que: “A *edificação habitacional deve reunir características que atendam as exigências de conforto térmico dos usuários, considerando-se a região de implantação da obra e as respectivas características bioclimáticas definidas no projeto de norma “Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social”.*

Procedimento 3 – **Medição**: Verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos no documento Parte 1: Requisitos gerais”, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos.

“A expectativa em relação aos resultados deste projeto para o setor da Construção Civil nacional é muito grande, (...) constituirão a referência técnica necessária para a avaliação de novas tecnologias aplicáveis à construção habitacional, preenchendo uma lacuna na infraestrutura tecnológica nacional”. (ROMAN e BONIN, 2003, p.9)

2.4 O uso de programas de simulação computacional para avaliar o desempenho térmico de edifícios

2.4.1 Panorama geral no Brasil

Conforme relatam MENDES, LAMBERTS e NETO (2001), o reflexo dos primeiros estudos desenvolvidos em diversos países, devido à crise do petróleo no início dos anos 70, deu-se de modo mais significativo a partir da década 80. A mesma temática, “arquitetura com eficiência energética” e “utilização de fontes renováveis em edifícios”, teve no Brasil como o primeiro grupo de pesquisas o IPT (Instituto de pesquisas tecnológicas), o qual passou a desenvolver pesquisas com simulações computacionais utilizando o software de simulação do comportamento térmico NBSLD (*National Bureau of Standards Load Determination*).

A partir de então foram surgindo outros grupos de pesquisa, nomeadamente nas universidades, dentre as quais se destacam: UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), USP (Universidade de São Paulo) e Universidade Federal de São Carlos. No início dos anos 90 outros programas de simulação computacional começaram a ser utilizados no Brasil, tais como o DOE-2, BLAST, TRNSYS, ESP-r, HVACSIM e RACIANCE. Outros como o FLUENT e o PHOENICS começaram a ter grande utilização devido à nova tecnologia CFD (*Computacional Fluid Dynamics*). Nesta sequência, começaram a surgir os primeiros doutores nesta área, os quais viriam a dar continuidade às pesquisas e, conseqüentemente, contribuindo para o crescimento da comunidade pesquisadora nesta área. No final de 2000 já se somavam diversos grupos de pesquisa em todo o país.

Alguns esforços têm sido feitos no sentido do desenvolvimento de softwares nacionais, dentre os quais se destacam o UMIDUS, SPTE, DOMUS e Arquitrop.

Em resultado de uma pesquisa desenvolvida sobre simulação computacional no Brasil (SCHNEIDER apud MENDES, LAMBERTS e NETO, 2001), na ocasião da 7ª Conferência

Internacional IBPSA em simulação computacional, no Rio de Janeiro – Brasil, em Agosto de 2001, foram levantados alguns aspectos que deveriam ser melhorados no âmbito do exercício dessa actividade no país: falta de arquivos climáticos completos e confiáveis para diversas localidades do Brasil; falta de softwares mais compatíveis com a realidade brasileira (clima e tipologias de edifícios); preocupação com a dificuldade de simulação da Ventilação Natural; e a falta de interoperacionalidade entre as ferramentas de simulação.

Actualmente muito tem sido feito em termos da estruturação de arquivos climáticos (GOULART e LAMBERTS, 1997) para principais localidades no país. Novos softwares têm sido utilizados no sentido da simulação da Ventilação Natural (ex. COMIS). E diversos estudos, com base na simulação computacional, têm apontado para alguns fenómenos bioclimáticos relacionados à prática da arquitectura brasileira. Relativamente à criação de normas em desempenho térmico e eficiência energética, os projectos de norma ABNT (2003) e ABNT (2002) representam um primeiro passo nesse sentido.

2.4.2 Apresentação e validação do EnergyPlus

O software *EnergyPlus*, específico para a análise térmica e energética de edificações, baseia-se em uma estrutura modular criada a partir dos softwares *DOE-2* e *BLAST*. Financiado pelo *U.S. Government*, conta com uma equipe de desenvolvimento formada por: *University of Illinois*, *Lawrence Berkeley National Laboratory*, *DHL Cosulting*, *Oklahoma State University*, *GARD Analytics*, *Florida Solar Energy Center*, *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), e *DOE*.

Tendo sido utilizado em diversos estudos no âmbito do desempenho térmico e energético de edifícios, teve sua primeira Versão datada de abril de 2001. Posteriormente à esta, diversas revisões e actualizações foram feitas sendo que, a mais actual versão 1.2.1 foi recentemente comparada através do método BESTEST (ASHRAE Standard 140–2001), um método de avaliação por comparação entre softwares.

“(...) a validação de um programa pode ser feita de 3 maneiras: verificação analítica, a partir de uma solução numérica conhecida; verificação empírica, a partir de resultados de medição em um caso real; e teste comparativo, ou seja, entre diferentes programas ou versões de um mesmo programa (...)”. (JUDKOFF e NEYMARK, 1998 apud WESTPHAL e LAMBERTS, 2003)

Segundo WESTPHAL e LAMBERTS (2003), *“(...) O método BESTEST foi adotado pela ASHRAE como norma para teste e avaliação de programas computacionais para análise energética de edificações, sob o título de ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2001). A ASHRAE Standard 140 apresenta 40 casos, todos com maior sensibilidade às cargas dependentes do envelope. As variáveis testadas incluem: massa térmica, ganho de calor através de radiação solar direta, sombreamento nas janelas, zonas ensolaradas, efeito do solo, ventilação noturna, programação e ajuste da temperatura de controle de aquecimento e resfriamento. Atualmente, é utilizado apenas o clima frio e seco de Denver, Colorado (latitude = 39,8°N, longitude = 104,9°O e altitude = 1.609m); com verão seco, inverno seco e grandes variações diárias de temperatura (temperatura do ar média de 9,71°C, mínima de -24,39°C e máxima de 35,00°C). Segundo JUDKOFF e NEYMARK (1998), em uma próxima etapa o método deverá ser adaptado para clima quente e úmido.(...)”*

A aplicação de 18 casos do BESTEST para o EnergyPlus Versão 1.2.1.012 (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2004) apresentou uma percentagem de 94,4% de equivalência dos resultados em comparação aos resultados de outros 8 softwares (BLAST, ESP-R, DOE-2, entre outros). Em relação às nove versões anteriores, a Versão actual (1.2.1.012) apresentou diferenças significativas em relação às duas primeiras, e alguma diferença em comparação à versão 1.1.1.004. A Versão 1.2.0 (utilizada nas simulações deste estudo) não apresentou divergências nos resultados.

2.4.3 Estrutura do EnergyPlus

Segundo CRAWLEY et al. (2004), um dos princípios objectivos no desenvolvimento do EnergyPlus foi a criação de uma estrutura modular e organizada, que facilitasse a adição de novas ferramentas e links com outros programas, objectivo esse alcançado através da adopção de uma filosofia de “Simulation Manager”, conforme ilustra a Figura 2.4a. Esta filosofia facilita a introdução de novos futuros módulos sem a necessidade do conhecimento estrutural de todo o programa.

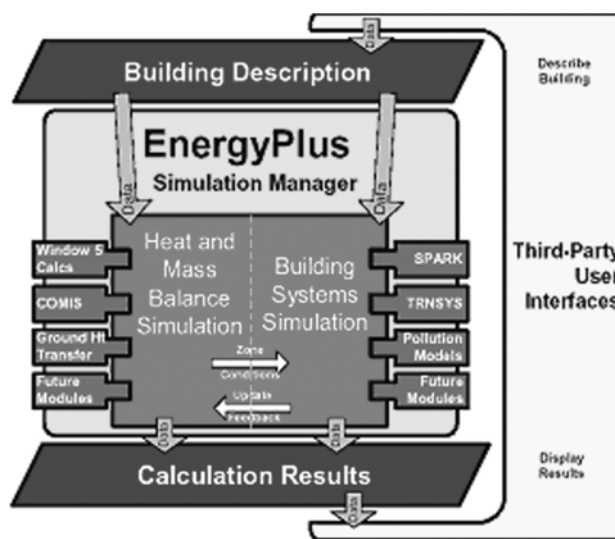


Figura 2.4.1 – Esquema de Funcionamento do *EnergyPlus* (Fonte: *EnergyPlus documentation*, 2004)

O EnergyPlus permite efectuar simulações em regime flutuante (free floating), ou seja, sem considerar qualquer sistema mecânico de arrefecimento ou aquecimento. Neste caso, o “Simulation Manager” acciona apenas o “Heat and Mass Balance Simulation” e os respectivos módulos associados a este.

Para o caso de simulações que considerem sistemas de condicionamento mecânico, o EnergyPlus estabelece uma forma integrada entre “Loads, Systems e Plants” por forma a melhor relacionar a associação destes ao conforto térmico dos ocupantes. (Figura 2.4.2)

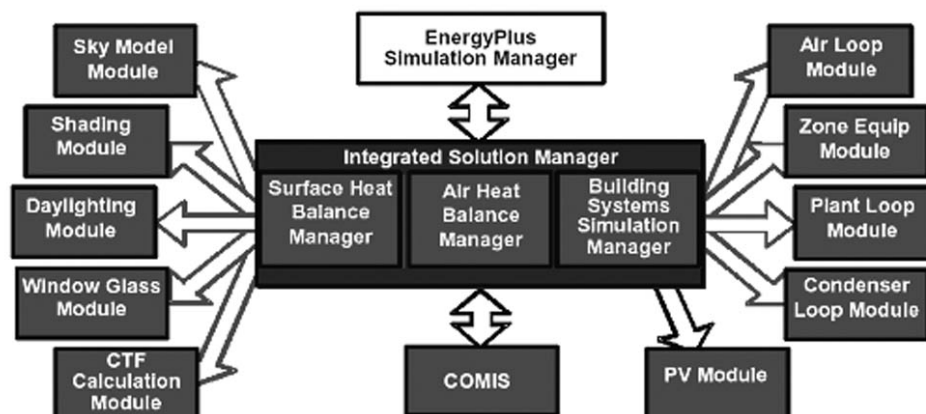


Figura 2.4.2 – Estrutura interna do EnergyPlus (*EnergyPlus documentation*, 2004)

2.4.4 Utilização do EnergyPlus

Para simular através do EnergyPlus são necessários os seguintes ficheiros:

IDF – base de dados a serem simulados

IDD – base de dados do EnergyPlus

Weather file – arquivo climático

A criação dos ficheiros **IDFs** pode ser feita de quatro maneiras:

- Através do IDF-Editor;
- BLAST Tradutor, que formata “input files” feitos para o BLAST em IDFs;
- DOE-2 Tradutor, que formata “input files” feitos para o DOE-2 em IDFs;
- Editor de Texto, que cria ou altera novos IDFs através de editores de texto (ex.: NOTEPAD™), baseado nos códigos do IDD.

O **IDF-Editor** é constituído por uma “Class List”, ou seja, uma lista de grandes grupos, dentro dos quais encontram-se os seus respectivos sub-grupos. Existem grupos que necessitam obrigatoriamente ser preenchidos e existem aqueles que somente serão

preenchidos consoante os interesses e o tipo de simulação a ser realizada. Deste modo, os grupos de preenchimento obrigatório são:

- *Simulation parameters (Version, Building, Timestep in Hour, Inside Convection Algorithm, Outside Convection Algorithm, Shadowing Calculations, Zone Volume Capacitance Multiplier, Run Control)*: Definição dos parâmetros fundamentais que comandam as simulações;
- *Location – climate – weather file access (Location, RunPeriod, DesignDay, GroundTemperatures, SpecialDayPeriod, DaylightSavingPeriod)*: Descreve o clima e ambiente de simulação;
- *Surface construction elements*: Neste grupo são definidas as propriedades físicas e configurações da envolvente do edifício e dos elementos internos (paredes, pisos, tectos, janelas e portas);
- *Thermal zone description / geometry*: Neste grupo são definidas geometricamente as *thermal zones*, bem como suas respectivas informações de superfícies, para além das especificações opcionais de tipos de sombreamento;
- *Schedules*: Como em outros softwares similares, o EnergyPlus faz uso das *Schedules* para comandar a frequência e período de diversos outros itens de outros grupos ,como *lighting, occupancy, ventilation, etc*;
- *Reports*: Listagem dos tipos de relatórios a serem obtidos com a simulação.

Os demais grupos de dados devem ser preenchidos consoante o tipo de simulação. Existem aqueles que se referem às definições de condicionamento (*heating e cooling*) artificiais (*Plant-condenser flow control, Pumps, Coils, etc.*). O *Airflow* é aquele que compila as informações referentes à Ventilação/Infiltração Natural (COMIS ou simples). E o *Space Gains* se refere aos ganhos internos devido ao padrão de ocupação, iluminação, e funcionamento de equipamentos.

O EnergyPlus não dispõe de uma interface gráfica. No entanto o **EP-Launch**, componente opcional do EnergyPlus, facilita o processo de simulação através da concentração dos seguintes recursos em um único quadro:

- Selecção dos arquivos **IDF** e **Weather file**;
- Abertura de arquivos **IDF** através do editor de texto (que permite alteração dos dados);
- Caminho para abertura do programa gráfico *Autocad* e visualização dos modelos tridimensionais simulados, em extensão *.DXF*;
- Caminho para abertura dos *spreadsheets* (formato *.CSV*) com todos resultados obtidos.

2.4.5 COMIS/EnergyPlus *link*

Conforme consta descrito na documentação do software EnergyPlus (*EnergyPlus documentation*, 2004), o COMIS foi desenvolvido em 1994 como um independente programa de simulação de fluxo de ar. O link estabelecido entre o COMIS e o EnergyPlus dá-se a cada *time step* definido pelo usuário, ou seja, a cada *time step* o COMIS calcula os fluxos de ar através das infiltrações e aberturas (entre zonas e com o exterior), base esta que define o ponto de partida para o cálculo térmico do EnergyPlus para determinar as temperaturas de superfície e temperaturas das zonas, e assim sucessivamente.

Através desse link é possível simular:

1. Fluxo de ar através de infiltrações no interior ou em superfícies entre zonas.
2. Fluxo de ar através de infiltrações nas janelas e portas.
3. Ventilação Natural, como por exemplo, fluxo de ar através de janelas e portas abertas ou parcialmente abertas, com o exterior.
4. controle da ventilação natural.
5. Modulação da ventilação natural para prevenir grandes mudanças de temperaturas.
6. Fluxo de ar entre zonas através de portas ou janelas internas.
7. Dependência das pressões, velocidade e direcção do vento.

O link COMIS-EnergyPlus permite simular o fluxo de ar através de Infiltrações em pequenas aberturas ou Ventilação através de grandes aberturas. O método utilizado para o cálculo do fluxo de ar baseia-se na localização de pontos de pressão na envolvente externa do modelo, de forma interligada, para os quais são associados coeficientes de pressão que variam consoante os dados climáticos de orientação e velocidade do vento. O COMIS-EnergyPlus permite duas opções de simulação: *INPUT* ou *SURFACE-AVERAGE CALCULATION*. Através da primeira faz-se necessário a definição dos parâmetros acima relacionados, pontos externos de pressão (*external nodes*) e coeficientes de pressão (*wind pressure coefficient*). Já através da última opção é possível simular a ventilação sem a definição destes parâmetros, os quais serão então calculados pelo próprio software.

- a orientação Norte é apontada como a mais favorável para ambas as condições de verão e inverno. No verão decorre baixa incidência de radiação directa, e no inverno esse processo se inverte. Nesse sentido RORIZ sugere o uso de cores escuras nas vedações verticais opacas orientadas a Norte.

E relativamente à Influência da ventilação conclui que:

- *“Maiores áreas de vidro e orientações mais expostas ao sol, aumentam a diferença entre temperaturas externas e internas, tornando mais efetiva a influência da ventilação sobre a redução no número de Graus-Dias de Calor”* (RORIZ, 1997, p.573);
- os ambientes mais frios são os menos ensolarados e com menores áreas de vãos envidraçados, o que desfavorece o efeito estufa no inverno;
- uma medida de considerável eficácia seria um detalhamento das esquadrias que permitissem o controlo do próprio usuário, por forma a otimizar o seu próprio conforto.

2.5.2 Aplicação de isolantes térmicos em edificações: efeito no conforto térmico e nas cargas térmicas de condicionamento de ambientes, AKUTSU e VITTORINO (1991).

Através de simulações computacionais no programa NBSLD, esse estudo tem como objectivo a identificação da sensibilidade das edificações à aplicação de isolantes térmicos. Os modelos simulados ilustram a aplicação de isolantes na cobertura e/ou nas paredes, segundo uma variação da orientação, sombreamento e ventilação, para três modelos distintos quanto à sua inércia: edificação “pesada”, “média” e “leve”.

Quanto ao efeito do aumento da resistência térmica do isolante AKUTSU e VITTORINO desenvolvem as seguintes observações:

- *“De um modo geral, a colocação de isolante na cobertura tem como efeito a redução dos valores máximos diários e o aumento dos valores mínimos diários da temperatura do ar interior. No verão, a redução dos valores máximos implica em melhoria das condições de conforto térmico, sendo que o aumento dos valores mínimos, se ultrapassarem os limites aceitáveis, significarão um prejuízo para o conforto, mas que poderá ser contornado com*

o sombreamento das janelas e a ventilação do ambiente em períodos adequados. No inverno, contudo, a diminuição dos valores máximos não constitui uma regra generalizável pois, dependendo da intensidade da radiação solar do local e da orientação da janela, tem-se, ao contrário, um aumento nos valores máximos da temperatura do ar interior, o que, via de regra, é sempre benéfico.” (p.70). Este efeito é observado por AKUTSU e VITTORINO para os três níveis de inércia do sistema construtivo, pesada, média e leve;

- o aumento da resistência do isolante vai de encontro a um valor limite a partir do qual este aumento passa a ter um efeito praticamente inócuo (limite de 2,5cm de isolamento com condutividade térmica de 0,03 W/m².K).
- os efeitos decorrentes do isolamento na cobertura, redução das máximas e aumento das mínimas, variam de intensidade consoante a orientação. Para o caso da ausência de sombreamento dos vãos, o efeito do isolamento na cobertura é mais notável nas orientações com menor incidência de radiação directa. Nas orientações poente e nascente o efeito redutor das máximas é inferior ao das orientações sul e norte;

Quanto ao efeito do posicionamento do isolante:

- concluem que o posicionamento do isolante interfere nas condições de conforto térmico, essencialmente para as tipologias de inércia pesada. Para os casos em que a cobertura não é exposta, a colocação de isolamento na face exterior das paredes expostas conduz à redução da temperatura no verão e ao aumento da mesma no inverno. Já o posicionamento do isolante na face interior conduz a um aumento da temperatura tanto no verão quanto no inverno;
- para os casos em que a cobertura é exposta, observam que a combinação de isolante na cobertura e nas paredes tende a decorrer em efeitos distintos consoante a inércia térmica do sistema construtivo. Para as tipologias leves e médias, verificam uma redução das máximas e aumento das mínimas tanto no verão quanto no inverno. Já para as tipologias pesadas, a constatação é de um aumento das máximas e mínimas em ambas as condições de verão e inverno.

O efeito da aplicação de isolantes térmicos está directamente relacionado à orientação, ao sombreamento dos vãos, à inércia térmica do sistema construtivo, posicionamento e área das fachadas expostas, e ganhos internos. *“Assim, considerando-se os efeitos dos isolantes térmicos, a sua aplicação mais adequada pode significar, em determinada situação, a garantia de condições satisfatórias de conforto térmico, e numa outra, apenas a melhoria dessas condições ainda insatisfatórias.”* (AKUTSU e VITTORINO, 1991, p.77)

2.5.3 Heat Transfer Through Roofs of Low Cost Brazilian Houses (Transferência de calor através das coberturas em moradias de baixo custo no Brasil), LAMBERTS (1988).

Segundo LAMBERTS, no caso das moradias, a cobertura é a parte mais exposta ao clima exterior. Discorre que no verão, a tendência é de um intenso fluxo de calor advindo da cobertura para o interior, e que no inverno a cobertura é a responsável pelas maiores perdas de calor. No entanto avalia que, para o Brasil, a condição de verão é mais crítica que no inverno.

Através de um estudo comparativo entre a aplicação de um modelo matemático e de medições em um modelo teste de laboratório, avalia as seguintes estratégias para o estabelecimento de melhores condições de conforto, para a condição de verão:

- utilização de folha de alumínio: obtém resultados significativos devido à redução da emissividade através do tecto ou cobertura (redução de até 75% no fluxo de calor);
- pintura branca na cobertura: devido à redução da absorvância à radiação solar atinge reduções de até 57%;
- isolamento térmico: através da introdução de 25 mm de fibra de vidro encontra redução de até 59%;
- ventilação do ático: não obteve grande redução. Conclui este efeito devido à alta influência do fluxo de calor por radiação.

Em termos de eficiência térmica aponta para o uso da folha de alumínio como a mais eficaz. No entanto, tendo em conta a condição de moradias de baixo custo, pondera a pintura da cobertura, com a ressalva da necessidade constante de manutenção. Observa que efeito equivalente à pintura branca seria obtido através da introdução do isolamento térmico.

2.5.4 Ventilação Natural em uma casa popular padrão COHAB: Avaliação das taxas de ventilação para diferentes tipos de orientação e abertura, KRUGER e LAMBERTS (1999).

O objectivo deste estudo é a avaliação da ventilação natural como estratégia para melhorar as condições de conforto em situação de verão. Esse estudo foi desenvolvido para o clima de Florianópolis, localidade pertencente à zona Z3 (segundo o zoneamento bioclimático brasileiro), assim como a cidade de São Paulo.

Através dos programas TRNSYS e AIOLOS, KRUGER e LAMBERTS simulam dois modelos distintos, um modelo monozonal e um modelo multizonal. As variáveis consideradas foram a orientação e as taxas de ventilação.

A simulação do modelo monozonal decorreu em variações das taxas de renovação do ar de 0 a 80 trocas/hora. Como resultado observaram que, para o modelo simulado, existe um limite de 20 trocas/hora, a partir da qual a temperatura do ar mantém-se praticamente inalterada.

A partir das simulações do modelo multizonal, demonstram que a melhor situação é a que oferece o maior número de trocas em todas as zonas ao mesmo tempo. Identificam a orientação Nordeste como a mais frequente, no período de verão, para esta localidade. Como resultado em termos de temperatura, verificam temperaturas sensivelmente inferiores para a situação com o maior número de aberturas voltado para esta orientação dominante.

2.5.5 Avaliação do desempenho térmico de casas populares, KRUGER e LAMBERTS (2000)

Para o mesmo modelo e localidade, considerados no estudo descrito anteriormente, KRUGER e LAMBERTS apresentam, neste estudo, uma avaliação da sensibilidade deste modelo à introdução de estratégias bioclimáticas. Tendo em vista que esse estudo objectiva contribuir para a qualidade das habitações populares, seleccionam 10 combinações de variáveis visando essencialmente o baixo custo construtivo, a saber:

1. ventilação diurna (50% abertura janela) e ventilação nocturna (venezianas);
2. ventilação diurna (venezianas) e ventilação nocturna (50% abertura janela);
3. ventilação diurna (100% abertura janela) e ventilação nocturna (venezianas);
4. ventilação diurna (venezianas) e ventilação nocturna (100% abertura janela);
5. alternativa 3 com ático ventilado;
6. alternativa 4 com ático ventilado;
7. alternativa 3 com ático ventilado e cobertura pintada de branco;
8. alternativa 4 com ático ventilado e cobertura pintada de branco;
9. alternativa 3 com ático ventilado e cobertura pintada de branco e isolamento térmico 2cm;
10. alternativa 4 com ático ventilado e cobertura pintada de branco e isolamento térmico 2cm;

Identificam uma diferença de até 6,2K. O aumento da área dos vãos não apresenta diferenças significativas. As estratégias da ventilação nocturna, cobertura pintada de branco e ático ventilado apresentam-se potencialmente favorável. Concluem que a adição do isolamento térmico, às demais estratégias, não evidencia melhores resultados. (ver Quadro 2.5.1)

Simulação	Condições de Conforto	T_{max}	ΔT ($T_{max, exterior} - T_{max, interior}$)
1	Conforto:6.95%; Desconforto:93%; Frio:0.139%; Calor:92.9%	34.7	1.2
2	Conforto:8.48%; Desconforto:91.5%; Frio:0%; Calor:91.5%	33.2	2.7
3	Conforto:7.37%; Desconforto:92.6%; Frio:0.417%; Calor:92.2%	35.0	0.9
4	Conforto:8.34%; Desconforto:91.7%; Frio:0.974%; Calor:90.7%	33.2	2.7
5	Conforto:9.46%; Desconforto:90.5%; Frio:0.695%; Calor:89.8%	34.6	1.3
6	Conforto:12.2%; Desconforto:87.8%; Frio:1.81%; Calor:86%	31.9	4.0
7	Conforto:11%; Desconforto:89%; Frio:1.25%; Calor:87.8%	33.9	2.0
8	Conforto:17.5%; Desconforto:82.5%; Frio:2.64%; Calor:79.8%	29.9	6.0
9	Conforto:10.7%; Desconforto:89.3%; Frio:1.53%; Calor:87.8%	33.9	2.0
10	Conforto:17.7%; Desconforto:82.3%; Frio:2.5%; Calor:79.8%	29.7	6.2

Quadro 2.5.1 – Sumário das simulações de KRUGEL e LAMBERTS (Fonte: KRUGEL e LAMBERTS, 2000, p.1235)

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DA PRÁTICA PROFISSIONAL E IDENTIFICAÇÃO DE TIPOLOGIAS DE HABITAÇÃO

- 3.1 Introdução
- 3.2 Arquitectura e habitação: contextualização na realidade Brasileira e o caso da cidade de São Paulo
- 3.3 A habitação social
- 3.4 A habitação no sector privado
- 3.5 Estudos já realizados sobre Tipologias de habitação na cidade de São Paulo
 - 3.5.1 “Os Climas Urbanos” – TARIFA e ARMANI (2001)
 - 3.5.2 “Caracterização da frequência dos tipos de edifícios habitacionais em altura no sector privado” – ARRUDA (1997)
 - 3.5.3 “O espaço construído e os anseios de morar” - SOUZA (1998)
- 3.6 Conclusão sobre as tipologias de habitação

3.1 Introdução

Mediante a grande complexidade que denota um trabalho de identificação de tipologias de habitação na cidade de São Paulo, adoptou-se como metodologia para a elaboração deste capítulo o apoio a estudos já realizados, por outros pesquisadores, relacionados directa ou indirectamente a esta temática.

Num primeiro momento, procurou-se desenvolver uma menção à história da cidade de São Paulo, desde suas origens até suas principais características alcançadas no final do século XX. Na sequência seguem-se dois sub-capítulos, referentes à contextualização da Habitação social e Habitação no sector privado. Sabe-se que estas questões representam dois universos distintos, o primeiro como política habitacional à população de baixa renda, e o segundo relacionado ao desenvolvimento do parque mercadológico, maioritariamente destinado às classes média e alta. No entanto, tendo em vista que o objectivo deste trabalho é estabelecer uma reflexão sobre a ABNT NBR 15220 (voltada às habitações de interesse social) e sobre a prática profissional (notoriamente presente no mercado privado), considerou-se fundamental estabelecer uma compreensão global acerca dos processos de “desenvolvimento” do sector habitacional.

Como auxílio à compreensão das tipologias e da prática profissional do arquitecto no sector habitacional, segue uma breve descrição de três trabalhos de referência, desenvolvidos por outros pesquisadores: “Os climas urbanos” de TARIFA e ARMANI (2001), o qual contribui para uma compreensão espacial do uso do solo na cidade de São Paulo, bem como suas relações com as variações do clima urbano; “Caracterização da frequência dos tipos de edifícios habitacionais no setor privado” de ARRUDA (1997), que desenvolve teorização e estudo de caso sobre tipologias de edifícios de habitação em altura em três capitais brasileiras; e “O espaço construído e os anseios de morar” de SOUZA (1998), que desenvolve estudo de caso sobre tipologias de habitações unifamiliares (moradias) no sector privado.

Com base nesse estudo pretende-se concluir, ao final deste capítulo, o desenvolvimento de uma matriz com esquemas das tipologias de habitação mais representativas da década de 90, na cidade de São Paulo.

Através dessa abordagem torna-se evidente que, para além de problemas comuns às grandes metrópoles, ambos os sectores, tanto da habitação social como do mercado privado, sofrem muitas interferências advindas de interesses políticos, flutuações económicas e problemas sociais a nível nacional e local. Essa percepção, que passa por diversas escalas, conduz a uma compreensão de que, em meio a esses diversos interesses a cidade tem consolidado uma imagem física de segregação social. O poder mercadológico impera perante a prática profissional do arquitecto.

3.2 Arquitectura e habitação: contextualização na realidade Brasileira e o caso da cidade de São Paulo

No início do século XIX a cidade de São Paulo caracterizava-se por ser um núcleo de actividades intelectuais e políticas, associado ao apogeu do café decorrido em várias regiões paulistas. O estilo arquitectónico fundamentava-se no “italianismo” introduzido por imigrantes especializados na construção civil. Até o final deste século a região foi marcada pelo constante crescimento populacional advindos da imigração europeia. Sucessivos projectos de melhoramentos e urbanização foram evidenciando aquilo que se tornaria, anos mais tarde, com a influência de revolução industrial, num grande centro económico, cultural e comercial.

O Movimento Moderno anunciava uma nova influência na arquitectura brasileira, momento em que o desenvolvimento urbano, advindo da Revolução Industrial, suscitava o problema da habitação social. Para os arquitectos, existia também uma grande conotação ideológica no sentido de se pôr em prática teorias que buscavam solucionar a questão da habitação em massa, originárias dos Congressos Internacionais de Arquitectura Moderna (CIAM). “(...) o edifício surgia como um produto-tipo de uma nova tecnologia, o triunfo da

estética da Era da Máquina, devendo sua existência como forma arquitetônica ao advento do concreto armado. Os blocos habitacionais, por sua concepção rigorosa, se convertiam em gigantescos monumentos da nova era.” (CAMBI, 1992 apud ARRUDA, 1997, p.7)

A compreensão dos tipos arquitectónicos de habitação está directamente relacionada à compreensão dos modos de organização de uma determinada sociedade, em uma determinada época. Quanto às cidades industriais da primeira metade do século XIX, pode-se dizer que os principais factores que conduziam a produção habitacional eram: a necessidade de se “fazer” uma habitação multifamiliar, até então não praticada; o contexto de revolução tecnológica; e os princípios modernistas.

A partir da década de 70 a política governamental promoveu um processo de descentralização das indústrias para outros municípios da Região Metropolitana da Grande São Paulo, decorrendo num novo perfil para o município de São Paulo, o da prestação de serviços e do comércio.

Segundo relata o portal virtual da prefeitura do município de São Paulo, os dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) indicam que a taxa de crescimento populacional tem decrescido nos últimos anos, tendo registado um crescimento de 1% ao ano entre 1991 e 2000, 5% ao ano entre 1940 e 1970 (período de industrialização e migração interna) 14% ao ano na última década do século XIX, devido ao processo de imigração europeia e japonesa.

3.3 A habitação social

TASCHNER (1997), em seu trabalho publicado acerca das pesquisas e políticas sobre Favelas e Cortiços no Brasil, identifica e analisa os factos mais determinantes sobre o assunto, segundo uma ordem cronológica. Este trabalho, desenvolvido no âmbito do LAP (Laboratório de Estudos sobre Urbanização, Arquitectura e Preservação) da Faculdade de Arquitectura da

Universidade de São Paulo, e publicado nos “Cadernos de Pesquisa do LAP”, foi adotado como uma referência mestra para o desenvolvimento deste capítulo sobre habitação social.

Segundo TASCHNER, a primeira forma de moradia de baixa renda em São Paulo foram os “cortiços”, moradias precárias de arrendamento, com instalações sanitárias comuns e espaços reduzidos. Estes foram, até a década de 30, a forma de moradia de diversos imigrantes e escravos liberados.

O período da industrialização veio a introduzir uma outra forma de moradia, a extensão em direcção às periferias através de novos loteamentos imobiliários, processo que se prolongou desde a década de 40 ao final da década de 70. *“Estes parcelamentos não raro eram irregulares perante as normas municipais, mas tratava-se de terra comercializada legalmente e não de terra invadida”.* (op. cit., p.7)

Ao mesmo tempo em que se dava o processo de migração e crescimento da cidade, a forma de moradia do tipo “favela” ia se instalando na cidade. No final da década de 70 esse fenómeno já tinha tomado uma grande dimensão. Para o IBGE (1996), favelas são *“aglomerados Subnormais (...) constituídos por mais de 50 unidades habitacionais (barracos, casas...) localizadas em terrenos de propriedade alheia (pública ou particular), com ocupação desordenada e densa sendo, em geral, carente de serviços públicos essenciais”.*

Diante dessa problemática da habitação, diversas políticas e planos habitacionais têm sido aplicados com o intuito de reduzir o déficit habitacional, em diversos centros urbanos, à semelhança de São Paulo, ao longo de toda extensão do Brasil.

Em 1964 foi criado o plano do SFH (Sistema de Financiamento da Habitação) a nível do governo federal, o qual se estenderia até 1984 diante da dificuldade de administração dos recursos financiados através do BNH (Banco Nacional da Habitação).

“O significado da expressão, conjunto nacional BNH, vai além de seu significado estrito. Primeiro, significa que trata-se de um grande empreendimento imobiliário, segundo, que localiza-se em vazios urbanos de dimensões avantajadas ou em periferias, como tentativa de controlar a pressão exercida pela variável especulativa relativa à questão da terra, e terceiro, apresenta duas fórmulas de projeto usados isoladamente ou em justaposição. A primeira das fórmulas é o conjunto de blocos repetitivos de apartamento. É uma versão corrompida, por exigências econômicas, do tipo ideal de moradia preconizado pela vanguarda modernista européia dos anos 30. A outra se distingue de uma urbanização convencional de modestas casa unifamiliares isoladas apenas pela repetitividade dos telhados de fibro-cimento em pequenos lotes que, por sua vez, definem quarteirões estreitos e compridos.” (COMAS, 1986 apud ARRUDA, 1997, p.20)

TASCHNER prossegue enfatizando que, a partir dessa fase, as iniciativas passaram a ser descentralizadas a nível dos governos locais, dando início, em São Paulo, a uma série de iniciativas políticas. Uma das primeiras iniciativas de remoção da população “favelada” baseava-se no receio de que esse tipo de aglomerado urbano fosse um possível foco de disseminação de doenças, para além de propiciar a marginalidade e a criminalização. Foram criados diversos núcleos habitacionais nas zonas periféricas, muito distantes do centro urbano, o que no entanto acarretou no aumento do custo de vida devido ao custo em transporte e dificultou a contribuição da mulher para a renda familiar. Para além desse aspecto evidenciava-se o fenómeno mercadológico visualizado pelos moradores, lucrar com a venda das habitações e retornar à condição das favelas, mais próximas do local de trabalho.

Na década de 70, diversas acções político-sociais foram tomadas tendo em consideração as favelas como habitação temporária para migrantes, a qual poderia ser extinta através da aplicação de trabalhos sociais visando, deste modo, a integração da população favelada na sociedade. A inércia nos resultados suscitava o facto de que grande parte da população favelada não era migrante de outras regiões do Brasil, mas sim advinda de um processo de empobrecimento da população.

Os trabalhos subsequentes (década de 80) passaram a identificar os moradores como trabalhadores que viam as favelas como moradia permanente. A actuação política investiu na construção das COHAB (unidades de moradia da Companhia Habitacional), passou a investir em projectos de urbanização das favelas (infra-estruturas), e deu início a acções de autoconstrução. Nesta fase, novos problemas passaram a ser identificados em resposta as

acções do poder público: dificuldades de gestão financeira, dificuldades no controlo da qualidade dos serviços e o contraponto da urbanização das favelas como incentivo ao aumento das invasões, para além da criação do mercado especulativo nas favelas.

Decorreu então um curto período (1986-1988) em que o pensamento se voltou aos interesses do mercado imobiliário no sentido de recuperar áreas invadidas em zonas nobres em troca da construção de conjuntos populares com o investimento privado, processo denominado de Operações Interligadas. Esta política, que se apresentou financeiramente potencial, denotava uma abertura para o não cumprimento da norma de uso e ocupação do solo devido à falta de uma política urbana integrada.

Como um retorno à tentativa de integração social da população das favelas e cortiços, sucederam-se acções de desapropriação e reabilitação dos cortiços nas zonas centrais da cidade, urbanização das favelas, construções por mutirões (utilização da mão-de-obra da população). Estas intervenções, no entanto, vieram a confirmar o fenómeno do aumento do mercado especulativo das habitações e o incentivo ao adensamento das favelas existentes.

Diante das diversas acções e programas de habitação social nota-se a invariável influência dos interesses políticos. Por diversas vezes as mudanças de filosofia política foram motivo para a interrupção de trabalhos em andamento.

Durante o período de 1993 a 1997, o interesse político esteve concentrado em erradicar com a imagem das favelas. Através da criação de um único Fundo de recursos, captação de recursos externos e continuação das Operações Interligadas, deu-se início ao projecto PROVER, denominado Projecto *Cingapura*. O qual consistia na verticalização das favelas visando rapidez na execução das obras. Diversas críticas surgiram devido ao sentido mediático do empreendimento, aos elevados custos totais e à não participação da população nas decisões.

Em referência a vários dos programas habitacionais referenciados por TASCHNER, BONDUKI (2000) avalia positivamente a actuação a nível municipal como uma nova política “(...) baseada nos princípios do desenvolvimento sustentável, em que se destacam a participação popular e o respeito ao meio ambiente”. Ressaltando a importância de se estabelecer uma capacitação técnica, institucional e financeira dos municípios, associados a uma responsabilidade a nível governamental.

3.4 A habitação no sector privado

Ao longo do processo de desenvolvimento de São Paulo, desde o início da industrialização que decorreu no processo migratório de outras localidades do Brasil e imigratório de outros países e, paralelamente aos problemas crescentes característicos das grandes metrópoles (déficit habitacional, violência, pobreza, etc.), o sector habitacional privado foi se definindo como alternativa às políticas habitacionais. A imagem da cidade passa a reflectir o aspecto mercadológico da indústria da construção.

As tipologias de habitação praticadas podem ser resumidas num crescente reflexo da segregação social, na configuração espacial da cidade. O problema básico de desemprego e empobrecimento de grande parte da população pode ser visualizado através das favelas, cortiços e moradores de rua. Ao mesmo tempo, o carácter de uma cidade como um grande centro de negócios faz movimentar o mercado privado, o qual visa atender a percentagem da população da classe média e alta. Aspectos como a falta de segurança e a crescente criminalidade têm decorrido numa desvalorização das habitações do tipo “moradia” e uma valorização dos “apartamentos” e “condomínios fechados”. BONDUKI (1997, p.156) relata que, *“A estrutura urbana de São Paulo reflete hoje o carácter segregador da sociedade brasileira. A cidade torna-se mais dividida e desigual, os mais ricos se protegem dos miseráveis em bairros ou condomínios fortemente vigiados. A segregação possibilita que os investimentos públicos – distribuídos de maneira desigual no espaço urbano, privilegie grupos sociais e interesses concentrados (...). A nova ordem mundial se espacializa, espelhando seu carácter discriminador:*

cria bolsões de luxo, modernidade, eficiência e riqueza, guetos de glamour em meio à selva de precariedade, miséria e violência”.

Sob uma visão das habitações como um produto da indústria de “produção de edifícios”, ARRUDA (1997) refere-se a uma cadeia produtiva na qual fazem parte os fabricantes de materiais, os produtores de edifícios e os usuários. Nesse sentido o mercado imobiliário desempenha um papel decisivo no que se refere à definição das *“tipologias dos elementos a produzir, com suas características técnico-econômicas (dimensionais e qualitativas), as quantidades a serem colocadas no mercado e o preço de venda dos produtos”.*

Segundo VERGÉS-ESCUÍN (apud ARRUDA, 1997) o papel do Arquitecto encontra-se limitado às flutuações e condicionantes desse mercado imobiliário. A relação entre necessidade e resposta encontra-se cada vez mais distanciada devido às pressões desse mercado. ARRUDA (1997, p.31) conclui que, *“As tipologias habitacionais respondem ou a soluções de emergência ou a de maximização do lucro”.* O que se verifica são projectos que evidenciam aspectos como a forma, função, custo e novas tecnologias, variáveis consoante o padrão de construção e exigências do projecto e/ou cliente. Em muitos casos o cliente é representado pelo próprio mercado especulativo imobiliário, o que condiciona a soluções lucrativas, eventualmente até mesmo em comprometimento da qualidade.

Por outro lado, coloca-se em questão a formação do Arquitecto. De acordo com MAHFUZ (apud ARRUDA, 1997, pp. 27 e 28) a questão do ensino na Arquitectura tem oscilado entre uma linha “tratadista” em que se defende o acto de projectar com base em “manuais”, em oposição à linha que defende a criatividade e o talento como o único meio de se atingir esse mesmo objectivo. Como conclusão esse autor defende *“a existência de um corpo de conhecimento objectivo e transmissível e a importância do componente subjectivo que determina o modo de utilização do repertório da arquitetura em cada situação específica.”* (MAHFUZ 1987apud ARRUDA, 1997, pp. 27 e 28)

Ressalta-se no entanto que existem ainda outros dois pontos que se têm mostrado conducentes de problemas em obras: a falta de formação do Arquitecto como gestor de projectos, e a falta do cumprimento de um padrão mínimo de informações necessárias para sua execução. Estes aspectos decorrem em erros de execução, aumento do custo final e alto índice de retrabalho.

Dentro desse contexto a construção civil na área habitacional vem sendo caracterizada como “manufatura” com predomínio da “construção convencional”. Diante do resultado de todo esse processo surgem conclusões como:

“o produto da edificação é marginal no aspecto econômico, porque não corresponde maioritariamente às disponibilidades e restrições existentes, marginal nas respostas às exigências micro-climáticas e culturais, porque não as respeita adequadamente, marginal em relação às tecnologias lógicas, porque não as usa. Em resumo, porque não se adapta ao entorno para o qual foi construído.” (MASCARÓ e MASCARÓ, 1981apud ARRUDA, 1997, p.48)

3.5 Estudos já realizados sobre Tipologias de habitação na cidade de São Paulo

3.5.1 “Os Climats Urbanos” – TARIFA e ARMANI (2001)

No âmbito do projecto de elaboração do “Atlas Ambiental do Município de São Paulo”, financiado pela FAPESP (Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de São Paulo), TARIFA e ARMANI (2001) deram início a um trabalho denominado de “As unidades climáticas Urbanas” do município de São Paulo, a partir do estudo sobre “As unidades climáticas Naturais”, referido anteriormente no capítulo 2.1.3. Para cumprir tal objectivo foram utilizadas e readaptadas informações preexistentes sobre: o uso do solo segundo seus padrões e tipologias, índices de poluição do ar, ventos e fluxo de veículos, distribuição das favelas; e o tratamento de imagens do satélite *Landsat 7*, relativas aos dias 3/9/1999 e 30/4/2000. O mapa das “unidades climáticas Urbanas” encontra-se no Anexo C.

“(…) Para entender as interações entre o espaço físico (ar) e o espaço social, possíveis de serem identificadas como uma “totalidade indissociável” na atmosfera urbana (próxima da superfície), alguns conceitos e noções foram empregados. O conceito de “unidade climática” (…) como um espaço onde pessoas vivem, trabalham, produzem e consomem, e que pode ser percebido pelo estudo dos atributos atmosféricos (temperatura, umidade, qualidade do ar, conforto térmico, enchentes, entre outros) e os controles (uso do solo urbano, densidade populacional e de edificações, áreas verdes, favelas, fluxo de veículos). Em segundo lugar, a noção de “centralidade” e de “periferia” como um processo resultante das práticas sociais, foram usadas para entender a (re) produção do espaço (…)”. (TARIFA e ARMANI, 2001, p.47)

O mapeamento das unidades climáticas urbanas consistiu numa subdivisão do município em “Microclimas”, que constituem sucessivamente os “Topoclimas” e os “Mesoclimas”, resultando em cinco grandes “climas urbanos Locais”.

Na “unidade climática urbana Central”,

“O principal controle climático (…) se expressa pela alta densidade de edificações, pessoas, veículos e atividades. As formas urbanas mais evidentes são os “arranha-céus”, a verticalização.

(…) O segundo controle climático que identidade às Unidades Meso e Topoclimáticas Urbanas é o uso atual do solo. Dois usos se destacam no conjunto desse núcleo: os Bairros Verticalizados e os Bairros Verdes. O contato entre esses ambientes urbanos é bem definido e provoca alterações e transformações na absorção, reflexão e transmissão da radiação solar, bem como nos transportes horizontais do ar.” (op. cit., p.51)

Sobre os Bairros Verdes avaliam que:

“(…) mantêm uma relativa homogeneidade advinda de lotes grandes com amplas áreas verdes, tanto nos quintais como nas ruas arborizadas. Sua forma é percebida, tanto no real, quanto na representação esquemática do campo térmico pelo satélite, onde geralmente indicam superfícies 3 a 4 °C menos aquecidas que os bairros pobres das favelas e autoconstruções quase sem áreas verdes da Zona Leste por exemplo. Os microclimas desses ambientes urbanos tendem a mostrar não apenas variações quantitativas, mas qualidades associadas à capacidade de possuir conforto térmico e ambiental decorrente de seu poder de comprar e conseqüentemente de possuir dinheiro. Portanto, o verde e a qualidade melhor do clima decorrem do poder de troca (o espaço urbano como mercadoria) e não da necessidade para suprir o corpo e a própria reprodução da vida com qualidade e dignidade.” (op. cit., p.55)

A expansão deste núcleo da metrópole foi de encontro aos vales dos rios Tietê, Tamanduateí e Pinheiros. Uma característica comum a essas áreas de ocupação é a utilização das margens dos rios (canalizados) como vias expressas de tráfego de automóveis, não somente oriundos de um trânsito local, mas também à serviço de passagem entre outras regiões do país. Funcionam como grandes áreas produtoras de poluentes ao mesmo tempo que recebem, consoante suas orientações, poluentes advindos de outras zonas industriais. Diante das diversas nuances de ocupações representadas pelas pontes, viadutos, zonas industriais e grandes zonas comerciais ao longo das suas margens, surgiram os bairros de

expansão como um misto de uso residencial, serviços e comércio. Por entre esses limites decorreram as invasões de terras que, originariamente se deram em forma de favelas, tendo sido, algumas, consolidadas na forma de condomínios habitacionais populares. Nota-se, no entanto, uma ocupação com menor densidade nesses bairros.

A partir das imagens de satélite confirmou-se, na área de expansão da zona sul, o predomínio do residencial baixo, caracterizado por moradias de um a dois pavimentos destinados à classe média ou média-baixa, com coberturas em “telhas de cerâmica de cor avermelhada”. Destacou-se também a existência de diversos núcleos ou “novos centros de comércio e verticalização”. Nessa região encontra-se uma das maiores favelas da Grande São Paulo: “Heliópolis”, referenciada por TARIFA e ARMANI como “(...) *um amontoado de casas com telhados de amianto (péssimo para o conforto térmico), algumas das ruas são asfaltadas e as casas em sua maioria de alvenaria (algumas são sobrados) e os lotes muito pequenos (...)*”.(op. cit., p.59)

À Leste a ocupação é de alta densidade e pequena percentagem de área verde. “*A forma urbana mostra uma homogeneidade considerável, tanto no forte aquecimento, na ausência do verde e na poluição atmosférica elevada, caracterizando um espaço urbano muito homogêneo nas transformações climáticas pelas práticas espaciais e socioeconômicas*”. (op. cit., p.60)

À Norte, a expansão vai de encontro à área de preservação do Parque da Cantareira através de um aclive na topografia, minimizando dois aspectos que tendem a ser mais frequentes nas zonas mais próximas ao Rio Tietê: a poluição e as enchentes. No entanto, a forte declividade em direcção ao Parque passa a estar associada à instabilidade dos terrenos, essencialmente em épocas de chuvas intensas.

Nas periferias, o padrão de ocupação representa um misto de residencial baixo (grande maioria), conjuntos habitacionais verticalizados, edifícios de habitação, tendo, no entanto, a forte pressão do mercado imobiliário como promotora da tipologia de adensamento

verticalizado dessas áreas. Em algumas dessas zonas periféricas e em extensão aos municípios vizinhos pertencentes à região metropolitana, dão-se os crescentes “condomínios fechados” onde predominam o residencial baixo (tipologia pré-definida ou loteamentos para construções personalizadas), claramente diferenciados entre classe média e alta.

Para além dessas zonas intermédias de expansão periféricas, encontram-se os extremos limites do município a Leste e Norte e Sudoeste, e os limites das represas Guarapiranga e Billings a Sul, onde *“O processo de favelização, com amontoamento de casebres e seres humanos, quase sem as mínimas condições ambientais para a reprodução da vida foi o principal critério adotado para a delimitação dessas unidades”*. (op. cit. p., 63).

São ocupações do tipo residencial baixo, favelas, autoconstruções e alguns conjuntos habitacionais populares. Nestas áreas, o poder mercadológico “convencional” dá lugar ao mercado “informal”, onde a ocupação passa a ser predominantemente uma questão de sobrevivência das populações mais carentes. A construção em alvenaria é um sinónimo de melhor qualidade, condição almejada pela grande maioria da população. A cobertura em laje predomina como uma possibilidade de ampliação do “abrigo” em decorrência da “ampliação” da família. Os graves problemas de conforto existentes em alguns conjuntos habitacionais, decorrentes do tipo de projecto e da localização, foram assim descritos:

“Cada conjunto habitacional é quase uma cidade, universo de vida em movimento, onde os climas, tanto internos (microclimas) como externos (do topo aos micro entre os blocos) são extremamente áridos, agressivos e, na maioria das vezes, insalubres. Se aquecem ou se resfriam rapidamente, são pouco ventilados ou só recebem ventos encanados (...). Alguns blocos, ou faces, não recebem sol nunca, são frios e úmidos, e outros são super-aquecidos e recebem sol o dia todo.” (op. cit., p. 64)

São muitas as habitações que apresentam graves problemas, quer seja devido às condições dos ambientes internos das próprias construções, quer seja devido aos riscos de escorregamentos advindos da instabilidade de muitos terrenos.

3.5.2 “Caracterização da frequência dos tipos de edifícios habitacionais em altura no setor privado” – ARRUDA (1997)

O estudo sobre a “Caracterização da frequência dos tipos de edifícios habitacionais em altura no setor privado”, de ARRUDA (1997), é aqui referenciado por se destacar quanto ao método de análise utilizado, bem como os resultados alcançados.

ARRUDA desenvolve uma análise a partir de amostras de apartamentos referentes a três capitais brasileiras (São Paulo, Porto Alegre e Belo Horizonte), divulgadas em diversas publicações periódicas do biênio 94/95. O método de análise adoptou conceitos referentes ao edifício e ao apartamento. O “edifício” foi caracterizado em termos da forma, dimensionamento da fachada, índice de compacidade, altura, sistemas de circulação e tipos de agregação. O “apartamento” foi analisado quanto ao número de dormitórios, salas, sacadas, banheiros (casa de banho), zonas de serviço, espaços complementares e garagem.

Sobre o “edifício” esclarece que:

“Uma avaliação econômica da **morfologia** das edificações indica que o maior volume contido em uma determinada superfície geométrica é dado pela esfera, seguido pelo cilindro e depois pelo cubo. O distanciamento destas formas consideradas básicas indica o aumento da relação entre superfície exterior e volume, o que, conforme os princípios econômicos da edificação, tem consequência direta nos custos do conjunto edificado”. (ARRUDA, 1997, p.53)

A amostra levantada apontou para o facto de que, em São Paulo, existe uma clara predominância das formas “quadrado/rectângulo” do edifício, numa relação mais compacta entre os lados, maior e menor (LM /Lm) variando entre 1,00 e 1,50.

No que se refere às **fachadas** evidencia o aspecto económico tendo em conta que: “A envolvente do edifício normalmente é mais cara que seus equivalentes internos, o que explica a necessidade de reduzir a fachada como estratégia econômica, não somente pelo custo de construção mas também pela manutenção e uso”. A análise da amostra leva a conclusão de que, a extensão do programa brasileiro (suítes, zonas de serviço e iluminação directa em todos os compartimentos) conduz a grandes proporções de superfície de fachadas. Ressalta que,

embora as formas sejam basicamente retangulares ou quadradas, as alternativas em relação às fachadas podem variar conforme ilustram as Figuras 3.5a e 3.5b a seguir.

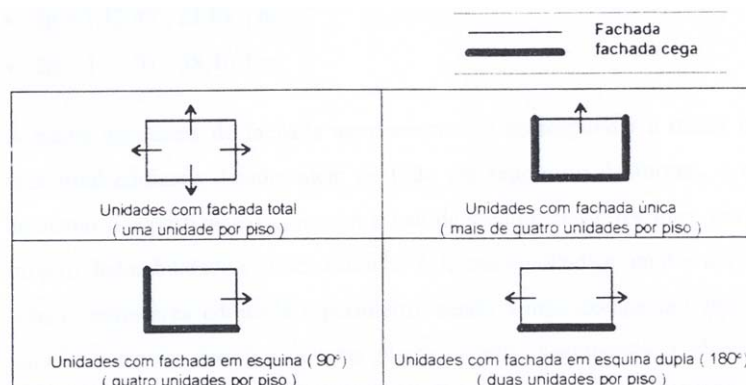


Figura 3.5.1 - Tipos básicos mais frequentes de apartamentos em relação às fachadas, conforme número de unidades por pavimento. (Fonte: GAMBI, 1992 apud ARRUDA, 1997)

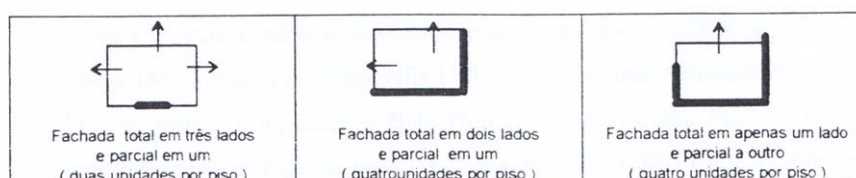


Figura 3.5.2 - Tipos básicos mais frequentes de apartamentos em relação às fachadas, conforme número de unidades por pavimento. (Fonte: SHERWOOD, 1983 apud ARRUDA, 1997)

À semelhança da análise morfológica, o **Índice de Compacidade (Ic)** sugere que existe uma tendência mais econômica nas amostras de São Paulo (73% da amostra com Ic variando entre 60% a 75%). Define o Ic como “*uma relação percentual que existe entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro das paredes exteriores do projeto*”. (op. cit., p. 60)

Quanto à **altura**, o facto de a altura superior a 14 andares ter sido apontada como a maior incidência (aproximadamente 50% das tipologias), não denota exactamente um factor de economia ou maior lucratividade. Ressalta que: “*(...) o custo de construção é proporcional à altura dos edifícios no que se refere à estrutura resistente, elevadores, fachadas, instalações em geral, tempo de execução (...) e inversamente proporcional quando se trata de terraplanagens, subsolos, cobertura, áreas comuns e terreno*”. (op. cit., p. 66)

As conclusões em relação aos sistemas de **circulação e agregação** apontaram para o uso predominante da ausência de corredores e uma predominância das plantas de 2 e 4

apartamentos (fogos) / andar (85%), sendo os restantes 15% representados pelas plantas de 1 apartamento (fogo) / andar. (Figura 3.5c)

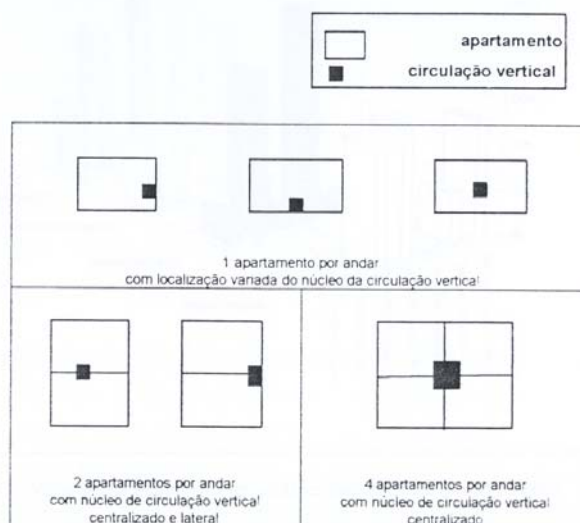


Figura 3.5.3 - Tipos de agregação de apartamentos e localização do núcleo de circulação vertical centralizado – edifícios de plantas retangulares.
(Fonte: GAMBI, 1992 apud ARRUDA, 1997)

Sobre o “apartamento” conclui:

Nos apartamentos o “*grande determinante é a quantidade de dormitórios (...). Variam também o número de instalações sanitárias. Apartamentos com mais de uma sala não são frequentes e o núcleo dos compartimentos de serviço é mais diversificado (...)*”. (op. cit., p. 73)

A maior percentagem de incidência quanto às **áreas** dos apartamentos esteve entre o intervalo de 78,125 e 162,50 m² (60%). A percentagem relativa a áreas inferiores a 78,125 m² foi de 15%, para além da significativa incidência de 25% dos apartamentos com áreas superiores a 162,50 m². A tipologia com um número de 4 **dormitórios** teve a maior incidência (45%). As demais (55%) estiveram divididas entre as configurações de 3 e 2 dormitórios. As **salas** apresentaram-se na grande maioria em forma de “L” como uma maneira económica de se criar dois ambientes, jantar e estar, sendo que, no entanto, salas do tipo rectangulares foram associadas às tipologias com alto índice de compacidade. As **sacadas** (ou varandas) foram identificadas em 60% da amostra com uma unidade na área social. A segunda maior incidência foi de duas sacadas, tendo as opções de “nenhuma” e “mais que duas” registado percentagens pouco significativas (menor que 5%). A quantidade de “**banheiros**”, e a

existência de **espaços complementares** como “closets” são elementos geralmente proporcionais ao “padrão dos apartamentos”. Dentro da amostra levantada o maior destaque foi para a existência de um “banheiro” social e um “em suite”. A existência de um espaço complementar demonstrou presença em aproximadamente 40%.

“A tipologia do edifício de apartamentos para as classes média e média alta acaba, então, sendo bastante clara e definida, propiciando o aparecimento de uma morfologia e marcas próprias desse tipo de arquitetura onde não se alteram os elementos e nem se modifica o partido arquitetônico. A restrição de alternativas, devido à definição do terreno e exigências do programa e das normas, leva a enfrentar a invariabilidade de soluções formais e construtivas representadas em planta por uma retícula que produz compartimentos economicamente retangulares”. (op. cit., p. 89)

3.5.3 “O espaço construído e os anseios de morar” - SOUZA (1998)

O estudo elaborado por SOUZA (1998) sob o título de: “O espaço construído e os anseios de morar” veio contribuir, em parte, para a compreensão da prática profissional do arquitecto no sector da habitação. Com foco nas tipologias de habitação unifamiliares, ou seja, casas (moradias), a metodologia desse estudo baseou-se em uma pesquisa de periódicos publicados durante o período de 1988 a 1995, visando obter uma amostragem de projectos com área inferior a 500 m² (103 amostras), referentes à região metropolitana da Grande São Paulo.

Os resultados apresentados por SOUZA apontam para uma grande diversidade quanto aos aspectos: área construída, número de pavimentos e localização (cidade ou condomínios). No entanto, observa que a forma, dimensão e topografia do terreno são factores que influenciam na definição do projecto quanto ao número de pavimentos e até mesmo quanto sua forma.

Sobre a tipologia classificada como **T1 - moradias térreas** (10,68% da amostra), SOUZA (1998, p.,15) comenta que na maioria desses casos “(...), o arquiteto projetista adotou a forma retangular, com a largura voltada para a rua, menor que seu comprimento. Esta

situação é típica dos lotes urbanos, retangulares, com profundidade maior do que frente". Sobre as demais restantes desse grupo observa a utilização da forma quadrada, em "L" ou "U", quando associadas a terrenos mais regulares quanto aos seus limites.

A maioria da amostra (57,28%) corresponde à tipologia classificada como **T2 - dois pavimentos**. Neste caso, observa variações essencialmente por conta da disposição dos espaços internos (social, serviço e íntimo).

Num terceiro e último grupo encontram-se classificadas como **T3 - três ou mais pavimentos** 32,04% da amostra. Atenta para os aspectos da topografia e dimensão do terreno como factores condicionantes da construção em andares. As variações encontradas ficam por conta da forma de integração com o terreno e da disposição dos ambientes internos.

Aspectos complementares como lareiras, piscinas, varandas, foram identificados com grande frequência dentre todas as tipologias analisadas.

3.6 Conclusão sobre as tipologias de habitação

Esses estudos apontaram para algumas questões fundamentais a saber:

- É problemática a extensão da prática da construção informal, representadas por favelas que ocupam áreas impróprias, quer seja devido a questões de propriedade, de instabilidade do solo ou de áreas de protecção ambiental. A característica básica identificada nessas áreas, segundo TARIFA e ARMANI, é a autoconstrução de moradias, em adaptações de madeira denominadas “barracos” ou em alvenaria e cobertura em laje de betão (padrão almejado pelos moradores). Os problemas quanto à “qualidade” dessas tipologias são diversos: insalubridade devido às infiltrações de ar e água, perigo de desmoronamento devido à qualidade das construções e/ou instabilidade do solo, grande comprometimento do desempenho térmico tanto em condições extremas de calor quanto de frio;
- A ausência de áreas verdes ou arborização dos bairros é um aspecto predominante na grande maioria dos bairros. TARIFA e ARMANI observam que as zonas de maior concentração de áreas verdes são as de mais alto valor de mercado;
- Existem diversos exemplos de conjuntos habitacionais de interesse social com graves problemas de qualidade de conforto e salubridade;
- Quanto aos edifícios habitacionais em altura ARRUDA conclui o alto índice de invariabilidade diante dos interesses de mercado quanto ao programa e custos. Existe um crescente interesse por esse tipo de habitação devido aos problemas de segurança e violência. São tipologias tanto para a classe média, mais compactos (4 fogos/pavimento), quanto para a classe alta, com áreas generosas (1 ou 2 fogos/pavimento). A forma do edifício é condicionada pela relação de aproveitamento do terreno e pela optimização da construção, ou seja, muito próxima da “rectangular”. O uso das varandas é muito frequente em todas as tipologias, geralmente na área social, podendo se apresentar em outras zonas consoante o padrão do investimento;
- Os materiais e métodos construtivos são tradicionais, alvenaria nas dimensões mínimas exigidas por lei, janelas geralmente com sistema de correr, de duas folhas de vidro e duas de venezianas, variáveis quanto ao material (alumínio ou ferro);

- Com relação ao estudo desenvolvido por SOUZA, é de se ressaltar que a metodologia adotada, publicações em periódicos, acaba por conduzir, de certo modo, a tipologias voltadas para a classe média-alta, aspecto que justifica as grandes áreas encontradas. No entanto, aponta para aspectos importantes como a grande influência que a forma e topografia do terreno implicam na definição da tipologia. Moradias que se desenvolvem em muitos pavimentos geralmente estão associadas a terrenos de considerável declividade. Moradias que se encontram na cidade tendem a ocupar terrenos mais compactos e regulares, condicionando essa limitação à forma da edificação. SOUZA avalia que existe grande variabilidade no que se refere a disposição dos ambientes e definição dos materiais.

Em um primeiro momento, o que parece factível é que muitas das habitações representam um produto da criação do arquitecto. Ao mesmo tempo em que, grande parte da produção a este delegada parece estar intrinsecamente condicionada aos interesses do mercado.

Por outro lado não se pode negar o facto de que, em meio a tantos problemas e variações políticas, muito se tem avançado no sentido de uma abordagem mais próxima e potencialmente eficaz perante a realidade da habitação social. Sob um ponto de vista científico, pode-se dizer que a última década do século XX consolidou um ciclo de experiências, o que, de certo modo, denota elementos suficientes para a proposição de novos caminhos futuros. Para além disso, cita-se o crescente número de trabalhos que têm sido realizados durante esses anos, através dos diversos núcleos de pesquisa existentes em todo o país, os quais devem ser considerados como uma contribuição de extremo valor.

No entanto, é notório que a cidade urge por acções emergenciais e que, diante de tal constatação, o grande desafio que se coloca é a transposição desses estudos científicos como real contribuição à sociedade. Nesse sentido alguns caminhos têm apontado para o conhecimento real dos problemas, nos seus pormenores, como a forma mais eficaz de se propor soluções. As próprias experiências coordenadas pelos governos locais, como tentativa

de solucionar o problema do déficit habitacional, demonstraram a importância de uma visão mais atenta sobre os “processos” de desenvolvimento da cidade, mais próxima das necessidades e condicionantes reais.

A importância de uma visão mais localizada também foi citada por CAMPOS FILHO (2003), quando ressalta dois aspectos para o estabelecimento de uma política habitacional compatível com o tecido urbano do município de São Paulo: uma política de subsídio à habitação e o “cálculo do estoque de potencial construtivo”, cálculo este elaborado ao nível de cada bairro, onde aspectos como o traçado viário, o sistema de transporte coletivo e a condição de vida desejada seriam computados por forma a estabelecer a sua capacidade de adensamento.

Essa abordagem, baseada numa visão mais localizada, foi defendida no novo *Plano Diretor Estratégico* (Lei Municipal 13.430 de 2002) com a determinação da elaboração de Planos Regionais para cada uma das 31 Subprefeituras do município de São Paulo, a partir dos quais seria definido um novo Zoneamento Urbano. Assim, em 2004 foi divulgado o novo Zoneamento Urbano nas seguintes bases:

“O novo zoneamento cria condições para uma criteriosa mistura de usos e atividades, de modo a reduzir a necessidade de longas viagens diárias e, sempre preservando zonas estritamente residenciais, flexibiliza usos em vias de tráfego inevitavelmente intenso. Incentiva-se a abertura de mais espaços públicos em edifícios privados, permite-se um maior adensamento nos pontos e eixos de centralidade em bairros, assim como em torno de estações de transporte de massa. (...)” (Prefeitura do Município de São Paulo, 2004, p.25)

Posto isto, considera-se que o estudo das tipologias toma uma outra dimensão, passa a ser um ponto fundamental, quer seja no processo de avaliação da qualidade das habitações, quer seja para o auxílio em busca de melhores resultados práticos.

As ilustrações a seguir representam uma tentativa de tradução esquemática daquilo que, nos estudos pesquisados neste capítulo, foi referido como “tipologias de habitação”.

		<p>Tipologia A1 Edifício de 4 fogos/pavimento</p> <p>1 única tipologia de fogo com plantas “espelhadas”</p> <p>padrão: 2 dormitórios (classe média)</p>
		<p>Tipologia A2 Edifício de tipologia mista</p> <p>3 tipologias de fogos com plantas “espelhadas”</p> <p>padrão: 2 dormitórios e 1 dormitório (classe média)</p>
		<p>Tipologia A3 Edifício de 2 fogos/pavimento</p> <p>1 tipologia “espelhada”</p> <p>padrão: 3 ou mais dormitórios com suíte (classe média-alta)</p> <p>obs.: terraços geralmente voltados para o logradouro</p>
		<p>Tipologia A4-a Edifício de 1 fogo/pavimento</p> <p>padrão: 3 ou mais dormitórios com suíte (classe alta)</p> <p>obs.: terraços geralmente voltados para o logradouro</p> <p>terreno com largura maior que profundidade</p>
		<p>Tipologia A4-b Edifício de 1 fogo/pavimento</p> <p>padrão: 3 ou mais dormitórios com suíte (classe alta)</p> <p>obs.: terraços geralmente voltados para o logradouro</p> <p>terreno com largura menor que profundidade</p>

Legenda: ■ ESTAR ■ DORMITÓRIOS ■ ZONA HÚMIDA ■ VARANDAS

Figura 3.5.4 – Matriz gráfica – Tipologias de edifício de habitação Multifamiliar (Fonte: esquema da autora)

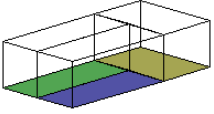
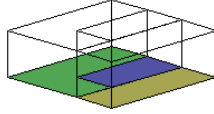
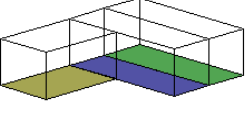
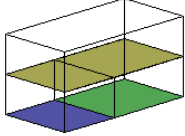
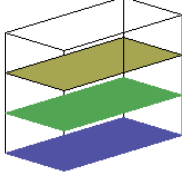
	<p>Tipologia M1 Moradia térrea</p> <p>Terreno rectangular - cidade</p> <p>padrão: 2 ou 3 dormitórios (classe baixa: áreas mais compactas ou classe média: áreas maiores)</p>
	<p>Tipologia M2 Moradia térrea</p> <p>Terreno mais generoso – condomínio ou cidade</p> <p>padrão: 3 ou mais dormitórios (classe média – classe alta)</p>
	<p>Tipologia M3a Moradia térrea</p> <p>Terreno mais generoso - condomínio ou cidade</p> <p>padrão: 3 ou mais dormitórios (classe média – classe alta)</p>
	<p>Tipologia M3b Moradia 2 pavimentos</p> <p>Terreno rectangular – cidade</p> <p>padrão: 2 ou 3 dormitórios (classe média) ou duas tipologias idênticas térreo e 1º pavimento (classe baixa)</p>
	<p>Tipologia M3c Moradia 2 pavimentos</p> <p>Terreno rectangular em declive – cidade ou condomínio</p> <p>padrão: 3 ou mais dormitórios (classe média – classe alta)</p>
<p>Legenda: ■ ESTAR ■ DORMITÓRIOS ■ ZONA HÚMIDA ■ VARANDAS</p>	

Figura 3.5.5 – Matriz gráfica – Tipologias de edifício de habitação Unifamiliar - Moradias (Fonte: esquema da autora)

CAPÍTULO 4 - SIMULAÇÕES PARAMÉTRICAS

- 4.1 Metodologia
- 4.2 Modelo utilizado e condições de referência
 - 4.2.1 Geometria
 - 4.2.2 Envolvente e divisões internas
 - 4.2.3 Propriedades termofísicas dos materiais elementares
 - 4.2.4 Ganhos internos
 - 4.2.5 Regime de funcionamento
- 4.3 Estudos paramétricos
 - 4.3.1 Coberturas
 - 4.3.2 Paredes externas
 - 4.3.3 Área dos vãos envidraçados
 - 4.3.4 Sombreamento
 - 4.3.5 Ventilação natural
 - 4.3.5.1 Ventilação cruzada nocturna – V1
 - 4.3.5.2 Ventilação cruzada nocturna e diurna – V2
 - 4.3.5.3 Ventilação unilateral nocturna – V2

4.1 Metodologia

Tendo em consideração o estudo feito sobre as tipologias de habitação (Capítulo 3), nota-se que os aspectos sócio-econômicos e o sistema organizacional do território urbano resultam em algumas práticas construtivas muito frequentes na zona em estudo.

A identificação de tipologias, bem como os respectivos sistemas construtivos mais frequentemente utilizados, permitem traçar um panorama relativamente próximo da realidade. No entanto, sabe-se que para uma análise do desempenho térmico destas tipologias faz-se necessário identificar quais são as variáveis que mais influenciam no balanço térmico das mesmas. Dentre essas variáveis citam-se a forma arquitectónica propriamente dita, as características termo-físicas da envolvente, os padrões de uso, entre outros.

Neste sentido, o presente trabalho tem por objectivo identificar quais são os parâmetros que mais influenciam no desempenho térmico das habitações, através da simulação paramétrica de um modelo multizonal, representativo da tipologia M1 (página 86 - capítulo 3). Esta, por sua vez, foi utilizada como base das simulações por ser uma das mais representativas tipologias de habitação popular.

O estudo paramétrico foi desenvolvido através do programa EnergyPlus versão 2.0. A opção por este programa encontra-se fundamentada no ponto 2.4.2. No âmbito deste trabalho, pode-se evidenciar basicamente duas vantagens na utilização deste programa: permitir simular em regime transiente, e permitir simular a ventilação natural através do Comis, utilizado como parte integrante do sistema operacional do EnergyPlus.

As condições climáticas consideradas nestas simulações referem-se a um ano meteorológico de referência para a região da cidade de São Paulo, com uma base horária (ver anexo J).

Tendo em consideração que um dos objectivos principais deste trabalho foi o de se estabelecer uma correlação às recomendações da Norma **ABNT NBR 15220-3**, optou-se por definir uma estrutura em etapas, à semelhança da estrutura desta, para o desenvolvimento deste estudo paramétrico. Deste modo, o presente estudo foi desenvolvido nas seguintes etapas a saber: “Coberturas”, “Paredes externas”, “Área dos vãos envidraçados”, “Sombreamento” e “Ventilação Natural”.

O modelo base foi mantido constante para todas as simulações, conforme descrição a seguir no ponto 4.2 – *Modelo utilizado e condições de referência*, permitindo apenas variáveis pertinentes a cada etapa de acordo com descrição do item 4.3 – *Estudos paramétricos*.

4.2 Modelo utilizado e condições de referência

4.2.1 Geometria

As simulações paramétricas deste estudo foram desenvolvidas para um modelo multizonal, de forma paralelepípedica, com uma área total interna de 6x8,5 m² e um pé direito de 3m (ver Figura 4.2.1).

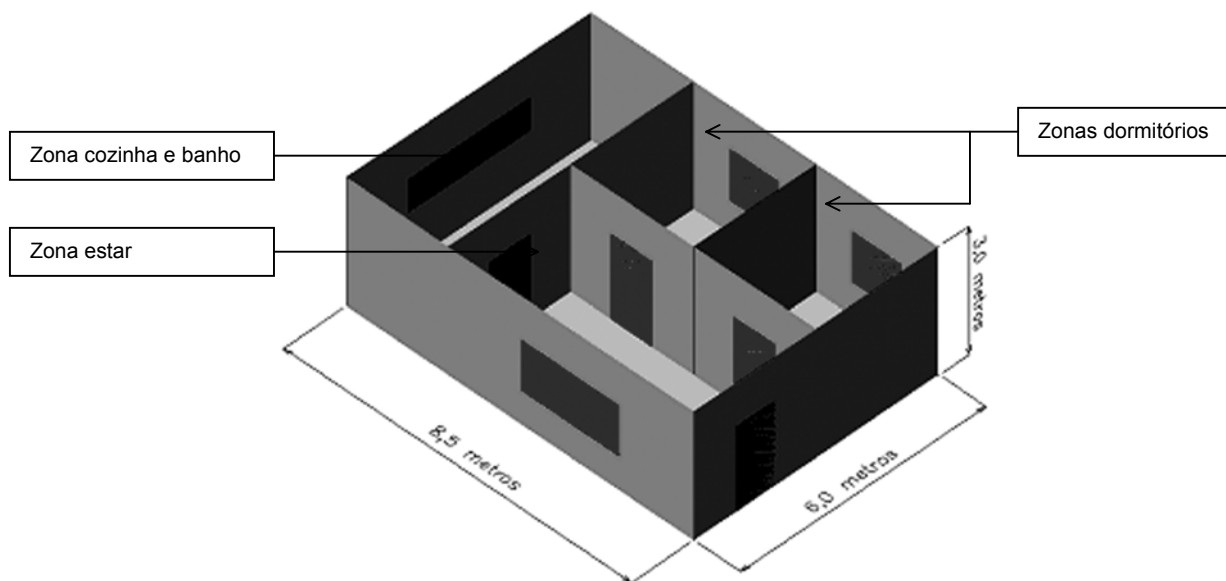


Figura 4.2.1 – Simulações de tipologias – Imagem tridimensional do modelo multizonal

Tendo em vista a consideração de uma tipologia representativa do padrão popular de habitação, este modelo utilizado nas simulações corresponde a uma das tipologias identificadas no estudo sobre habitação, na zona bioclimática Z3, conforme apresentado no capítulo 3.

Trata-se de um modelo subdividido em 4 zonas (1 Zona cozinha e banho, 2 Zonas dormitórios e 1 Zona estar), à semelhança da tipologia referida. A opção por um estudo paramétrico com base em um modelo multizonal fundamentou-se essencialmente em considerar o efeito das trocas de calor entre zonas, bem como permitir simulações de ventilação natural através dos recursos do *EnergyPlus-Comis*. Para efeito de análise e consequentemente para variação de orientação, considerou-se como referência a Zona Estar, em todas as simulações deste estudo.

Com relação às paredes externas, foram simulados 4 sistemas construtivos os quais se encontram identificados no ponto 4.3.2 – *Paredes externas* . No entanto quanto às paredes internas, estas foram mantidas sempre com a mesma definição, conforme ilustra a Figura 4.2.2 a seguir:

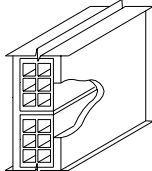
P1		<p>Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensão tijolo: 9,0x14,0x19,0cm Espessura argamassa de assentamento.: 1,0 cm Espessura argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm</p>
-----------	---	--

Figura 4.2.2 – Esquema da composição das Paredes internas.

Nos pavimentos optou-se por considerar a interação solo/edifício, uma vez que este factor também se fez presente no estudo das tipologias referido anteriormente. Deste modo definiu-se como uma constante o piso em Radier de Betão sobre solo (Figura 4.2.3).

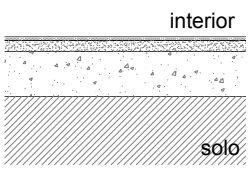
piso		<p>Piso em Radier de Betão - sobre o solo</p> <p>(Interior) Cerâmica: espessura = 1,0 cm Argamassa de assentamento: espessura = 2,5 cm Radier em Betão: espessura = 10,0 cm (Solo)</p>
-------------	---	---

Figura 4.2.3 – Esquema da composição do Piso.

4.2.3 Propriedades termofísicas dos materiais elementares

Para a utilização do programa EnergyPlus fez-se necessário a especificação dos diversos elementos a serem utilizados no modelo, bem como suas dimensões e propriedades termofísicas.

Tendo em vista que esses referidos dados representam a base das simulações, recorreu-se ao relatório interno desenvolvido pelo Labeee para a definição dos elementos construtivos mais frequentemente utilizados no Brasil (GUISI et alli, 2003). Segue, portanto, na figura a seguir, uma listagem dos elementos construtivos utilizados bem como suas respectivas dimensões e propriedades termofísicas.

PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DOS MATERIAIS ELEMENTARES

Material	espessura e (m)	Condutibilidade λ (W/m.K)	Densidade ρ (Kg/m ³)	Emissividade ε	Resistência térmica (m ² .K) / W
Tijolo cerâmico 6 furos quadrados	0,014	0,9	2290	0,9	–
Tijolo cerâmico 2 furos circulares	0,017	0,9	3836	0,9	–
Tijolo cerâmico 8 furos circulares	0,111	0,9	646	0,9	–
Telha de barro	0,01	1,05	2000	0,9	–
Forro de madeira	0,01	0,14	600	0,9	–
Laje de Betão (20cm)	0,25	1,75	2200	0,9	–
Radier Betão (10cm)	0,1	1,75	2400	1,0	–
Lã de vidro (2,5cm)	0,025	0,045	50	0,9	–
Reboco (2,5cm)	0,025	1,15	2000	0,9	–
Piso cerâmico (1cm)	0,01	0,9	1600	0,9	–
Painel de madeira maciça (3,5cm)	0,035	0,14	600	0,9	–
Painel compensado de madeira (2,2cm)	0,022	0,12	450	0,9	–
Vidro simples	0,006	1,1	2700	0,9	–
Caixilhos (ferro fundido pintado de branco)	0,05	56	7800	0,9	–
Câmara de ar fluxo horizontal	–	–	–	–	0,16
Câmara de ar fluxo vertical (alta emissividade)	–	–	–	–	0,21
Câmara de ar fluxo vertical (baixa emissividade)	–	–	–	–	0,61

Quadro 4.2.1 – Tabela de *propriedades termofísicas* dos elementos utilizados na composição das componentes simuladas. FONTE: GUISI et alli (2003).

4.2.4 Ganhos internos

Em todas as simulações desenvolvidas neste estudo foram considerados os mesmos padrões de ganhos internos.

Adoptou-se um número total de 4 pessoas para a tipologia em questão (de 2 dormitórios), com um padrão de ocupação representado no Quadro 4.2.2. Neste padrão, 0% corresponde a nenhum ocupante, 50% a 2 pessoas, e 100% ao máximo de 4 pessoas. Com relação às actividades desenvolvidas pelos mesmos, considerou-se 70W para o nível mais baixo (dormir), 100W para o nível intermédio (sentar e repousar) e o máximo de 160W (trabalho leve). Esses valores foram baseados na publicação sobre Conforto Térmico desenvolvido por SZOKOLAY e AULICIENS (1997).

ZONA COZINHA	ZONA ESTAR	ZONA DORMITÓRIOS	ATIVIDADE (para todas as zonas)
1:00 – 7:00 = 0%	1:00 – 20:00 = 0%	1:00 – 7:00 = 100%	1:00 – 7:00 = 70 W
8:00 = 100%	21:00 – 23:00 = 100%	8:00 – 23:00 = 0%	8:00 – 20:00 = 160 W
9:00 – 18:00 = 0%	24:00 = 0%	24:00 = 100%	21:00 – 23:00 = 100 W
19:00 – 20:00 = 100%			24:00 = 70 W
24:00 = 0%			

Quadro 4.2.2 – Padrão de uso nas zonas simuladas – Ocupação e Actividades

No que se refere à Iluminação, foram adoptados valores máximos de 120W para as Zonas Cozinha e Estar, e 60W para cada Zona Dormitório. Considerou-se apenas dois estágios de utilização: 0% equivalente à condição de todas as luzes totalmente desligadas e 100% para o caso das luzes totalmente acesas (Quadro 4.2.3).

ZONA COZINHA (120 W)	ZONA ESTAR (120 W)	ZONA DORMITÓRIOS (60 W – cada zona)
1:00 – 18:00 = 0%	1:00 – 20:00 = 0%	1:00 – 18:00 = 0%
19:00 – 20:00 = 100%	21:00 – 23:00 = 100%	19:00 – 23:00 = 100%
24:00 = 0%	24:00 = 0%	24:00 = 0%

Quadro 4.2.3 – Padrão de uso nas zonas simuladas - Iluminação.

Finalmente quanto aos equipamentos, teve-se em conta apenas o funcionamento de 1 frigorífico na Zona Cozinha, em funcionamento 24hs/dia, com uma potência de 200 W.

4.2.5 Regime de funcionamento

Todas as simulações foram desenvolvidas sem ter em conta qualquer tipo de sistema de condicionamento artificial de ar, ou seja, foi considerado apenas o *regime transiente*.

4.3 Estudos paramétricos

4.3.1 Coberturas

Nesta etapa foram desenvolvidas diversas simulações por forma a permitir a avaliação da sensibilidade do modelo à variações somente na componente cobertura. As variáveis simuladas foram: *Absortância à radiação solar* e *Sistema construtivo*.

Verificou-se que em estudos já realizados para a mesma zona Z3 em questão (ponto 2.5), atentou-se para a importância da definição das cores nas superfícies externas das coberturas, ou seja, variação da Absortância solar, para o balanço térmico das habitações.

Ao mesmo tempo a proposta de Norma sugere para a Z3 coberturas do tipo “leve e isolada”, o que, segundo a mesma, corresponde a valores de Transmitância térmica inferior ou igual a 2,0 W/m².K, atraso térmico inferior ou igual a 3,3 horas e Factor de calor solar inferior ou igual a 6,5, conforme ilustra o Quadro 4.3.1.

Tipo de cobertura	U (W/m ² .K)	φ (horas)	FCS
Leve Isolada	≤ 2,00	≤ 3,3	≤ 6,50

Quadro 4.3.1 – Características térmicas recomendadas pela NB para a componente Cobertura na Z3.

A partir do estudo sobre as tipologias (capítulo 3) foram identificados alguns possíveis sistemas construtivos a serem simulados. Dentre estes foram seleccionadas 4 alternativas, as quais devido às diferenças nas suas respectivas características termofísicas, permitissem avaliar também a sensibilidade à variação da Transmitância Térmica e da Capacidade Térmica. Ou seja, componentes com valores equivalentes de Transmitância Térmica (C2 e C4) permitiriam evidenciar o efeito da diferença nas respectivas Capacidades Térmica. O mesmo conceito foi adoptado para avaliar a sensibilidade à variação da Transmitância Térmica através das alternativas C2 e C3 (Quadro 4.3.2).

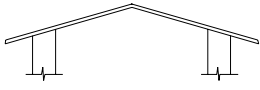
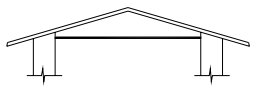
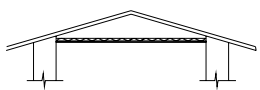
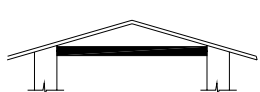
C1		Cobertura de telha de barro sem forro Telha de barro espessura 1,0 cm
C2		Cobertura de telha de barro com forro de madeira 1ª Camada (externa): Telha de barro espessura 1,0 cm 2ª Camada: Câmara de ar fluxo vertical (alta emissividade) 3ª Camada: Forro de madeira espessura 1,0 cm
C3		Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira 1ª Camada (externa): Telha de barro espessura 1,0 cm 2ª Camada: Câmara de ar fluxo vertical (baixa emissividade) 3ª Camada: Lã de vidro espessura 2,5 cm 4ª Camada: Forro de madeira espessura 1,0 cm
C4		Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 25 cm 1ª Camada (externa): Telha de barro espessura 1,0 cm 2ª Camada: Câmara de ar fluxo vertical (alta emissividade) 3ª Camada: Laje de concreto 25 cm

Figura 4.3.1 – Esquema da composição das Coberturas simuladas.

	U (W/m ² .K)	Ct (J/m ² .K)	φ (horas)	FCS α 0.2	FCS α 0.7
C1	4,5	18	0,3	3,64	12,74
C2	2,0	32	1,3	1,6	5,6
C3	0,9	33	2,3	0,76	2,66
C4	1,8	458	8,0	1,47	5,15

Quadro 4.3.2 – Características térmicas das Coberturas simuladas.

Com o objectivo de se poder comparar posteriormente os resultados das simulações, com os parâmetros propostos pela Norma, optou-se por adoptar apenas dois sistemas construtivos que atendessem às recomendações da mesma.

Uma vez definidos os sistemas construtivos, estabeleceu-se a combinação dos mesmos a dois valores de Absortância à radiação solar (α): 0,2 para cores claras e 0,7 para cores escuras.

Neste grupo de simulações mantiveram-se constantes os seguintes parâmetros: Apenas infiltração em todas as portas e janelas (taxas calculadas pelo EnergyPlus-Comis); Orientação da Zona Estar a norte; Aenv/Apav=16%; Sombreamento do tipo veneziana (Figura 4.3.3) em todas as janelas conforme padrão de uso ilustrado no Quadro 4.3.3; Paredes internas e externas do tipo P1 (ver figura 4.2.2), com Absortância = 0,2.

Considerou-se apenas infiltração e o sombreamento dos vãos por forma a evidenciar o efeito das variações na componente cobertura. As paredes mantiveram-se constantes (tipo P1), com Absortância = 0,2, por ser uma das alternativas que atendem a todas as recomendações da Norma.

Período do dia	VERÃO	INVERNO
1:00 – 7:00	Sem veneziana	Com veneziana
8:00 – 18:00	Com veneziana	Sem veneziana
19:00 – 24:00	Sem veneziana	Com veneziana

Quadro 4.3.3 – Padrão de uso do sistema de sombreamento tipo veneziana.

Segue abaixo um quadro geral das combinações paramétricas desta etapa:

Tipo de cobertura	Absorsividade solar 0.2	Absorsividade solar 0.7
C1	C1 Abs0.2	C1 Abs0.7
C2	C2 Abs0.2	C2 Abs0.7
C3	C3 Abs0.2	C3 Abs0.7
C4	C4 Abs0.2	C4 Abs0.7

Quadro 4.3.4 – Combinações de variáveis simuladas – etapa COBERTURAS.

4.3.2 Paredes externas

Nesta fase de simulações procurou-se simular o efeito da variação de parâmetros apenas na componente Parede externa. Para além da Absortância solar e do Sistema construtivo, introduziu-se também nesta etapa a variável Orientação.

Segundo o mesmo critério utilizado para a escolha dos sistemas construtivos da etapa anterior, nesta fase os sistemas construtivos das paredes externas foram baseados no estudo das tipologias desenvolvido anteriormente (capítulo 3). Dentre os sistemas construtivos identificados como “típicos”, foram seleccionadas 4 soluções construtivas que possibilitassem uma posterior análise comparativa da sensibilidade à variação da Transmitância térmica e da Capacidade térmica, nesta componente. Deste modo foram definidas as alternativas P1 e P2 com valores equivalentes de Transmitância térmica, no entanto com uma considerável diferença na Capacidade térmica. Através desta mesma alternativa P2, em comparação à P4, pretendeu-se evidenciar a diferença da Transmitância térmica, com valores equivalentes de Capacidade térmica (ver Quadro 4.3.5).

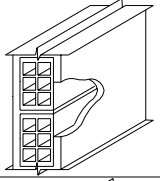
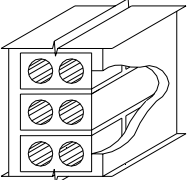
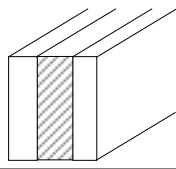
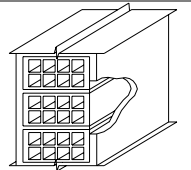
P1		Parede de tijolos 6 furos quadrados , assentados na menor dimensão Dimensão tijolo: 9,0x14,0x19,0cm Espessura argamassa de assentamento.: 1,0 cm Espessura argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm
P2		Parede de tijolos com 2 furos circulares Dimensões do tijolo: 12,5x6,3x22,5 cm Espessura argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,5 cm
P3		Parede “sanduíche” de madeira Painel de madeira maciça: 3,5cm Isolamento térmico lã de vidro: 5,0cm Painel compensado de madeira: 2,2cm Espessura total da parede: 10,7cm
P4		Parede de tijolos de 8 furos quadrados , assentados na maior dimensão Dimensões tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 24,0 cm

Figura 4.3.2 – Esquema da composição das Paredes simuladas.

	U (W/m2.K)	Ct (J/m2.K)	φ (horas)	FCS Abs 0.2	FCS Abs 0.7
P1	2,48	159	3,3	1,98	6,9
P2	2,43	220	4,2	1,94	6,8
P3	0,484	73	7,8	0,39	1,35
P4	1,61	232	5,9	1,29	4,51

Quadro 4.3.5 – Características térmicas das Paredes simuladas.

Tendo em consideração que a proposta de Norma sugere para a Z3 parede externa do tipo “leve e reflectora”, com valores de Transmitância térmica igual ou inferior a 3,6 W/m2.K, Atraso térmico igual ou inferior a 4,3 horas, e Factor de calor solar igual ou inferior a 4,0 (Quadro 4.3.6), foram consideradas apenas duas alternativas (P1 e P2) que atendem à essas recomendações. Deste modo pretendeu-se, assim como nas *Coberturas*, gerar dados que permitissem comparar os resultados das simulações com esses parâmetros sugeridos pela proposta de Norma.

Tipo de parede	U (W/m2.K)	φ (horas)	FCS
Leve Reflectora	$\leq 3,6$	$\leq 4,3$	$\leq 4,0$

Quadro 4.3.6 – Características térmicas recomendadas pela NB para a componente Cobertura na Z3.

Mantiveram-se constantes os seguintes parâmetros: Apenas infiltração em todas as portas e janelas (taxas calculadas pelo EnergyPlus-Comis); Aenv/Apav = 16%; Paredes internas do tipo P1 (Figura 4.2.2), com Absortância solar = 0,2; e um único sistema construtivo nas coberturas, aquele que apresentou o melhor comportamento em termos do desempenho térmico nas simulações da etapa anterior.

Segue abaixo um quadro geral das combinações paramétricas desta etapa:

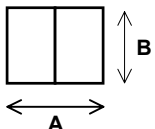
Tipo de parede	Absortância 0.2				Absortância 0.7			
	Orientação Z.Estar				Orientação Z.Estar			
	Este	Norte	Oeste	Sul	Este	Norte	Oeste	Sul
P1	P1Abs0.2E	P1Abs0.2N	P1Abs0.2O	P1Abs0.2S	P1Abs0.7E	P1Abs0.7N	P1Abs0.7O	P1Abs0.7S
P2	P2Abs0.2E	P2Abs0.2N	P2Abs0.2O	P2Abs0.2S	P2Abs0.7E	P2Abs0.7N	P2Abs0.7O	P2Abs0.7S
P3	P3Abs0.2E	P3Abs0.2N	P3Abs0.2O	P3Abs0.2S	P3Abs0.7E	P3Abs0.7N	P3Abs0.7O	P3Abs0.7S
P4	P4Abs0.2E	P4Abs0.2N	P4Abs0.2O	P4Abs0.2S	P4Abs0.7E	P4Abs0.7N	P4Abs0.7O	P4Abs0.7S

Quadro 4.3.7 – Combinações de variáveis simuladas – etapa PAREDES.

4.3.3 ÁREA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS

Nesta etapa, *Áreas dos Vãos envidraçados*, teve-se em atenção não somente as recomendações da ABNT NBR 15220 (ponto 2.3.2), mas também as condições mínimas exigidas pelo Código de Obras (ponto 2.3.1.2).

O Código de Obras exige uma área mínima de 1/6 da área do piso ($A_{env}/A_{pav} = 16,6\%$), para ambientes de longa permanência (estar e dormitórios). Já a proposta de Norma Brasileira em Conforto Térmico sugere para a zona bioclimática Z3 uma relação de A_{env}/A_{pav} entre 15 e 25%, para efeito de ventilação. Deste modo, este estudo considerou para além da proporção da Área dos vãos envidraçados de 16% em relação à Área de piso ($A_{env} = 16\%A_{piso}$), outras duas alternativas conforme ilustra a Quadro 4.3.8 a seguir.

Nome do Vão envidraçado	Dimensões do Vão envidraçado	
J1	$A_{env} = 16\% A_{piso}$ (2,88 m ²)	A = 2,4m / B = 1,2m
J2	$A_{env} = 24\% A_{piso}$ (4,32 m ²)	A = 3,6m / B = 1,2m
J3	$A_{env} = 32\% A_{piso}$ (5,76 m ²)	A = 4,8m / B = 1,2m

Quadro 4.3.8 – Tabela de Dimensões dos Vãos simulados – Zona Estar.

Em todas as simulações, estabeleceu-se apenas variações nas dimensões dos vãos envidraçados da Zona Estar. Para todas as alternativas o vão manteve-se sempre centralizado na parede, com um parapeito constante de 1,2m.

Ressalta-se que não faz parte desse estudo analisar o efeito dos tipos de vidros, pelo que em todas as simulações foi considerado apenas vidro simples de 6mm.

Foram simulados os mesmos sistemas construtivos P1, P2, P3 e P4, em combinação com as orientações Norte, Sul, Este e Oeste, para cada uma das 3 dimensões de janelas J1, J2 e J3.

Mantiveram-se constantes os seguintes parâmetros: Apenas infiltração em todas as portas e janelas (taxas calculadas pelo EnergyPlus-Comis); Paredes internas do tipo P1 (ver Figura 4.3.2); Paredes externas com Absortância solar = 0,2; e um único sistema construtivo nas coberturas, aquele que apresentou o melhor comportamento em termos do desempenho térmico nas simulações da etapa COBERTURAS.

Segue abaixo um quadro geral das combinações paramétricas desta etapa:

Tipo de parede	Aenv/Apav = 16%			
	Orientação Z.Estar			
	Este	Norte	Oeste	Sul
P1	P1 16% E	P1 16% N	P1 16% O	P1 16% S
P2	P2 16% E	P2 16% N	P2 16% O	P2 16% S
P3	P3 16% E	P3 16% N	P3 16% O	P3 16% S
P4	P4 16% E	P4 16% N	P4 16% O	P4 16% S
	Aenv/Apav = 24%			
	Orientação Z.Estar			
	Este	Norte	Oeste	Sul
P1	P1 24% E	P1 24% N	P1 24% O	P1 24% S
P2	P2 24% E	P2 24% N	P2 24% O	P2 24% S
P3	P3 24% E	P3 24% N	P3 24% O	P3 24% S
P4	P4 24% E	P4 24% N	P4 24% O	P4 24% S
	Aenv/Apav = 32%			
	Orientação Z.Estar			
	Este	Norte	Oeste	Sul
P1	P1 32% E	P1 32% N	P1 32% O	P1 32% S
P2	P2 32% E	P2 32% N	P2 32% O	P2 32% S
P3	P3 32% E	P3 32% N	P3 32% O	P3 32% S
P4	P4 32% E	P4 32% N	P4 32% O	P4 32% S

Quadro 4.3.9 – Combinações de variáveis simuladas – etapa ÁREA DOS VÃOS ENVIDRAÇADOS.

4.3.4 SOMBREAMENTO

Entende-se que o sombreamento dos vãos envidraçados é um factor determinante no desempenho térmico das habitações, durante o período de Verão. No entanto sabe-se que esse factor pode interferir não somente nos ganhos e perdas através dos vãos envidraçados, como também na contribuição dos outros componentes da envolvente para o balanço térmico. Ou seja, características térmicas como a Transmitância térmica e a Capacidade térmica dos elementos opacos podem apresentar diferenças de sensibilidade quando associadas a vãos sombreados ou quando associados a vãos não sombreados. Nesta etapa das simulações, pretendeu-se identificar estas possíveis diferenças através da introdução de um sistema de sombreamento tipo veneziana (Figura 4.3.3).

A estratégia de protecção dos vãos envidraçados através de venezianas foi aplicada às mesmas combinações de variáveis simuladas na etapa ÁREA DOS VÃO ENVIDRAÇADOS, conforme o padrão de funcionamento ilustrados nos Quadros 4.3.10 e 4.3.11.

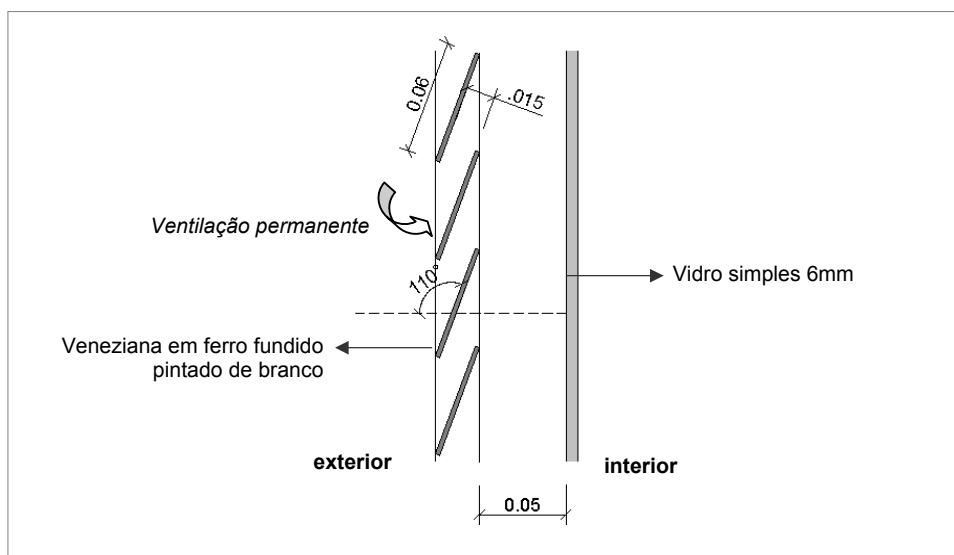
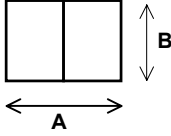
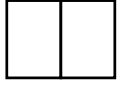



Figura 4.3.3 – Esquema construtivo das venezianas.

Período do dia	VERÃO	PRIMAVERA OUTONO INVERNO
1:00 – 7:00	Sem veneziana	Com veneziana
8:00 – 18:00	Com veneziana	Sem veneziana
19:00 – 24:00	Sem veneziana	Com veneziana

Quadro 4.3.10 – Padrão de funcionamento do sistema de sombreamento tipo veneziana.

Nome do Vão envidraçado	Dimensões do Vão envidraçado			
J1	Aenv = 16 % Apiso	A = 2,4m / B = 1,2m	16%	16%
J2	Aenv = 24 % Apiso	A = 3,6m / B = 1,2m	24%	24%
J3	Aenv = 32 % Apiso	A = 4,8m / B = 1,2m	32%	32%

Quadro 4.3.11 – Tabela de Dimensões dos Vãos simulados. Proporção de Iluminação e sombreamento.

Assim como no grupo anterior, neste mantiveram-se constantes os seguintes parâmetros: Apenas infiltração em todas as portas e janelas (taxas calculadas pelo EnergyPlus-Comis); Paredes internas do tipo P1 (ver figura 4.2.2); Paredes externas com Absortância solar = 0,2; Um único sistema construtivo nas coberturas, aquele que apresentou o melhor comportamento em termos do desempenho térmico nas simulações da etapa COBERTURAS; Sombreamento do tipo veneziana (Figura 4.3.3) em todas as janelas conforme padrão de uso ilustrado na figura 4.3.10. Segue abaixo um quadro geral das combinações paramétricas desta etapa.

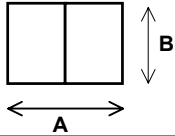
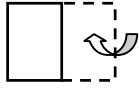


Tipo de parede	Aenv/Apav = 16% (Orientação Z.Estar)			
	Este	Norte	Oeste	Sul
P1	P1 16% E	P1 16% N	P1 16% O	P1 16% S
P2	P2 16% E	P2 16% N	P2 16% O	P2 16% S
P3	P3 16% E	P3 16% N	P3 16% O	P3 16% S
P4	P4 16% E	P4 16% N	P4 16% O	P4 16% S
	Aenv/Apav = 24% (Orientação Z.Estar)			
	Este	Norte	Oeste	Sul
P1	P1 24% E	P1 24% N	P1 24% O	P1 24% S
P2	P2 24% E	P2 24% N	P2 24% O	P2 24% S
P3	P3 24% E	P3 24% N	P3 24% O	P3 24% S
P4	P4 24% E	P4 24% N	P4 24% O	P4 24% S
	Aenv/Apav = 32% (Orientação Z.Estar)			
	Este	Norte	Oeste	Sul
P1	P1 32% E	P1 32% N	P1 32% O	P1 32% S
P2	P2 32% E	P2 32% N	P2 32% O	P2 32% S
P3	P3 32% E	P3 32% N	P3 32% O	P3 32% S
P4	P4 32% E	P4 32% N	P4 32% O	P4 32% S

Quadro 4.3.12 – Combinações de variáveis simuladas – etapa SOMBREAMENTO.

4.3.5 VENTILAÇÃO NATURAL

A última etapa de simulações teve como objectivo simular o efeito da ventilação natural, para o período representativo do Verão (23 de Dezembro a 22 de Março). Foram simulados 3 tipos de ventilação: Cruzada nocturna (ponto 4.3.5.1) ; Cruzada diurna e nocturna (ponto 4.3.5.2); Unilateral nocturna (ponto 4.3.5.3).

Para as mesmas combinações de área dos vãos, orientação e sistemas construtivos, simulados nas etapas *Área dos vãos envidraçados* e *Sombreamento*, introduziu-se a Ventilação natural nas proporções ilustradas no Quadro 4.3.13

Nome do Vão envidraçado	Dimensões do Vão envidraçado		 VENTILAÇÃO	 ILUMINAÇÃO	 SOMBREAMENTO
Jan P	Aenv = 16 % Apiso	A = 2,4m / B = 1,2m	8%	16%	16%
Jan M	Aenv = 24 % Apiso	A = 3,6m / B = 1,2m	12%	24%	24%
Jan G	Aenv = 32 % Apiso	A = 4,8m / B = 1,2m	16%	32%	32%

Quadro 4.3.13 – Tabela de Dimensões dos Vãos simulados. Proporção de Iluminação, sombreamento ventilação.

Com base nos princípios de ventilação natural citados no capítulo 2.2.4, entende-se que a ventilação natural nas edificações depende de alguns factores tais como:

- Condições de velocidade e direcção do ar externo;
- Características da envolvente em termos de densidade e altura de obstáculos;
- Área das edificações vizinhas;
- Sistemas de aberturas;
- Orientação das aberturas das edificações;
- Tipo de ventilação estabelecida, cruzada ou unilateral.

Para as Condições de velocidade e direcção do ar externo, as simulações foram desenvolvidas através do Comis-EnergyPlus, o qual considera os dados do arquivo climático TRY. Em relação às Características da envolvente em termos de densidade e altura de obstáculos, foram adoptados valores referentes à densidade alta e altura media das edificações de 4 pavimentos.

Não se pretende neste estudo analisar aspectos referentes aos tipos de sistemas de aberturas de vãos possíveis, e também não se pretende estudar o posicionamento dos vãos nos ambientes e nas fachadas. O objectivo desta etapa teve como foco principal avaliar a variação da dimensão e orientação dos vãos, tendo sido adoptados como padrão, vãos centralizados e sistemas de folhas de correr, conforme identificado no estudo apresentado no capítulo 3 sobre tipologias de habitação.

Considerou-se o Coeficiente de abertura de 0.78, conforme sugerido por ALLARD (1998) para grandes vãos abertos.

4.3.5.1 Ventilação Cruzada nocturna – V1

Neste módulo, todas as janelas e portas foram simuladas abertas, em todas as zonas, apenas no período nocturno, accionado em combinação com um sistema de sombreamento de venezianas somente durante o dia (Quadro 4.3.14). Pretendeu-se deste modo caracterizar uma situação ideal de sombreamento dos vãos, e máximo fluxo de ar.

Período do dia	SOMBREAMENTO	VENTILAÇÃO
1:00 – 7:00	Sem veneziana	Todas as portas e janelas abertas
8:00 – 18:00	Com veneziana	Todas as portas e janelas fechadas
19:00 – 24:00	Sem veneziana	Todas as portas e janelas abertas

Quadro 4.3.14 - Ventilação cruzada nocturna V1. *Schedule* de abertura e sombreamento dos Vãos envidraçados e *Schedule* de abertura das portas.

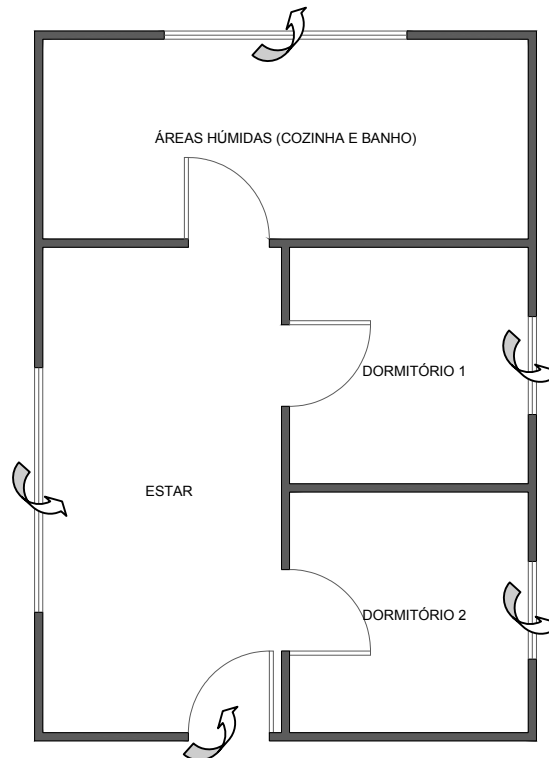


Figura 4.3.4 - Esquema de posicionamento das aberturas para ventilação cruzada V1

4.3.5.2 Ventilação Cruzada noturna e diurna – V2

Neste módulo, todas as janelas e portas foram consideradas abertas, em todas as zonas, durante o período noturno e diurno (24hs) . Assim como no módulo anterior, também foi considerado o sistema de sombreamento de venezianas somente durante o dia (Quadro 4.3.15)

Período do dia	SOMBREAMENTO	VENTILAÇÃO
1:00 – 7:00	Sem veneziana	Todas as portas e janelas abertas
8:00 – 18:00	Com veneziana	Todas as portas e janelas abertas
19:00 – 24:00	Sem veneziana	Todas as portas e janelas abertas

Quadro 4.3.15 - Ventilação cruzada noturna V2. *Schedule* de abertura e sombreamento dos Vãos envidraçados e *Schedule* de abertura das portas.

4.3.5.3 Ventilação Unilateral nocturna no Verão - V3

Neste último módulo da ventilação natural o que se pretendeu foi simular o efeito da ventilação unilateral (V3) por forma a permitir estabelecer uma comparação com a ventilação tipo V1. Neste caso considerou-se aberta apenas a janela da zona em estudo, Zona Estar, mantendo as demais portas e janelas fechadas (Figura 4.3.5). O padrão de sombreamento e ventilação está representado no Quadro 4.3.16 a seguir.

Período do dia	SOMBREAMENTO	VENTILAÇÃO
1:00 – 7:00	Sem veneziana	Somente a janela da Zona Estar aberta
8:00 – 18:00	Com veneziana	Todas as portas e janelas fechadas
19:00 – 24:00	Sem veneziana	Somente a janela da Zona Estar aberta

Quadro 4.3.16 - Ventilação cruzada nocturna V2. *Schedule* de abertura e sombreamento dos Vãos envidraçados e *Schedule* de abertura das portas.

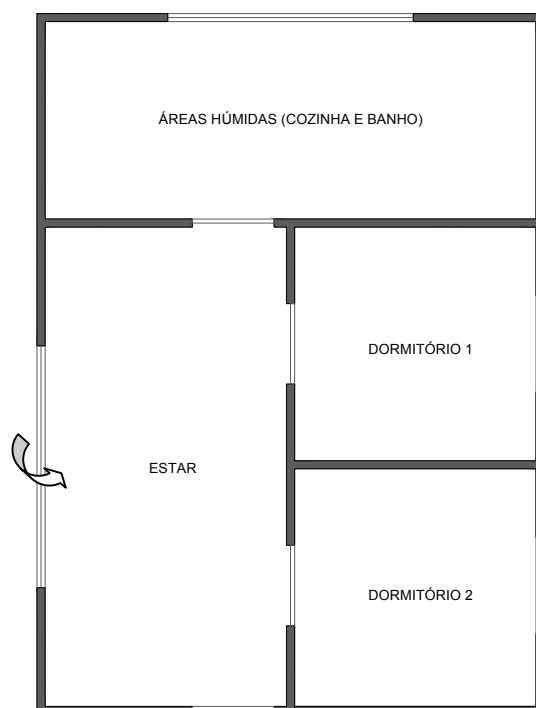


Figura 4.3.5 - Esquema de posicionamento das aberturas para ventilação Unilateral.

CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PARAMÉTRICAS

- 5.1 Selecção dos dados a analisar
- 5.2 Coberturas
- 5.3 Paredes externas
- 5.4 Área dos vãos envidraçados
- 5.5 Sombreamento dos vãos
- 5.6 Ventilação natural

5.1 Seleção dos dados a analisar

Este estudo abrange os resultados referentes aos períodos de Verão, Inverno e Anual. Considerou-se o período de 23 de Dezembro a 22 de Março representativo do Verão, e o de 23 de Junho a 22 de Setembro, representativo do Inverno.

Os resultados serão apresentados em termos dos valores médios das temperaturas mínimas, médias e máximas diárias do ar, observados na Zona Estar do modelo multizonal (Figura 4.2.1). Para a condição de Verão esses valores médios referem-se à semana identificada com a maior sequência de dias quentes, 22 a 28 de Fevereiro, e para o Inverno referem-se à semana com a maior sequência de dias frios, 25 a 31 de Agosto (ver Anexo J).

Recorreu-se, ainda, a Gráficos de evolução de temperatura referentes à variação horária para algumas variações paramétricas simuladas, consideradas relevantes para evidenciar aspectos eventualmente não totalmente perceptíveis em termos dos valores médios. Neste caso serão evidenciados os dias 25 e 26 de Fevereiro, para a condição de Verão, e para o Inverno os dias 27 e 28 de Agosto.

Ressalte-se que as análises referentes ao Sombreamento e à Ventilação Natural (pontos 5.5 e 5.6) serão desenvolvidas apenas para a condição de Verão. Pretende-se, deste modo, propiciar a identificação do potencial dessas estratégias para o controlo do acúmulo de calor e para a dissipação de calor, respectivamente.

Relativamente à ventilação natural, serão apresentadas Tabelas e Gráficos ilustrativos das taxas de renovação do ar/hora (RPH), para os dias 25 e 26 de Fevereiro.

5.2 Coberturas

Com o objectivo de avaliar a sensibilidade da componente Cobertura, face ao clima de São Paulo, foram desenvolvidas simulações com variação dos seguintes parâmetros: Absortância à radiação Solar e Transmitância térmica. Mantiveram-se constantes os seguintes parâmetros: Apenas infiltração em todas as portas e janelas (taxas calculadas pelo EnergyPlus-Comis); Orientação da Zona Estar a norte; Aenv/Apav=16%; Sombreamento em todas as janelas; Paredes internas e externas do tipo P1 com Absortância = 0,2.

Para a condição de Verão verificou-se que altos valores de Absortância conduziu a aumentos bastante significativos nas temperaturas Máximas, desvantagem essa que se mostrou muito mais imperativa do que a vantagem advinda dessa estratégia, no Inverno, com o aumento das Máximas. A opção por baixas Transmitâncias decorreu em vantagens tanto para o Inverno (aumento das Médias) quanto para o Verão (redução das Máximas).

Análise para a condição de Verão

Em um primeiro momento pode-se constatar que, o aumento do valor do coeficiente de Absortância (0.2 para 0.7) decorreu num aumento das temperaturas Máximas e Médias, conforme ilustra a Figura 1, através das médias das temperaturas para o período representativo de Verão (semana de 22 a 28 de Fevereiro).

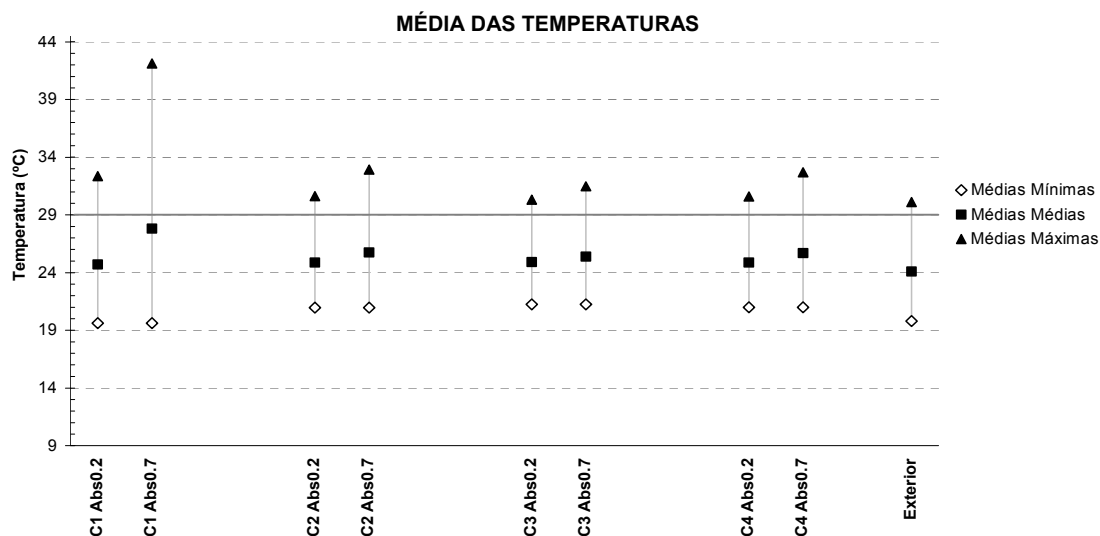


Figura 5.2.1 – Coberturas – Verão – Efeito variação Absortância solar e sistema construtivo – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

A partir desses valores e com base nas características térmicas das alternativas simuladas (ponto 4.3.1) observa-se que o acréscimo nas médias das Máximas, devido ao aumento do coeficiente de Absortância, variou de 1,2 K (C3) até 9,7K (C1), aumentos que se mostraram tanto maiores quanto mais elevadas as Transmitâncias das coberturas.

No quadro 5.2.1 encontram-se representados os valores médios das temperaturas, para as quatro alternativas de sistemas construtivos simulados, nas variações de Absortância 0.2 e 0.7.

DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ABSORTÂNCIA
($\alpha 0.7 - \alpha 0.2$)

Sistema construtivo	T Mínima (°C)	T Max Abs0.2 (°C)	T Max Abs0.7 (°C)	Diferença T máximas (K)
C1 (U=4,55 W/m2.K Ct=18 J/m2.K)	19,6	32,4	42,1	9,7
C2 (U=2,0 W/m2.K Ct=32 J/m2.K)	21,0	30,6	32,9	2,3
C3 (U=0,95 W/m2.K Ct=33 J/m2.K)	21,2	30,3	31,5	1,2
C4 (U=1,84 W/m2.K Ct=458 J/m2.K)	21,0	30,6	32,7	2,1

Quadro 5.2.1 – Coberturas – Verão – Efeito variação Absortância solar – Tabela Média das temperaturas Mínimas e Máximas

Este quadro evidencia o fato de que altos valores de Transmitância também se mostraram conducentes das mais elevadas temperaturas Máximas. A alternativa de maior Transmitância (C1 - U=4,55W/m2.K) apontou para os valores mais desfavoráveis em termos das Máximas, atingindo uma diferença de 2,1K em relação à alternativa de menor Transmitância (C3 - U=0,95W/m2.K) quando simulada com Absortância 0.2, e de 10,6K quando simulada com Absortância 0.7. Verifica-se que as alternativas com valores de Transmitância iguais ou inferiores a 2,0 W/m2/K apresentaram os mais favoráveis resultados, tendo sido estas as que se mantiveram mais próximas do limite de sobreaquecimento (T=29°C), quando simuladas com Absortância 0.2.

No entanto, convém referenciar que a variação da Transmitância também se reflectiu nas temperaturas Mínimas, ou seja, observa-se que estas se mostraram tanto mais elevadas quanto mais baixas as Transmitâncias. A diferença registada entre as alternativas C1 e C3 foi de 1,6K.

Neste caso ressalta-se que para uma análise do conforto térmico dever-se-ia ter em conta outros aspectos como por exemplo o padrão de ocupação dos ambientes, uma vez que as mínimas decorrem no período nocturno e as Máximas no período diurno. Uma associação a estratégias de dissipação de calor durante a noite tenderia a proporcionar melhores condições de conforto em todos os períodos do dia.

Com relação à variação da Capacidade térmica, evidenciada pelas alternativas C2 e C4 (U equivalentes e grande diferencial na Ct), observa-se que esta não induziu a diferenças nas temperaturas Máximas, constata-se apenas uma diferença de 0,2K quando ambas foram associadas a cores escuras (alto valor de Absortância 0.7).

Os gráficos de evolução de temperatura, representados nas Figuras 5.2.2 e 5.2.3, ilustram o efeito favorável provocado pela redução da Transmitância térmica no sentido de redução das Máximas.

O efeito desfavorável conduzido pelos altos valores de Absortância pode ser observado nas Figuras 5.2.4 e 5.2.5, para as alternativas de maior e menor Transmitância térmica respectivamente.

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
($\alpha=0,2$)

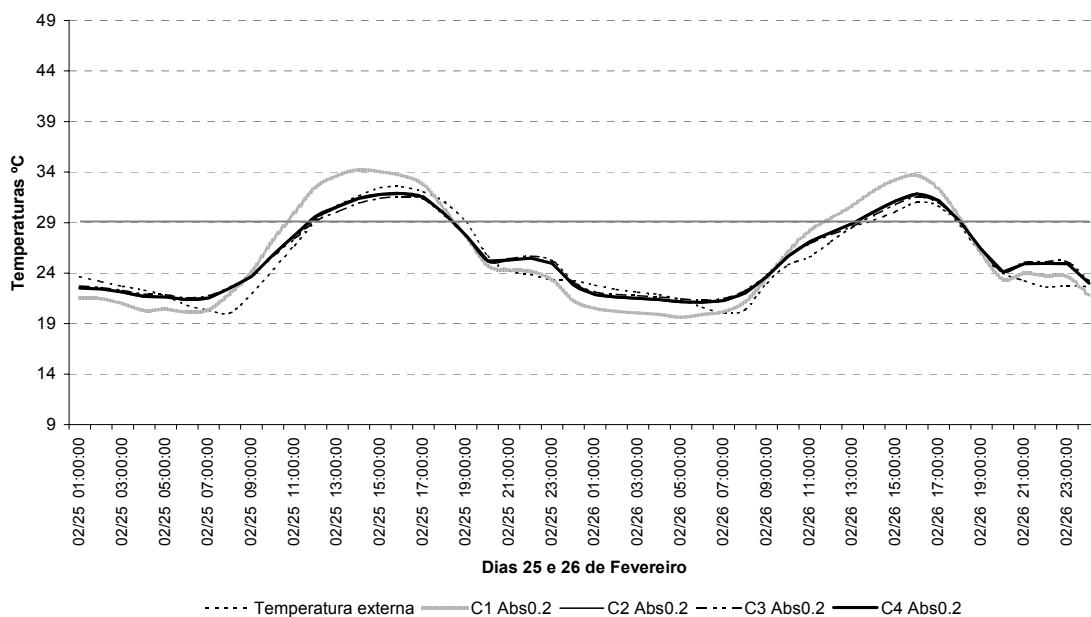


Figura 5.2.2 – Coberturas – Verão – Efeito variação Sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Absortância 0.2

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
($\alpha=0,7$)

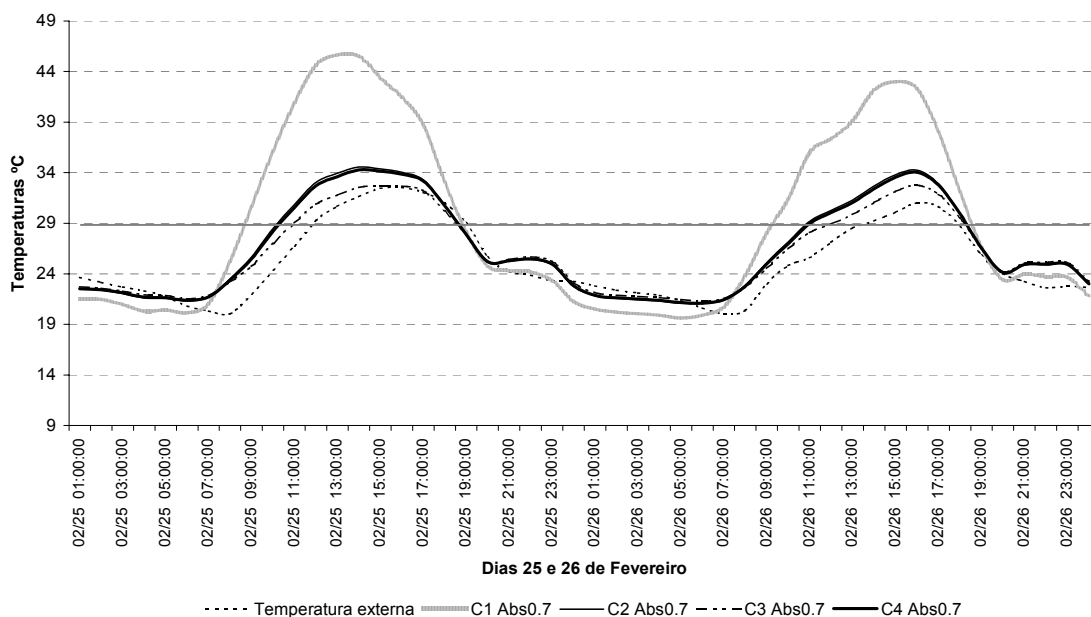


Figura 5.2.3 – Coberturas – Verão – Efeito variação Sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Absortância 0.7

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
COBERTURA C1 – Cobertura em telha de barro sem forro (1,0cm)
 (U = 4,55 W/m².K / Ct = 18 J/m².K)

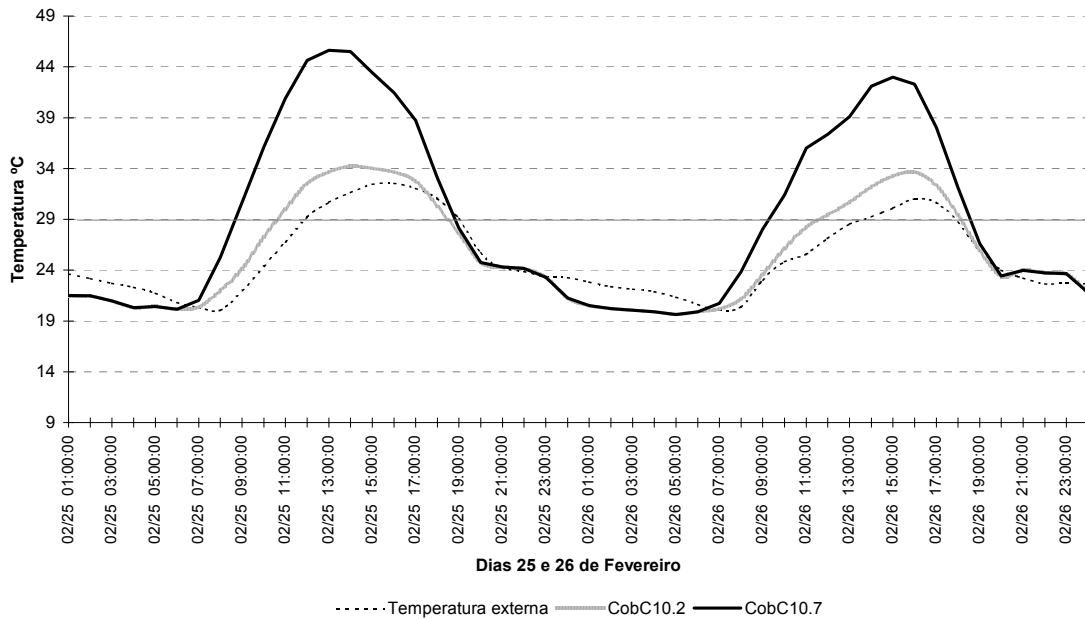


Figura 5.2.4 – Coberturas – Verão – Efeito variação Absortância – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) – Alternativa C1

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
COBERTURA C3 – Cobertura em telha de barro + isolamento térmico + forro de madeira (1,0 + 2,5 + 1,0cm)
 (U = 0,95 W/m².K / Ct = 33 J/m².K)

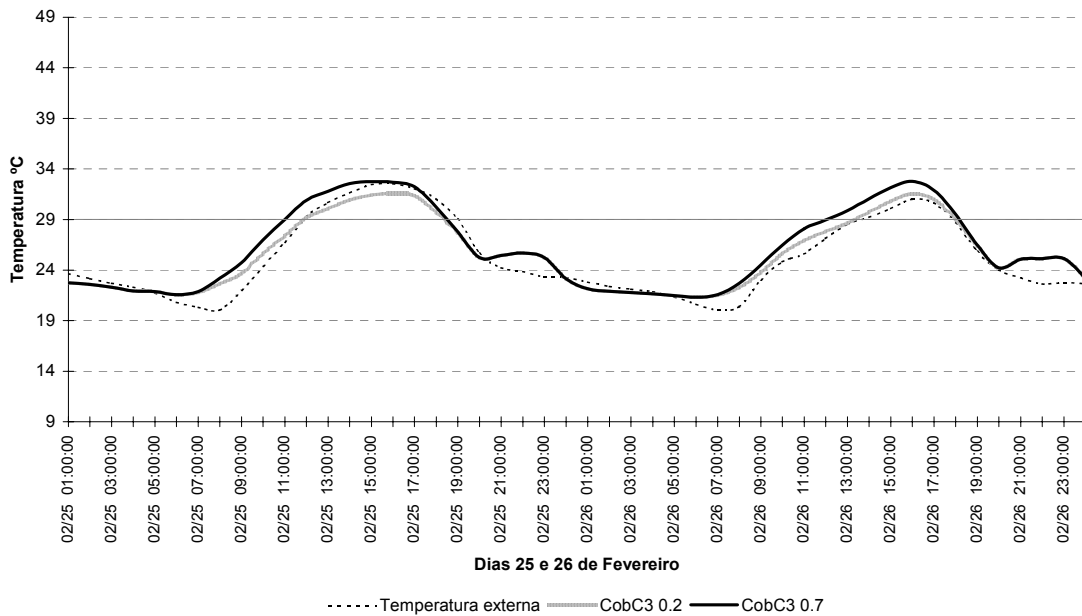


Figura 5.2.5 – Coberturas – Verão – Efeito variação Absortância – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) – Alternativa C3

Análise para a condição de Inverno

Para a condição de Inverno, verifica-se também que o aumento do valor do coeficiente de Absortância (0.2 para 0.7) decorreu num aumento das temperaturas Máximas e Médias, o que neste caso, ao contrário do Verão, denota um efeito favorável. Esta tendência verifica-se para todas as alternativas simuladas e pode ser observada através do gráfico da Figura 5.2.6 e nos Quadros 5.2.2 ao 5.2.4, os quais ilustram as médias das temperaturas para o período representativo de Inverno (semana de 25 a 31 de Agosto).

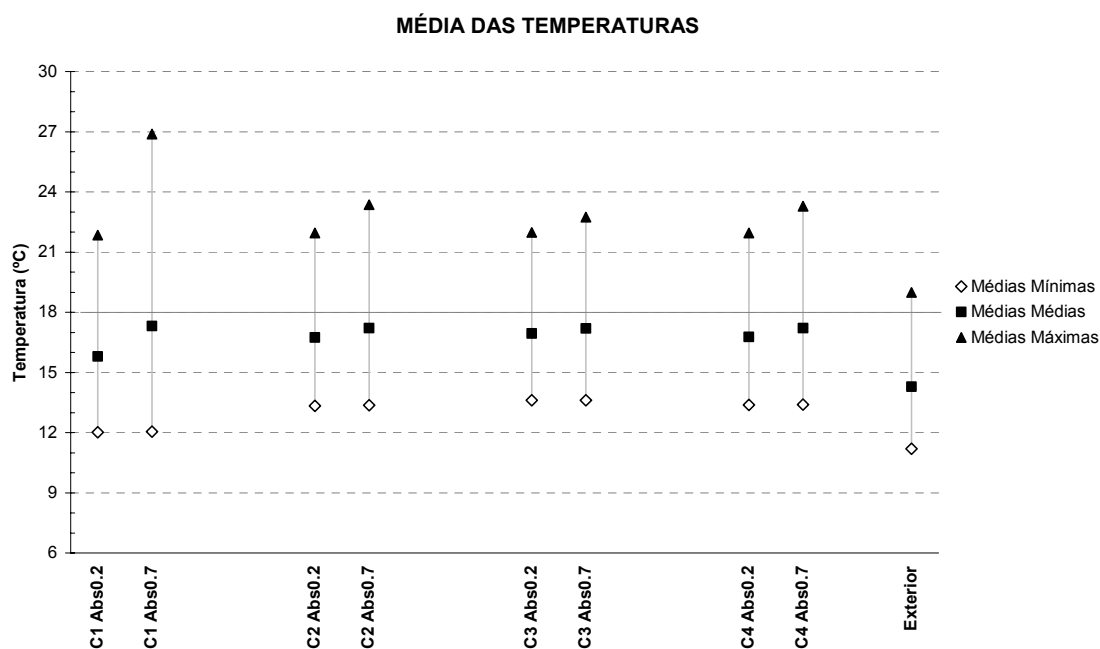


Figura 5.2.6 – Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância solar – Gráfico média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

DIFERENCIAL DAS MÍNIMAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ABSORTÂNCIA
($\alpha 0.7 - \alpha 0.2$)

Sistema construtivo	T Mínima $\alpha=0.2$ e 0.7 (°C)
C1	12,0
C2	13,3
C3	13,6
C4	13,4

Quadro 5.2.2 – Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância solar – Tabela Média das temperaturas Mínimas

DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ABSORTÂNCIA
($\alpha 0.7 - \alpha 0.2$)

Sistema construtivo	T Med $\alpha=0.2$ (°C)	T Med $\alpha=0.7$ (°C)	Diferença T médias (K)
C1	15,8	17,3	1,5
C2	16,7	17,2	0,5
C3	16,9	17,2	0,3
C4	16,8	17,2	0,4

Quadro 5.2.3 – Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância solar – Tabela Média das temperaturas Médias

DIFERENCIAL DAS MÁXIMAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ABSORTÂNCIA
($\alpha 0.7 - \alpha 0.2$)

Sistema construtivo	T Máx $\alpha=0.2$ (°C)	T Máx $\alpha=0.7$ (°C)	Diferença T máximas (K)
C1	21,8	26,9	5,0
C2	22,0	23,4	1,4
C3	22,0	22,7	0,8
C4	22,0	23,3	1,3

Quadro 5.2.4 – Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância solar – Tabela Média das temperaturas Máximas

Os acréscimos nas médias das Médias e Máximas, devido ao aumento do coeficiente de Absortância, variaram de 0,3 a 1,5 K e de 0,8 a 5,0K respectivamente. A constatação identificada para o Verão, de que a sensibilidade ao aumento da Absortância é tanto maior quanto maiores as Transmitâncias, se verifica também para o Inverno.

Nota-se, no entanto, que as Mínimas não apenas se mostraram indiferentes à variação da Absortância como se apresentaram tanto mais baixas quanto maiores as Transmitâncias. Disto se conclui que altas Transmitâncias decorreram em grandes amplitudes térmicas diárias, ou seja, altas Máximas e baixas Mínimas, um factor desfavorável para um padrão de ocupação como o das habitações, nocturna e diurna.

Baixas Transmitâncias se mostraram conducentes das mais elevadas Mínimas e Médias. A alternativa de menor Transmitância (C3) apontou para os valores mais favoráveis atingindo a Mínima de 13,6°C, uma diferença de 1,6K em relação à alternativa de maior Transmitância (C1). Relativamente às Médias, o valor atingido pela C3 foi de 16,9°C, representando 1,1K a mais que a C1. Essa constatação pode ser confirmada pelo facto de que todas as alternativas com valores de Transmitância iguais ou inferiores a 2,0 W/m²/K (C2, C3 e C4) foram as que proporcionaram as Médias mais próximas do limite de “desconforto” por frio (T=18°C).

Os gráficos a seguir complementam a análise feita para a condição de Inverno e permitem identificar, através das Figuras 5.2.7 e 5.2.8 o efeito da variação do sistema construtivo, e através das Figuras 5.2.9 e 5.2.10 o efeito da variação da Absortância. O período representado refere-se aos dias 27 e 28 de Agosto, representativos do Inverno.

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
($\alpha=0,2$)

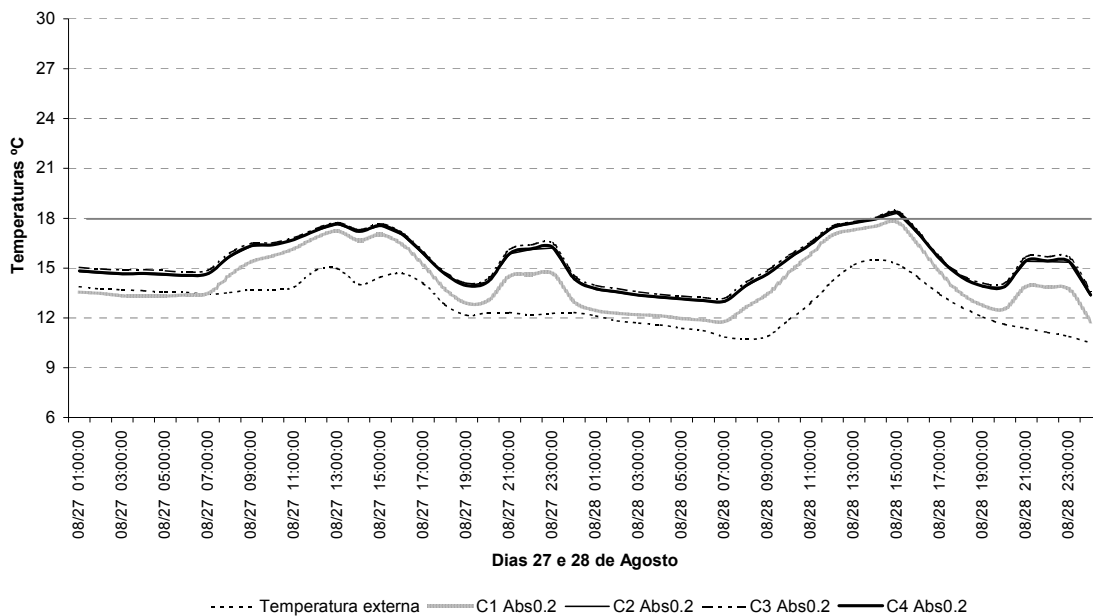


Figura 5.2.7 – Coberturas – Inverno – Efeito variação Sistema construtivo – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto) Absortância 0.2

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
($\alpha=0,7$)

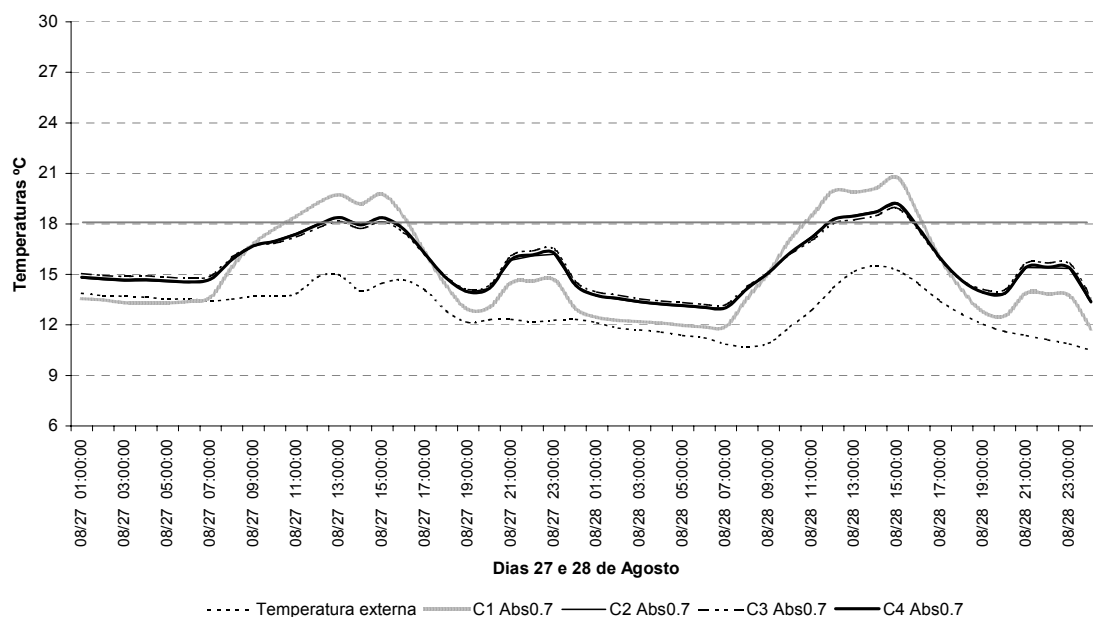


Figura 5.2.8 – Coberturas – Inverno – Efeito variação Sistema construtivo – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto) Absortância 0.7

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
COBERTURA C1 – Cobertura em telha de barro sem forro (1,0cm)
 (U = 4,55 W/m².K / Ct = 18 J/m².K)

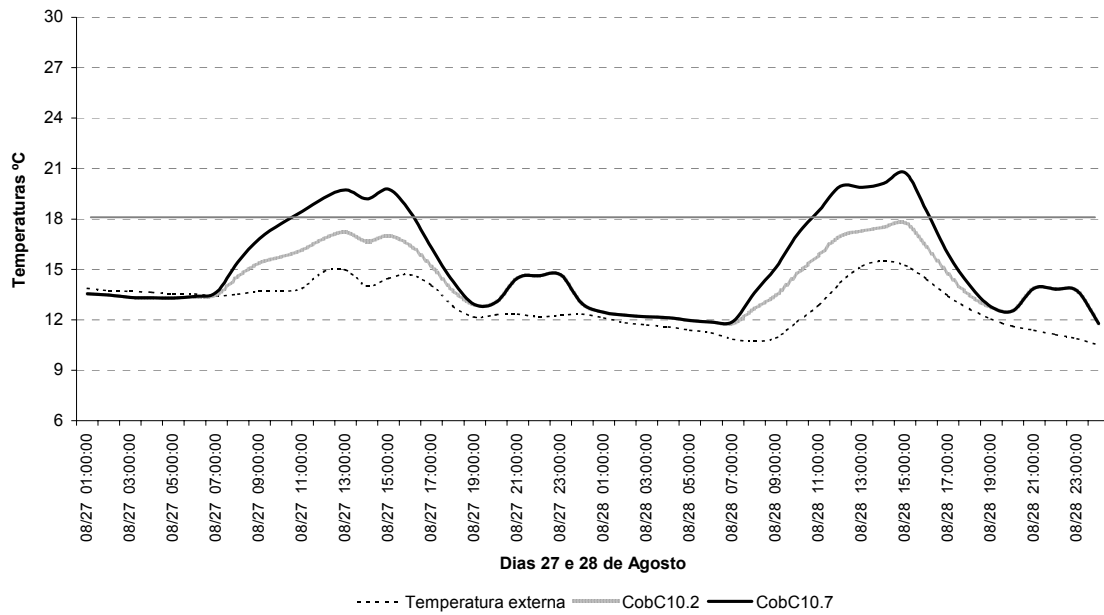


Figura 5.2.9 – Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto) – Absortância 0.2

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
COBERTURA C3 – Cobertura em telha de barro + isolamento térmico + forro de madeira (1,0 + 2,5 + 1,0cm)
 (U = 0,95 W/m².K / Ct = 33 J/m².K)

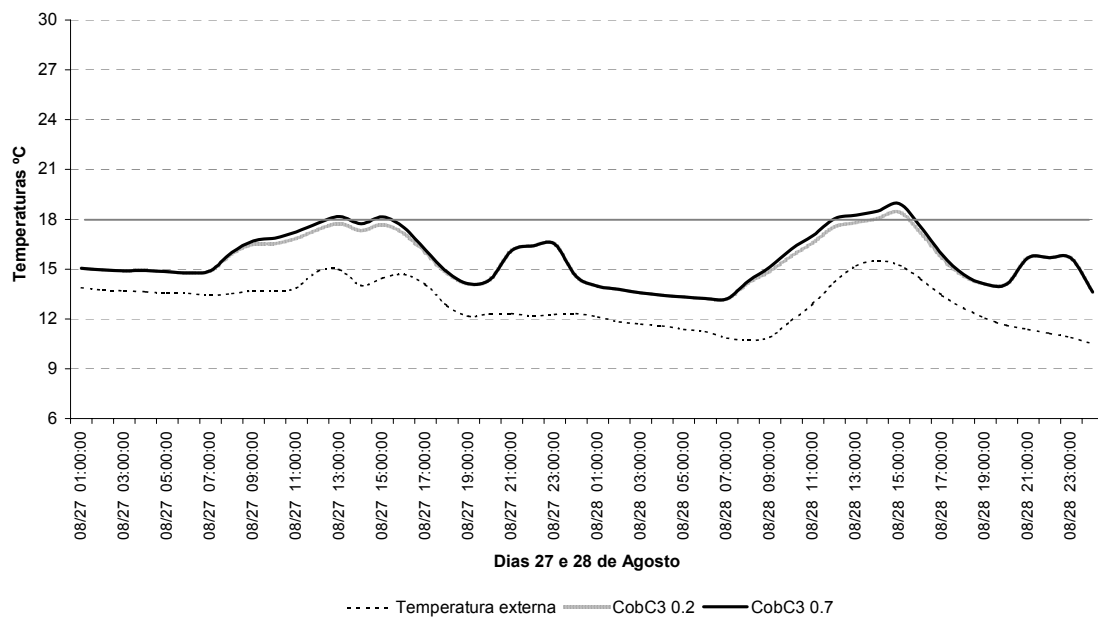


Figura 5.2.10 – Coberturas – Inverno – Efeito variação Absortância – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto) – Absortância 0.7

Conclusão

As análises deste capítulo podem ser observadas nas Figuras 5.2.11 a 5.2.13, em termos do número de horas de “desconforto”.

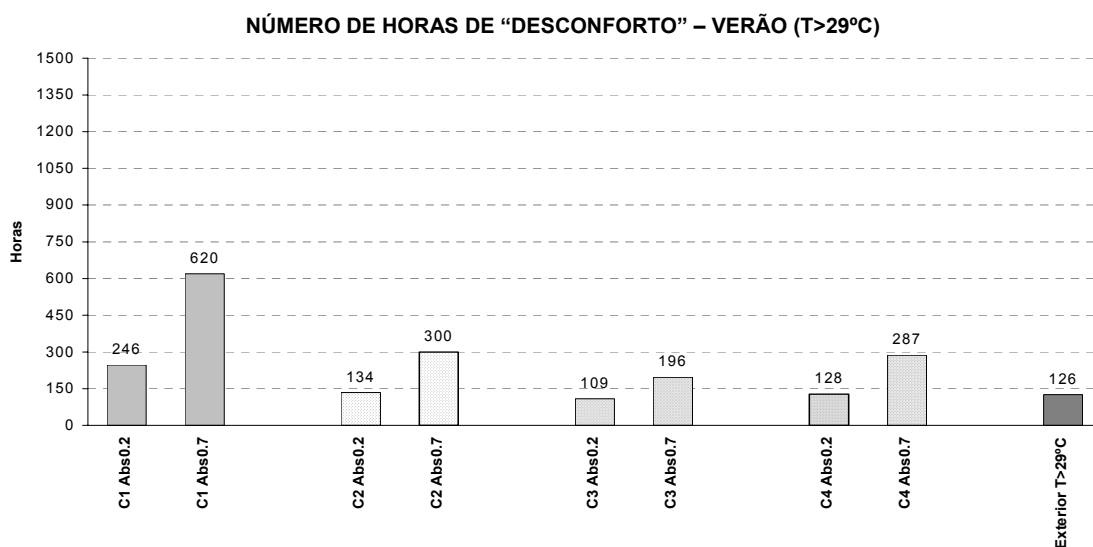


Figura 5.2.11 – Coberturas – Verão (período de 23 de Dezembro a 22 de Março) – Horas “desconforto” (T>29°C)

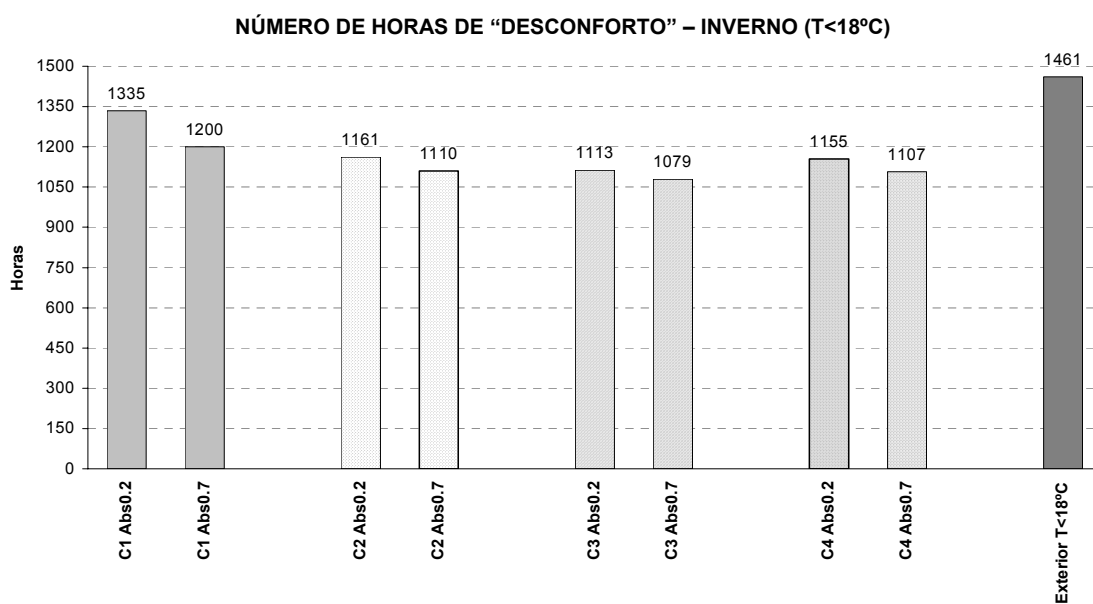


Figura 5.2.12 – Coberturas – Inverno (período de 23 de Dezembro a 22 de Março) – Horas “desconforto” (T<18°C)

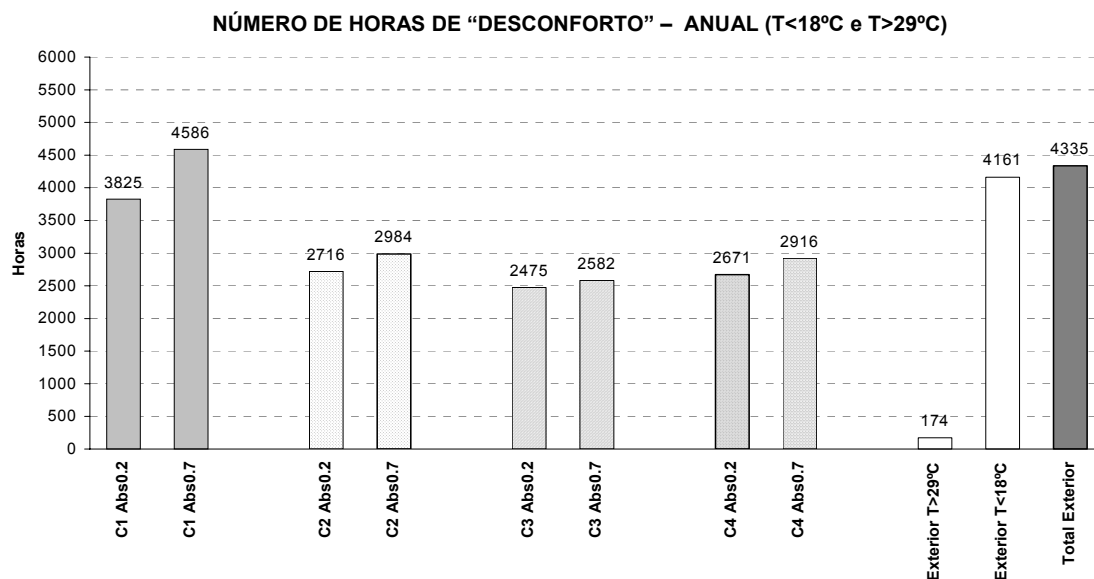


Figura 5.2.13 – Coberturas – Total anual – Horas “desconforto” (T<18°C e T>29°C)

Para a condição de Verão verificou-se que altos valores de Absortância conduziu a aumentos bastante significativos nas Máximas (até 9,7K), o que consequentemente decorreu num aumento do número de horas de desconforto em até 374hs (152%). Esta desvantagem se mostrou muito mais imperativa do que as vantagens advindas dessa estratégia no Inverno, onde o aumento das Máximas, devido ao aumento da Absortância, foi de até 5,0K e das Médias de até 1,5K, com uma redução em até 135hs do número de horas de “desconforto” (10,1%):

Relativamente à opção por baixas Transmitâncias, verificou-se que esta estratégia favoreceu vantagens tanto para o Inverno quanto para o Verão. No Verão a redução das Máximas foi de 2,1K ($\alpha=0,2$) e das horas de “desconforto” de 137hs (55,7%). No Inverno esse efeito conduziu num aumento das Mínimas em até 1,6K e redução do número de horas em até 222hs (16,6%).

Essas constatações a respeito da componente *Cobertura* encontram-se resumidas no Quadro 5.2.5.

VERÃO	variável	Médias das temperaturas	Número de horas de "desconforto" (T>29°C)
	Aumento da Absortância de 0.2 (cor clara) para 0.7 (cor escura)	Aumento T Máximas de 1,2 K a 9,7 K	Aumento de 374hs (152%) a 87hs (79,8%)
	Redução da Transmitância de 4.5 para 0.9 W/m2.K	Redução T Máximas de 2,1 K a 10,6 K	Redução de 137 hs (55,7%) a 424 hs (68,4%)

INVERNO	Aumento da Absortância de 0.2 (cor clara) para 0.7 (cor escura)	Aumento T Máximas de 0,8 K a 5,0 K Aumento T Médias de 0,3 K a 1,5 K	Redução de 34 hs (3,1%) a 135 hs (10,1 %)
	Redução da Transmitância de 4.5 para 0.9 W/m2.K	Aumento T Médias de 1,1 K Aumento T Mínimas de 1,6 K	Redução de 121 hs (10,1%) a 222 hs (16,6 %)

Quadro 5.2.5 – Coberturas – Efeito variação Absortância e Transmitância – Quadro Geral de resultados

5.3 Paredes externas

Os resultados analisados no capítulo anterior demonstraram que as variações da Transmitância térmica e da Absortância à radiação solar, para a componente Cobertura, decorreram em diferenças significativas para o desempenho térmico do modelo simulado.

Para este grupo de simulações considerou-se a variação dos seguintes parâmetros: Absortância à radiação Solar, Transmitância térmica e Orientação. Mantiveram-se constantes os seguintes parâmetros: Apenas infiltração em todas as portas e janelas (taxas calculadas pelo EnergyPlus-Comis); $A_{env}/A_{pav}=16\%$; Todas as janelas sem qualquer sistema de sombreamento; Paredes internas e externas do tipo P1 com Absortância = 0,2.

Verão

Para a condição de Verão, a sensibilidade do modelo às variáveis Orientação, Transmitância e Absortância, pode ser visualizada através dos valores médios das temperaturas, incluídas nos gráficos das Figuras 5.3.1 a 5.3.4, para as quatro alternativas simuladas. O período representativo de Verão equivale à semana de 22 a 28 de Fevereiro.

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P1 – Parede de tijolos 6 furos quadrados rebocada (2,5 + 14,0 + 2,5cm)
 (U = 2,5 W/m².K / Ct = 159 J/m².K)

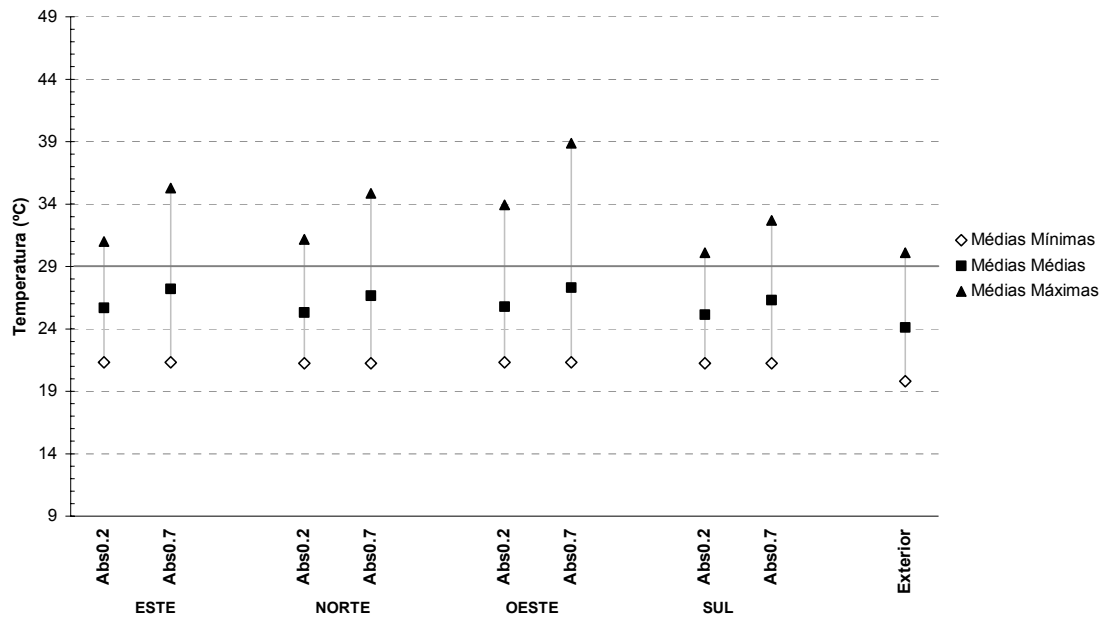


Figura 5.3.1 – Verão – Parede P1 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P2 – Parede de tijolos 2 furos circulares rebocada (2,5 + 12,5 + 2,5cm)
 (U = 2,4 W/m².K / Ct = 220 J/m².K)

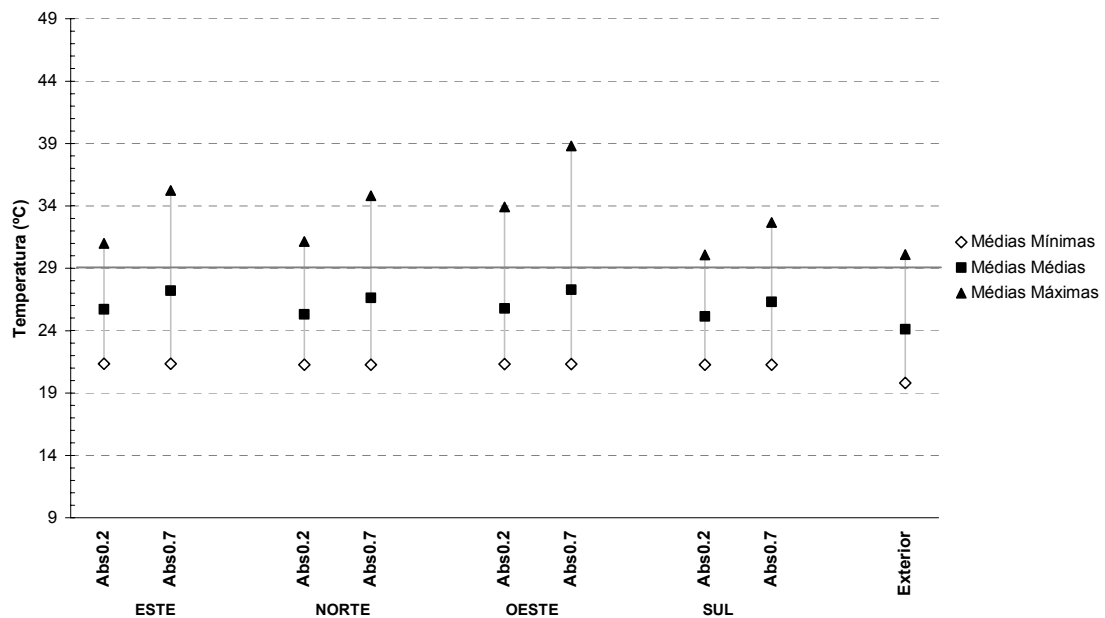


Figura 5.3.2 – Verão – Parede P2 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P3 – Pannel de madeira maciça + isolamento térmico + pannel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

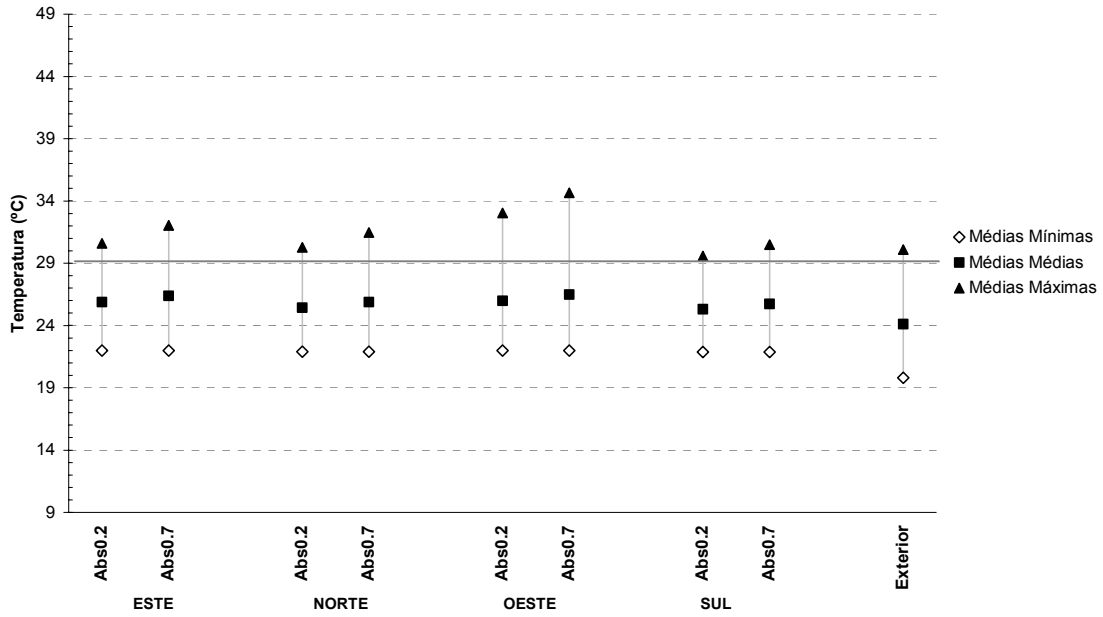


Figura 5.3.3 – Verão – **Parede P3** – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P4 – Parede de tijolos 8 furos quadrados rebocada (2,5 + 19,0 + 2,5cm)
 (U = 1,6 W/m².K / Ct = 232 J/m².K)

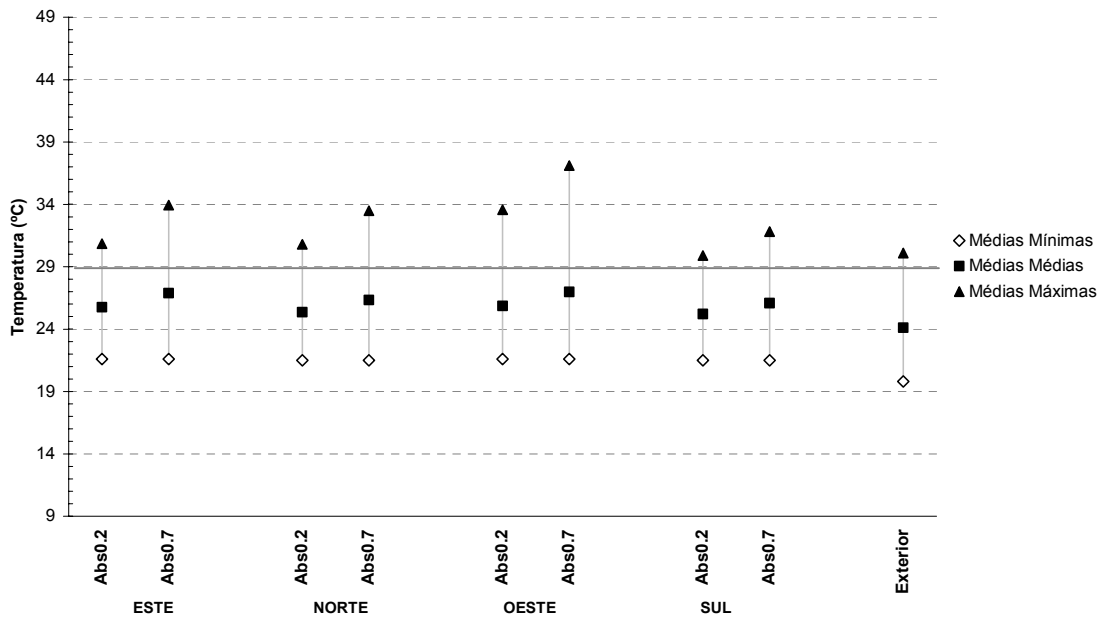


Figura 5.3.4 – Verão – **Parede P4** – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

De um modo geral verifica-se que a sensibilidade do modelo varia consoante a Orientação e a Absortância solar.

Nota-se que a orientação a Poente é a que apresenta as mais elevadas Máximas e Médias, e a Sul é a que apresenta as mais favoráveis temperaturas. As orientações Norte e Nascente apresentaram resultados equivalentes e inferiores à Poente. Quanto a Absortância solar, esta se mostrou conducente do aumento das temperaturas Médias e Máximas, para todos os sistemas construtivos e em todas as orientações.

Por forma a melhor identificar o efeito da orientação, seguem representadas nos Quadros 5.3.1 e 5.3.2, as diferenças entre as médias das temperaturas obtidas para a orientação mais desfavorável (Oeste) e para a mais favorável (Sul), nas variações de Absortância 0.2 e 0.7.

**DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ORIENTAÇÃO
(Oeste – Sul)**

α	P1	P2	P3	P4
0.2	0,7	0,7	0,7	0,7
0.7	1,0	1,0	0,8	0,9

Quadro 5.3.1 – Verão – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as **médias das Médias** das orientações Oeste e Sul $\Delta T(K)$.

**DIFERENCIAL DAS MÁXIMAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ORIENTAÇÃO
(Oeste – Sul)**

α	P1	P2	P3	P4
0.2	3,8	3,8	3,5	3,7
0.7	6,2	6,1	4,2	5,3

Quadro 5.3.2 – Verão – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as **médias das Máximas** das orientações Oeste e Sul $\Delta T(K)$.

A diferença entre as temperaturas Médias, devido à variação da Orientação, oscilou entre 0,7 e 1,0K, e as Máximas de 3,5 a 6,2K.

Estes resultados permitem observar a considerável influência da Orientação nas condições de temperatura interna, efeito este evidenciado não somente pela ausência de sombreamento dos vãos, mas também tendo se mostrado tanto maior quanto mais elevadas as Transmitâncias (P1 e P2) e tanto maior quanto mais elevados os coeficientes de Absortância (paredes com cores escuras). Ou seja, o efeito de uma orientação desfavorável pode ser ainda maior consoante as características termofísicas da envolvente.

Os gráficos de evolução de temperatura a seguir confirmam essa análise para as soluções de maior Transmitância (Figuras 5.3.5 e 5.3.6) e de menor Transmitância (Figuras 5.3.7 e 5.3.8), nas variações de Absortância 0.2 e 0.7. O período se refere aos dias 25 e 26 de Fevereiro.

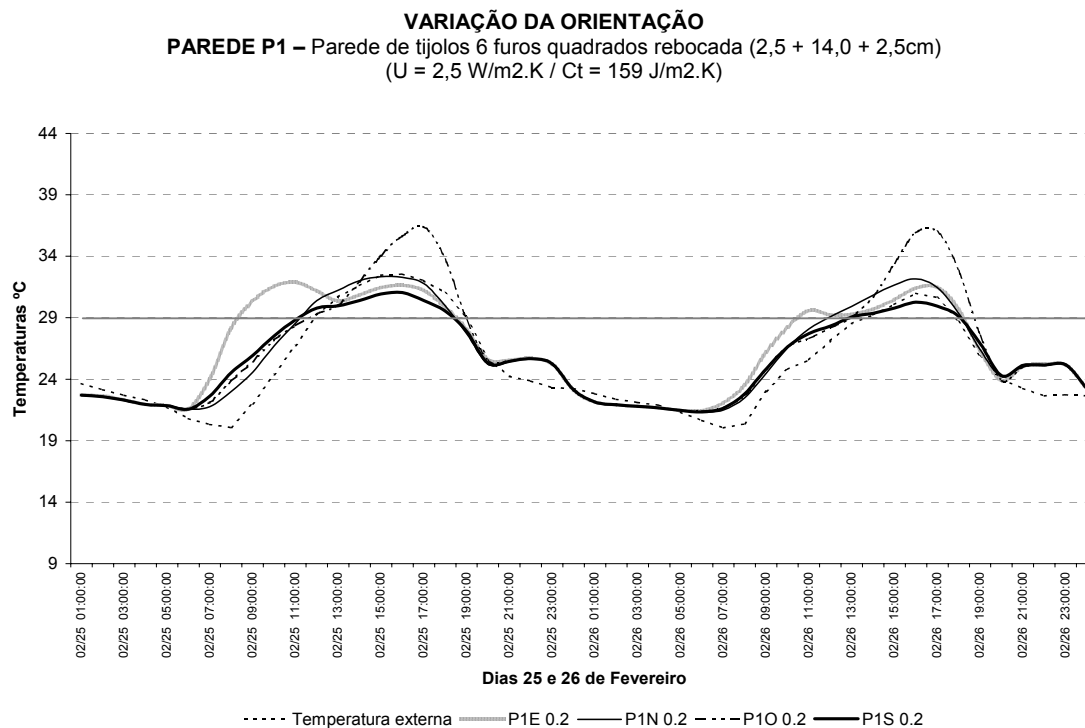


Figura 5.3.5 – Verão – Efeito variação Orientação – Parede P1– Absortância 0.2 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

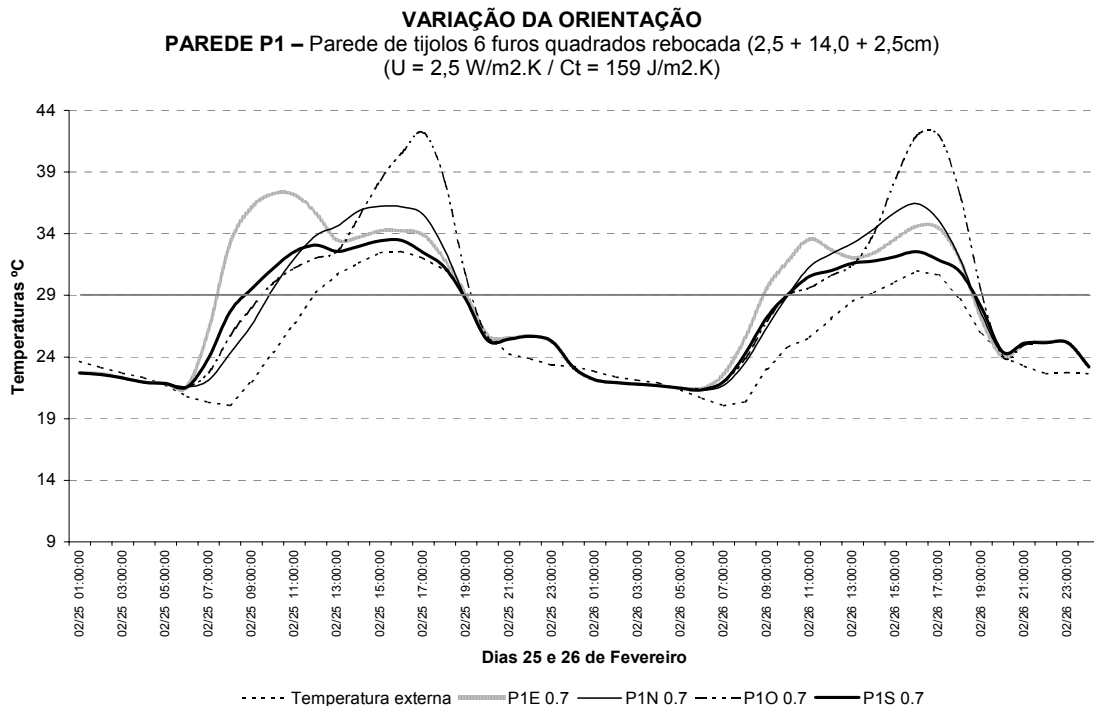


Figura 5.3.6 – Verão – Efeito variação Orientação – Parede P1– Absortância 0.7 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

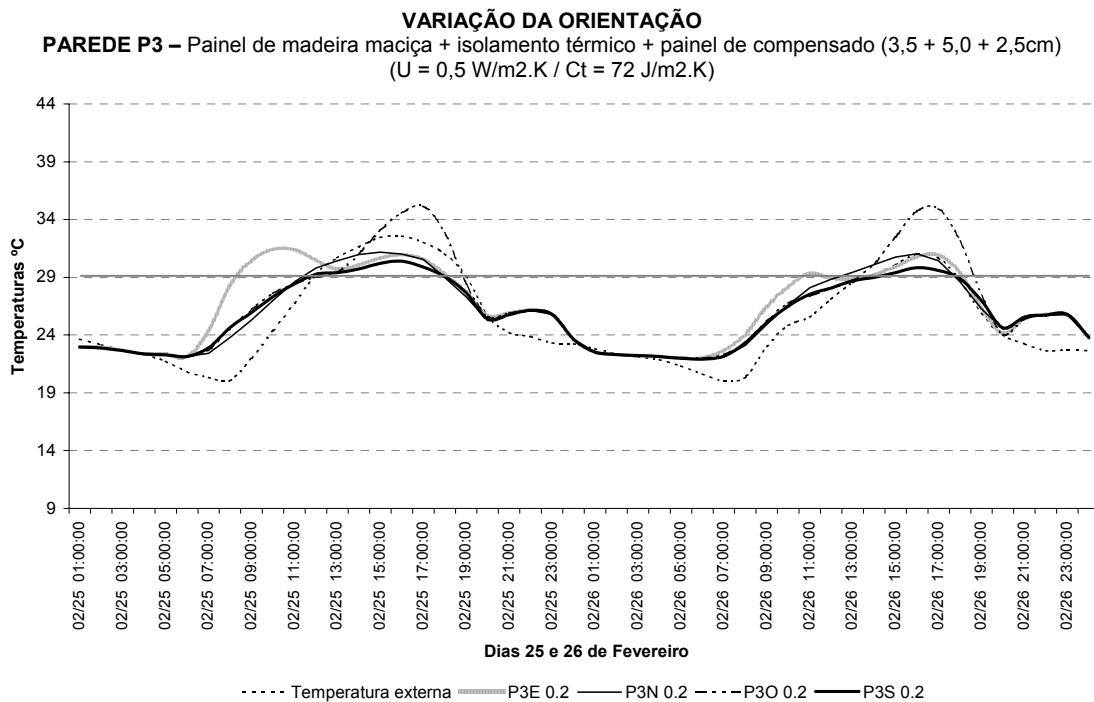


Figura 5.3.7 – Verão – Efeito variação Orientação – Parede P3 – Absortância 0.2 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ORIENTAÇÃO
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
(U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

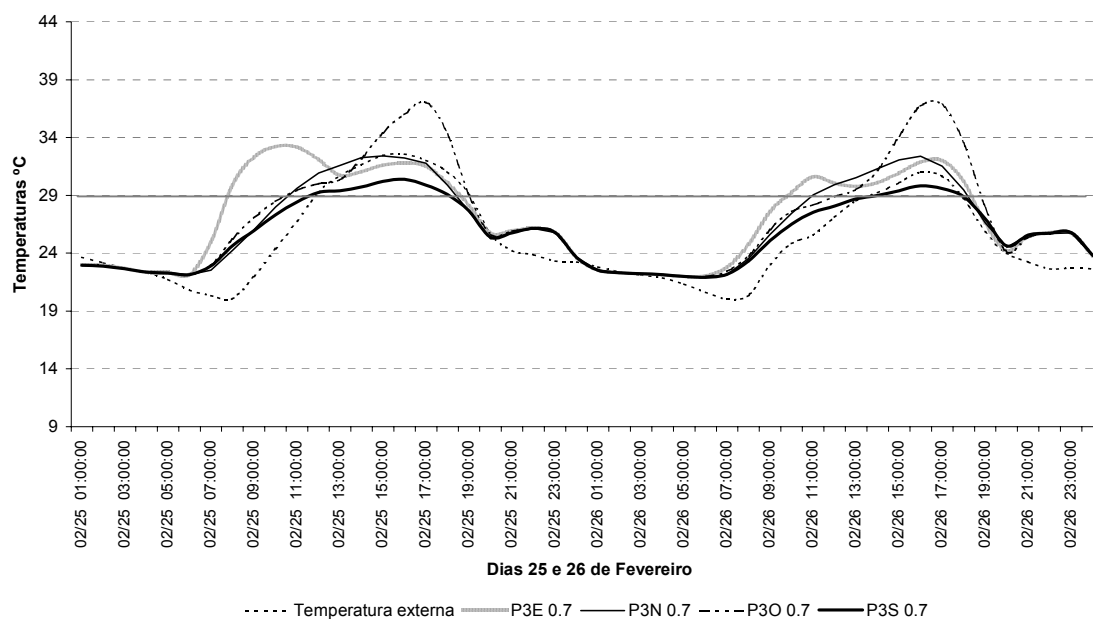


Figura 5.3.8 – Verão – Efeito variação Orientação – **Parede P3 – Absortância 0.7** – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

Através desses gráficos nota-se que na orientação a Poente decorre num pico Máximo de temperatura, por volta das 17 horas, muito superior às Máximas advindas das demais orientações. Entretanto é na orientação a Nascente que se verifica uma maior constância de temperaturas elevadas, efeito este que justifica os altos valores de temperaturas Médias, praticamente equivalentes aos da orientação Poente. A orientação Norte apresenta-se como a segunda melhor alternativa e à Sul observa-se as menores temperaturas ao longo de todo o dia.

Quanto à variação dos valores de Absortância, este efeito pode ser observado através dos Quadros 5.3.3 e 5.3.4, em termos das diferenças entre as médias das temperaturas nas versões com Absortância 0.2 e 0.7, para todos os sistemas construtivos simulados, e nas orientações Este, Norte, Oeste e Sul.

DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ABSORTÂNCIA
($\alpha_{0.7} - \alpha_{0.2}$)

	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
P1	1,5	1,4	1,5	1,2
P2	1,5	1,3	1,5	1,2
P3	0,5	0,5	0,5	0,4
P4	1,1	1,0	1,1	0,9

Quadro 5.3.3 – Verão – Paredes – Efeito da variação da Absortância térmica – Diferença entre as **médias das Médias $\alpha_{0.7} - \alpha_{0.2} \Delta T(K)$** .

DIFERENCIAL DAS MÁXIMAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ABSORTÂNCIA
($\alpha_{0.7} - \alpha_{0.2}$)

	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
P1	4,3	3,7	4,9	2,6
P2	4,3	3,7	4,9	2,6
P3	1,5	1,2	1,6	0,9
P4	3,1	2,7	3,5	1,9

Quadro 5.3.4 – Verão – Paredes – Efeito da variação da Absortância térmica – Diferença entre as **médias das Máximas $\alpha_{0.7} - \alpha_{0.2} \Delta T(K)$** .

O aumento das médias das Máximas, devido ao aumento do coeficiente de Absortância solar, variou de 0,9 a 4,9K, e o aumento das Médias de 0,4 a 1,5K, tendo estas diferenças se apresentado tanto maiores quanto mais desfavorável a orientação e tanto maior quanto maior a Transmitância térmica das paredes. Nota-se portanto que este é outro factor de grande influência nas condições de temperatura, para o modelo simulado.

Estas constatações também podem ser identificadas através dos gráficos das Figuras 5.3.13 e 5.3.14, as quais ilustram a evolução de temperatura para a solução de maior Transmitância P1, e através das Figuras 5.3.15 e 5.3.16 para a alternativa de menor Transmitância P3.

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
PAREDE P1 – Parede de tijolos 6 furos quadrados rebocada (2,5 + 14,0 + 2,5cm)
 (U = 2,5 W/m².K / Ct = 159 J/m².K)

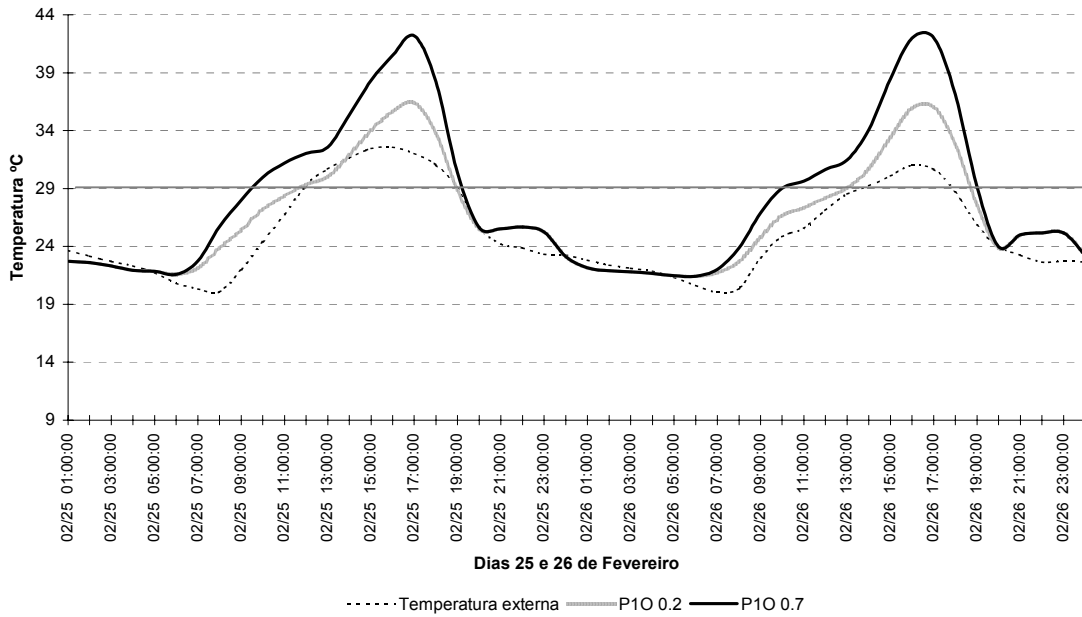


Figura 5.3.9 – Verão – Efeito variação Absortância – Parede P1– Orientação Oeste – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
PAREDE P1 – Parede de tijolos 6 furos quadrados rebocada (2,5 + 14,0 + 2,5cm)
 (U = 2,5 W/m².K / Ct = 159 J/m².K)

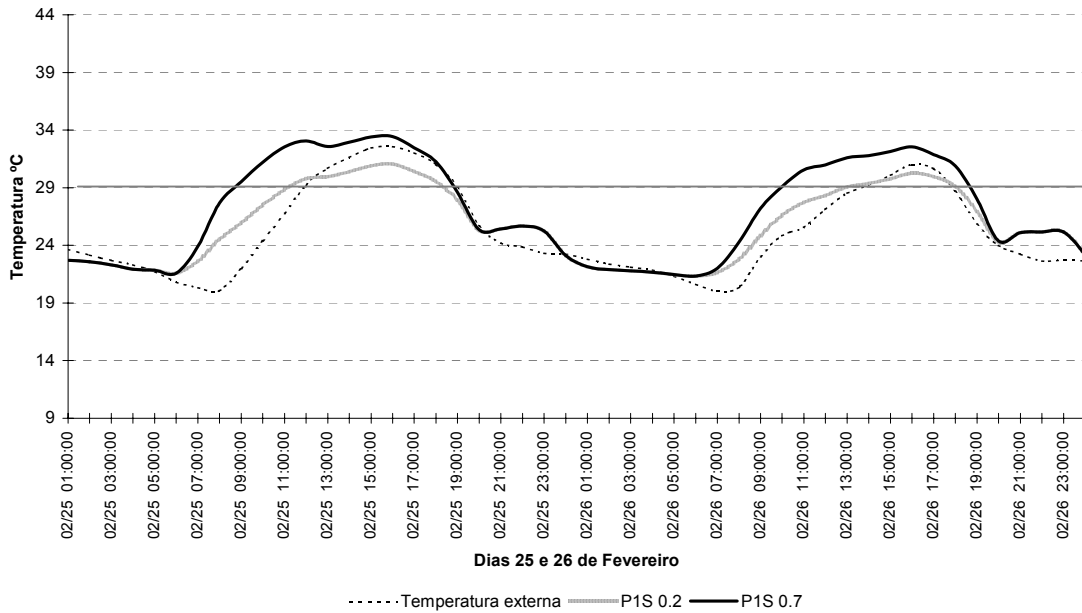


Figura 5.3.10 – Verão – Efeito variação Absortância – Parede P1– Orientação Sul – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

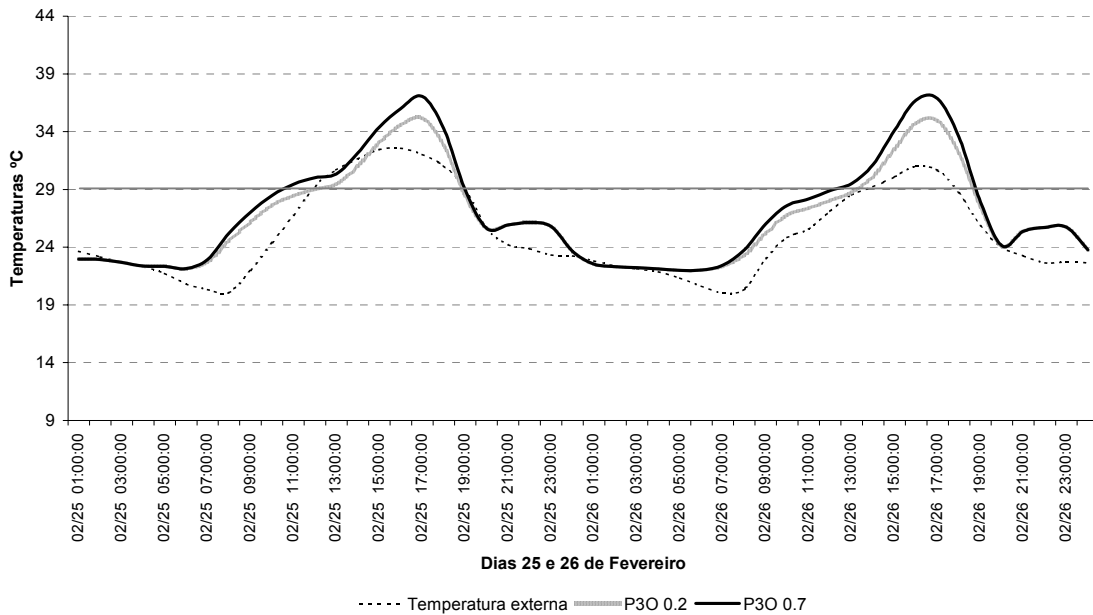


Figura 5.3.11 – Verão – Efeito variação Absortância – Parede P3 – Orientação Oeste – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

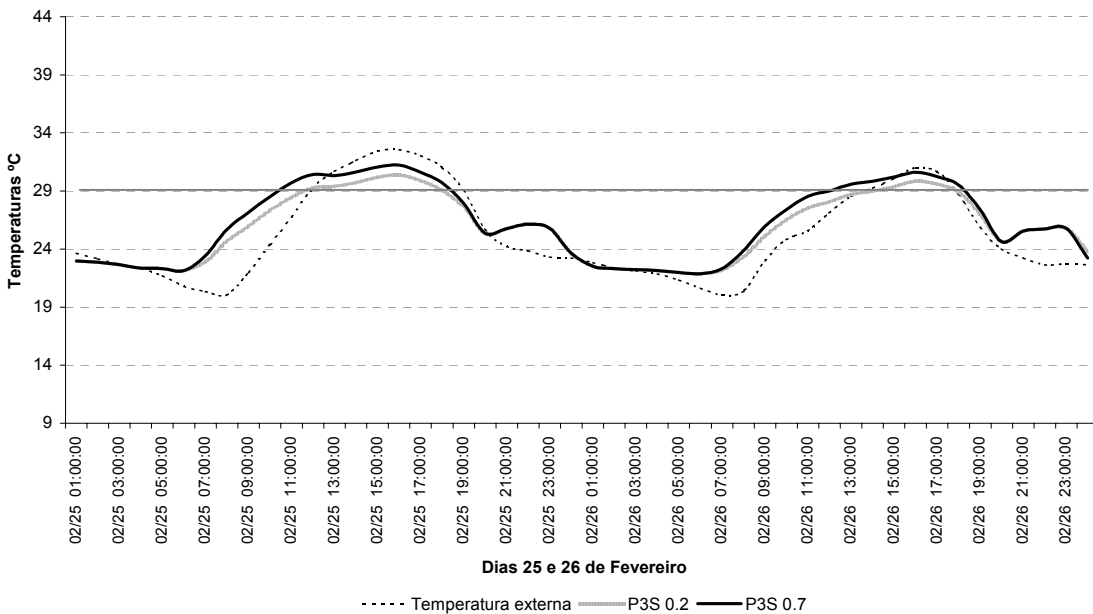


Figura 5.3.12 – Verão – Efeito variação Absortância – Parede P3 – Orientação Sul – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

Verifica-se que as médias das temperaturas Máximas e Médias se apresentaram tanto mais elevadas quanto maiores as Transmitâncias. Este efeito tornou-se ainda mais evidente quando associado a um alto coeficiente de Absortância (0.7).

Esse efeito da variação do sistema construtivo pode ser visualizado através dos gráficos das Figuras 5.3.13 e 5.3.14, em termos da evolução de temperatura, na orientação mais desfavorável (Poente) e para os valores de Absortância 0.2 e 0.7 respectivamente. Nas Figuras 5.3.15 e 5.3.16 encontram-se as mesmas variáveis para a orientação mais favorável (Sul).

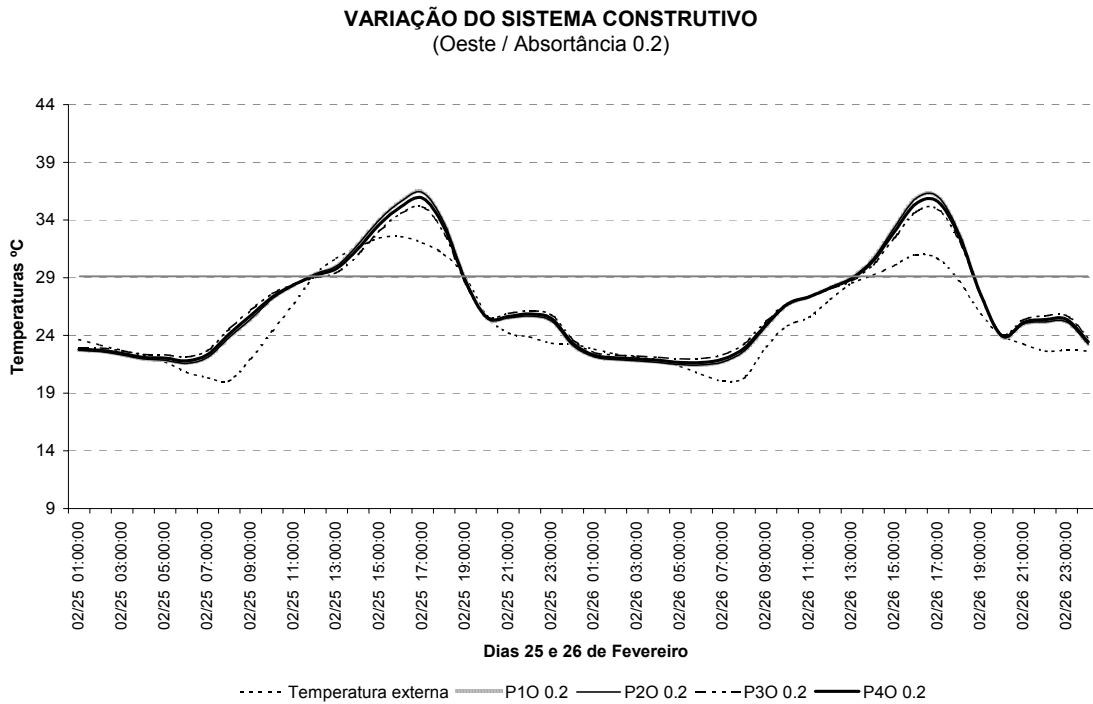


Figura 5.3.13 – Verão – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Oeste e Absortância 0.2

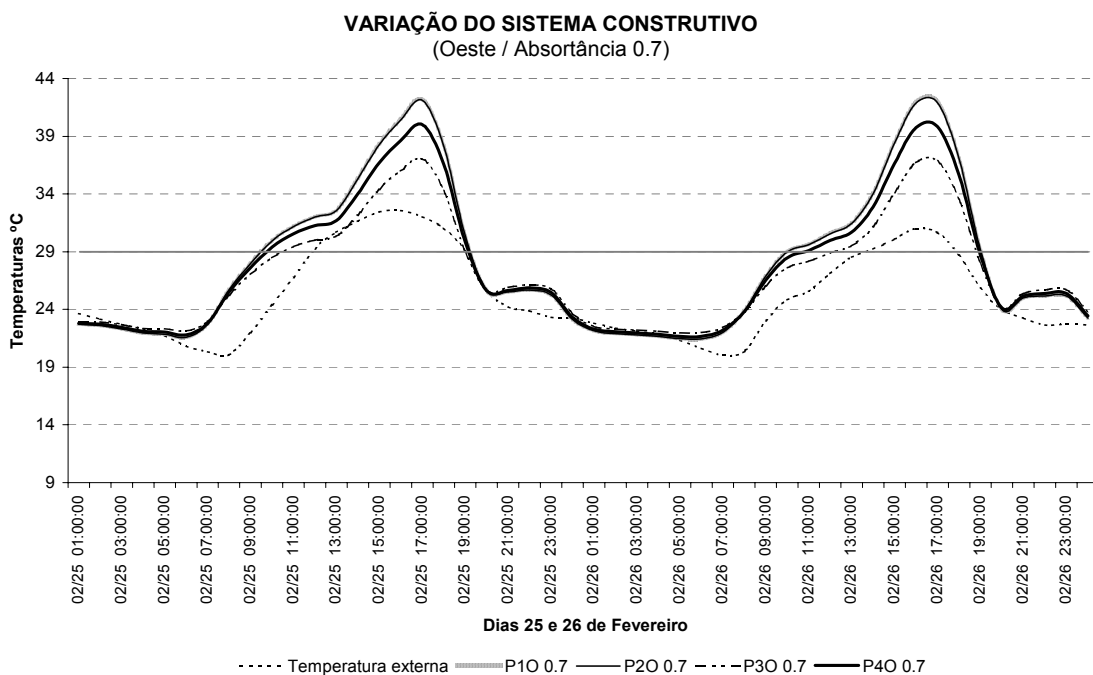


Figura 5.3.14 – Verão – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Oeste e Absortância 0.7

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(Sul / Absortância 0.2)

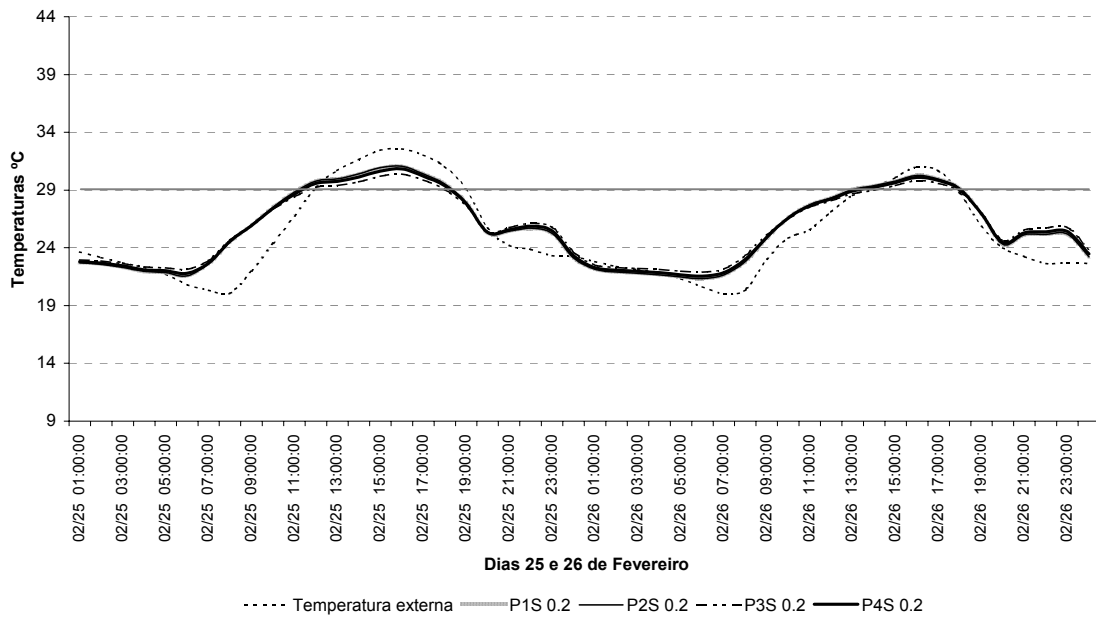


Figura 5.3.15 – Verão – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Sul e Absortância 0.2

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(Sul / Absortância 0.7)

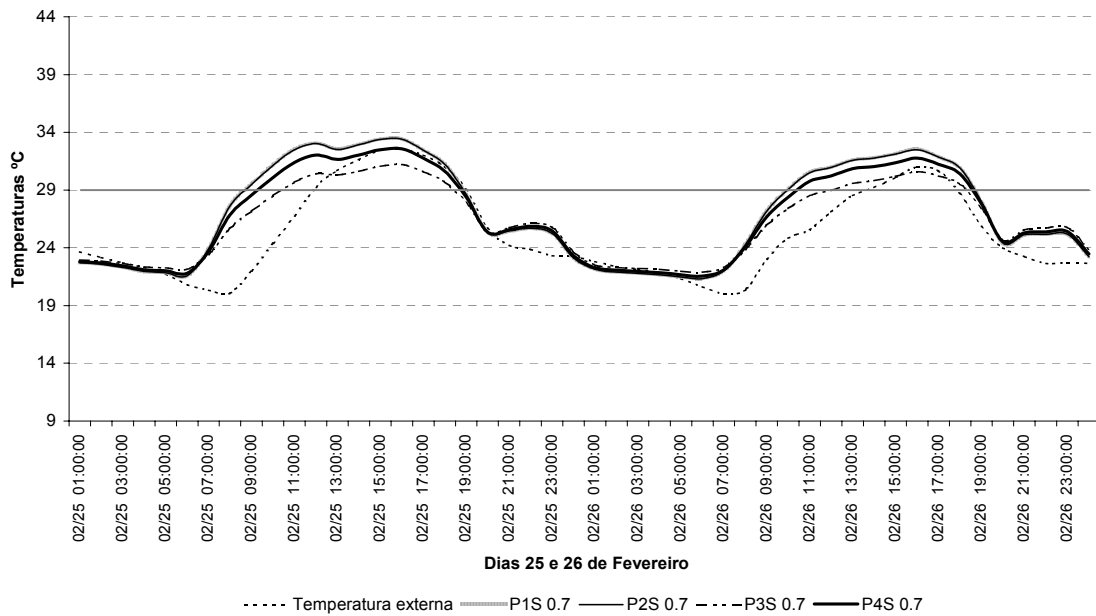


Figura 5.3.16 – Verão – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Sul e Absortância 0.7

Para além das constatações feitas anteriormente, esses gráficos também permitem identificar o facto de que baixas Transmitâncias conduzem a mínimas sensivelmente mais elevadas. Nos Quadros 5.3.5 a 5.3.7 encontram-se representadas as diferenças entre as médias das Mínimas, Médias e Máximas das alternativas de maior e menor Transmitância (P1 e P3 respectivamente) , dados estes que confirmam o efeito da redução da Transmitância nas médias das temperaturas.

**DIFERENCIAL DAS MÍNIMAS DEVIDO À VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
P3 (U = 0,5 W/m².K) – P1(U = 2,5 W/m².K)**

α	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
0.2 = 0.7	+0,7	+0,7	+0,7	+0,7

Quadro 5.3.5 – Paredes – Verão – Efeito da Transmitância térmica – Diferença entre as **médias das Mínimas** das alternativas P3 e P1 $\Delta T(K)$.

**DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
P3 (U = 0,5 W/m².K) – P1(U = 2,5 W/m².K)**

α	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
0.2	+0,2	+0,1	+0,2	+0,2
0.7	-0,8	-0,7	-0,8	-0,6

Quadro 5.3.6 – Paredes – Verão – Efeito da Transmitância térmica – Diferença entre as **médias das Médias** das alternativas P3 e P1 $\Delta T(K)$.

**DIFERENCIAL DAS MÁXIMAS DEVIDO À VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
P3 (U = 0,5 W/m².K) – P1(U = 2,5 W/m².K)**

α	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
0.2	-0,4	-0,9	-0,9	-0,5
0.7	-3,2	-3,4	-4,2	-2,2

Quadro 5.3.7 – Paredes – Verão – Efeito da Transmitância térmica – Diferença entre as **médias das Máximas** das alternativas P3 e P1 $\Delta T(K)$.

Esses dados demonstram portanto que o efeito das baixas Transmitâncias incidem essencialmente nas temperaturas Máximas por forma a contribuir para a redução das mesmas. Já em relação às Médias, estas se mostraram mais elevadas para as simulações feitas com baixo valor de Absortância (0.2), apresentando apenas um efeito redutor de temperatura quando para as simulações realizadas com alto valor de Absortância (0.7). O aumento das Mínimas devido à redução da Transmitância (de 2,55 para 0,5W/m2.K) foi constante para todas as orientações, e na ordem de 0,7K.

Inverno

No Inverno, quanto maiores forem os ganhos durante o dia e quanto maior for a capacidade da envolvente em manter esse calor durante ao longo do dia, mais favoráveis serão as condições de conforto. Neste sentido, assim como verificado para a condição de Verão, para o Inverno o modelo se mostrou sensível às variáveis Orientação, Absortância à radiação solar e Transmitância térmica.

Esse efeito é posto em evidência em termos das médias das Mínimas, Médias e Máximas, para os quatro sistemas construtivos simulados, nas Figuras 5.3.17 a 5.3.20. O período representado corresponde à semana de 25 a 31 de Agosto.

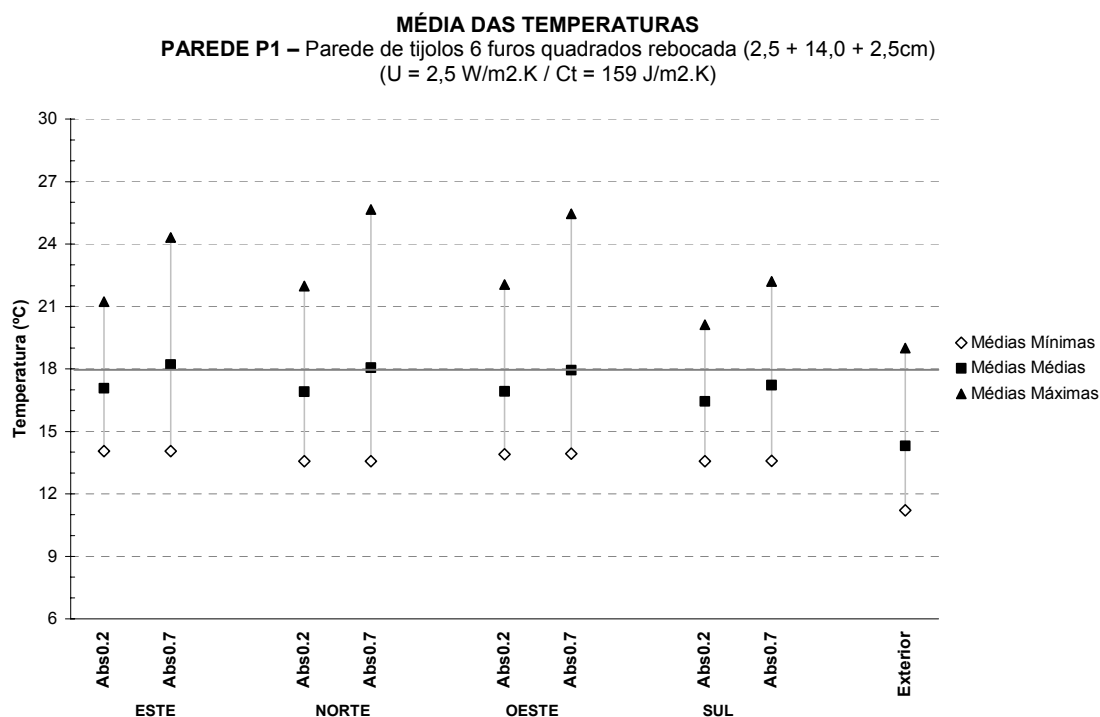


Figura 5.3.17 – Inverno – **Parede P1** – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P2 – Parede de tijolos 2 furos circulares rebocada (2,5 + 12,5 + 2,5cm)
 (U = 2,4 W/m².K / Ct = 220 J/m².K)

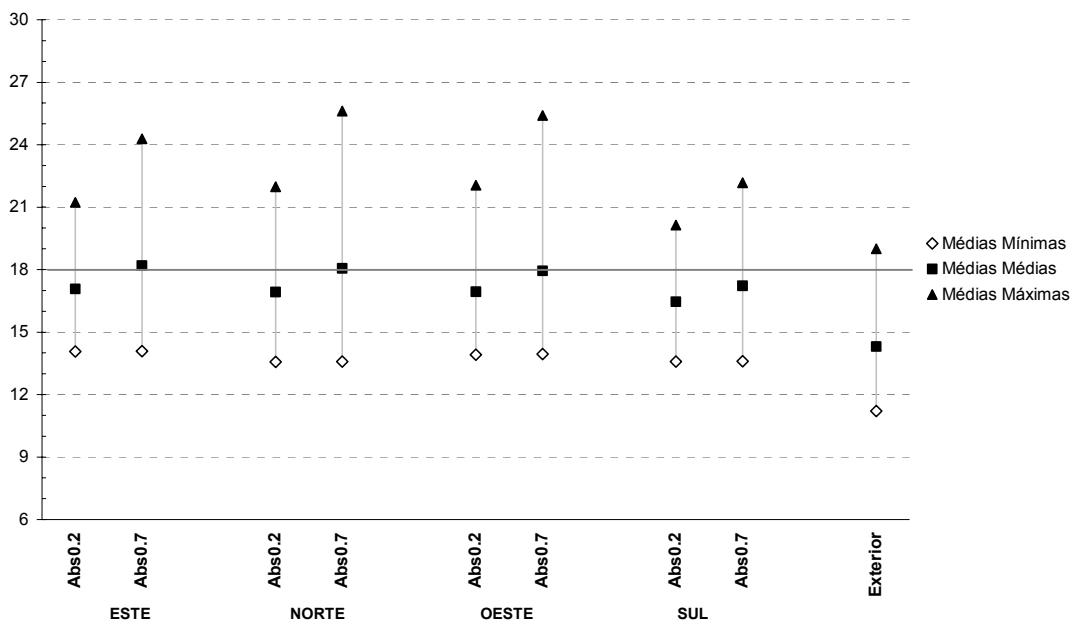


Figura 5.3.18 – Inverno – Parede P2 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

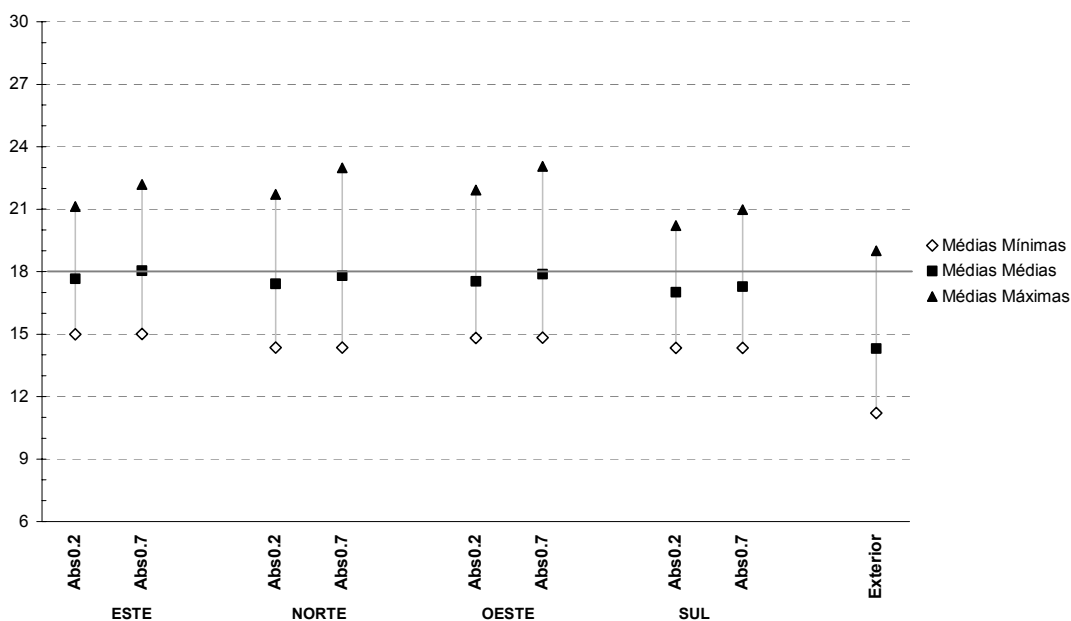


Figura 5.3.19 – Inverno – Parede P3 – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

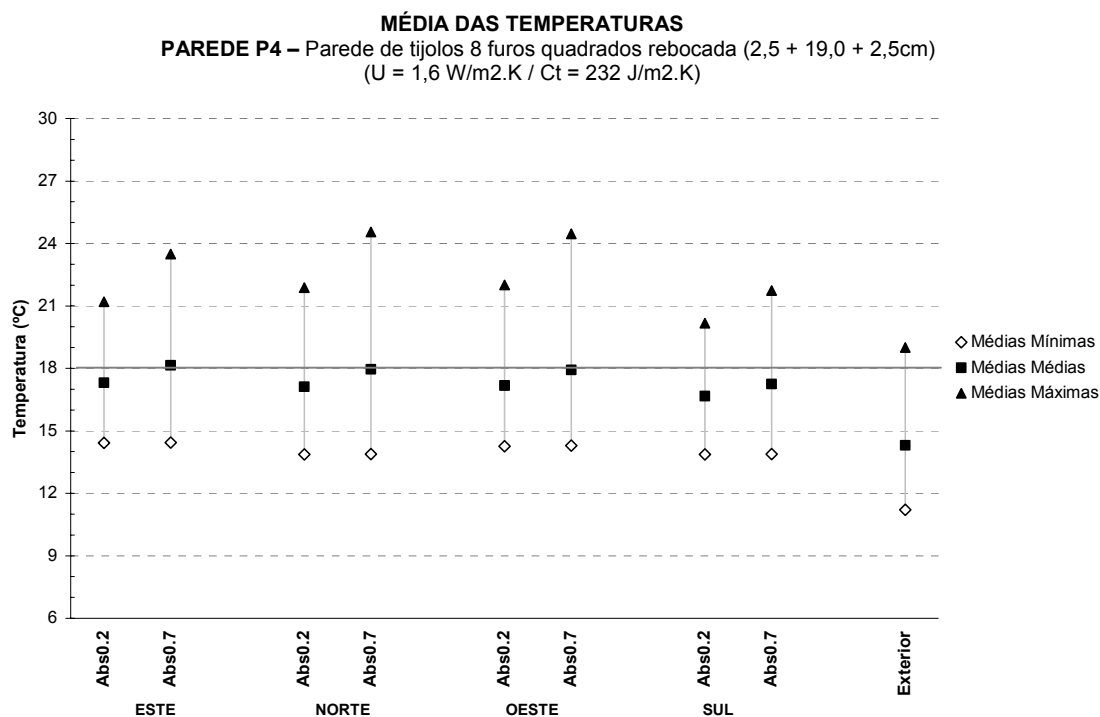


Figura 5.3.20 – Inverno – **Parede P4** – Efeito variação Absortância solar e Orientação – Gráfico Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas

As orientações Norte e Poente apresentaram as mais elevadas Máximas. No entanto foi a orientação a Nascente que apresentou as médias das Mínimas e Médias mais favoráveis. Já a orientação Sul, como era de se esperar, apresentou, em geral, os resultados mais desfavoráveis.

Por forma a complementar essa análise, segue representado nos Quadros 5.3.8 ao 5.3.10 o efeito da variação da orientação através das médias das temperaturas Mínimas e Médias.

**DIFERENCIAL DAS MÍNIMAS DEVIDO À VARIÇÃO DE ORIENTAÇÃO
(Este – Sul)**

α	P1	P2	P3	P4
0.2 = 0.7	0,5	0,5	0,7	0,5

Quadro 5.3.8 – Inverno – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as **médias das Mínimas** das orientações Este e Sul $\Delta T(K)$.

**DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIÇÃO DE ORIENTAÇÃO
(Este – Sul)**

α	P1	P2	P3	P4
0.2	0,6	0,6	0,7	0,6
0.7	1,0	1,0	0,8	0,9

Quadro 5.3.9 – Inverno – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as **médias das Médias** das orientações Este e Sul $\Delta T(K)$.

**DIFERENCIAL DAS MÁXIMAS DEVIDO À VARIÇÃO DE ORIENTAÇÃO
(Oeste – Sul)**

α	P1	P2	P3	P4
0.2	1,9	1,9	1,7	1,8
0.7	3,2	3,2	2,1	2,7

Quadro 5.3.10 – Inverno – Paredes – Efeito variação da Orientação – Diferença entre as **médias das Máximas** das orientações Oeste e Sul $\Delta T(K)$.

Em relação às temperaturas Mínimas, nota-se que os aumentos obtidos com a variação da orientação Sul para a Este foram de até 0,7K, consoante o tipo de sistema construtivo. As Médias, que também se mostraram mais elevadas à Nascente e mais baixas a Sul, apresentaram diferenças de até 0,7K ($\alpha=0,2$), e 1,0K ($\alpha=0,7$). Quanto às Máximas, o aumento decorrido entre as orientações Poente e Sul foram de até 1,9K ($\alpha=0,2$) e 3,2K ($\alpha=0,7$).

Verifica-se portanto que, para a condição de Inverno, a variação da Orientação pode contribuir para melhores condições de temperatura interna, em todos os períodos do dia, podendo ainda ter esse efeito maximizado consoante às características da envolvente.

O efeito da variação da Orientação também pode ser visualizado através dos gráficos ilustrados nas Figuras 5.3.21 e 5.3.24, referentes às alternativas de maior e menor Transmitância, P1 e P3 respectivamente.

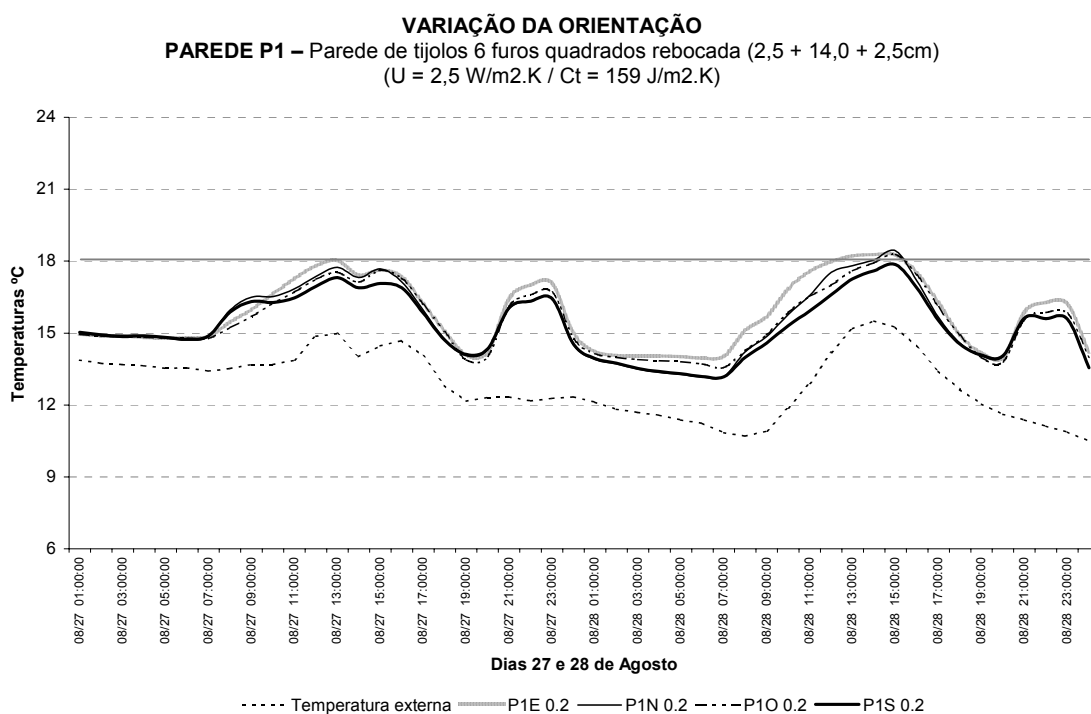


Figura 5.3.21 – Inverno – Efeito variação Orientação – Parede P1– Absortância 0.2 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ORIENTAÇÃO
PAREDE P1 – Parede de tijolos 6 furos quadrados rebocada (2,5 + 14,0 + 2,5cm)
(U = 2,5 W/m².K / Ct = 159 J/m².K)

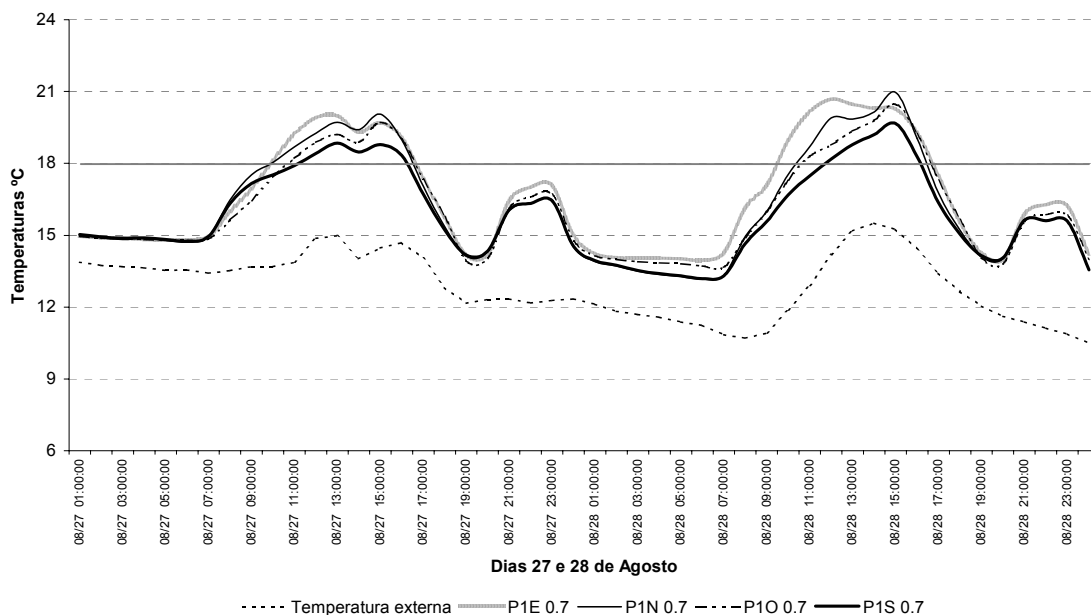


Figura 5.3.22 – Inverno – Efeito variação Orientação – Parede P1 – Absortância 0.7 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ORIENTAÇÃO
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
(U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

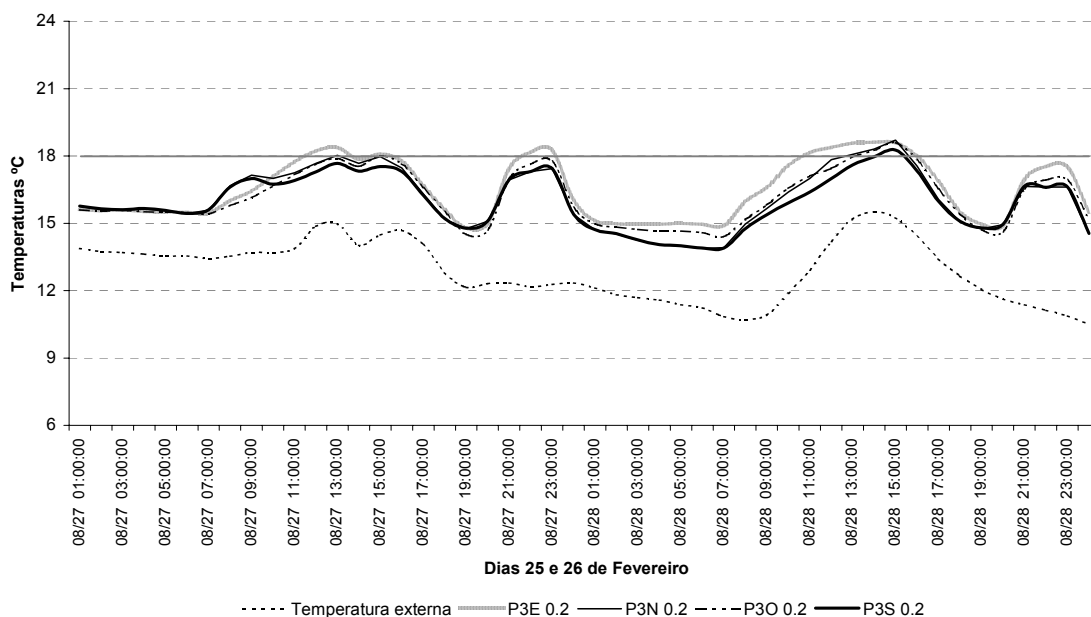


Figura 5.3.23 – Inverno – Efeito variação Orientação – Parede P3 – Absortância 0.2 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ORIENTAÇÃO
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

Gráfico Temperaturas Verão - Parede P3 - Absortância 0.2

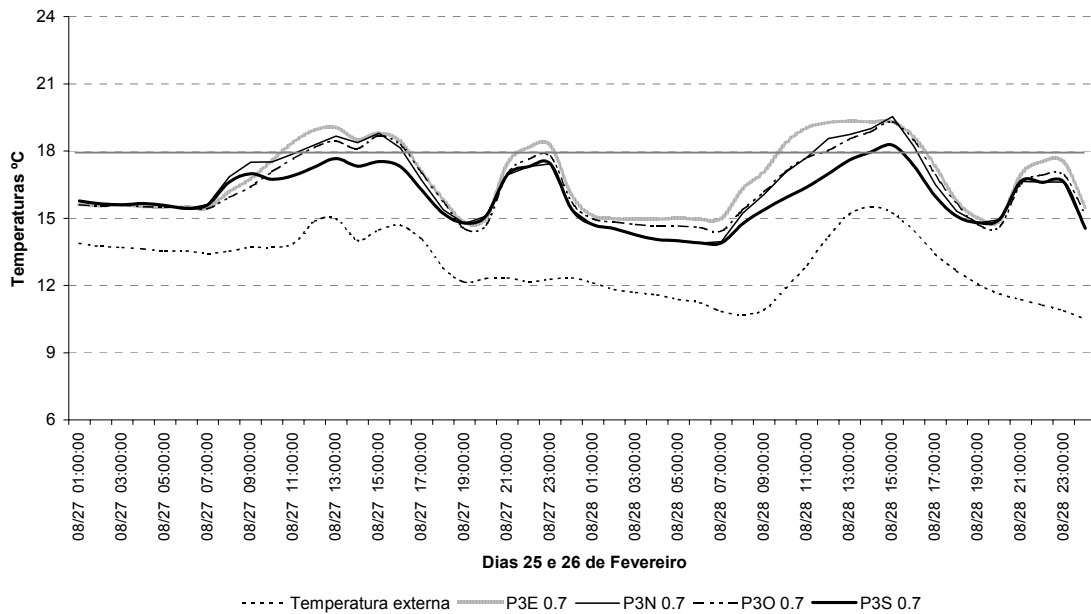


Figura 5.3.24 – Inverno – Efeito variação Orientação – Parede P3 – Absortância 0.7 – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

As Figuras 5.3.17 a 5.3.20 demonstraram que o efeito do aumento da Absortância de 0.2 para 0.7 proporcionou em um aumento das médias das temperaturas Médias e Máximas. De modo a melhor identificar a influência desse aumento dos valores de Absortância nas temperaturas, encontram-se representadas nos Quadros 5.3.11 e 5.3.12 as diferenças das médias entre as alternativas simuladas com $\alpha = 0,2$ e $0,7$.

DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ABSORTÂNCIA
($\alpha 0.7 - \alpha 0.2$)

	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
P1	1,1	1,2	1,0	0,8
P2	1,1	1,1	1,0	0,8
P3	0,4	0,4	0,3	0,3
P4	0,8	0,8	0,8	0,6

Figura 5.3.11 – Inverno – Paredes – Efeito da variação da Absortância térmica – Diferença entre as **médias das Médias $\alpha 0.7 - \alpha 0.2$** $\Delta T(K)$.

DIFERENCIAL DAS MÁXIMAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ABSORTÂNCIA
($\alpha 0.7 - \alpha 0.2$)

	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
P1	3,1	3,7	3,4	2,1
P2	3,0	3,6	3,3	2,0
P3	1,1	1,3	1,1	0,8
P4	2,3	2,7	2,5	1,6

Figura 5.3.12 – Inverno – Paredes – Efeito da variação da Absortância térmica – Diferença entre as **médias das Médias $\alpha 0.7 - \alpha 0.2$** $\Delta T(K)$.

Nota-se que o aumento das médias, devido à variação da Absortância de 0.2 para 0.7, se mostrou tanto mais eficaz quanto mais elevadas as Transmitâncias (P1), e tanto maior quanto mais favorável a orientação (Norte). O aumento registado para a alternativa de menor Transmitância (P3) foi na ordem de 0,3K e para a alternativa de menor Transmitância (P1) foi na ordem de 1,1K.

O efeito da variação da Absortância pode ser visualizado em termos da evolução de temperatura através dos gráficos das Figuras 5.3.25 e 5.3.26, para a alternativa de maior Transmitância (P1), e através dos gráficos das figuras 5.3.27 e 5.3.28 para a alternativa de menor Transmitância (P3). Estes encontram-se representados para as orientações Poente e Sul.

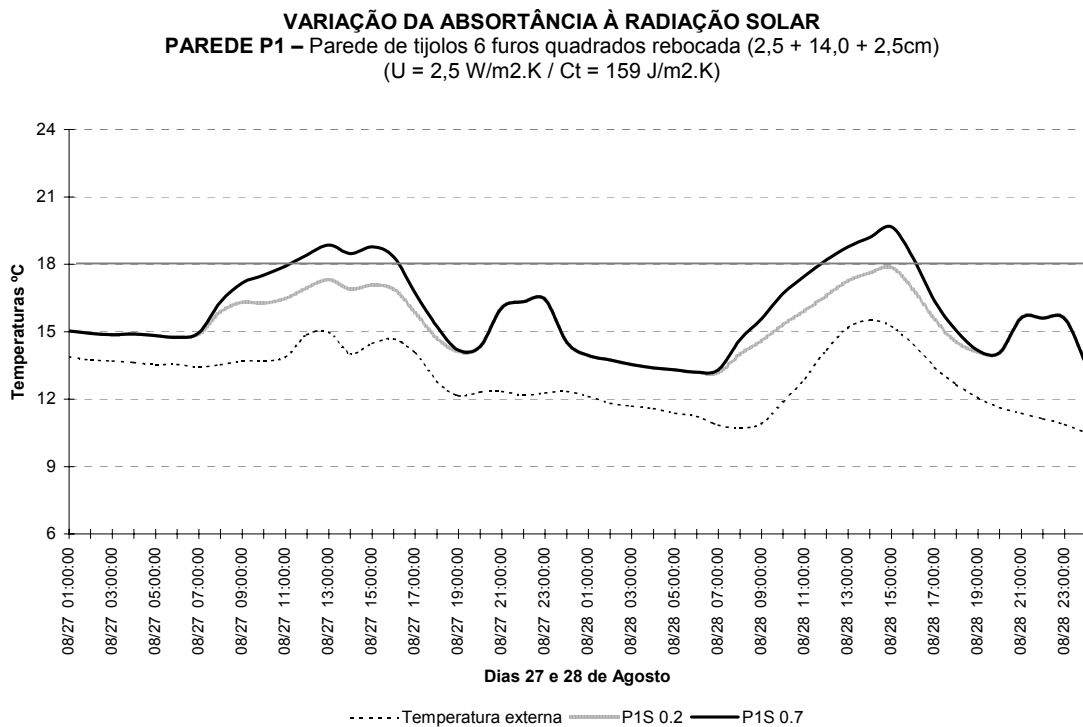


Figura 5.3.25 – Inverno – Efeito variação Absortância – Parede P1 – Orientação Sul – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
PAREDE P1 – Parede de tijolos 6 furos quadrados rebocada (2,5 + 14,0 + 2,5cm)
 (U = 2,5 W/m².K / Ct = 159 J/m².K)

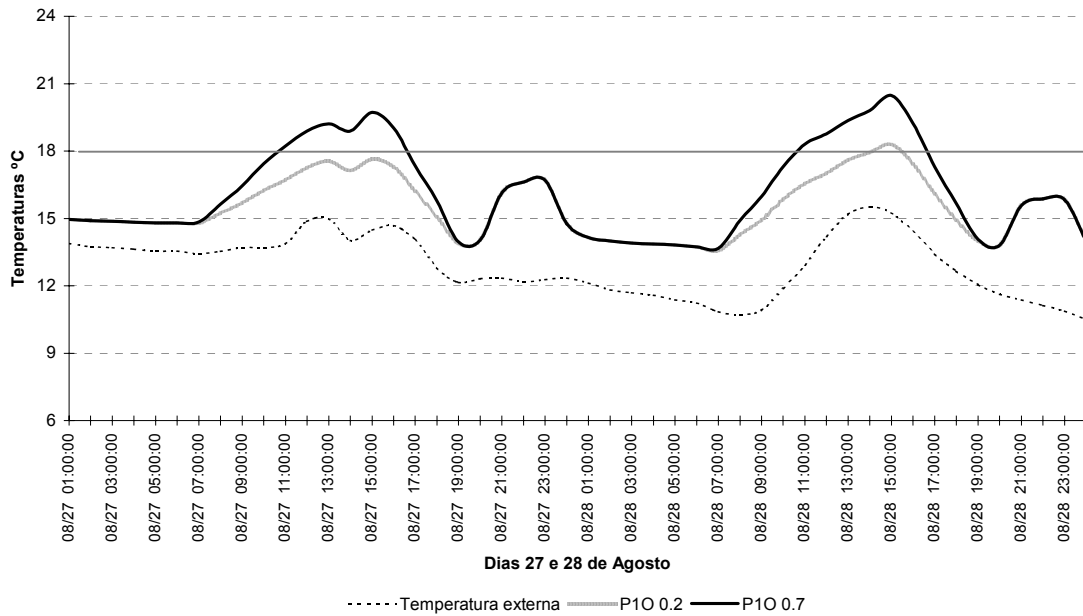


Figura 5.3.26 – Inverno – Efeito variação Absortância – Parede P1 – Orientação Oeste – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
PAREDE P3 – Pannel de madeira maciça + isolamento térmico + pannel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

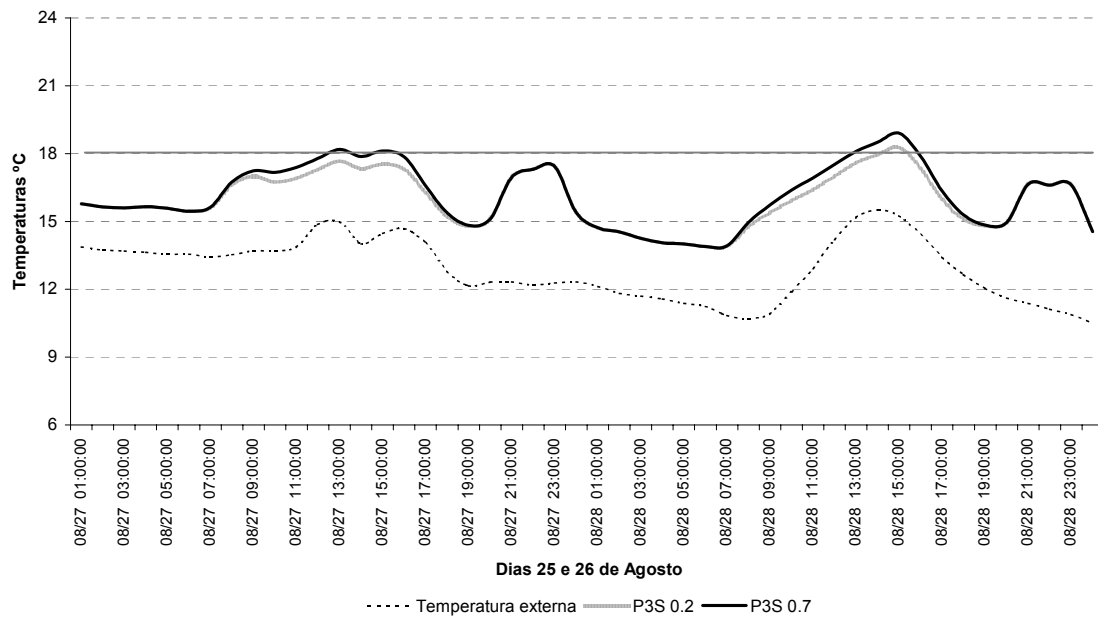


Figura 5.3.27 – Inverno – Efeito variação Absortância – Parede P3 – Orientação Sul – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DA ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

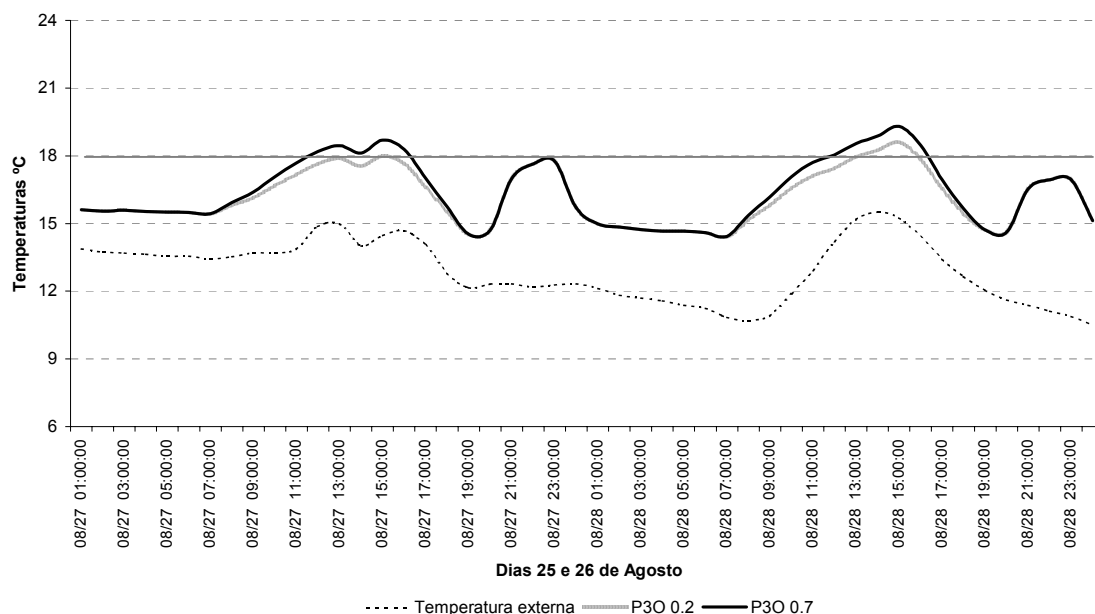


Figura 5.3.28 – Inverno – Efeito variação Absortância – Parede P3 – Orientação Oeste – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

Relativamente ao efeito da variação dos sistemas construtivos das paredes, as médias demonstram uma sensibilidade à variação da Transmitância (Figuras 5.3.18 e 5.3.20). No entanto, em relação à Capacidade térmica verificou-se que, o diferencial de Ct entre as alternativas P1 e P2 (Figuras 5.3.17 e 5.3.18) não propiciou alterações nos resultados.

O efeito da variação do sistema construtivo pode ser observada em termos da evolução de temperatura, para as orientações Poente e Sul, nas variações de Absortância 0.2 e 0.7, através das figuras 5.3.29 a 5.3.32.

Nos Quadros 5.3.13 a 5.3.14, a variação da Transmitância encontra-se representada em termos dos diferenciais de temperatura resultantes entre as alternativas P1 e P3, maior e menor transmitância respectivamente.

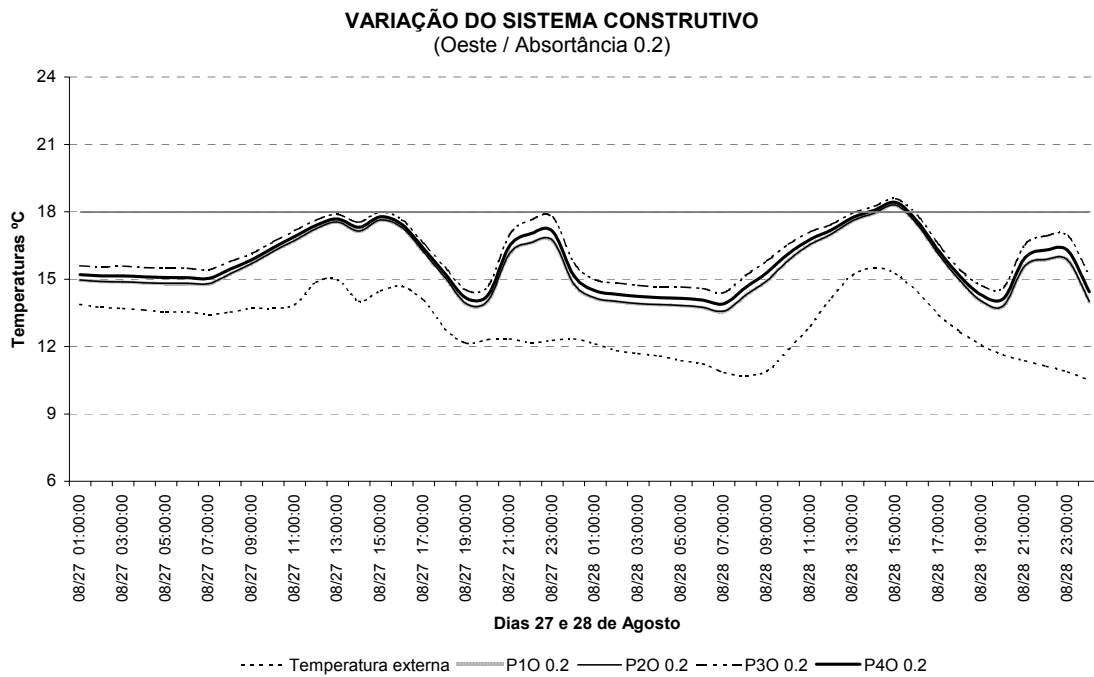


Figura 5.3.29 – Inverno – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Oeste e Absortância 0.2

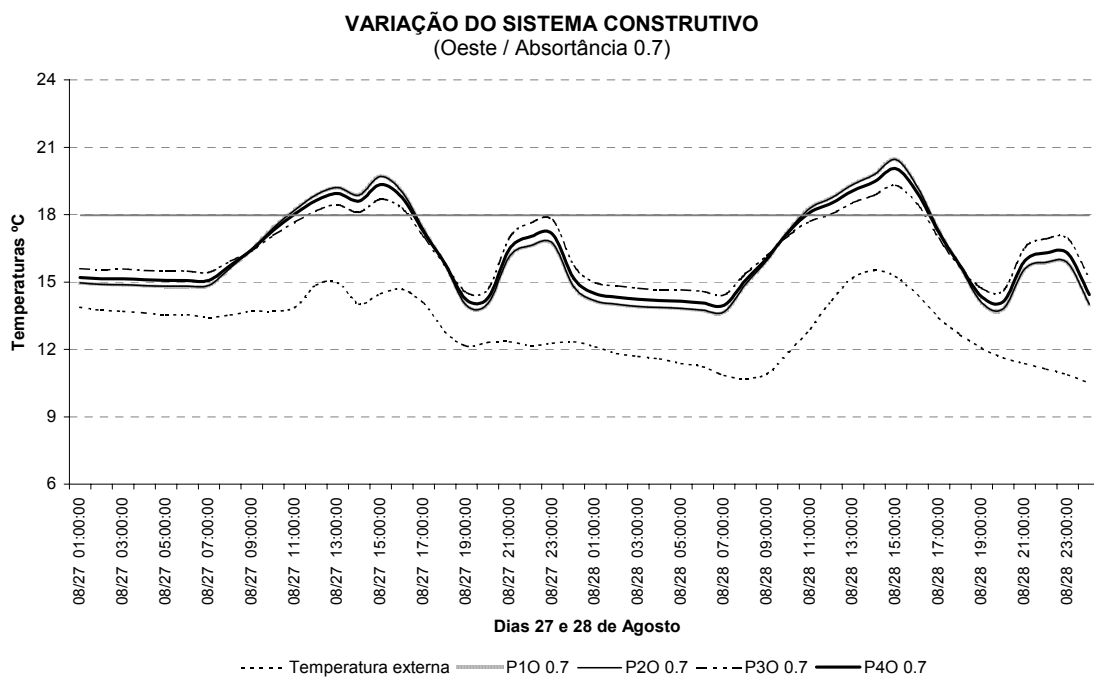


Figura 5.3.30 – Inverno – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Oeste e Absortância 0.7

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(Sul / Absortância 0.2)

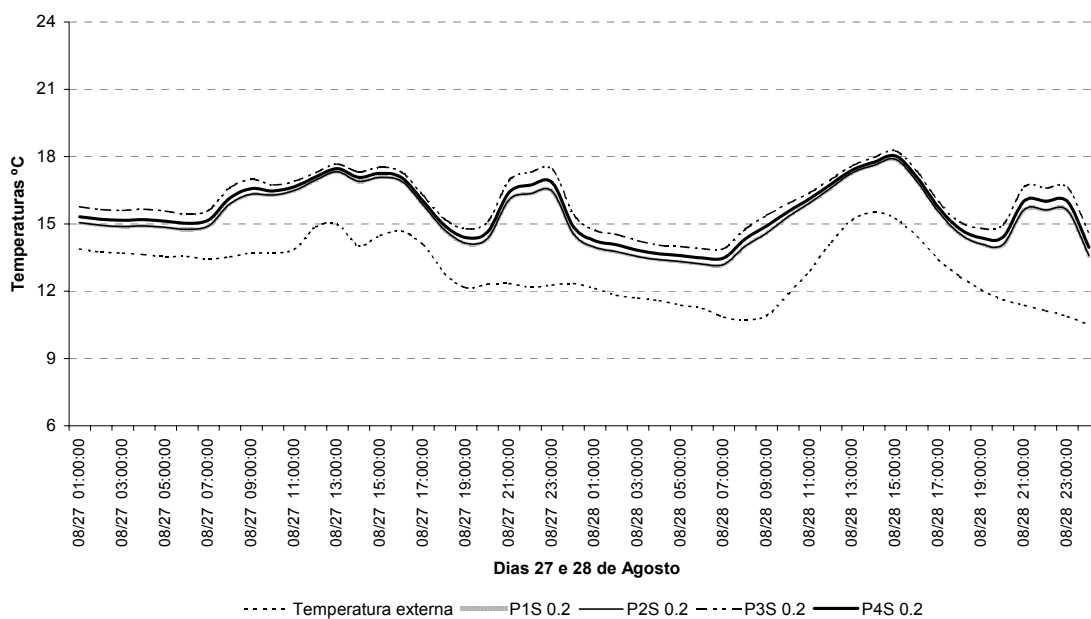


Figura 5.3.31 – Inverno – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Sul e Absortância 0.2

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(Sul / Absortância 0.7)

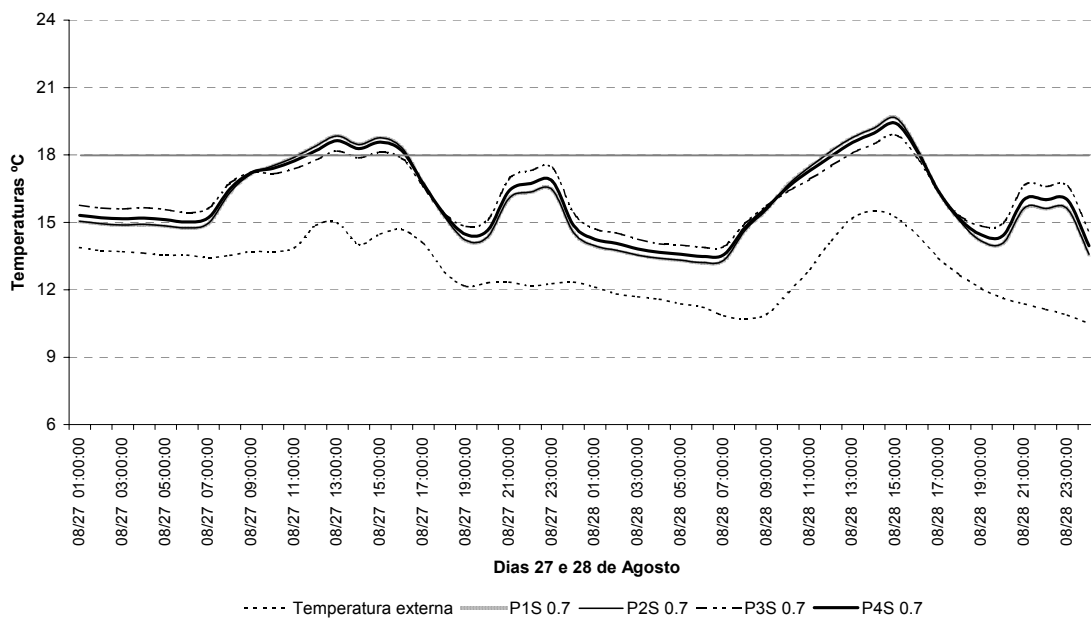


Figura 5.3.32 – Inverno – Paredes – Efeito variação sistema construtivo – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro) Orientação Sul e Absortância 0.7

**DIFERENCIAL DAS MÍNIMAS DEVIDO À VARIAÇÃO DA TRANSMITÂNCIA
P3 (U = 0,5 W/m².K) – P1(U = 2,5 W/m².K)**

α	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
0.2 = 0.7	+1,0	+0,7	+0,9	+0,7

Quadro 5.3.13 – Paredes – Inverno – Efeito variação da Transmitância térmica – Diferença entre as **médias das Mínimas** das alternativas P3 e P1 $\Delta T(K)$.

**DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIAÇÃO DA TRANSMITÂNCIA
P3 (U = 0,5 W/m².K) – P1(U = 2,5 W/m².K)**

α	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
0.2	+0,6	+0,5	+0,6	+0,6
0.7	-0,2	-0,3	-	-0,1

Quadro 5.3.14 – Paredes – Inverno – Efeito variação da Transmitância térmica – Diferença entre as **médias das Médias** das alternativas P3 e P1 $\Delta T(K)$.

Esses resultados apontaram para o facto de que baixas Transmitâncias (P3) conduzem a temperaturas mais elevadas, comportamento este divergente apenas quando foram consideradas cores escuras nas paredes ($\alpha = 0.7$). Neste último caso verifica-se que o aumento das Máximas foi tanto maior quanto maiores as Transmitâncias, o que, no entanto, não denota um bom desempenho térmico, uma vez que este aspecto conduziu a maiores amplitudes diárias, ou seja, um aspecto desfavorável para a condição de Inverno.

Conclusão

As análises realizadas a respeito da componente “Paredes externas”, para a condição de Verão e Inverno, encontram-se representadas nas Figuras 5.3.33 a 5.3.35 em termos do número de horas de “desconforto”.

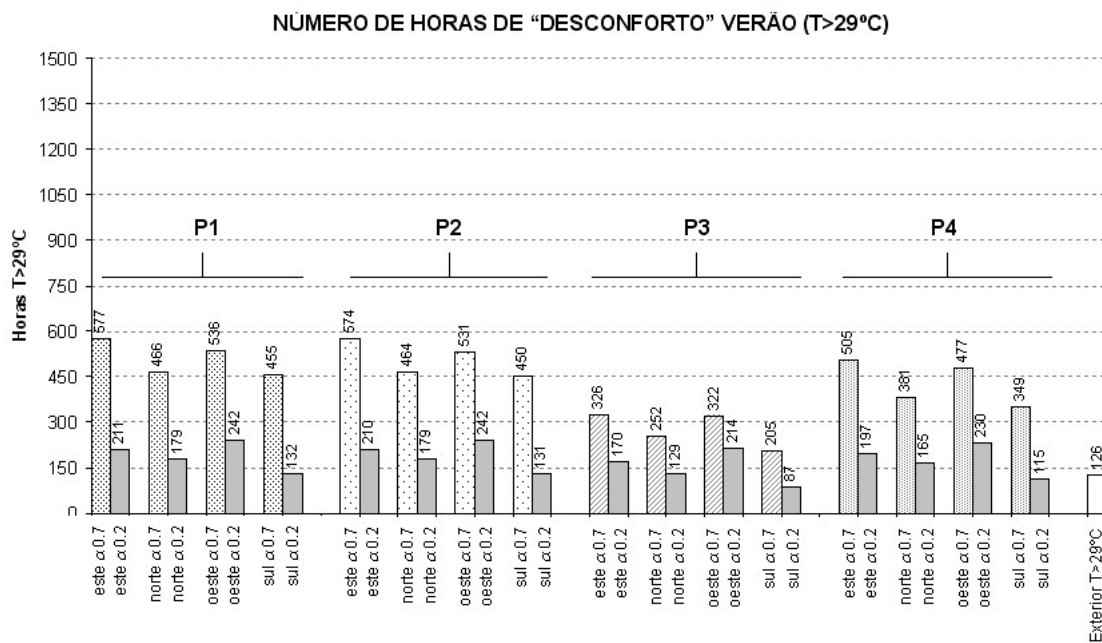


Figura 5.3.33 – Paredes – Verão (período de 23 de Dezembro a 22 de Março) – Horas “desconforto” (T>29°C)

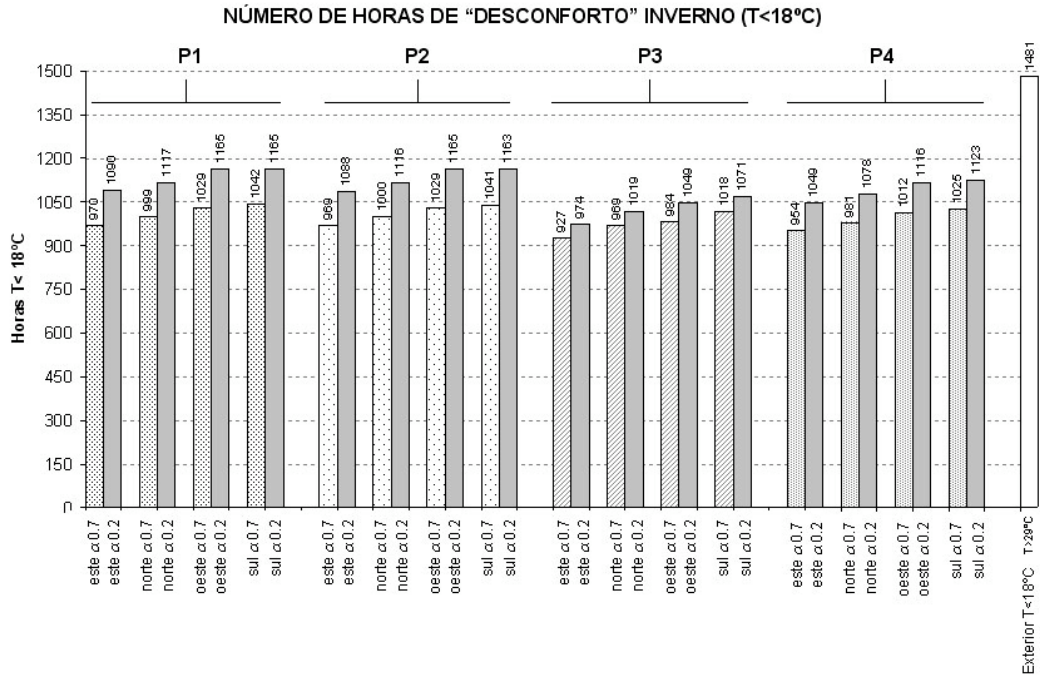


Figura 5.3.34 – Paredes – Inverno (período de 23 de Junho a 22 de Setembro) – Horas "desconforto" (T<18°C)

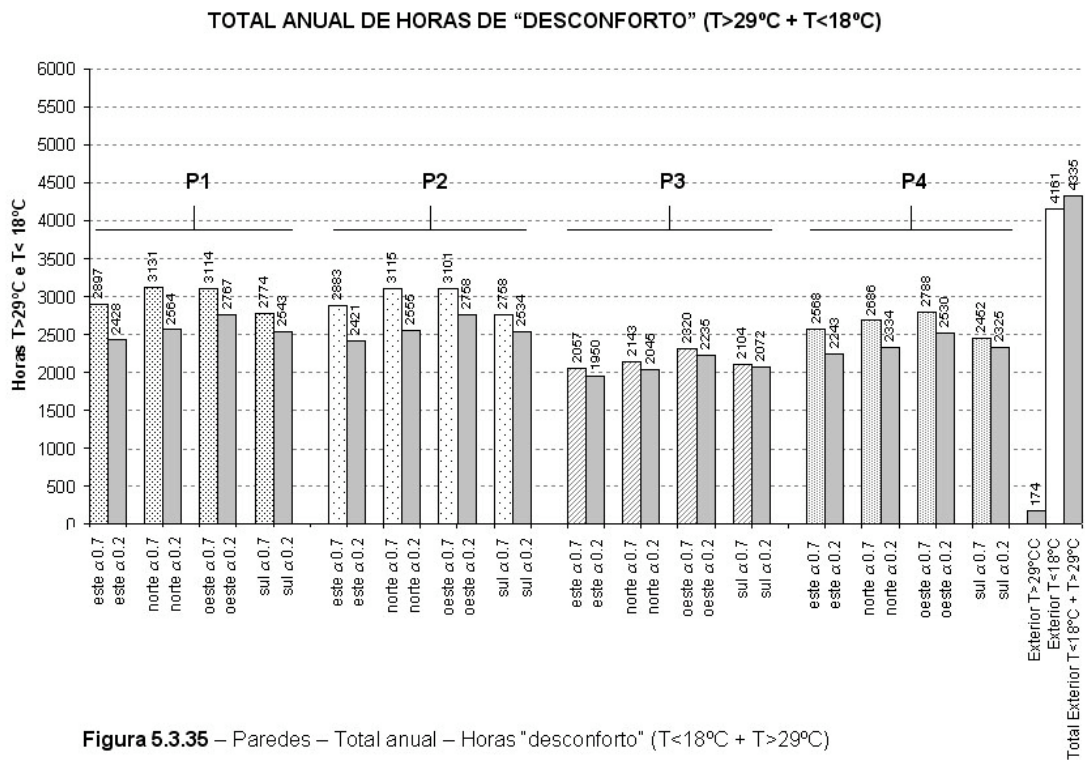


Figura 5.3.35 – Paredes – Total anual – Horas "desconforto" (T<18°C + T>29°C)

Assim como referido na análise para a componente Cobertura, os dados analisados neste capítulo para a componente Parede Externa demonstraram que, baixas Transmitâncias são conducentes de maiores Mínimas e Médias, e menos elevadas Máximas, durante o Verão e o Inverno. Embora possa ser considerado um aspecto favorável para o Inverno, para o Verão é importante que esteja associada à estratégia de dissipação de calor durante o período nocturno. Essa constatação pode ser confirmada em termos do número de horas de “desconforto” em que, não somente para as condições de Verão e Inverno, como também em termos do total anual, os resultados foram tanto mais favoráveis quanto menores as Transmitâncias. Faz-se necessário ressaltar que essas conclusões correspondem apenas à proporção de $A_{env}/A_{pav}=16\%$, sendo que o efeito provocado pelo aumento dos vãos será abordado no capítulo a seguir.

O aumento da Absortância à radiação solar também se apresentou como um aspecto de grande efeito no balanço térmico do modelo simulado. Este, no entanto, assim como verificado para as Coberturas, se mostrou favorável apenas para o Inverno sendo que, para a condição de Verão, a diferença devido a esta variável chegou a 173,5% de aumento do número de horas de sobreaquecimento. No Inverno, a redução do número de horas devido ao aumento da Absortância foi de até 11,7%. Os totais anuais demonstram que, para o clima de São Paulo, o modelo apresentou valores mais favoráveis para as simulações realizadas com baixos valores de Absortância (0.2).

Relativamente à Orientação, os resultados demonstraram que a Orientação Sul, embora tenha sido a mais favorável para o Verão, no Inverno se mostrou como a conducente das mais baixas temperaturas. A orientação a Poente também apresentou resultados contrastantes entre os dois períodos de Inverno e Verão. No primeiro se apresentou como a mais favorável em termos das Máximas, no entanto para o Verão, se mostrou como a mais desfavorável. As mais favoráveis orientações para ambas as condições foi a Norte e a Nascente. Observa-se, no entanto que, a orientação a Nascente apresentou Médias praticamente equivalentes à

orientação a Poente, factor este não perceptível somente através dos números de horas de “desconforto”.

Os resultados obtidos para esta etapa de simulações podem ser visualizados no quadro a seguir:

	variável	Médias das temperaturas	Nº horas “desconforto” (T>29°C)
Verão	Efeito variação da Orientação	<ul style="list-style-type: none"> • Oeste: > Máximas e Médias • Este e Norte: Máximas e Médias equivalentes e inferiores à Oeste • Sul: < Máximas e Médias • Diferenças entre Oeste e Sul: T Médias 0,7 a 1,0K T Máximas 3,5 a 6,2K 	Diferença de 110 a 127 hs entre as orientações Oeste e Sul
	Aumento da Absortância de 0.2 (cor clara) para 0.7 (cor escura)	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento T Máximas de 0,9 K a 4,9 K (tanto > quanto + desfavorável orientação) (tanto > quanto > U) 	Aumento de 108hs (50,5%) a 366hs (173,5%)
	Redução da Transmitância de 2,48 para 0,5 W/m2.K	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento T Mínimas de 0,7K • Aumento T Médias de 0,2 K (α 0.2) • Redução T Médias de 0,6 K a 0,8K (α 0.7) • Redução T Máximas De 0,4 K a 4,2 K 	Redução de 45 hs (34,1%) a 251 hs (43,5%)
Inverno	Efeito variação da Orientação	<ul style="list-style-type: none"> • Norte e Oeste > Máximas • Este >Mínimas e Médias • Sul < Máximas e Médias • Diferenças entre Este e Sul: T Médias 0,6K a 1,0K 	Diferença de 72hs a 91hs entre as orientações Este e Sul
	Aumento da Absortância de 0.2 (cor clara) para 0.7 (cor escura)	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento T Máximas de 0,8 K a 3,7 K • Aumento T Médias de 0,3 K a 1,2 K (tanto > quanto > U) (tanto > quanto + favorável orientação) 	Redução de 53hs (4,9%) a 136hs (11,7%)
	Redução da Transmitância de 2,48 para 0,5 W/m2.K	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento T Mínimas de 0,7K a 1,0K • Aumento T Médias de 0,6 K (α 0.2) • Redução T Médias de 0,1 K a 0,3K (α 0.7) 	Redução de 24 hs (2,3%) a 116 hs (9,95%)

Quadro 5.3.15 – Paredes – Efeito variação Orientação, Absortância e Transmitância – Quadro Geral de resultados

5.4 Área dos vãos envidraçados e influência da Orientação

Nas simulações anteriores foi considerada constante a área dos vãos envidraçados em 16% da área do piso, para todas as zonas do modelo. No entanto, sabe-se que a área dos vãos é uma variável de grande influência no balanço térmico das edificações e que pode alterar a influência de outras variáveis tais como a Transmitância Térmica e a Orientação.

Deste modo, o que se pretende neste grupo de simulações é identificar a possível relação entre as variáveis já analisadas anteriormente e a variação da área dos vãos para as proporções de $A_{env}/A_{pav} = 24\%$ e 32% , face ao clima de São Paulo.

Verão

Através das simulações realizadas neste grupo verificou-se que, o aumento da área dos vãos envidraçados conduziu a um aumento sistemático das médias das Médias e Máximas. Os Quadros 5.4.1 e 5.4.2 ilustram os aumentos nas médias das temperaturas Médias e Máximas, para os quatro sistemas construtivos simulados, devido ao aumento da A_{env}/A_{pav} de 16% para 32%. Esses valores correspondem à semana de 22 a 28 de Fevereiro, representativa do período de Verão.

DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO AO AUMENTO DA ÁREA DOS VÃOS

Aenv/Apav	P1	P2	P3	P4
ESTE	0,5	0,5	0,6	0,6
NORTE	0,3	0,3	0,4	0,3
OESTE	0,6	0,6	0,8	0,7
SUL	0,2	0,2	0,3	0,3

Quadro 5.4.1 – Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito aumento área dos vãos – Diferença entre as **médias das Médias**. A_{env}/A_{pav} 36%-16% $\Delta T(K)$.

DIFERENCIAL DAS MÁXIMAS DEVIDO AO AUMENTO DA ÁREA DOS VÃOS

Aenv/Apav	P1	P2	P3	P4
ESTE	1,8	1,8	2,2	2,0
NORTE	1,0	1,0	1,3	1,1
OESTE	3,1	3,1	4,0	3,5
SUL	0,8	0,8	1,0	0,8

Quadro 5.4.2 – Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito aumento área dos vãos – Diferença entre as **médias das Máximas. Aenv/Apav 36%-16% $\Delta T(K)$.**

O acréscimo nas médias das temperaturas Médias, devido ao aumento da área dos vãos, variou de 0,2K até 0,8K. Nas Máximas esse aumento foi de 0,8 a 4,0K.

Verificou-se no entanto que, a sensibilidade à variação da área dos vãos está directamente associada à orientação. Deste modo, a orientação a Poente, que foi identificada no capítulo anterior como a que propicia as maiores Máximas, apresentou-se agora como a mais sensível, com uma média de 3,4K de aumento nas médias das Máximas devido ao aumento da Aenv/Apav para 32%. A orientação Sul demonstrou ser a menos sensível, com uma média de 0,8K. Para as demais orientações Este e Norte essa media foi de 1,9K e 1,1K respectivamente. Ou seja, esses dados demonstram que quanto mais desfavorável for a orientação (maiores ganhos), maiores são os acréscimos nas temperaturas devido ao aumento da área dos vãos.

Este efeito pode ser confirmado através dos gráficos das Figuras 5.4.1 a 5.4.4, os quais representam as médias das Mínimas, Médias e Máximas, nas quatro orientações simuladas.

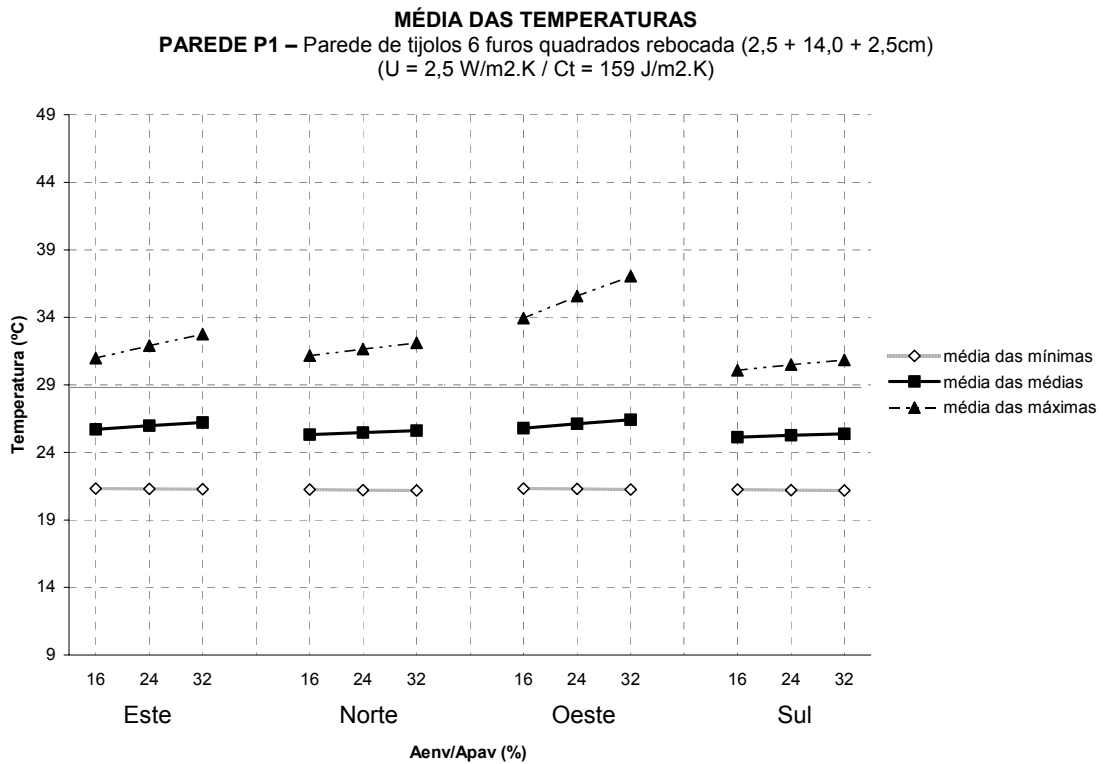


Figura 5.4.1 – Verão – Alternativa P1 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas

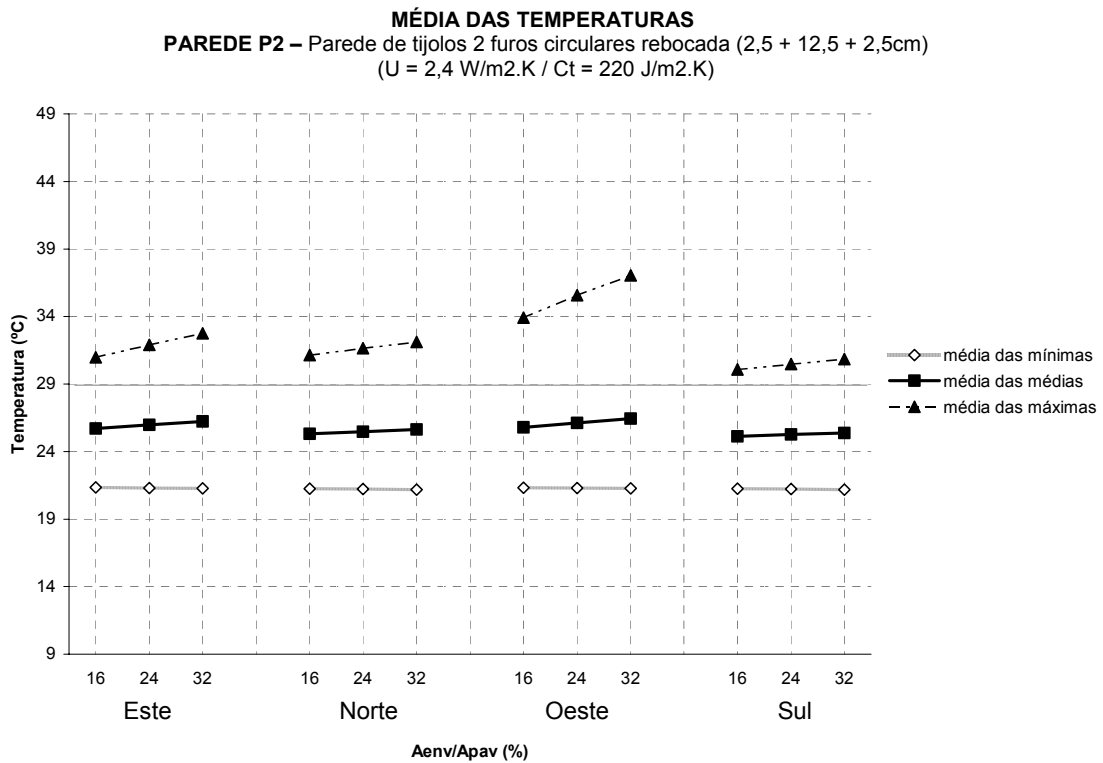


Figura 5.4.2 – Verão – Alternativa P2 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m2.K / Ct = 72 J/m2.K)

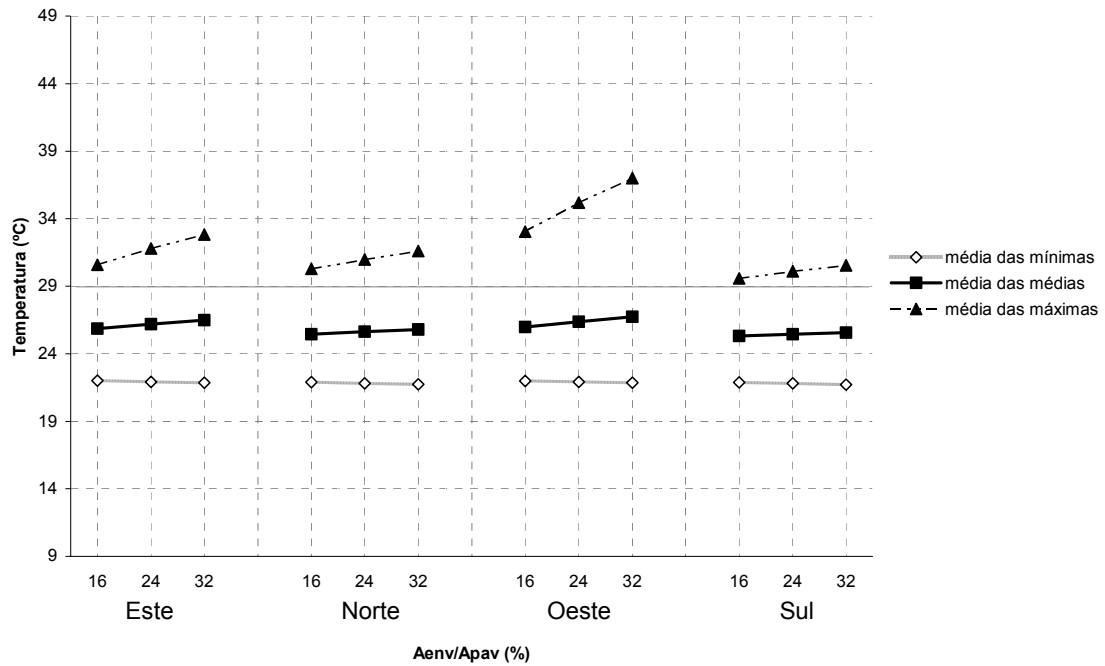


Figura 5.4.3 – Verão – Alternativa P3 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P4 – Parede de tijolos 8 furos quadrados rebocada (2,5 + 19,0 + 2,5cm)
 (U = 1,6 W/m2.K / Ct = 232 J/m2.K)

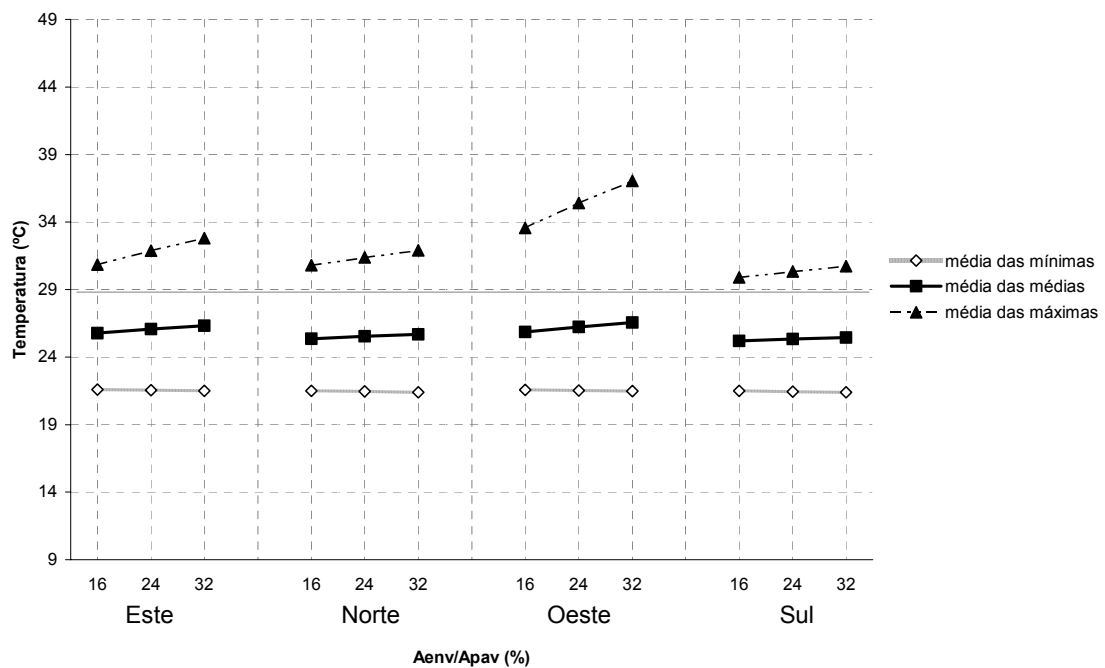


Figura 5.4.4 – Verão – Alternativa P4 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas

Em outras palavras pode-se dizer que a influência da orientação nas temperaturas internas, se mostrou tanto maiores quanto maiores as áreas envidraçadas. Conforme ilustra o Quadro 5.4.3, a diferença nas temperaturas Máximas, devido à variação da orientação, foi na ordem de 3,7K para as Aenv/Apav=16%, 5,1K para 24%, e 6,3K para 32%. Este comportamento pode ser observado através dos gráficos de evolução de temperatura, Figuras 5.4.5 e 5.4.6, para a alternativa P3 nas proporções de Aenv/Apav16% e 32%.

**DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ORIENTAÇÃO
(Oeste – Sul)**

Aenv/Apav	P1	P2	P3	P4
16	3,8	3,8	3,4	3,7
24	5,1	5,1	5,1	5,1
32	6,3	6,2	6,4	6,3

Quadro 5.4.3 – Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito da variação da Orientação – Diferença entre as **médias das Máximas – Oeste - Sul** $\Delta T(K)$.

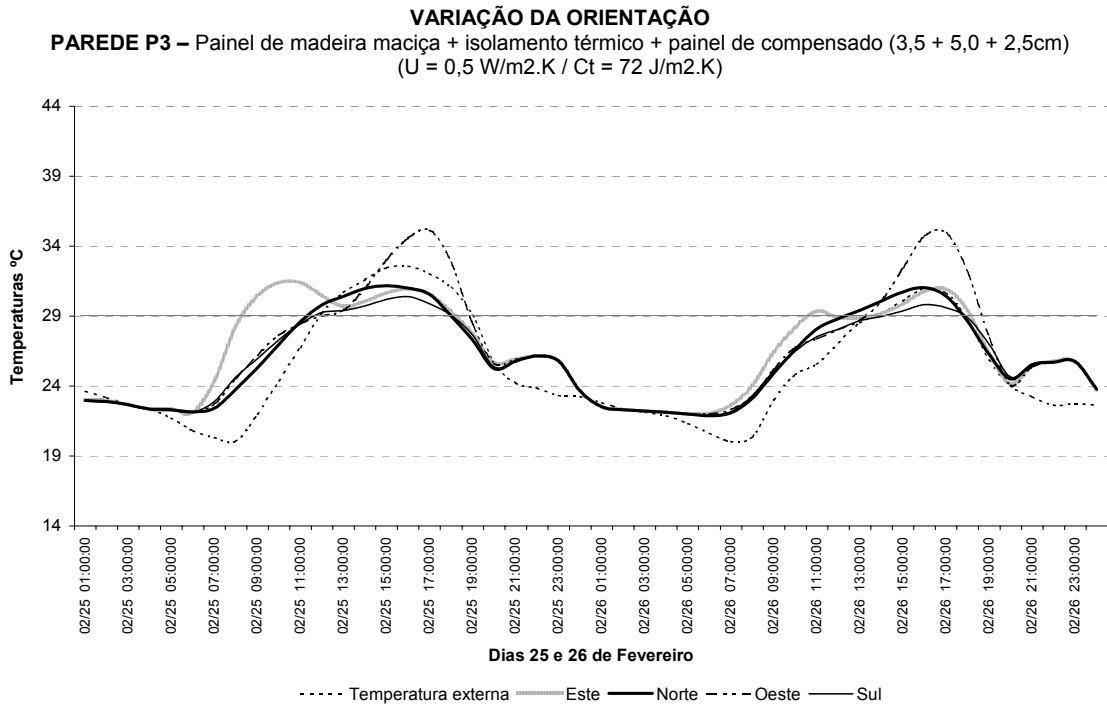


Figura 5.4.5 – Verão – Alternativa P3 – Efeito variação da Orientação – Aenv/Apav 16% – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

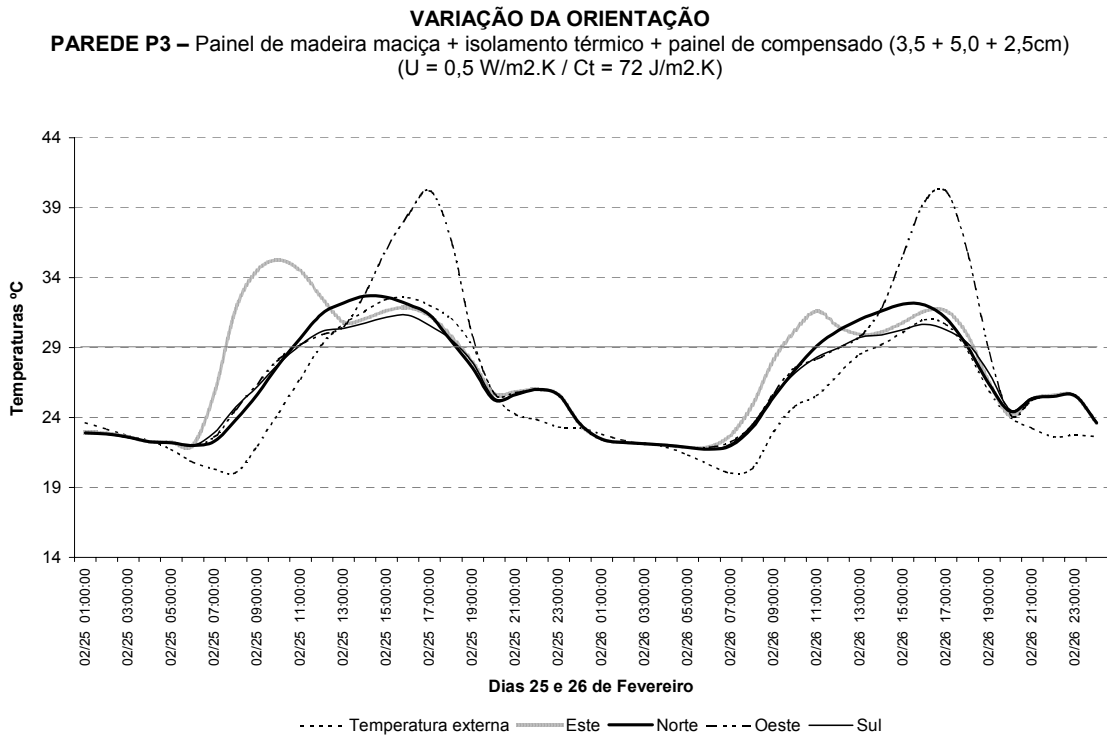


Figura 5.4.6 – Verão – Alternativa P3 – Efeito variação da Orientação – Aenv/Apav 32% – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

Com relação à variação da Transmitância térmica, a constatação feita no capítulo 3 de que baixas Transmitâncias contribuem para a redução das Máximas passou a apresentar um menor efeito com o aumento das áreas dos vãos envidraçados, conforme ilustra o Quadro 5.4.4. Nesta encontra-se representada as diferenças das Máximas entre as alternativas de maior e menor Transmitância (P1 - 2,55W/m².K e P3 - 0,5W/m².K).

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(P3 – P1)

Aenv/Apav	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
16	0,4	0,9	0,9	0,5
24	0,1	0,7	0,4	0,4
32	-	0,5	0,1	0,2

Quadro 5.4.4 – Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito da variação da Transmitância – Diferença entre as médias das Máximas. P3 – P1 $\Delta T(K)$.

Pode-se concluir que o efeito favorável proporcionado pela redução da Transmitância, através da redução das Máximas, apresentou-se tanto menor quanto maiores as áreas dos vãos.

Através de uma comparação entre os gráficos das Figuras 5.4.7 e 5.4.8 pode-se visualizar esta constatação. Nestas encontram-se representadas a evolução de temperatura para os quatro sistemas construtivos simulados, nas proporções de Aenv/Apav 16% e 32%, referentes aos dias 25 e 26 de Fevereiro.

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(Norte / Aenv/Apav 16%)

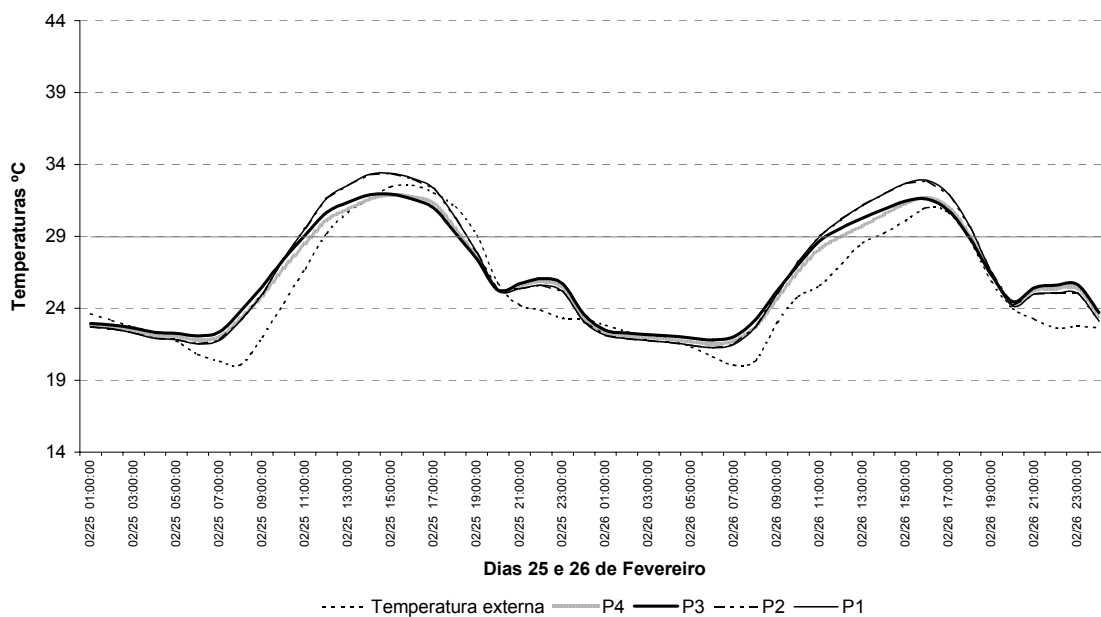


Figura 5.4.7 – Verão – Efeito variação do sistema construtivo – **Aenv/Apav 16%** – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(Norte / Aenv/Apav 32%)

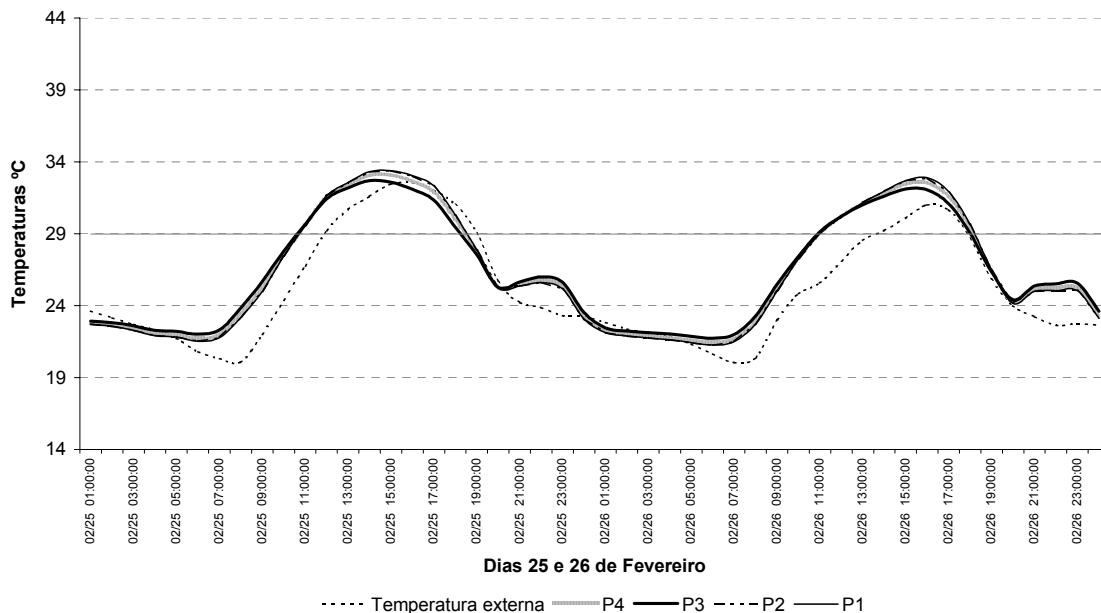


Figura 5.4.8 – Verão – Efeito variação do sistema construtivo – **Aenv/Apav 32%** – Gráfico temperatura (25 e 26 de Fevereiro)

Inverno

Verifica-se que, também para o Inverno, o aumento da área dos vãos envidraçados conduziu a um aumento sistemático das médias das temperaturas Médias e Máximas, tendo no entanto apresentado consideráveis reduções das Mínimas. Nos Quadros 5.4.5 ao 5.4.7 esse efeito pode ser identificado através das diferenças das médias das Mínimas, Médias e Máximas, entre as simulações com Aenv/Apav de 16% e 32%.

DIFERENCIAL DAS MÁXIMAS DEVIDO AO AUMENTO DA ÁREA DOS VÃOS

Aenv/Apav	P1	P2	P3	P4
ESTE	0,6	0,6	0,8	0,7
NORTE	1,2	1,2	1,6	1,4
OESTE	1,7	1,7	2,1	1,8
SUL	0,4	0,4	0,4	0,4

Quadro 5.4.5 – Área dos Vãos envidraçados – Inverno – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Máximas. 32% - 16% $\Delta T(K)$.

DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO AO AUMENTO DA ÁREA DOS VÃOS

Aenv/Apav	P1	P2	P3	P4
ESTE	0,2	0,2	0,2	0,2
NORTE	0,3	0,3	0,3	0,3
OESTE	0,3	0,3	0,3	0,3
SUL	-	-	-0,1	-

Quadro 5.4.6 – Área dos Vãos envidraçados – Inverno – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Médias. 32% - 16% $\Delta T(K)$.

DIFERENCIAL DAS MÍNIMAS DEVIDO AO AUMENTO DA ÁREA DOS VÃOS

Aenv/Apav	P1	P2	P3	P4
ESTE	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2
NORTE	-0,2	-0,2	-0,3	-0,2
OESTE	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1
SUL	-0,2	-0,2	-0,4	-0,3

Quadro 5.4.7 – Área dos Vãos envidraçados – Inverno – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Mínimas. 32% - 16% $\Delta T(K)$.

Os acréscimos nas Máximas, devido ao aumento da área dos vãos, variaram de 0,4K a 2,1K. As Médias apresentaram aumentos de até 0,3, com exceção da orientação Sul onde não foram identificados aumentos. Já as Mínimas apresentaram reduções de até 0,4K. Para uma melhor visualização desse efeito, seguem representadas as médias das temperaturas nos gráficos das Figuras 5.4.9 a 5.4.12.

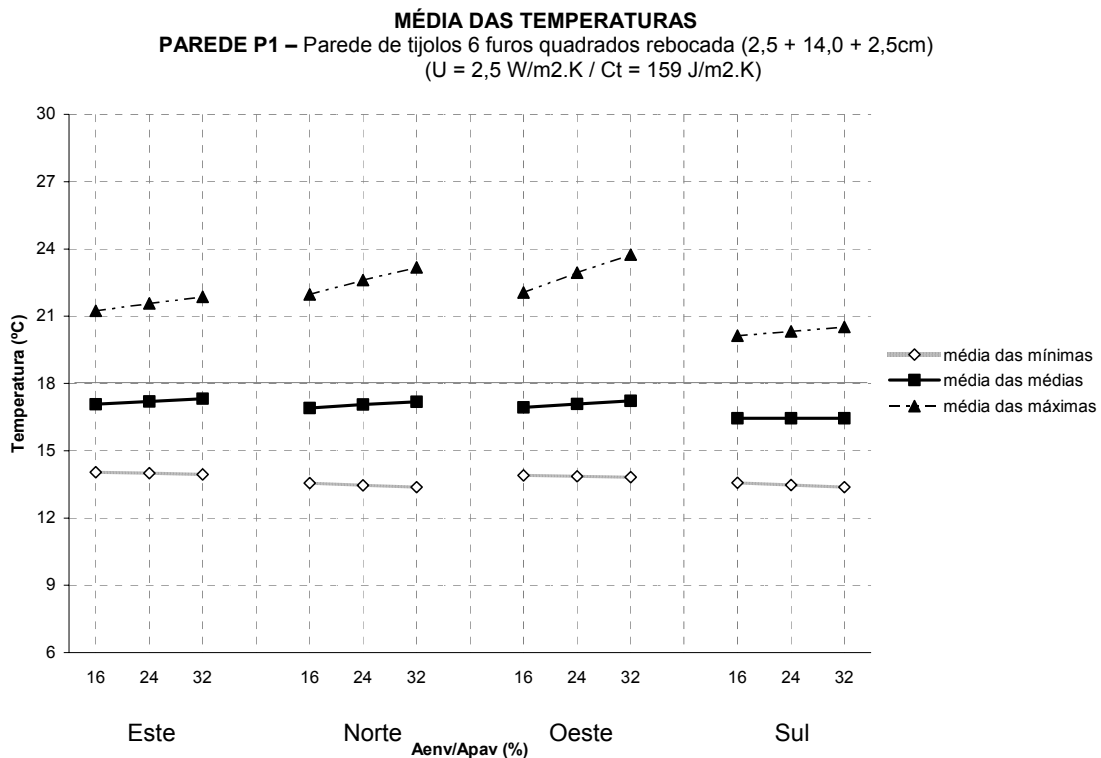


Figura 5.4.9 – Inverno – Alternativa P1 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P2 – Parede de tijolos 2 furos circulares rebocada (2,5 + 12,5 + 2,5cm)
 (U = 2,4 W/m².K / Ct = 220 J/m².K)

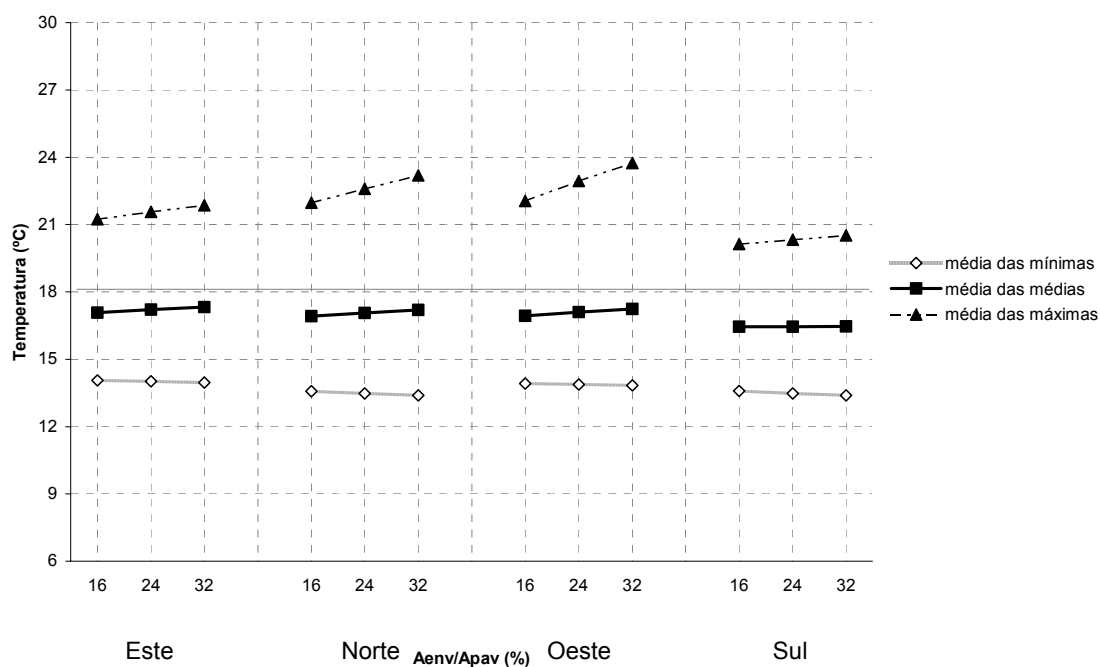


Figura 5.4.10 – Inverno – Alternativa P2 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

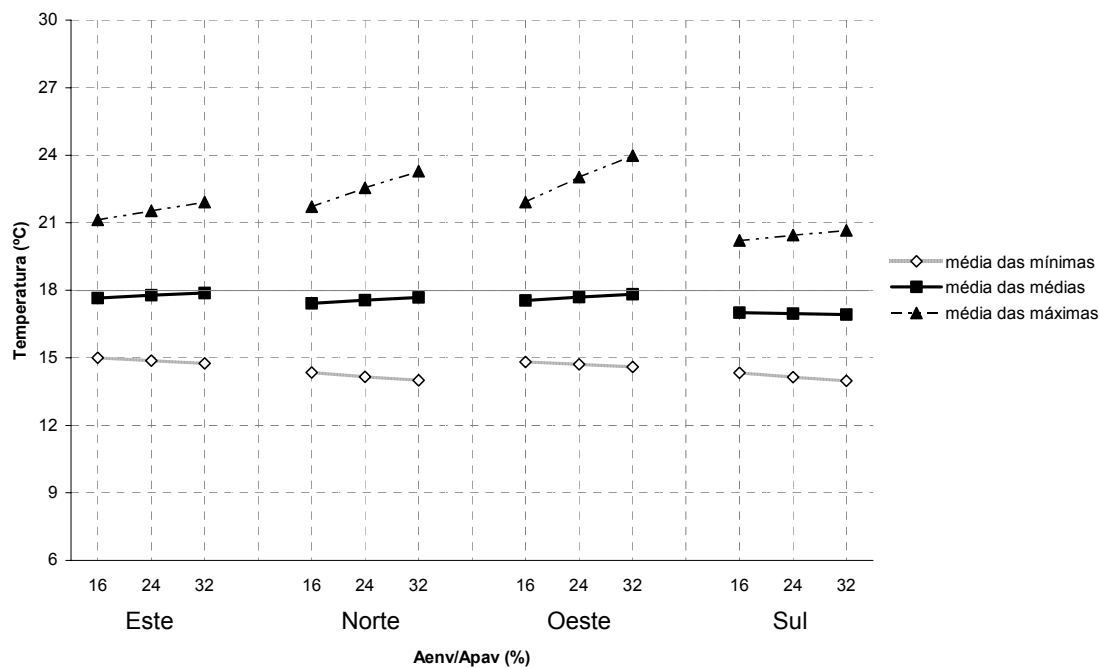


Figura 5.4.11 – Inverno – Alternativa P3 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas

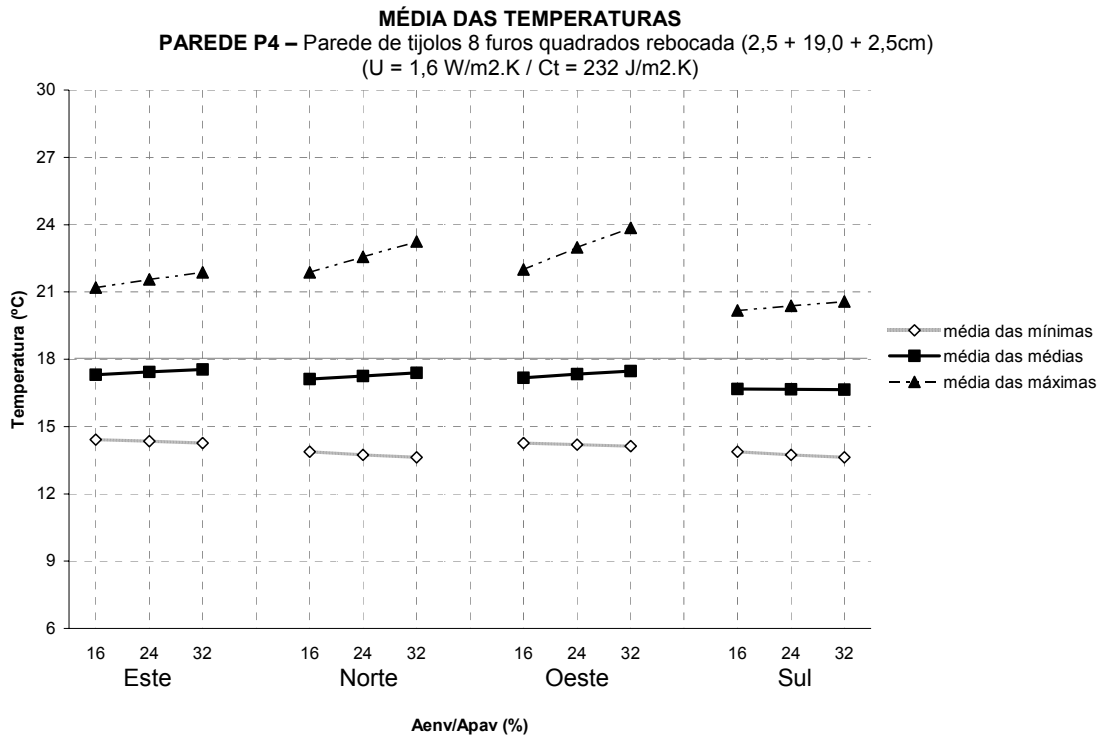


Figura 5.4.12 – Inverno – Alternativa P4 – Área dos vãos envidraçados – Média das temperaturas

Em termos da evolução de temperatura, esse efeito de aumento das Médias e Máximas e redução das Mínimas pode ser visualizado através da Figura 5.4.13, com o gráfico de evolução de temperatura para a alternativa P3 (menor Transmitância), orientada a Norte, nas Aenv/Apav de 16%, 24% e 32%.

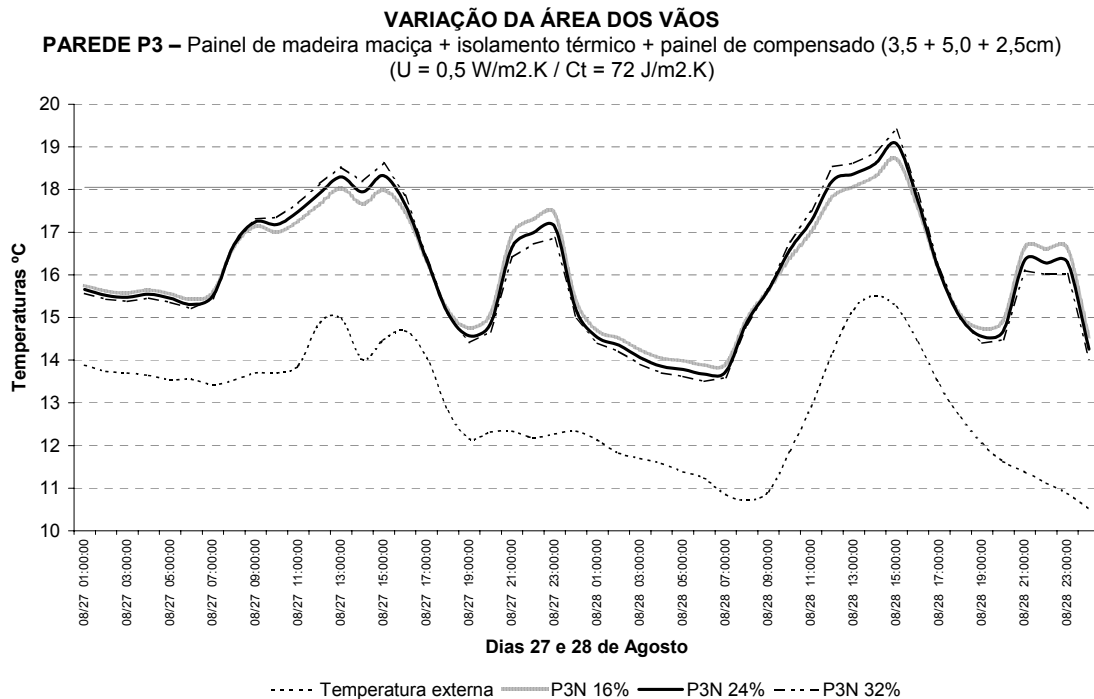


Figura 5.4.13 – Inverno – Alternativa P3 – Efeito do aumento da área dos vãos – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)

O facto de o aumento dos vãos decorrer em um aumento das temperaturas Máximas e Médias evidencia a capacidade de maximização de ganhos durante o dia. No entanto, a constatação de que o aumento da área dos vãos propicia a redução das temperaturas Mínimas deve-se ao facto de que, neste grupo de simulações, não se considerou qualquer recurso para conter as perdas por condução através dos vãos envidraçados (estores, etc.), durante o período nocturno.

A constatação de que a sensibilidade à variação da área dos vãos varia consoante a orientação também se verifica para a condição de Inverno. A orientação a Poente foi identificada como a mais sensível, apresentando um máximo de 2,1K de aumento. A orientação Sul demonstrou ser a menos sensível, com um máximo de 0,3K. À Nascente, o valor máximo foi de 0,8K e a orientação Norte, em contraste com o Verão, apresentou uma sensibilidade muito próxima da Poente atingindo o máximo de 1,6K.

As médias das Máximas demonstram que, também para o Inverno, quanto maior for a área envidraçada maior é a sensibilidade à variação da orientação. A diferença nas temperaturas Máximas, devido à variação da orientação, foi na ordem de 1,9K para as Aenv/Apav=16%, 2,6K para 24%, e 3,2K para 32%. Esses valores encontram-se ilustrados no Quadro 5.4.8, e esse efeito do aumento da sensibilidade à variação da orientação pode ser observado através da comparação dos gráficos das Figuras 5.4.14 e 5.4.15.

**DIFERENCIAL DAS MÉDIAS DEVIDO À VARIAÇÃO DE ORIENTAÇÃO
(Oeste – Sul)**

Aenv/Apav	P1	P2	P3	P4
16	1,9	1,9	1,7	1,8
24	2,6	2,6	2,6	2,6
32	3,2	3,2	3,3	3,2

Figura 5.4.8 – Área dos Vãos envidraçados – Inverno – Efeito da variação da Orientação – Diferença entre as médias das Máximas. Oeste - Sul $\Delta T(K)$.

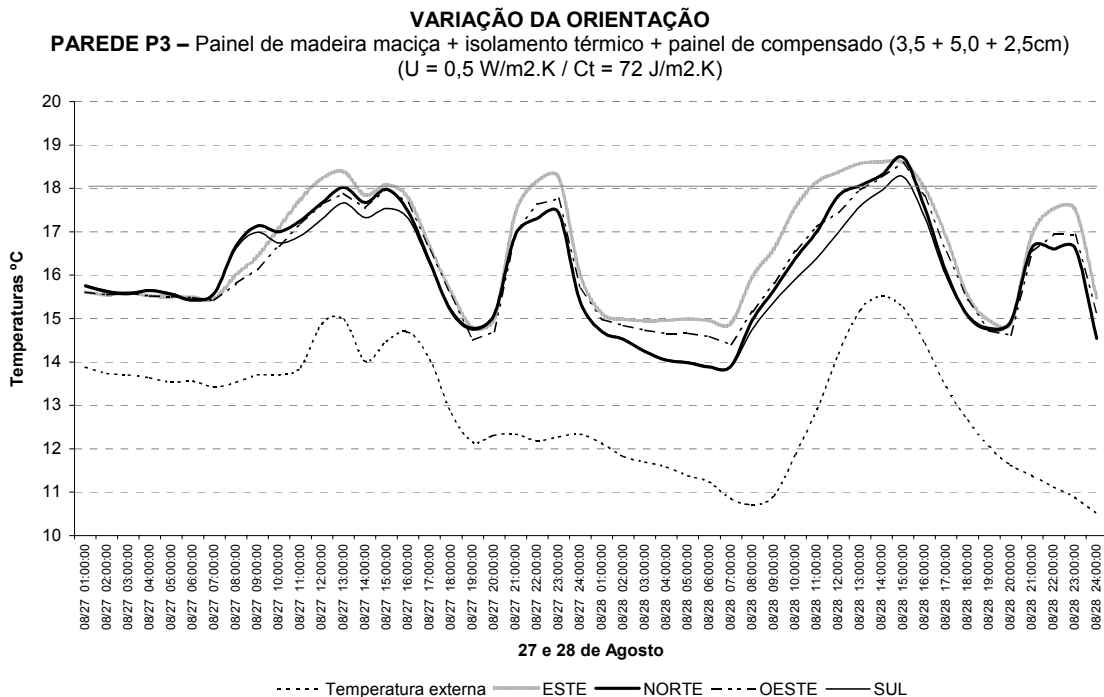


Figura 5.4.14 – Inverno – Alternativa P3 – Efeito variação da Orientação – Aenv/Apav 16% – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)

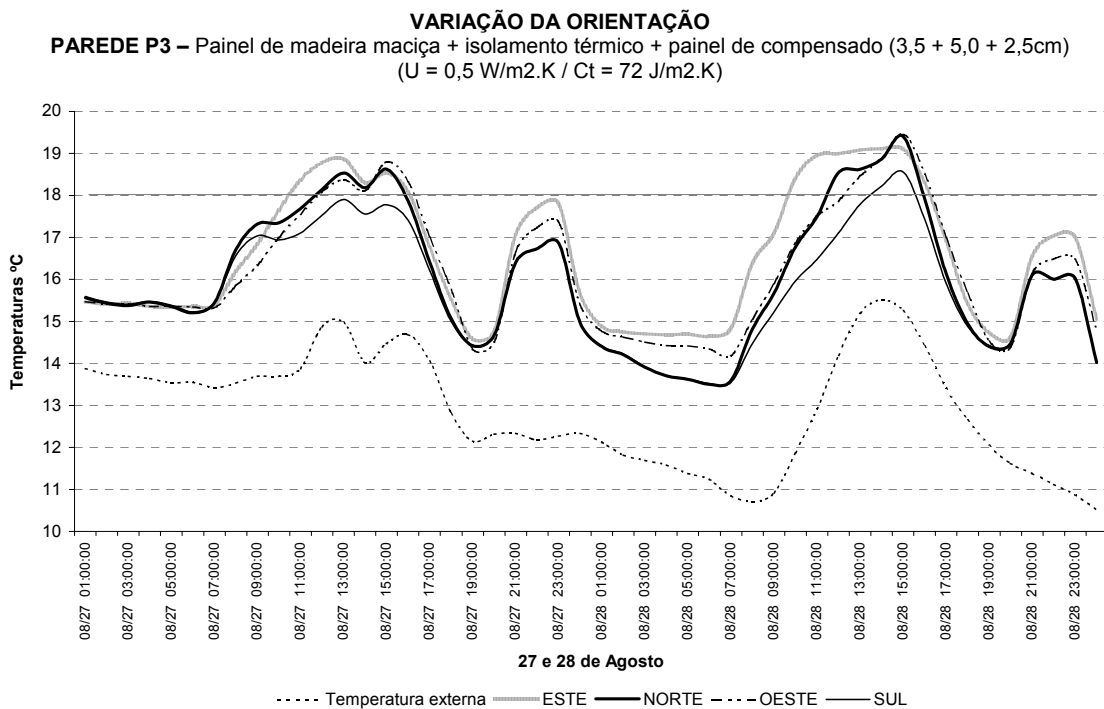


Figura 5.4.15 – Inverno – Alternativa P3 – Efeito variação da Orientação – Aenv/Apav 32% – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)

Por forma a identificar a relação entre a variação da área dos vãos e a variação da Transmitância térmica, seguem dois gráficos comparativos (Figuras 5.4.16 e 5.4.17) que ilustram a evolução de temperatura para todos os sistemas construtivos, nas proporções de Aenv/Apav de 16% e 32%. O período equivale aos dias 27 e 28 de Agosto.

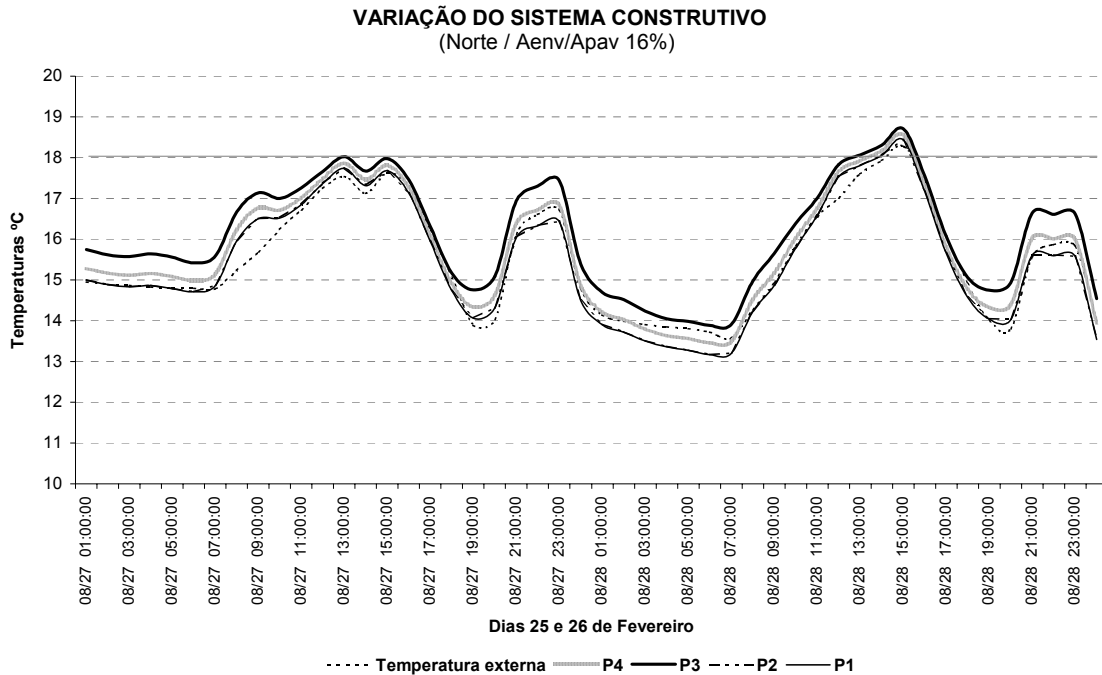


Figura 5.4.16 – Inverno – Alternativa P3 – Efeito variação do sistema construtivo – Aenv/Apav 16% – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)

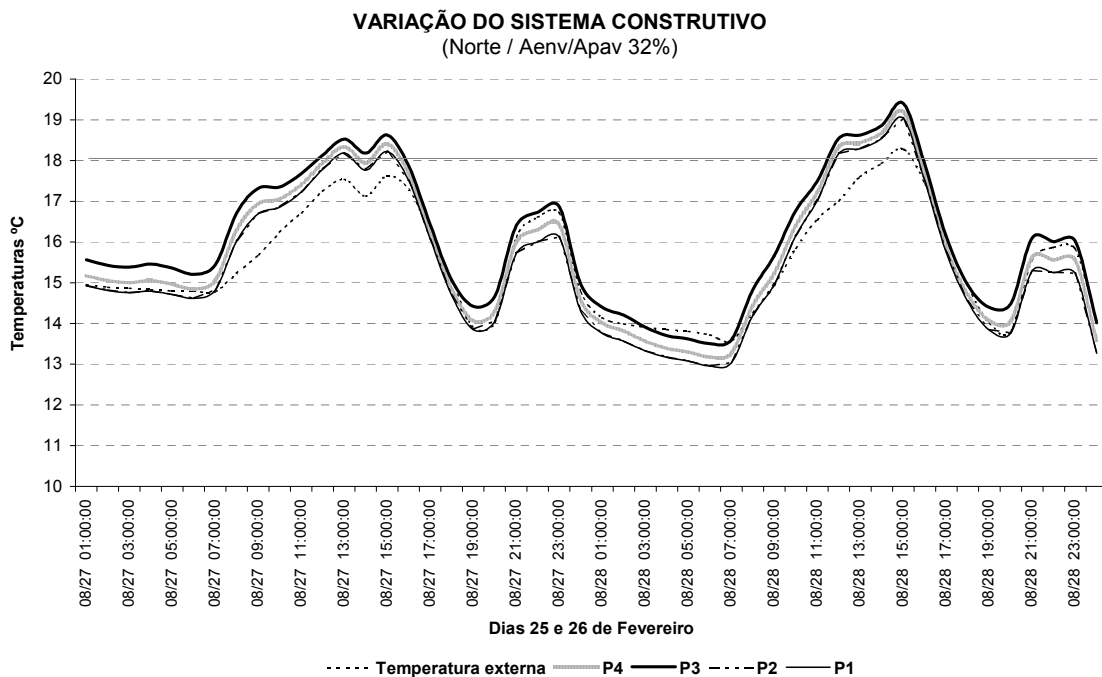


Figura 5.4.17 – Inverno – Alternativa P3 – Efeito variação do sistema construtivo – Aenv/Apav 32% – Gráfico temperatura (27 e 28 de Agosto)

Esses gráficos evidenciam o aumento das temperaturas devido à redução da Transmitância nas paredes de 2,48 (P1) para 0,5 W/M2.K (P3), independentemente da área dos vãos. Em termos das diferenças das médias das Mínimas e Médias, Quadros 5.4.9 e 5.4.10 a seguir, verifica-se que os aumentos das Mínimas, para a semana de 22 a 28 de Fevereiro, variaram de 0,6 a 0,9K e das Médias de 0,5 a 0,6K.

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(P3 – P1)

Aenv/Apav	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
16	0,9	0,8	0,9	0,8
24	0,9	0,7	0,8	0,7
32	0,8	0,6	0,8	0,6

Quadro 5.4.9 – Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Mínimas. P3 – P1 $\Delta T(K)$.

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(P3 – P1)

Aenv/Apav	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
16	0,6	0,5	0,6	0,6
24	0,6	0,5	0,6	0,5
32	0,6	0,5	0,6	0,5

Quadro 5.4.10 – Área dos Vãos envidraçados – Verão – Efeito do aumento da área dos vãos – Diferença entre as médias das Médias. P3 – P1 $\Delta T(K)$.

Conclusão

Em termos do número de horas de “desconforto” pode-se confirmar algumas das análises feitas anteriormente sobre o efeito do aumento da “área dos vãos envidraçados”, conforme representam as Figuras 5.4.18 a 5.4.20 a seguir.

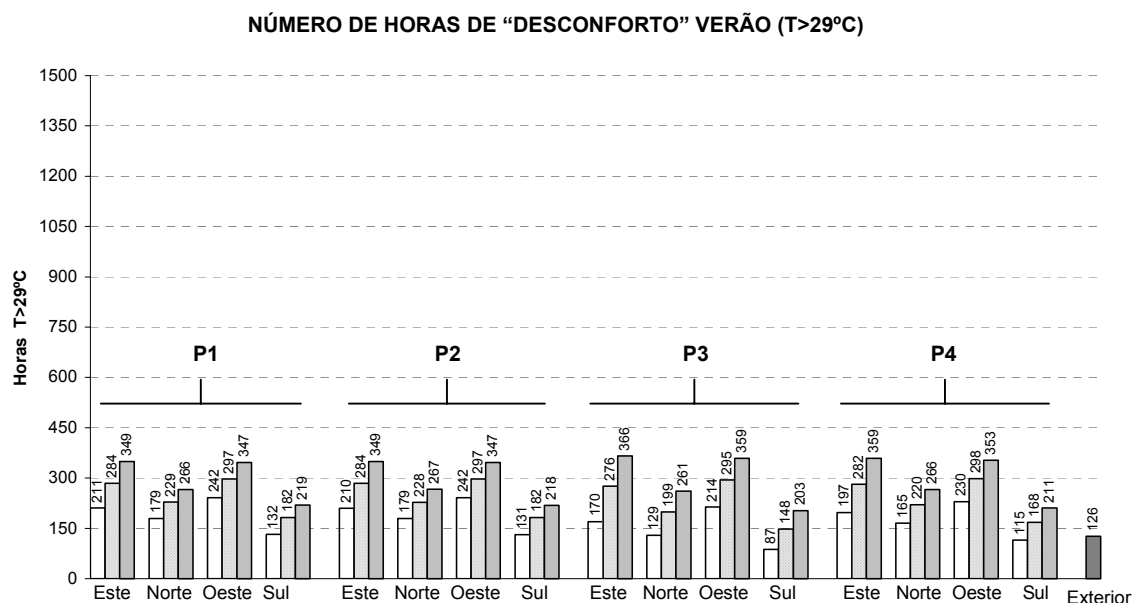


Figura 5.4.18 – Área vãos – Verão (período de 23 de Dezembro a 22 de Março) – Horas “desconforto” (T>29°C)

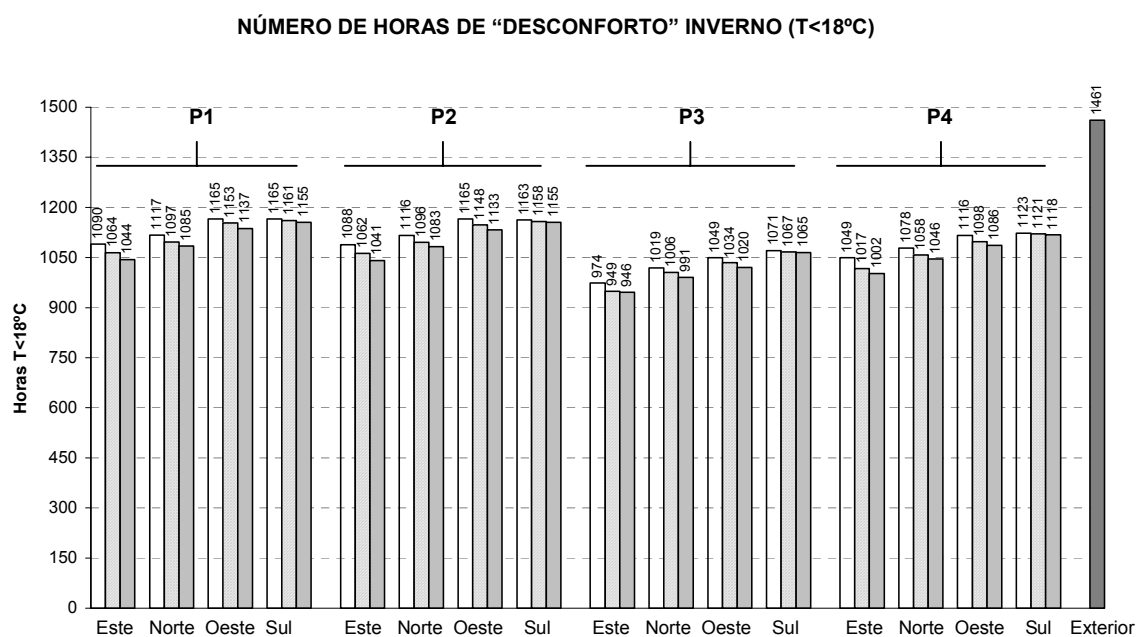
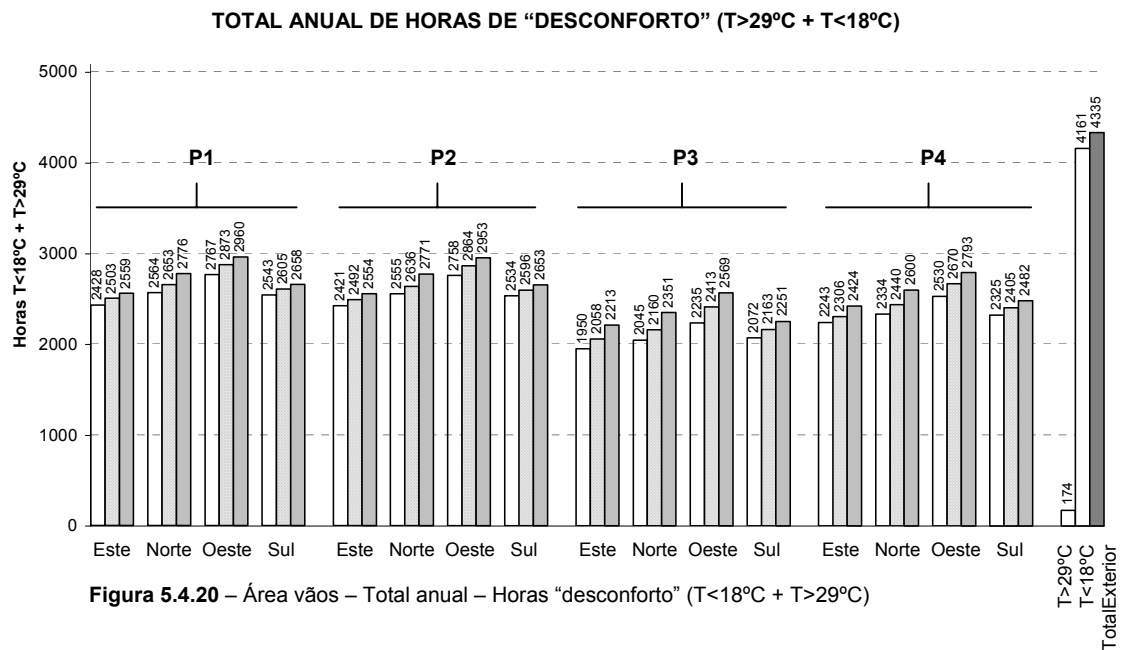


Figura 5.4.19 – Área vãos – Inverno (período de 23 de Junho a 22 de Setembro) – Horas “desconforto” (T<18°C)



O aumento da área dos vãos envidraçados proporcionou um aumento das Temperaturas Máximas e Médias, um factor desfavorável para a condição de **Verão**. A diferença na temperatura Máxima devido ao aumento variou de 0,8 até 4,0K , conforme a orientação e o sistema construtivo. Consequentemente esse efeito decorreu no aumento do número de horas de sobreaquecimento que variou de 87hs até 196hs. Nota-se também que as proporções de Aenv/Apav de 24 e 32% apresentaram horas de sobreaquecimento superiores às calculadas para o ambiente exterior (126hs).

Já para o **Inverno**, o aumento da área dos vãos envidraçados também proporcionou um aumento das Temperaturas Máximas e Médias. Constatou-se porém que este aumento também decorreu numa redução das temperaturas Mínimas, o que denota temperaturas mais baixas durante o período nocturno. Disto se conclui que a estratégia de aumento dos vãos somente seria favorável se conciliada com outras estratégias de armazenamento de calor. O aumento na temperatura Máxima, devido ao aumento da área dos vãos, variou de 0,4 até 2,1K. A maior redução nas Mínimas foi de 0,4K. A redução do número de horas de “desconforto” por frio (T<18°C) devido a esse efeito foi de até 46hs.

A redução da Transmitância térmica passou a apresentar um efeito desfavorável, para o Verão, com o aumento da área dos vãos. Enquanto que para as simulações com

Aenv/Apav=16% houve uma redução de até 41hs no número de horas de sobreaquecimento, para as simulações de Aenv/Apav=32% houve um aumento de até 17hs.

Já para o **Inverno**, o efeito da redução da Transmitância nas paredes externas contribuiu para um aumento das Mínimas, Médias e Máximas, ou seja, um factor favorável, independentemente das proporções de Aenv/Apav. A redução do número de horas com $T < 18^{\circ}\text{C}$ foi de até 90hs (7,8%).

Sobre as “pequenas” áreas envidraçadas (Aenv/Apav=16%) pode-se concluir que: Favorece o controlo das Máximas no **Verão**. Melhor se combinado com baixas Transmitâncias na envolvente e com uma boa orientação. A primeira favorece a redução das Máximas e um aumento das Mínimas, sendo que este, para o caso do Verão, pode ser compensado através de um sistema de dissipação de calor, como a Ventilação Natural. Já uma boa orientação pode ajudar a controlar os ganhos solares.

Embora a dimensão dos vãos não favoreça a captação de ganhos no **Inverno**, este factor pode ser compensado com uma boa orientação e baixa Transmitância na envolvente. Baixas Transmitâncias na envolvente favorecem a preservação de calor, obtido através dos ganhos internos e ganho solar.

E sobre “grandes” áreas envidraçadas (Aenv/Apav=32%): Contribui para maiores ganhos no **Inverno** e conseqüentemente para um aumento das Máximas e Médias. Melhor efeito quando associado com uma boa orientação, baixa Transmitância na envolvente por forma a maximizar os ganhos e reduzir as perdas, e melhor isolamento dos vãos envidraçados durante o período nocturno.

No **Verão**, grandes vãos envidraçados contribuem para um aumento das Máximas. A escolha da orientação requer uma atenção ainda maior, uma vez que grandes vãos evidenciam ainda mais o efeito da variação de Orientação. Uma orientação desfavorável, quando associada a grandes vãos, torna ainda mais crítico o desempenho térmico dos ambientes.

Para o clima em análise, os melhores resultados em termos do número de horas anuais de “desconforto” foram obtidos pela combinação dos seguintes aspectos: proporções de Aenv/Apav=16%, orientação Este e Norte, e baixas Transmitâncias nas paredes.

As análises feitas neste capítulo podem ser visualizadas no seguinte Quadro 5.4.11:

	variável	Médias das temperaturas	N.º horas “desconforto” (T>29°C Verão e T<18°C Inverno)
Verão	Efeito aumento da área dos vãos envidraçados	<ul style="list-style-type: none"> Aumenta Máximas e Médias <p>T Médias aumento de 0,2 a 0,8K T Máximas aumento de 0,8 a 4,0K</p> <p>Tanto > o aumento quanto mais desfavorável a orientação.</p>	<p>Aumento de 87 a 196 hs devido ao aumento de Aenv/Apav 16% para 32%</p>
		<p>A diminuição da Transmitância tem um menor efeito de redução das Máximas, quanto maiores as áreas dos vãos, com tendência a aumentar as horas de sobreaquecimento.</p>	<p>Aenv/Apav 16% = redução de 41hs</p> <p>Aenv/Apav 32% = aumento de 17hs</p>
Inverno	Efeito aumento da área dos vãos envidraçados	<ul style="list-style-type: none"> Aumenta Máximas e Médias Diminui as Mínimas <p>T Máximas aumento de 0,4 a 2,1K T Médias aumento de 0,2 a 0,3K T Mínimas redução de 0,1 a 0,4K</p> <p>Tanto > o aumento das Máximas e Médias quanto mais favorável a orientação.</p>	<p>Redução de 6 a 46hs (3,3% a 4,2%) devido ao aumento de Aenv/Apav 16% para 32%</p>
		<p>A diminuição da Transmitância contribui para o aumento da temperatura em termos das Mínimas, Médias e Máximas.</p> <p>T Máximas aumento de até 0,2K T Médias aumento de 0,5 a 0,6K T Mínimas aumento de 0,6 a 0,9K</p>	<p>Redução em média de 90hs (7,8%)</p>

Quadro 5.4.11 – Área dos vãos envidraçados – Efeito aumento da área dos vãos – Quadro Geral de resultados

5.5 Sombreamento

Os resultados analisados no capítulo anterior, “área dos vãos envidraçados” demonstraram que, para a condição de Verão, todas as variações de orientação e área dos vãos decorreram em médias das Máximas superiores a 29°C, e números de horas de sobreaquecimento ($T > 29^\circ\text{C}$) superiores às 126hs contabilizadas para o clima exterior.

Tendo em vista que o sombreamento dos vãos envidraçados é uma estratégia recomendada pela proposta de Norma Brasileira em Conforto térmico, optou-se por introduzir um sistema de sombreamento do tipo veneziana, conforme descrito no ponto 4.3.4, a partir das mesmas simulações realizadas no grupo anterior.

Seguem portanto os resultados obtidos em termos das médias das temperaturas Médias e Máximas representados na Figura 5.5.1 a 5.5.4, referentes aos quatro sistemas construtivos simulados P1, P2, P3 e P4, nas proporções de A_{env}/A_{pav} de 16, 24 e 32% e para as quatro orientações Nascente, Norte, Poente e Sul.

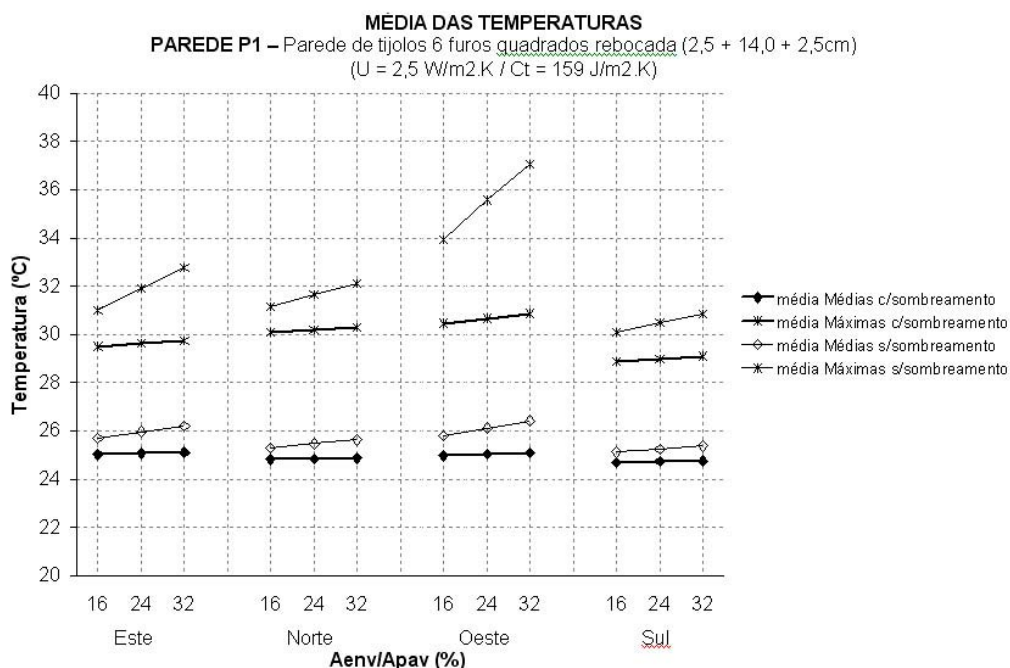


Figura 5.5.1 – Verão – Efeito do Sombreamento – Alternativa P1 – Orientação e Área dos vãos envidraçados

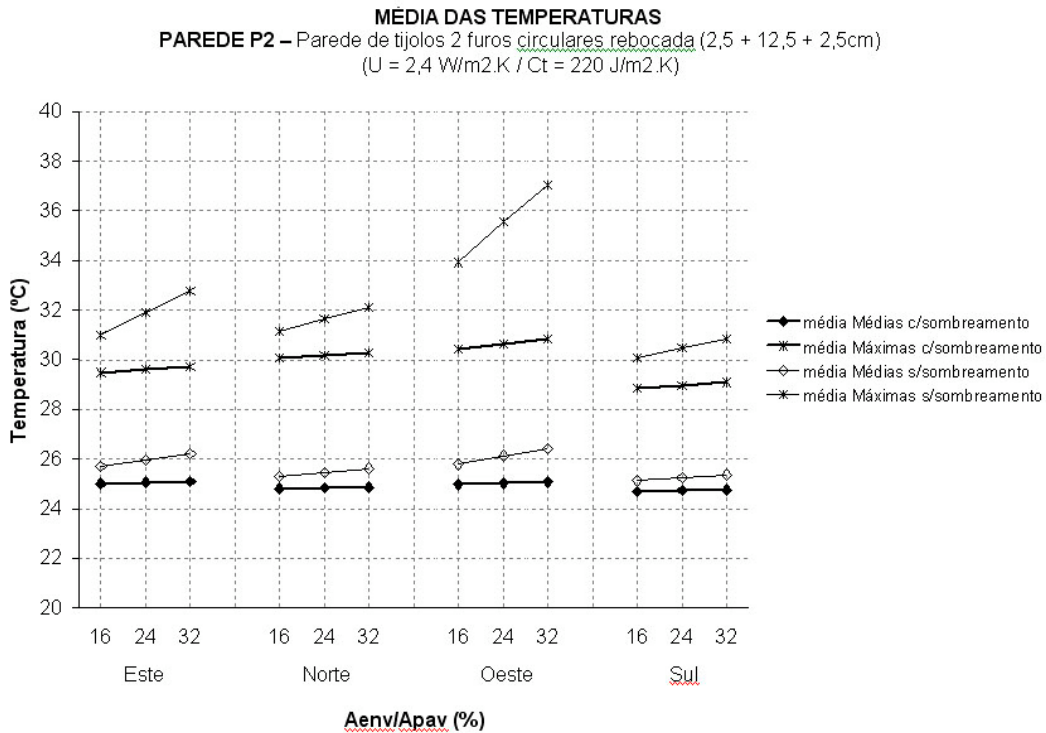


Figura 5.5.2 – Verão – Efeito do Sombreamento – Alternativa P2 – Orientação e Área dos vãos envidraçados

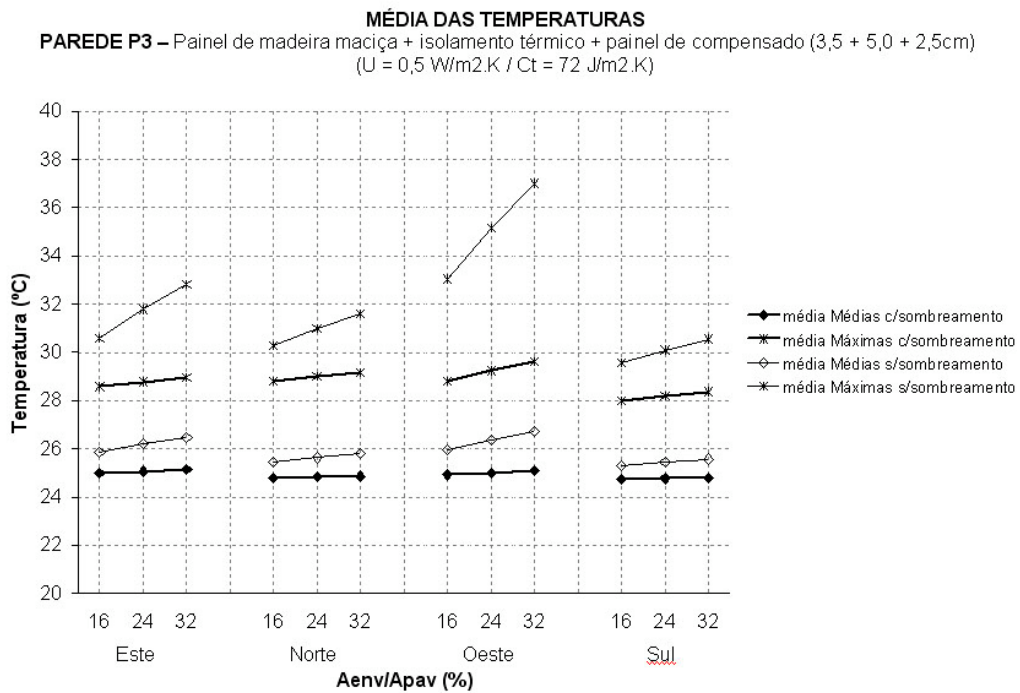


Figura 5.5.3 – Verão – Efeito do Sombreamento – Alternativa P3 – Orientação e Área dos vãos envidraçados

MÉDIA DAS TEMPERATURAS
PAREDE P4 – Parede de tijolos 8 furos quadrados rebocada (2,5 + 19,0 + 2,5cm)
(U = 1,6 W/m².K / Ct = 232 J/m².K)

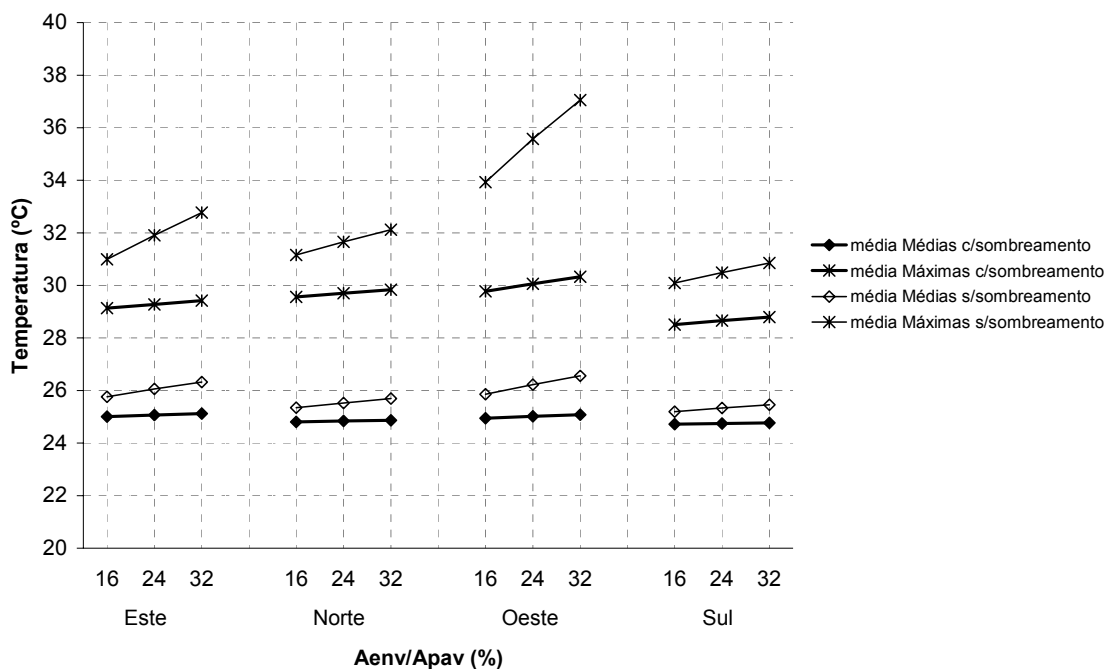


Figura 5.5.4 – Verão – Efeito do Sombreamento – Alternativa **P4** – Orientação e Área dos vãos envidraçados

O que se pode constatar através desses gráficos é que, o sombreamento através de venezianas contribuiu para a redução das Médias e Máximas, para todos os sistemas construtivos e em todas as orientações simuladas. A maior redução das Máximas foi identificada na alternativa P3 (menor Transmitância), quando orientada a Poente e com Aenv/Apav = 32%, atingindo uma diferença de 7,4K. A menor redução verificou-se para a alternativa de maior Transmitância P1, com Aenv/Apav = 16%, no valor de 1,1K.

Verifica-se também que as reduções se mostraram tanto maiores quanto mais desfavoráveis as orientações, e tanto maiores quanto maiores as áreas dos vãos. Ou seja, para a orientação Poente, identificada nos capítulos anteriores com a mais desfavorável para a condição de verão, as reduções apresentaram-se na ordem de 3,7K para Aenv/Apav = 16%, de 5,3K para Aenv/Apav = 24%, e de 6,6 Aenv/Apav = 32%. Esses valores podem ser observados no Quadro 5.5.1, onde se encontram representadas as reduções em termos dos valores médios das Máximas.

DIFERENCIAL DAS MÁXIMAS DEVIDO AO SOMBREAMENTO DOS VÃOS

Aenv/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	1,5	1,5	2,0	1,7
24	2,3	2,3	3,0	2,6
32	3,0	3,1	3,1	3,4

ESTE

Aenv/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	1,1	1,1	1,5	1,2
24	1,5	1,5	2,0	1,7
32	1,8	1,8	2,4	2,1

NORTE

Aenv/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	3,4	3,5	4,2	3,8
24	4,9	4,9	6,0	5,3
32	6,2	6,2	7,4	6,7

OESTE

Aenv/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	1,2	1,2	1,6	1,4
24	1,5	1,5	1,9	1,7
32	1,8	1,8	2,2	1,9

SUL

Quadro 5.5.1 – Efeito do Sombreamento – Redução dos valores médios das Temperaturas Máximas

Esses dados permitem concluir que, a necessidade de proteger os vãos envidraçados, durante o Verão, é tanto maior quanto maiores forem os ganhos de calor, quer seja devido a uma orientação que condicione a uma forte incidência de radiação solar directa, quer seja devido à área dos vãos (tanto maior quanto maior a área dos vãos).

No que se refere à Transmitância verifica-se que, o efeito redutor das Máximas, proporcionado pela redução destas, apresenta um melhor resultado quando simulado com sombreamento nos vãos. Nas simulações sem sombreamento verificou-se que quanto maior a área envidraçada menor era a redução das Máximas, com tendência a aumentar essas temperaturas. Já para as simulações com sombreamento verificou-se que, embora esse efeito também tenha se mostrado tanto menor quanto maiores os vãos, os resultados ainda se mostraram favoráveis proporcionando uma redução de até 1,2K nas proporções de Aenv/Avp=32%. Essas reduções podem ser identificadas nos Quadros 5.5.2 e 5.5.3.

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(P1 – P3)

Aenv/Apav	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
16	0,4	0,9	0,9	0,5
24	0,1	0,7	0,4	0,4
32	-	0,5	-	0,2

Quadro 5.5.2 – Sem sombreamento – Verão – Efeito da variação da Transmitância – Diferença entre as **médias das Máximas. P1 – P3** $\Delta T(K)$.

VARIAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO
(P1 – P3)

Aenv/Apav	ESTE	NORTE	OESTE	SUL
16	1,0	1,5	1,8	1,0
24	0,8	1,2	1,4	0,8
32	0,7	1,1	1,2	0,7

Quadro 5.5.3 – Com sombreamento – Verão – Efeito da variação da Transmitância – Diferença entre as **médias das Máximas. P1 – P3** $\Delta T(K)$.

Nos gráficos das Figuras 5.5.5 e 5.5.6 encontra-se ilustrado o efeito do sombreamento para as alternativas de maior e menor Transmitância, P1 e P3 respectivamente, para os dias 25 e 26 de Fevereiro e orientação Norte. Através da comparação desses gráficos pode-se confirmar o efeito do sombreamento dos vãos, o qual se mostra com maior efeito quando combinado com baixas Transmitâncias na envolvente.

EFEITO DO SOMBREAMENTO DOS VÃOS
PAREDE P1 – Paredes de tijolos 6 furos quadrados rebocada (2,5 + 14,0 + 2,5cm)
 (U = 2,5 W/m².K / Ct = 159 J/m².K)

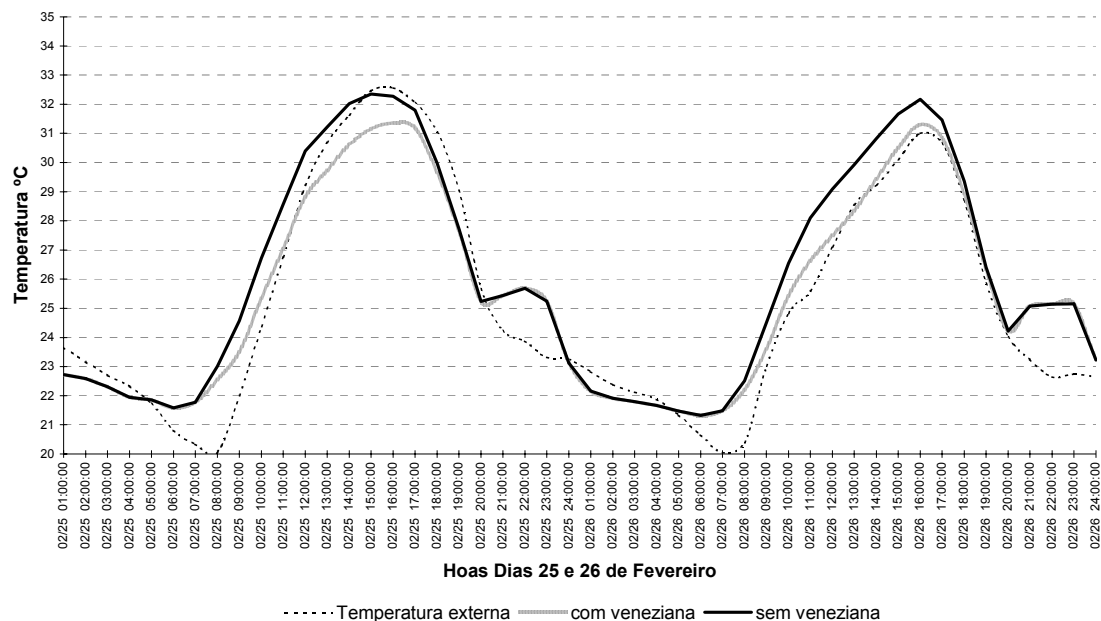


Figura 5.5.5 – Efeito do Sombreamento – Alternativa P1 – Orientação Norte – Aenv/Apav=16%

EFEITO DO SOMBREAMENTO DOS VÃOS
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

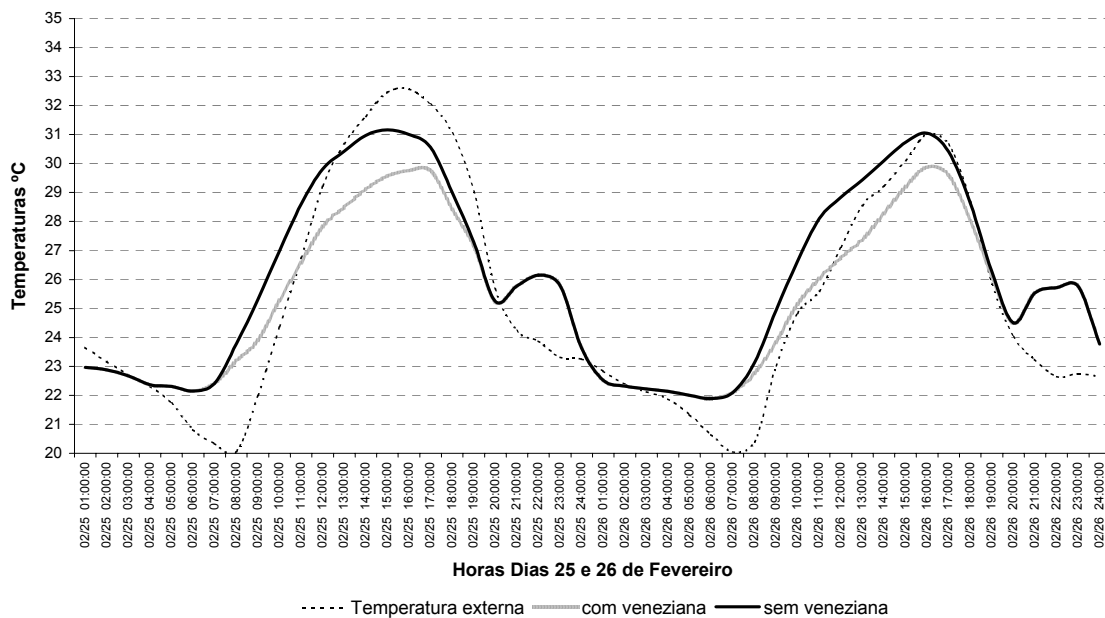


Figura 5.5.6 – Efeito do Sombreamento – Alternativa P3 – Orientação Norte – Aenv/Apav=16%

Por forma a complementar essa análise, seguem representadas nas Figuras 5.5.7 a 5.5.9 o número de horas de sobreaquecimento, para as quatro orientações simuladas, para o período de 23 de Dezembro a 22 de Março.

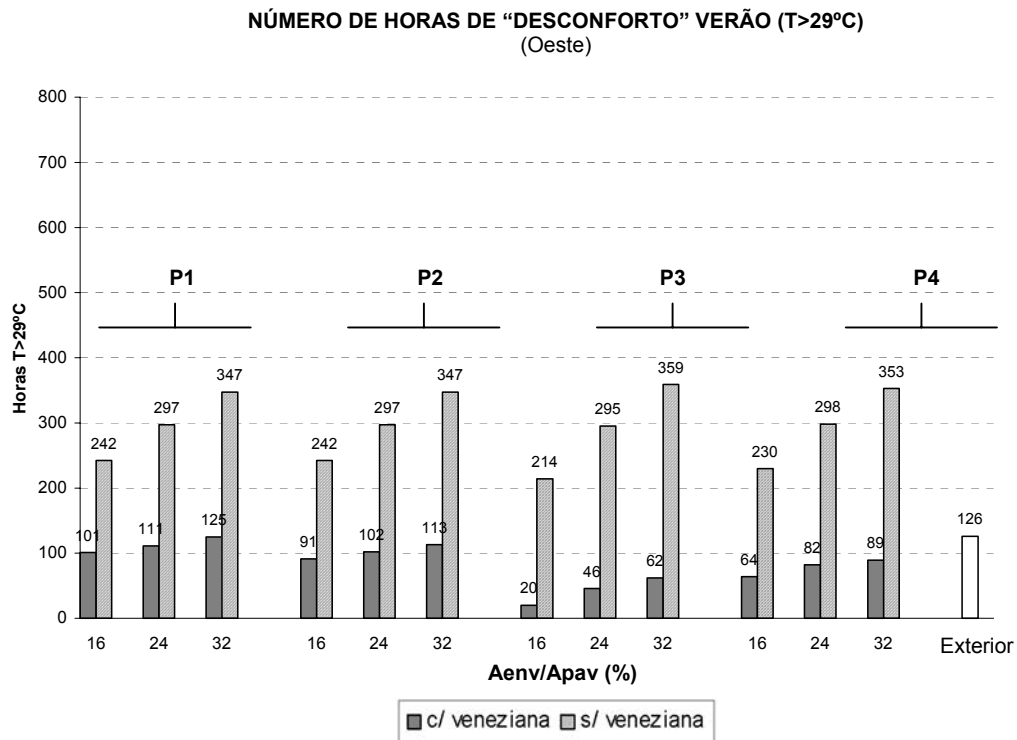


Figura 5.5.7 – Efeito do Sombreamento – Horas sobreaquecimento (T>29°C) – Orientação Oeste

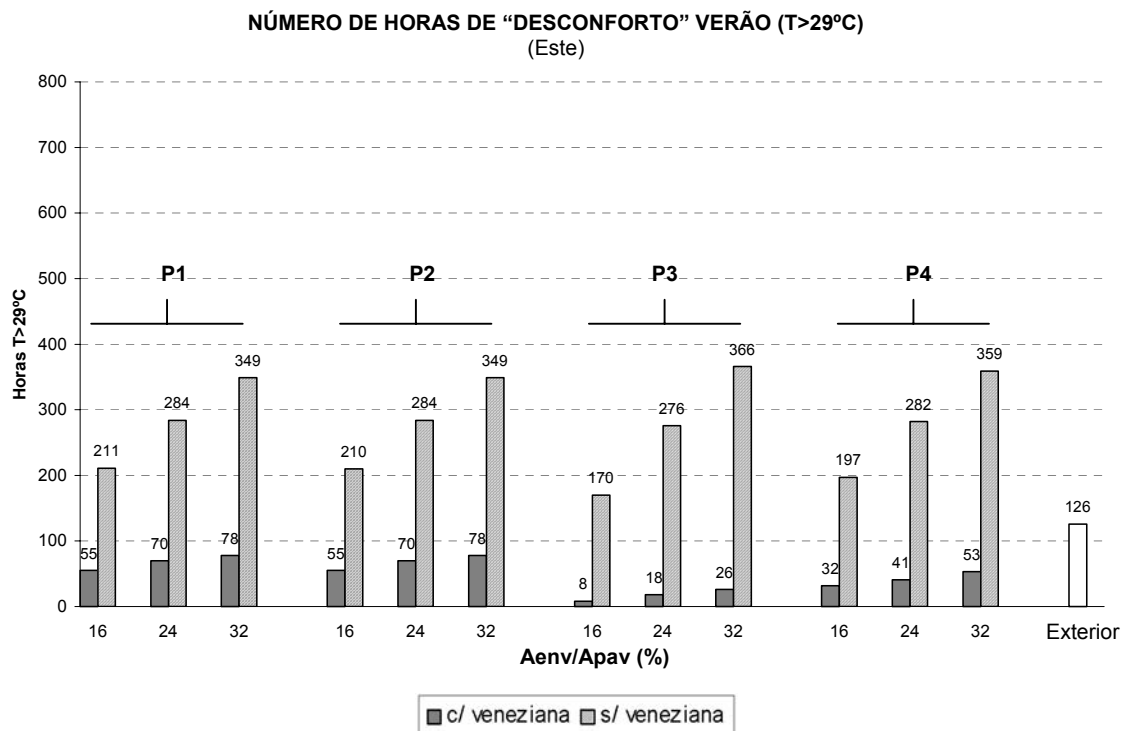


Figura 5.5.8 – Efeito do Sombreamento – Horas sobreaquecimento (T>29°C) – Orientação Este

NÚMERO DE HORAS DE “DESCONFORTO” VERÃO (T>29°C)
(Norte)

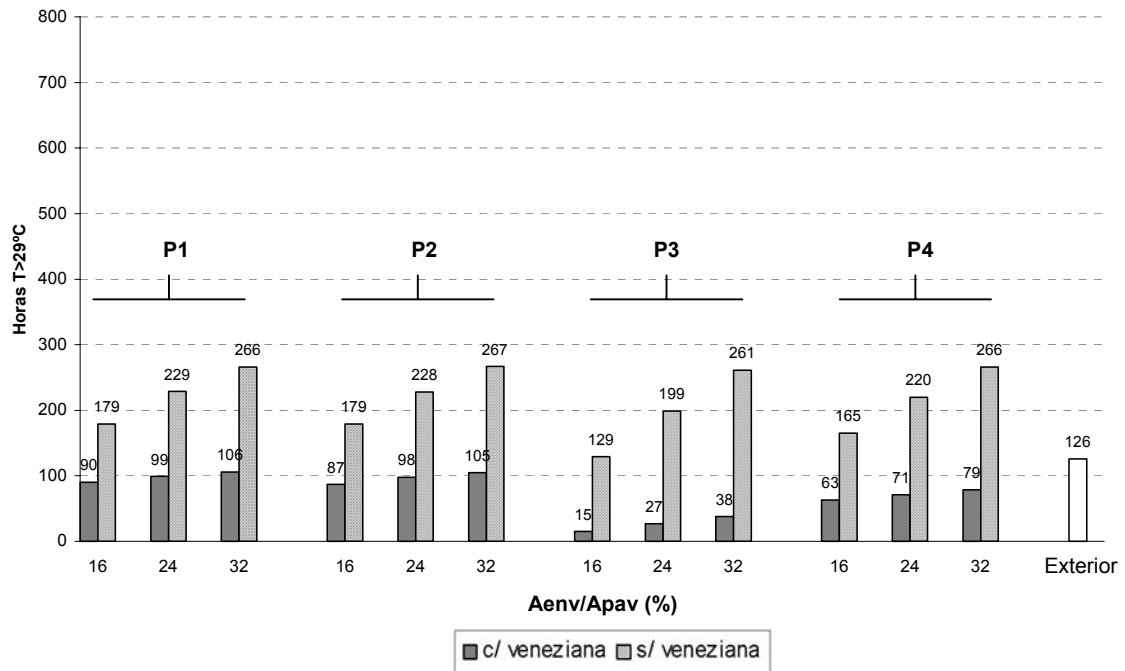


Figura 5.5.9 – Efeito do Sombreamento – Horas sobreaquecimento (T>29°C) – Orientação Norte

NÚMERO DE HORAS DE “DESCONFORTO” VERÃO (T>29°C)
(Sul)

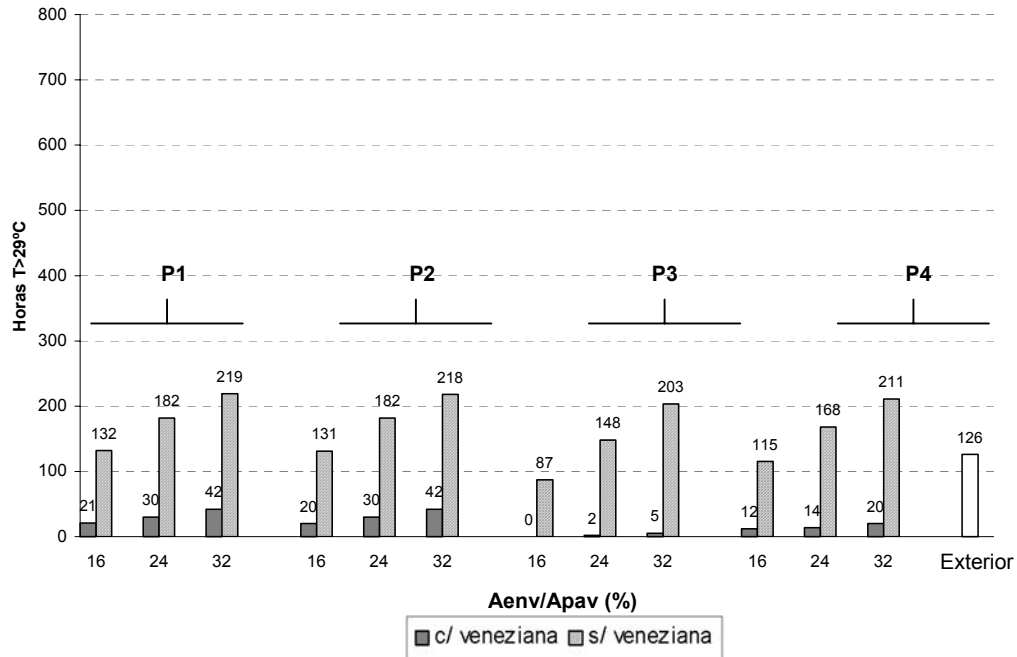


Figura 5.5.10 – Efeito do Sombreamento – Horas sobreaquecimento (T>29°C) – Orientação Sul

A introdução desse sistema de sombreamento resultou em uma considerável redução das temperaturas Máximas. Em termos do número de horas de “desconforto” esse efeito proporcionou uma redução que variou de 89hs 49,7% a 340hs 98,9%.

Pode-se constatar também que, para praticamente todos os sistemas construtivos simulados e todas as orientações, o número de horas foi inferior ao calculado para a condição externa de temperatura (126hs). Deste modo conclui-se que a necessidade de sombreamento dos vãos no Verão é tanto maior quanto mais desfavoráveis as orientações e tanto maior quanto maiores os vãos.

5.6 Ventilação Natural

Constatou-se que a estratégia de sombreamento dos vãos envidraçados durante o dia contribuiu significativamente para a redução das Máximas, para o período do Verão. No entanto, verificou-se também que esse efeito variou consoante o tipo de sistema construtivo das paredes externas, tendo apresentado reduções tanto maiores quanto mais baixas Transmitâncias. Já relativamente às Mínimas, correspondente ao período nocturno, a característica de baixas Transmitâncias se mostrou conducente dos resultados mais desfavoráveis, tendo registado um aumento destas temperaturas.

Tendo em vista a identificação de uma possível estratégia, passível de se conciliar com o sombreamento, com o objectivo de contribuir para a redução das Mínimas, procedeu-se à simulação da Ventilação Natural através do EnergyPlus-Comis conforme descrito no capítulo 1.

Por forma a complementar a análise sobre a Ventilação Natural, uma vez que esta é uma estratégia recomendada pela proposta de Norma Brasileira em Conforto Térmico, foram simulados três tipos de Ventilação Natural: V1 (nocturna cruzada), V2 (diurna e nocturna cruzada) e V3 (nocturna unilateral).

De um modo geral pode-se dizer que, a ventilação tipo V1 (nocturna cruzada) proporcionou uma diminuição das Mínimas e Médias, para todos os sistemas construtivos e em todas as orientações simulados, em comparação aos resultados obtidos através da estratégia de sombreamento dos vãos. A ventilação tipo V3 (nocturna unilateral) também apresentou reduções das temperaturas mínimas, no entanto estas temperaturas se mostraram superiores às mínimas obtidas com a V1. Finalmente a ventilação tipo V2 (diurna e nocturna cruzada) apresentou as maiores temperaturas, tendo estas se mostrado muito próximas da temperatura externa.

Os resultados em termos das médias das temperaturas Mínimas e Máximas encontram-se representados nas Figuras 5.6.1 a 5.6.8, referentes à semana representativa do Verão (22 a 28 de Fevereiro).

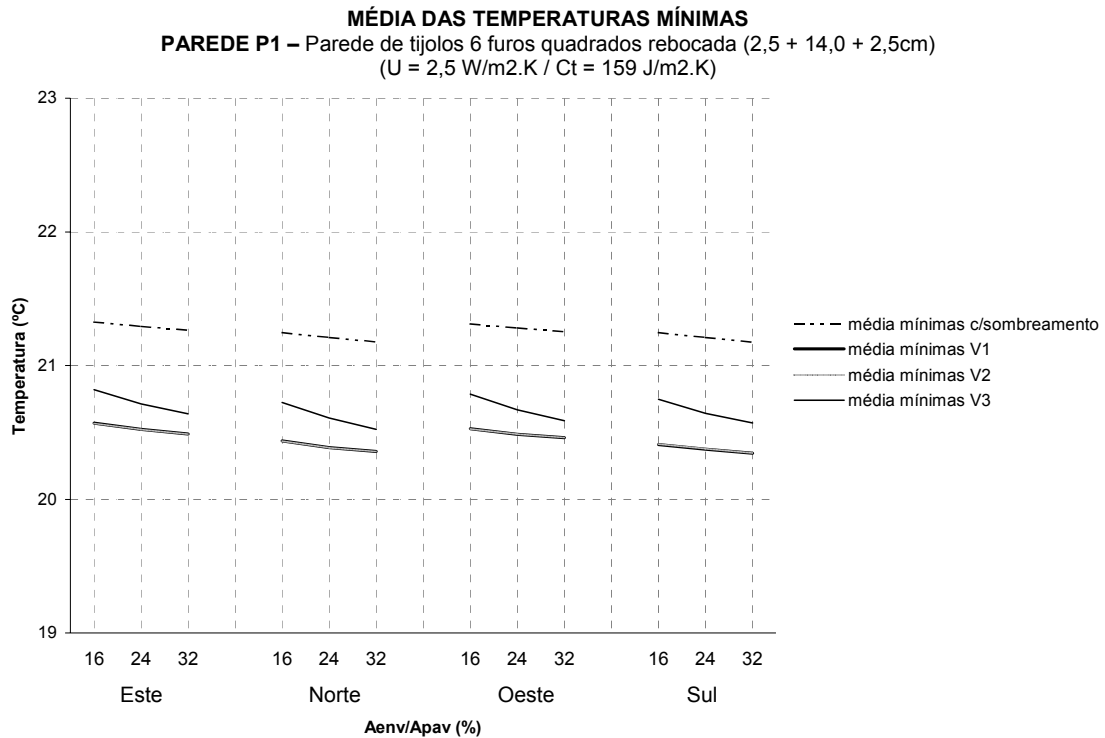


Figura 5.6.1 – Efeito da Ventilação – Alternativa P1 – Média das temperaturas Mínimas

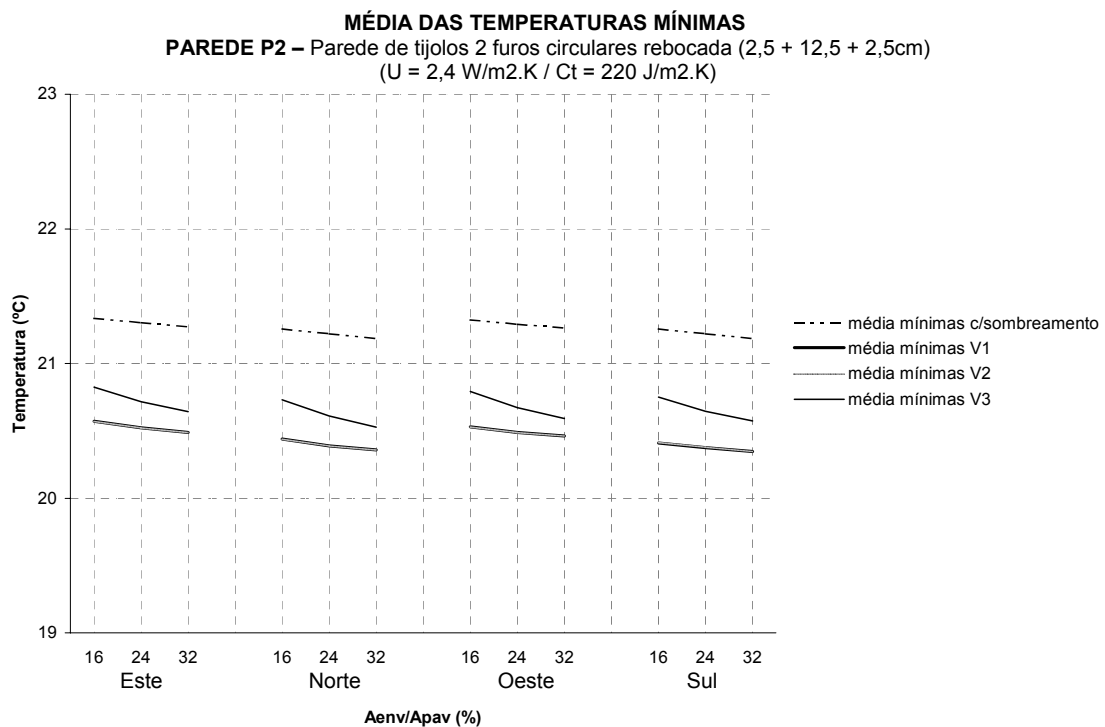


Figura 5.6.2 – Efeito da Ventilação – Alternativa P2 – Média das temperaturas Mínimas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS
PAREDE P3 – Pannel de madeira maciça + isolamento térmico + pannel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

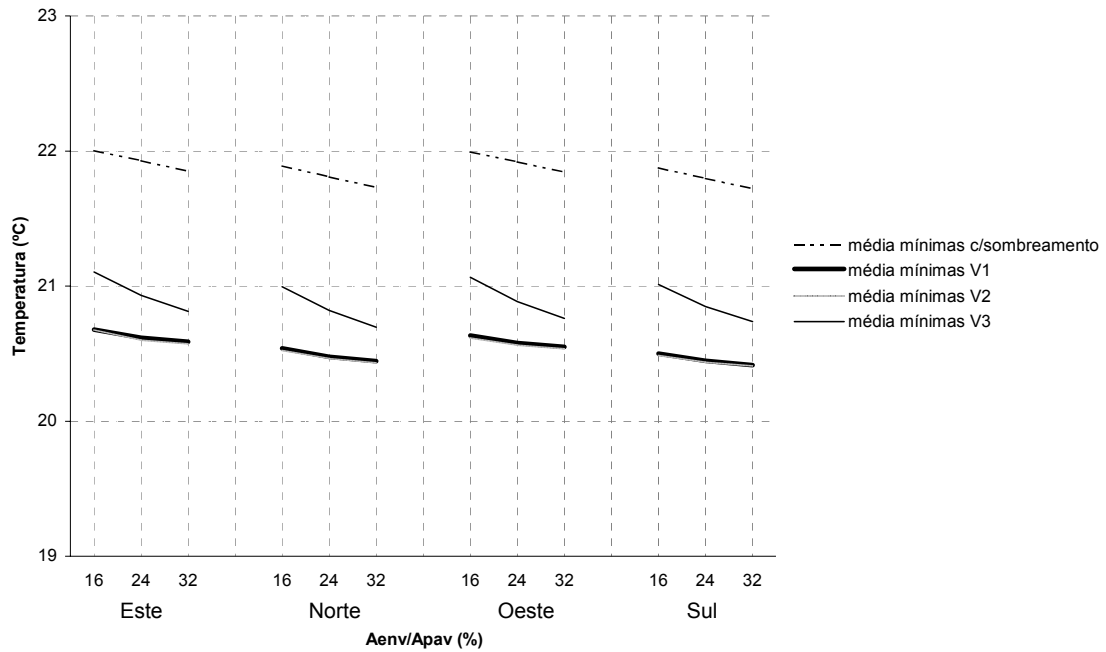


Figura 5.6.3 – Efeito da Ventilação – Alternativa P3 – Média das temperaturas Mínimas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS
PAREDE P4 – Parede de tijolos 8 furos quadrados rebocada (2,5 + 19,0 + 2,5cm)
 (U = 1,6 W/m².K / Ct = 232 J/m².K)

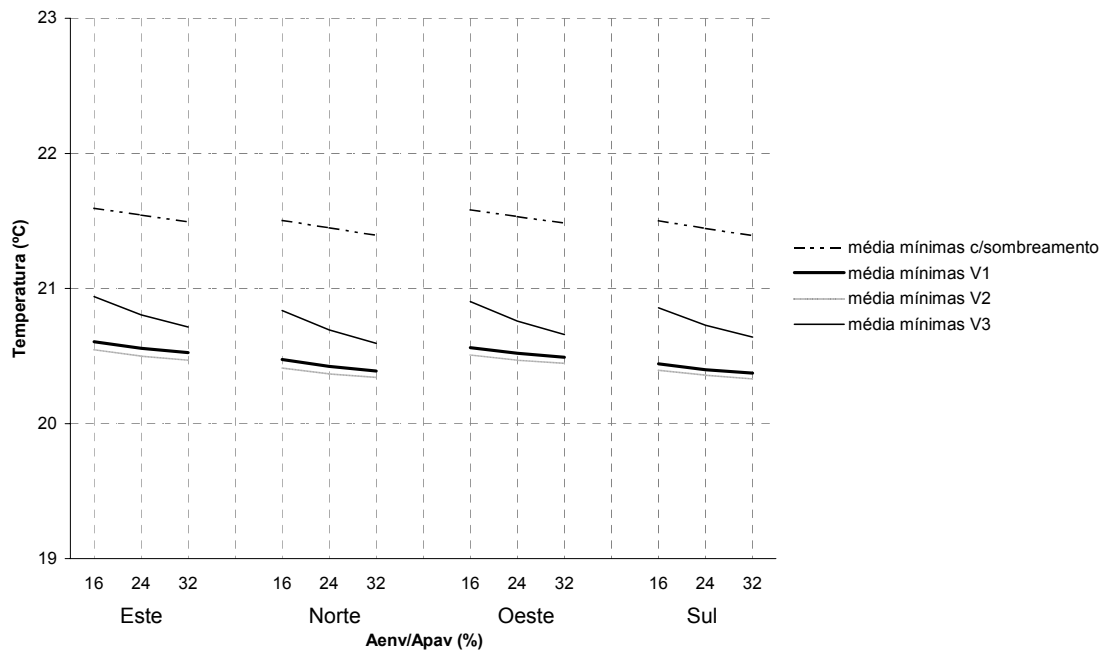


Figura 5.6.4 – Efeito da Ventilação – Alternativa P4 – Média das temperaturas Mínimas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS
PAREDE P1 – Parede de tijolos 6 furos quadrados rebocada (2,5 + 14,0 + 2,5cm)
 (U = 2,5 W/m².K / Ct = 159 J/m².K)

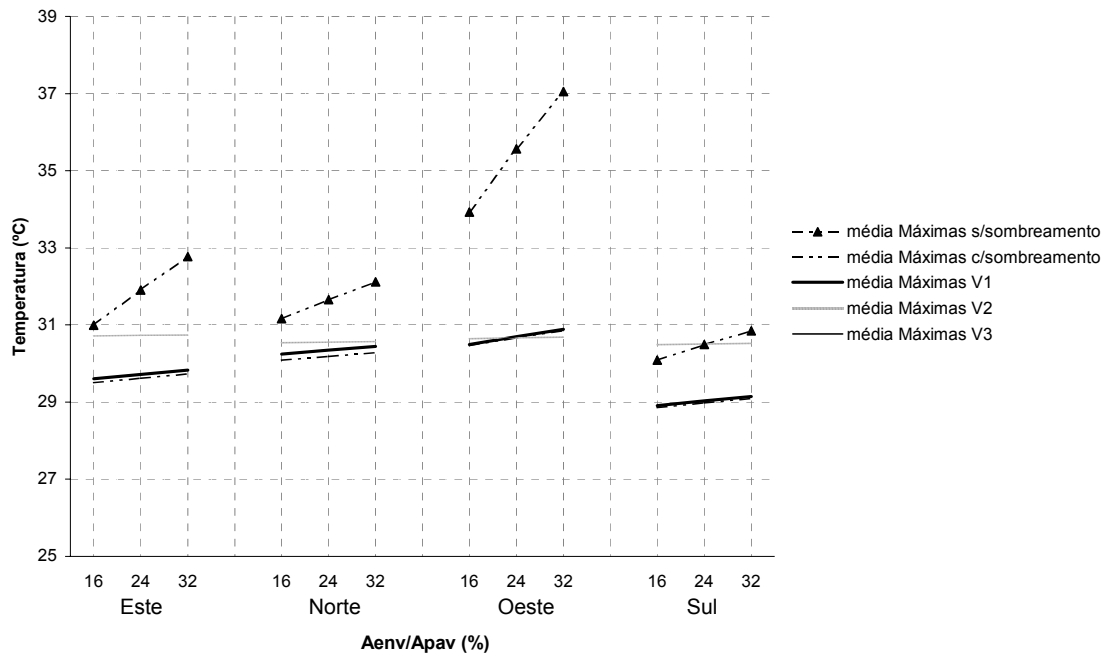


Figura 5.6.5 – Efeito da Ventilação – Alternativa P1 – Média das temperaturas Máximas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS
PAREDE P2 – Parede de tijolos 2 furos circulares rebocada (2,5 + 12,5 + 2,5cm)
 (U = 2,4 W/m².K / Ct = 220 J/m².K)

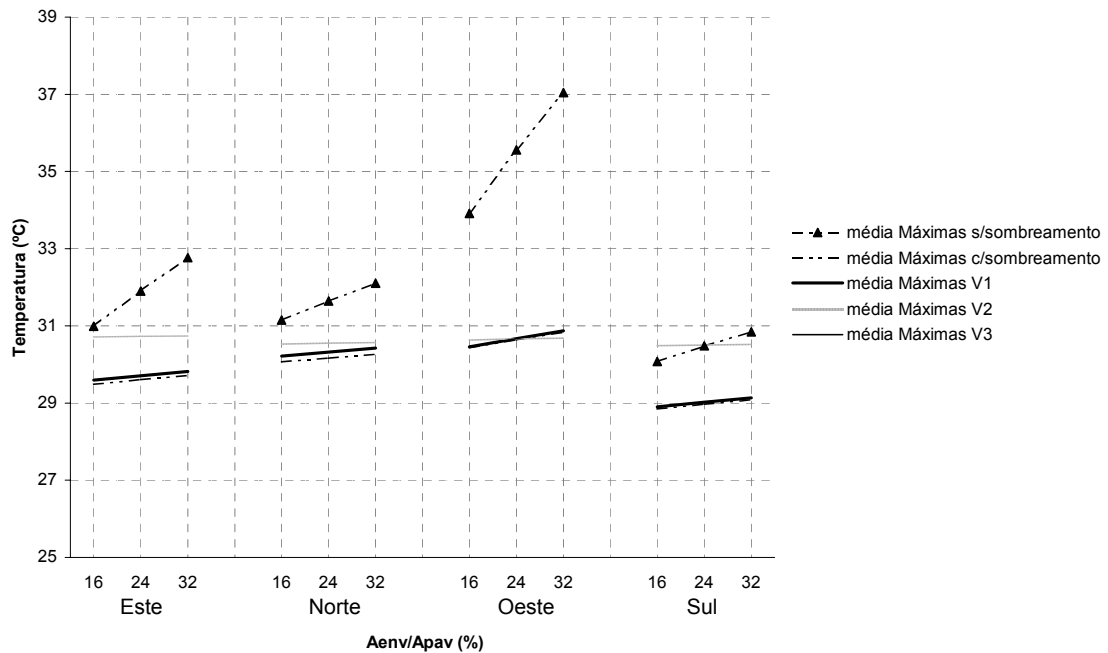


Figura 5.6.6 – Efeito da Ventilação – Alternativa P2 – Média das temperaturas Máximas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS
PAREDE P3 – Painel de madeira maciça + isolamento térmico + painel de compensado (3,5 + 5,0 + 2,5cm)
 (U = 0,5 W/m².K / Ct = 72 J/m².K)

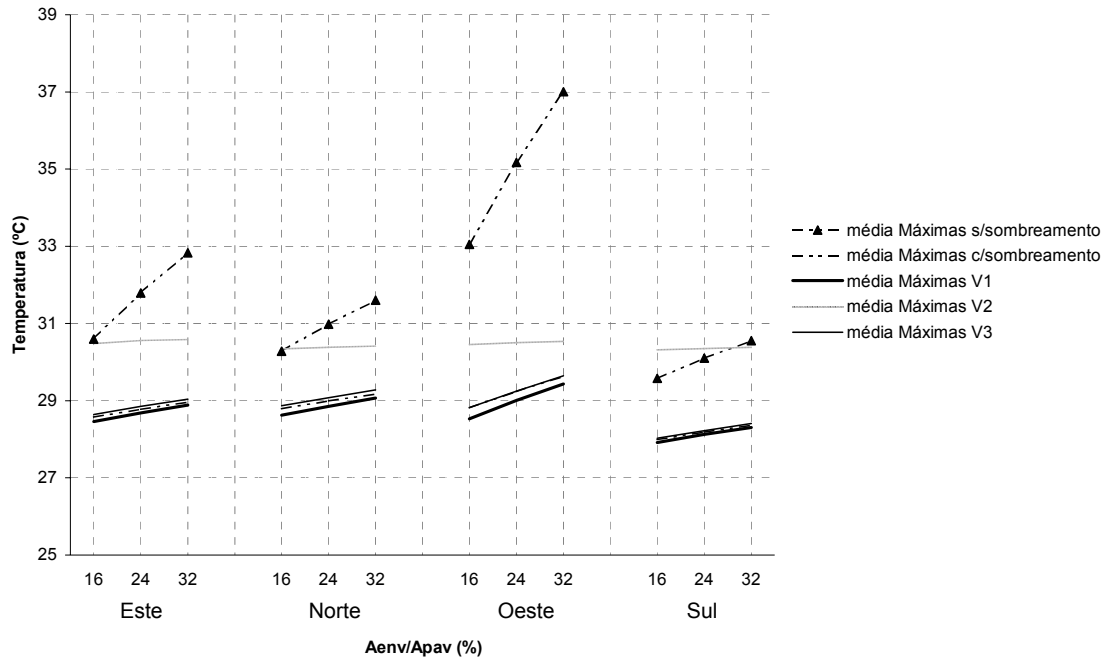


Figura 5.6.7 – Efeito da Ventilação – Alternativa P3 – Média das temperaturas Máximas

MÉDIA DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS
PAREDE P4 – Paredes de tijolos 8 furos quadrados rebocada (2,5 + 19,0 + 2,5cm)
 (U = 1,6 W/m².K / Ct = 232 J/m².K)

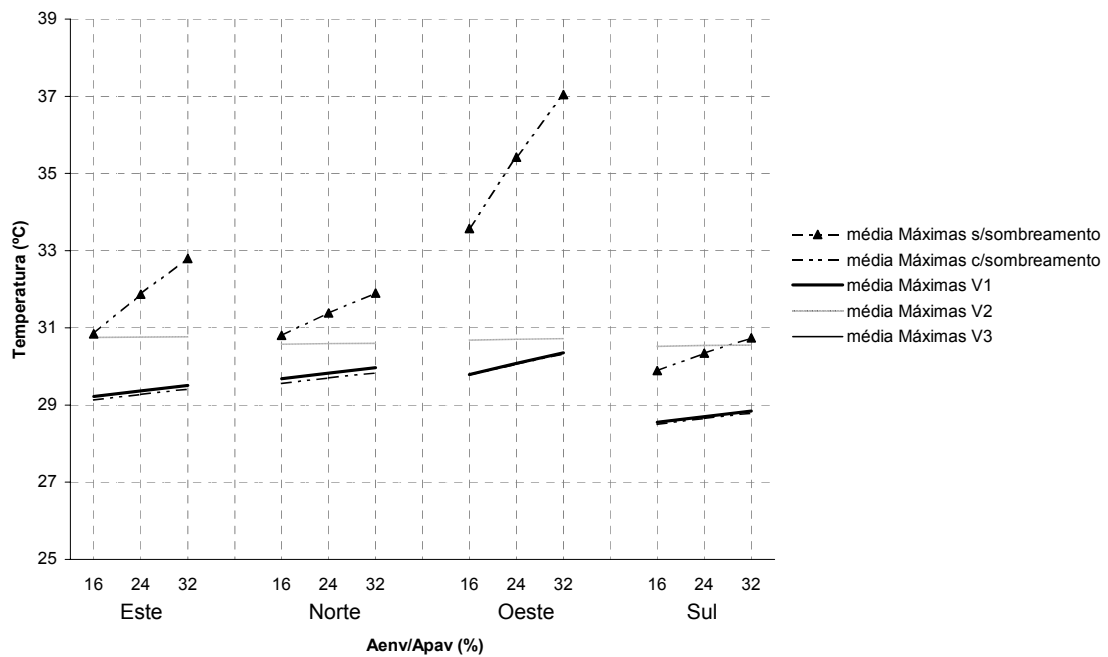


Figura 5.6.8 – Efeito da Ventilação – Alternativa P4 – Média das temperaturas Máximas

As médias das Mínimas permitem constatar que as alternativas V1 e V2 apresentaram os valores mais baixos e a ventilação unilateral nocturna (V3) resultou em temperaturas sensivelmente superiores a estas. Nota-se no entanto que, embora os resultados entre os tipos de ventilação tenham apresentado diferenças, todos os três tipos de ventilação simulados conduziram a temperaturas Mínimas inferiores àquelas obtidas somente através da adopção do sombreamento dos vãos.

Relativamente às Máximas verifica-se que, as ventilações do tipo V1 e V3 apresentaram valores equivalentes aos valores já obtidos através do sombreamento, os quais variaram consoante a orientação e tamanho dos vãos. Faz-se necessário recordar que, para esses dois tipos de ventilação foi considerada apenas infiltração durante o dia, assim como adoptado nas simulações apenas com sombreamento.

Já a ventilação tipo V2, nocturna e diurna, foi a que apresentou as maiores Máximas, praticamente equivalentes à média das Máximas do ambiente exterior, 30,7°C.

As diferenças entre as médias das temperaturas obtidas apenas com a adopção de sombreamento dos vãos, e as temperaturas obtidas através da Ventilação Natural, também podem ser visualizadas nos Quadros 5.6.1 ao 5.6.6.

REDUÇÃO DAS MÍNIMAS (V1 - SOMBREAMENTO)

Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
24	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
32	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
ESTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,8	-0,8	-1,4	-1,0
24	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
32	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
NORTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,8	-0,8	-1,4	-1,0
24	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
32	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
OESTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,8	-0,8	-1,4	-1,1
24	-0,8	-0,8	-1,4	-1,0
32	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
SUL				

Quadro 5.6.1 – Efeito da V1 – Redução dos valores médios das Temperaturas **Mínimas** em relação ao Sombreamento

REDUÇÃO DAS MÁXIMAS (V1 - SOMBREAMENTO)

Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-	-	-0,1	-
24	-	-	-0,1	-
32	-	-	-0,1	-
ESTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-	-	-0,2	-
24	-	-	-0,1	-
32	-	-	-0,1	-
NORTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-	-	-0,3	-
24	-	-	-0,2	-
32	-	-	-0,2	-
OESTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-	-	-0,1	-
24	-	-	-0,1	-
32	-	-	-0,1	-
SUL				

Quadro 5.6.2 – Efeito da V1 – Redução dos valores médios das Temperaturas **Máximas** em relação ao Sombreamento

REDUÇÃO DAS MÍNIMAS (V2 - SOMBREAMENTO)

Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
24	-0,8	-0,8	-1,3	-1,1
32	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
ESTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,8	-0,8	-1,4	-1,0
24	-0,8	-0,8	-1,3	-1,1
32	-0,8	-0,8	-1,3	-1,1
NORTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,8	-0,8	-1,4	-1,1
24	-0,8	-0,8	-1,3	-1,1
32	-0,8	-0,8	-1,3	-1,0
OESTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,8	-0,8	-1,4	-1,1
24	-0,8	-0,8	-1,4	-1,1
32	-0,8	-0,8	-1,3	-1,1
SUL				

Quadro 5.6.3 – Efeito da V2 – Redução dos valores médios das Temperaturas **Mínimas** em relação ao Sombreamento

AUMENTO DAS MÁXIMAS (V2 - SOMBREAMENTO)

Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	1,2	1,2	1,9	1,6
24	1,1	1,1	1,8	1,5
32	1,0	1,0	1,6	1,4
ESTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	0,4	0,5	1,5	1,0
24	0,4	0,4	1,4	0,9
32	0,3	0,3	1,2	0,8
NORTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	0,2	0,2	1,6	0,9
24	-	-	1,3	0,6
32	0,2	0,2	0,9	0,4
OESTE				
Aerw/Ápav (%)	P1	P2	P3	P4
16	1,6	1,6	2,3	2,0
24	1,5	1,5	2,2	1,9
32	1,4	1,4	2,0	1,8
SUL				

Quadro 5.6.4 – Efeito da V2 – Aumento dos valores médios das Temperaturas **Máximas** em relação ao Sombreamento

REDUÇÃO DAS MÍNIMAS (V3 - SOMBREAMENTO)

Aerw/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,5	-0,5	-0,9	-0,7
24	-0,6	-0,6	-1,0	-0,7
32	-0,6	-0,6	-1,0	-0,8
ESTE				
Aerw/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,5	-0,5	-0,9	-0,7
24	-0,6	-0,6	-1,0	-0,8
32	-0,7	-0,7	-1,0	-0,8
NORTE				
Aerw/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,5	-0,5	-0,9	-0,7
24	-0,6	-0,6	-1,0	-0,8
32	-0,7	-0,7	-1,1	-0,8
OESTE				
Aerw/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-0,5	-0,5	-0,9	-0,6
24	-0,6	-0,6	-1,0	-0,7
32	-0,6	-0,6	-1,0	-0,8
SUL				

Quadro 5.6.5 – Efeito da V3 – Redução dos valores médios das Temperaturas **Mínimas** em relação ao Sombreamento

AUMENTO DAS MÁXIMAS (V3 - SOMBREAMENTO)

Aerw/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	0,1	0,1	0,1	0,1
24	0,1	0,1	0,1	0,1
32	0,1	0,1	0,1	0,1
ESTE				
Aerw/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	0,2	0,1	0,1	0,1
24	0,2	0,2	0,1	0,1
32	0,2	0,2	0,1	0,1
NORTE				
Aerw/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-	-	-	-
24	-	-	-	-
32	-	-	-	-
OESTE				
Aerw/Apav (%)	P1	P2	P3	P4
16	-	-	-	-
24	0,1	0,1	-	-
32	0,1	0,1	-	-
SUL				

Quadro 5.6.6 – Efeito da V3 – Aumento dos valores médios das Temperaturas **Máximas** em relação ao Sombreamento

Esses valores confirmam o efeito redutor das Mínimas através da simulação da estratégia de dissipação de calor durante o período nocturno (V1).

Faz-se oportuno recordar que as análises dos capítulos anteriores apontaram para o facto de que baixas Transmitâncias nas paredes conduziam a temperaturas Mínimas mais elevadas em relação às alternativas de altas Transmitâncias. Nesse sentido, esses resultados obtidos através da V1 apontaram para o potencial dessa estratégia através das reduções que variaram de 0,8K a 1,4K. Ressalta-se que essas reduções foram tanto maiores quanto menores as Transmitâncias das paredes.

A diferença entre os resultados da V1 e V3 baseou-se fundamentalmente na diminuição do potencial redutor das temperaturas. Em relação aos resultados obtidos com sombreamento, a introdução da ventilação do tipo unilateral nocturna proporcionou uma redução das Mínimas que variou de 0,5 a 1,0K, e das Médias de 0,3K a 0,7K.

Quanto à ventilação V2 (diurna e nocturna) observou-se que, esta decorreu no mesmo efeito redutor das Mínimas e Médias, tendo no entanto se diferenciado pelo aumento das Máximas, para todas as orientações e sistemas construtivos simulados. Estes aumentos, que tenderam seguir a evolução de temperatura externa, variaram de 0,2 a 2,3K.

Por forma a identificar o efeito da variação da orientação e do tipo de ventilação, em termos das taxas de renovação de ar, seguem representados nos Quadros 5.6.7, 5.6.8 e 5.6.9 para o período dos dias 25 e 26 de Fevereiro. O efeito da variação dessas trocas podem ser observados nos gráficos de evolução de temperatura representados nas Figuras 5.6.10, 5.6.12 e 5.6.14. Optou-se por representar apenas os resultados obtidos com a alternativa de menor Transmitância nas paredes (P3) por forma a evidenciar o potencial redutor das Mínimas através da ventilação nocturna.

HORA	NORTE	SUL	ESTE	OESTE	HORA	SUL	ESTE	OESTE
02/25 01:00	16,0	27,6	0,0	0,0	02/26 01:00	3,2	3,2	3,2
02/25 02:00	23,2	40,0	0,0	0,0	02/26 02:00	3,6	3,6	3,6
02/25 03:00	3,8	7,5	1,1	1,2	02/26 03:00	4,0	4,0	4,0
02/25 04:00	3,6	3,6	3,6	3,6	02/26 04:00	4,1	4,1	4,1
02/25 05:00	12,5	23,3	0,3	0,3	02/26 05:00	4,8	4,8	4,8
02/25 06:00	17,2	17,6	24,9	25,4	02/26 06:00	66,1	70,9	4,8
02/25 07:00	1,2	0,9	0,0	0,0	02/26 07:00	66,8	71,4	1,0
02/25 08:00	3,7	3,3	0,2	0,0	02/26 08:00	5,4	5,4	5,5
02/25 09:00	0,9	0,9	0,0	0,0	02/26 09:00	67,1	76,6	0,0
02/25 10:00	0,3	0,3	0,0	0,0	02/26 10:00	0,6	0,6	0,2
02/25 11:00	0,2	0,2	0,1	0,1	02/26 11:00	0,1	0,1	0,7
02/25 12:00	0,2	0,2	0,1	0,1	02/26 12:00	0,5	0,5	0,3
02/25 13:00	0,1	0,1	0,2	0,2	02/26 13:00	0,2	0,2	0,7
02/25 14:00	0,0	0,0	0,4	0,4	02/26 14:00	0,3	0,4	0,4
02/25 15:00	0,3	0,3	0,7	0,6	02/26 15:00	0,4	0,7	0,0
02/25 16:00	0,2	0,2	0,7	0,7	02/26 16:00	0,6	0,7	0,0
02/25 17:00	0,5	0,5	0,0	0,2	02/26 17:00	1,0	1,0	0,0
02/25 18:00	0,8	0,8	0,6	0,9	02/26 18:00	1,2	1,2	1,0
02/25 19:00	2,3	2,8	0,1	0,3	02/26 19:00	1,2	1,2	2,1
02/25 20:00	153,9	227,3	0,0	0,0	02/26 20:00	113,3	113,3	1,7
02/25 21:00	107,9	115,8	0,0	0,0	02/26 21:00	90,6	90,6	0,6
02/25 22:00	33,4	37,8	1,0	1,0	02/26 22:00	35,6	35,6	3,1
02/25 23:00	5,1	5,1	5,0	5,0	02/26 23:00	0,0	0,1	51,8
02/25 24:00	2,7	2,7	2,7	2,7	02/26 24:00	0,0	0,1	33,5

Quadro 5.6.7 – Efeito da V1 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Tabela Taxas de renovação do ar/hora (RPH)

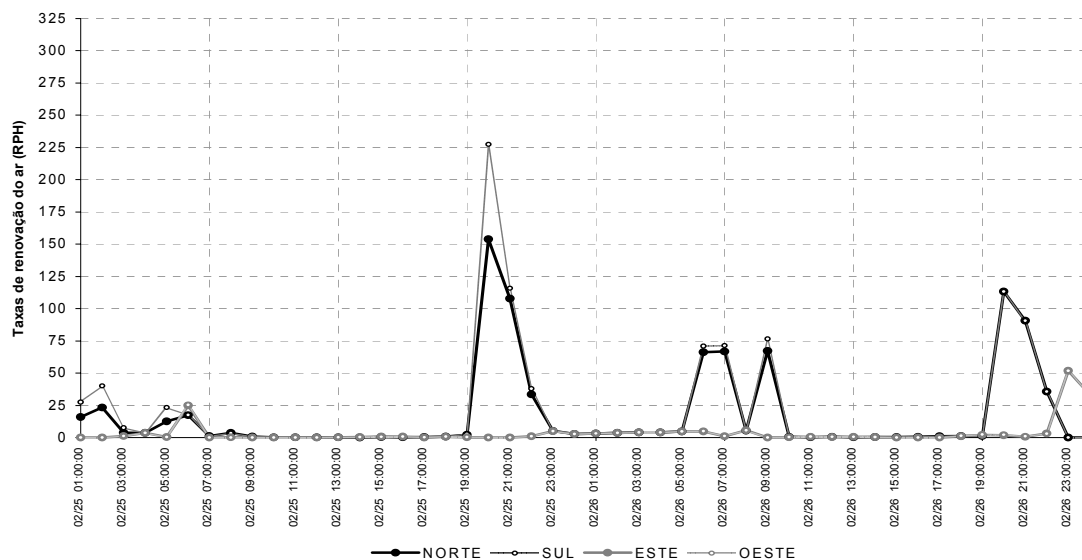


Figura 5.6.9 – Efeito da V1 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)

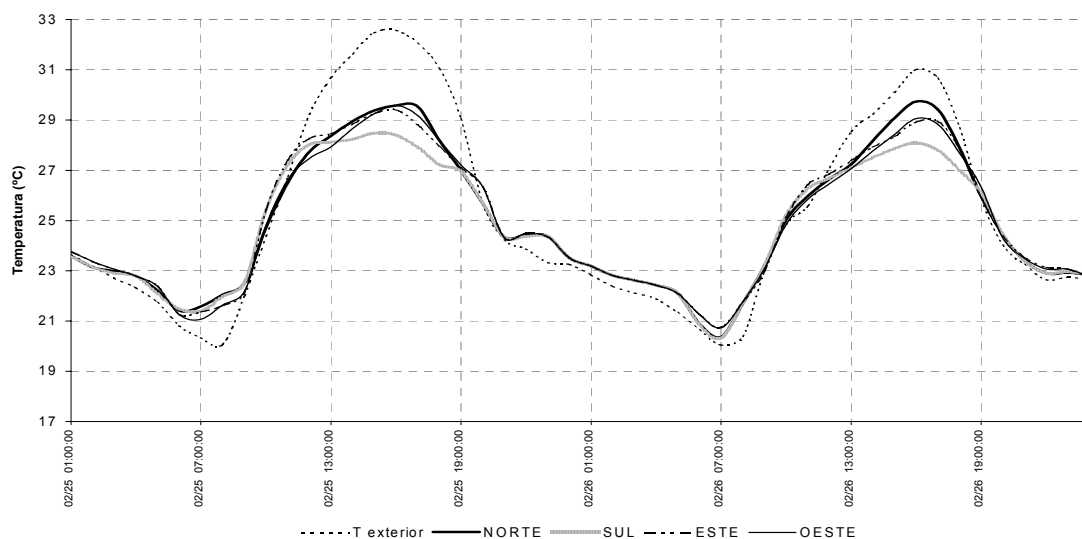


Figura 5.6.10 – Efeito da V1 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Temperatura do ar

HORA	NORTE	SUL	ESTE	OESTE	HORA	NORTE	SUL	ESTE	OESTE
02/25 01:00	16,0	27,7	0,0	0,0	02/26 01:00	3,0	3,0	3,2	3,0
02/25 02:00	23,2	40,0	0,0	0,0	02/26 02:00	3,4	3,4	3,6	3,4
02/25 03:00	3,6	7,5	1,1	1,1	02/26 03:00	3,8	3,8	4,0	3,8
02/25 04:00	3,5	3,4	3,6	3,4	02/26 04:00	3,9	3,9	4,1	3,9
02/25 05:00	12,4	23,3	0,3	0,3	02/26 05:00	4,7	4,7	4,8	4,7
02/25 06:00	17,2	17,6	24,9	25,4	02/26 06:00	66,1	70,9	4,8	4,9
02/25 07:00	1,1	0,9	0,0	0,0	02/26 07:00	66,8	71,4	1,0	1,1
02/25 08:00	3,6	3,3	0,2	0,0	02/26 08:00	5,3	5,3	5,5	5,4
02/25 09:00	0,8	0,9	0,0	0,0	02/26 09:00	67,1	76,6	0,0	0,0
02/25 10:00	0,3	0,3	0,0	0,0	02/26 10:00	81,7	81,7	0,3	0,5
02/25 11:00	0,2	0,2	17,2	13,6	02/26 11:00	14,0	14,0	0,8	0,9
02/25 12:00	0,3	0,3	9,9	6,8	02/26 12:00	75,7	75,7	0,5	0,7
02/25 13:00	0,2	0,2	39,7	37,3	02/26 13:00	8,0	8,0	77,1	75,1
02/25 14:00	0,0	0,0	83,5	83,5	02/26 14:00	40,5	47,8	49,3	49,0
02/25 15:00	0,5	0,5	98,7	93,9	02/26 15:00	46,7	79,8	0,0	0,0
02/25 16:00	22,4	22,4	84,7	84,5	02/26 16:00	101,2	118,9	0,0	0,0
02/25 17:00	75,7	75,6	0,1	0,3	02/26 17:00	162,2	162,2	0,0	0,0
02/25 18:00	93,8	93,8	0,8	1,2	02/26 18:00	129,5	129,5	1,2	1,7
02/25 19:00	250,5	293,0	0,2	0,5	02/26 19:00	116,0	116,0	2,5	3,1
02/25 20:00	153,9	227,2	0,0	0,0	02/26 20:00	113,4	113,4	1,7	2,2
02/25 21:00	107,9	115,8	0,0	0,0	02/26 21:00	90,6	90,6	0,6	0,9
02/25 22:00	33,4	37,8	1,0	0,9	02/26 22:00	35,6	35,6	3,1	3,0
02/25 23:00	5,0	5,0	5,0	4,9	02/26 23:00	0,0	0,1	51,8	51,8
02/25 24:00	2,4	2,4	2,7	2,4	02/26 24:00	0,0	0,1	33,5	33,6

Quadro 5.6.8 – Efeito da V2 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Tabela Taxas de renovação do ar/hora (RPH)

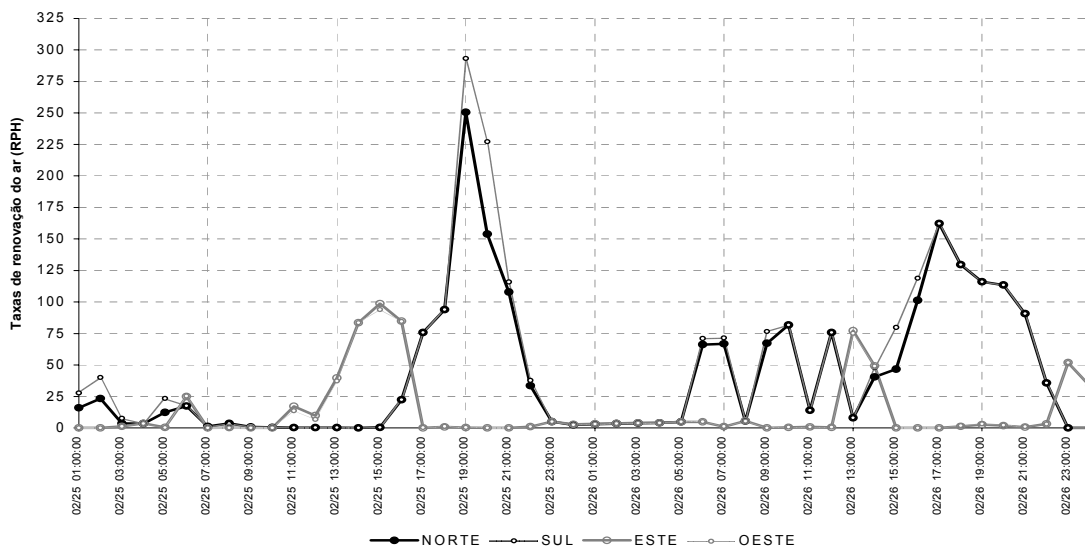


Figura 5.6.11 – Efeito da V2 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)

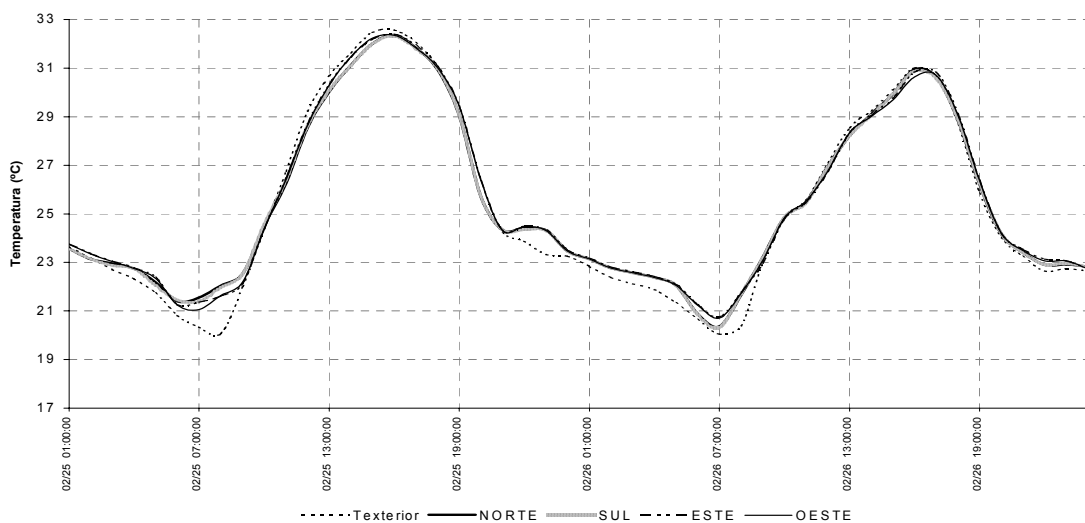


Figura 5.6.12 – Efeito da V2 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Temperatura do ar

HORA	NORTE	SUL	ESTE	OESTE	HORA	NORTE	SUL	ESTE	OESTE
02/25 01:00	3,1	3,2	2,8	2,9	02/26 01:00	1,8	1,8	1,9	1,9
02/25 02:00	1,8	2,0	1,0	1,0	02/26 02:00	0,9	0,9	0,9	0,9
02/25 03:00	1,5	1,4	2,0	1,9	02/26 03:00	2,1	2,1	2,0	2,0
02/25 04:00	1,2	1,2	1,2	1,2	02/26 04:00	2,5	2,5	2,5	2,5
02/25 05:00	3,5	3,5	3,4	3,4	02/26 05:00	3,7	3,7	3,7	3,7
02/25 06:00	5,0	5,0	5,1	5,1	02/26 06:00	5,0	5,0	4,9	5,0
02/25 07:00	5,5	5,8	7,0	5,5	02/26 07:00	6,0	6,1	5,9	5,7
02/25 08:00	6,5	7,2	7,8	6,9	02/26 08:00	5,1	5,4	5,5	5,3
02/25 09:00	3,6	5,3	5,4	4,7	02/26 09:00	3,2	3,3	2,7	2,3
02/25 10:00	0,3	0,3	0,0	0,0	02/26 10:00	0,6	0,6	0,2	0,4
02/25 11:00	0,2	0,2	0,1	0,1	02/26 11:00	0,1	0,1	0,7	0,7
02/25 12:00	0,2	0,2	0,1	0,1	02/26 12:00	0,5	0,5	0,3	0,5
02/25 13:00	0,1	0,1	0,2	0,2	02/26 13:00	0,2	0,2	0,7	0,6
02/25 14:00	0,0	0,0	0,4	0,4	02/26 14:00	0,3	0,4	0,4	0,4
02/25 15:00	0,3	0,3	0,7	0,6	02/26 15:00	0,4	0,7	0,0	0,0
02/25 16:00	0,2	0,2	0,7	0,7	02/26 16:00	0,6	0,7	0,0	0,0
02/25 17:00	0,5	0,5	0,0	0,2	02/26 17:00	1,0	1,0	0,0	0,0
02/25 18:00	0,8	0,8	0,6	0,9	02/26 18:00	1,2	1,2	1,0	1,3
02/25 19:00	2,3	2,8	0,1	0,3	02/26 19:00	1,2	1,2	2,1	2,5
02/25 20:00	4,7	5,3	3,8	3,8	02/26 20:00	5,8	5,9	3,6	3,6
02/25 21:00	5,7	5,8	5,3	5,3	02/26 21:00	7,0	7,0	5,9	6,0
02/25 22:00	6,2	6,2	6,0	6,0	02/26 22:00	7,0	7,0	7,0	6,9
02/25 23:00	5,9	5,9	5,9	5,9	02/26 23:00	6,1	6,2	6,6	6,7
02/25 24:00	3,2	3,2	3,2	3,2	02/26 24:00	3,7	3,7	3,8	3,9

Figura 5.6.9 – Efeito da V3 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Tabela Taxas de renovação do ar/hora (RPH)

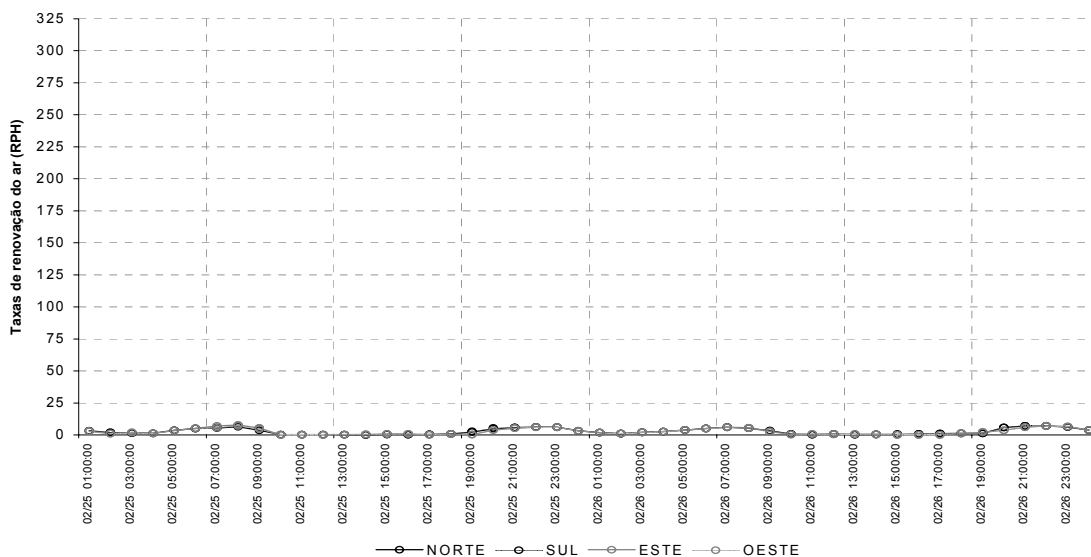


Figura 5.6.13 – Efeito da V3 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)

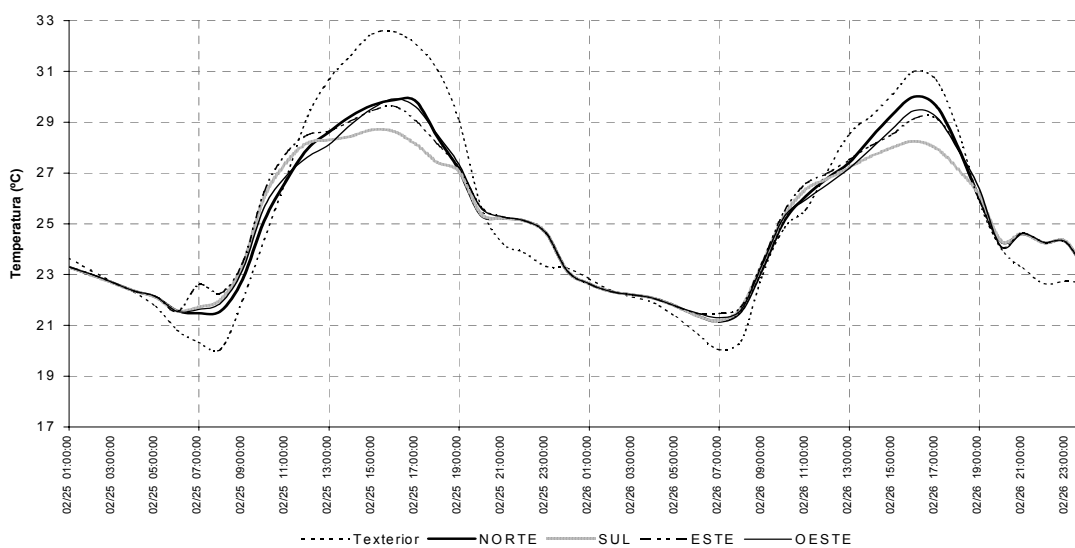


Figura 5.6.14 – Efeito da V3 – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Gráfico Temperatura do ar

Os gráficos das Figuras 5.6.9, 5.6.11 e 5.6.13 demonstram que, as taxas de renovação do ar variaram consoante três aspectos: orientação, tipo de ventilação (cruzada ou unilateral), e padrão de uso (diurno, nocturno, ou diurno e nocturno).

Relativamente à orientação, os gráficos das Figuras 5.6.9 e 5.6.11 ilustram o facto de que, para este dia, as orientações Norte e Sul apresentaram resultados semelhantes, efeito também notável entre as orientações Este e Oeste.

O tipo de ventilação V1, cruzada nocturna, decorreu em uma redução das temperaturas neste período, os quais demonstraram ser tanto maiores quanto mais favorável a orientação (maiores trocas). Neste sentido pode-se observar através da Figura 5.6.10 que, nos períodos entre as 20h e 21h do dia 25, e 6h e 9h do dia 26, as temperaturas se mostraram mais baixas para as orientações que promoveram o maior número de trocas, Norte e Sul (Figura 5.6.9).

No entanto, o tipo de ventilação V2, diurna e nocturna cruzada, embora tenha apresentado um efeito semelhante ao da V1 durante a noite, durante o dia se mostrou com menor influência da variação de orientação, tendo apresentado temperaturas muito próximas às temperaturas externas para todas as orientações. Conforme ilustra a Figura 5.6.11, as orientações Este e Oeste, em relação à Norte e Sul, apresentam uma maior taxa de renovação do ar durante o período compreendido entre as 10h e 16h do dia 25. Esse facto no entanto não correspondeu a diferenças nas temperaturas, tendo estas no entanto se apresentado muito próximas às temperaturas externas.

Os resultados dessa interacção entre orientação e padrão de uso sugerem que, durante o dia, baixas taxas de renovação podem decorrer em efeito semelhante às altas taxas, apresentando sempre uma tendência a acompanhar a evolução de temperatura externa devido à presença da radiação solar difusa. Já durante a noite, a ausência dessa radiação pareceu permitir por em evidência o efeito redutor das temperaturas, devido à ventilação natural, de modo muito mais sensível à variação da orientação (e suas respectivas trocas).

Por forma a complementar esta análise, seguem ilustradas nas Figuras 5.6.15 a 5.6.16 os gráficos comparativos entre os tipos de ventilação V1, V2 e V3 em termos das taxas de renovação e evolução de temperatura. Esses resultados representam apenas a alternativa de maior Transmitância P3 para as orientações Norte e Poente. O período equivale aos mesmos dias 25 e 26 de Fevereiro, representativos do Verão.

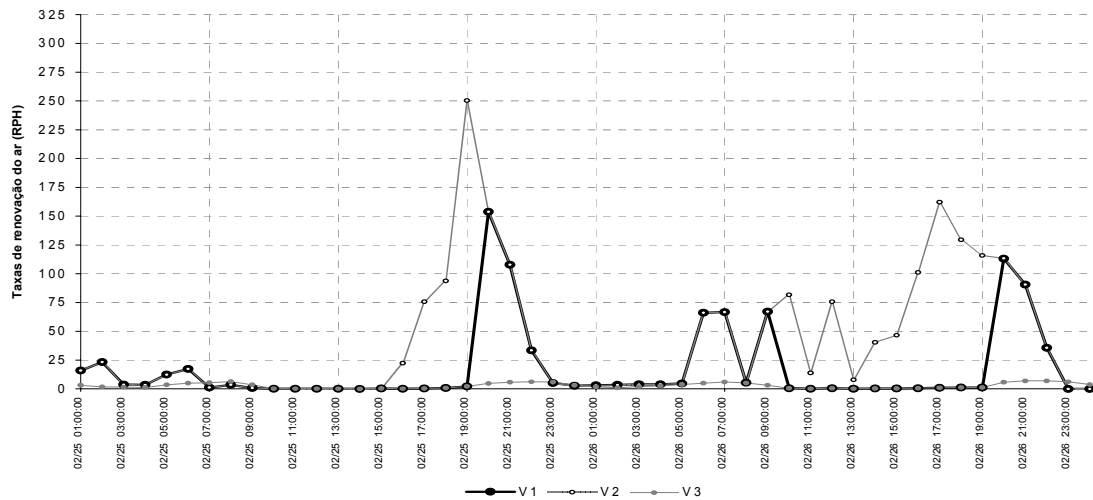


Figura 5.6.15 – Efeito variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Orientação Norte Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)

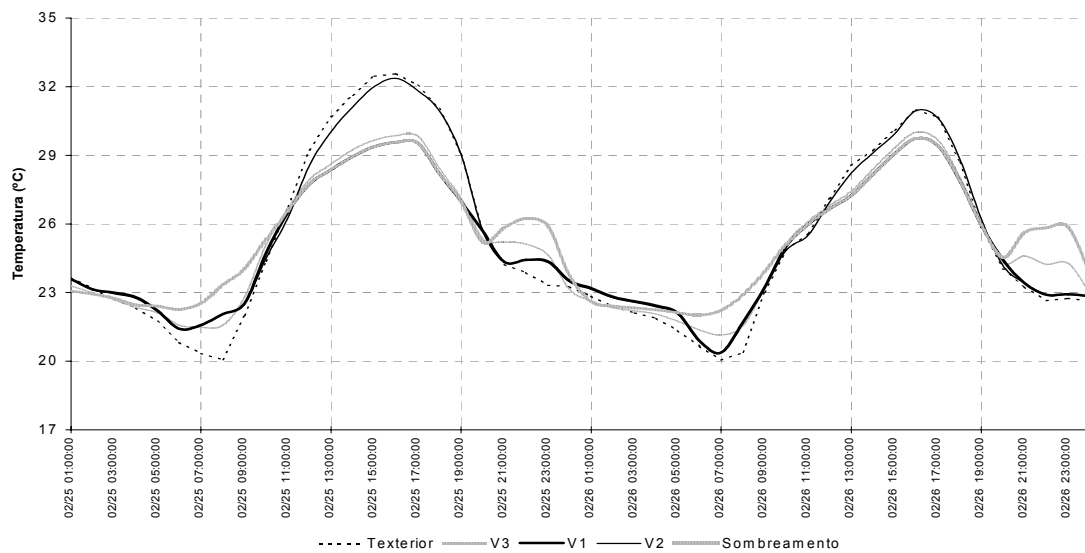


Figura 5.6.16 – Efeito variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Orientação Norte Gráfico Temperatura do ar

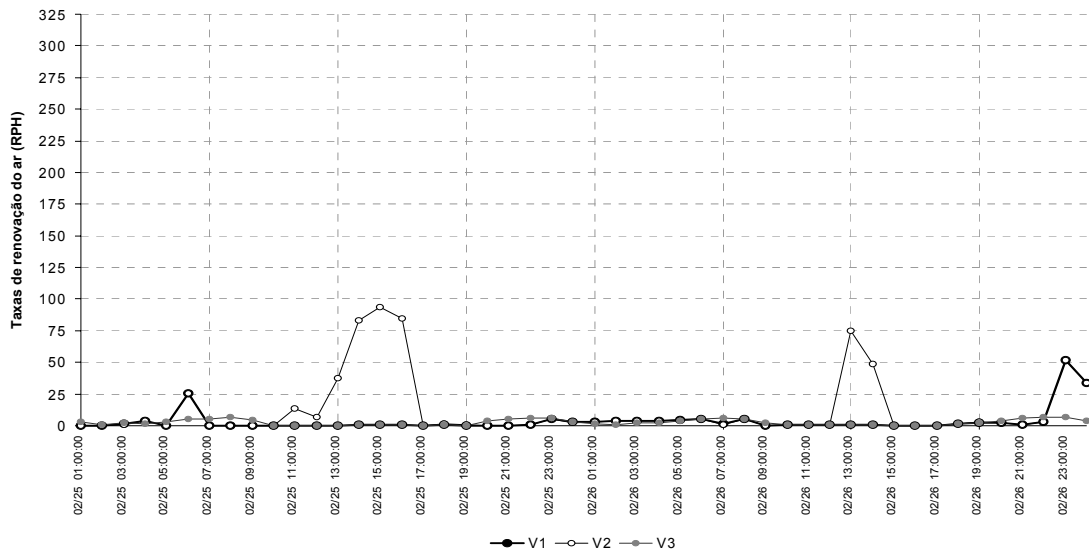


Figura 5.6.17 – Efeito variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Orientação Oeste Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)

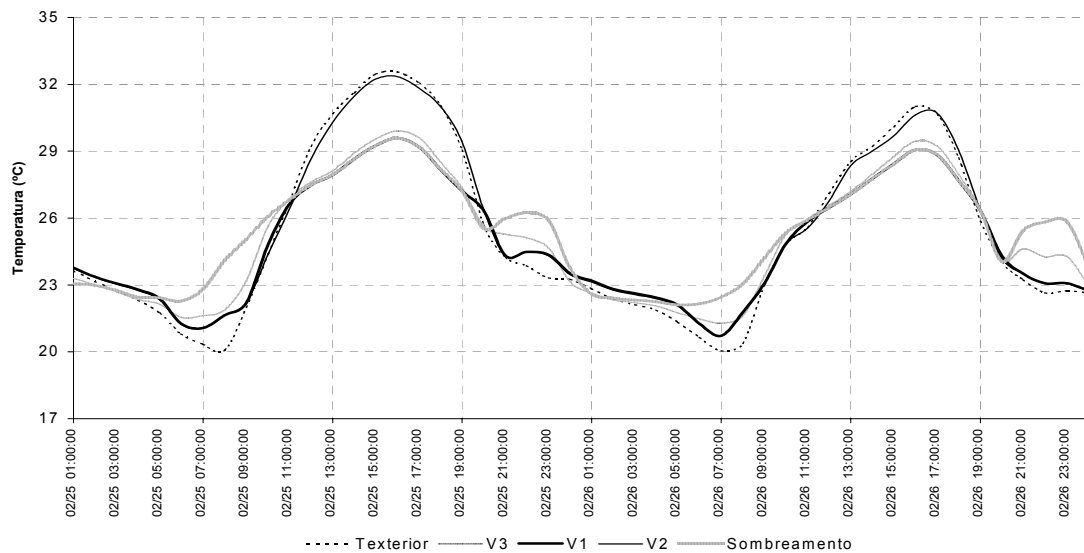


Figura 5.6.18 – Efeito variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Aenv/Apav=16% – Orientação Oeste Gráfico Temperatura do ar

Esses gráficos permitem confirmar que a ventilação do tipo “diurna e noturna cruzada” (V2) tendeu a acompanhar a evolução de temperatura externa, consequentemente anulando o efeito redutor das Máximas conseguido através do sombreamento durante o dia. Já durante a noite, os resultados se mostraram favoráveis devido à redução das Mínimas.

A ventilação V1 foi a que apresentou os melhores resultados, em comparação aos três tipos de ventilação simulados, e em comparação ao efeito proporcionado apenas pelo sombreamento dos vãos. O facto desse tipo V1 permitir apenas infiltração durante o dia fez com que as temperaturas apresentassem o mesmo comportamento favorável obtido com o sombreamento. À noite, este tipo de ventilação, cruzada e nocturna, decorreu nas temperaturas mais baixas. As Figuras 5.6.17 e 5.6.18 demonstram que as orientações Norte e Sul conduziram a temperaturas Mínimas mais baixas que as orientações Este e Oeste, devido às diferenças das trocas conforme analisado anteriormente.

A ventilação V3, caracterizada pelo facto de ter sido simulada tendo em conta apenas a janela deste ambiente aberta durante a noite, demonstrou ter algum efeito redutor das temperaturas durante esse período mas que no entanto não atingiu o potencial demonstrado pela V1 devido às reduzidas taxas de renovação conseguidas como ventilação unilateral.

Finalmente no que se refere ao aumento da área dos vãos verifica-se que, as temperaturas conseguidas através das alternativas de $A_{env}/A_{pav}=16\%$, 24% e 32% não apresentaram diferenças significativas. Conforme ilustra o Quadro 5.6.10 a seguir, o efeito devido ao aumento dos vãos de 16% para 32% foram reduções das temperaturas durante a noite de até $0,2K$ e aumento das temperaturas durante o dia em até $0,9K$, ou seja aumentos muito maiores durante o dia do que as reduções durante a noite. Esses resultados correspondem à alternativa P3, orientação Norte e ventilação V1, e podem ser visualizados através dos Gráficos das Figuras 5.6.19 e 5.6.20, em termos das Taxas de renovação do ar e da evolução de temperatura respectivamente.

HORA	Aenv/Apav 16%	Aenv/Apav 32%	Diferença	HORA	Aenv/Apav 16%	Aenv/Apav 32%	Diferença
02/25 01:00	23,6	23,6	0,0	02/26 01:00	23,2	23,1	0,1
02/25 02:00	23,1	23,1	0,0	02/26 02:00	22,8	22,7	0,1
02/25 03:00	23,0	22,9	0,1	02/26 03:00	22,6	22,5	0,1
02/25 04:00	22,8	22,7	0,1	02/26 04:00	22,4	22,3	0,2
02/25 05:00	22,2	22,1	0,2	02/26 05:00	22,1	21,9	0,2
02/25 06:00	21,4	21,2	0,2	02/26 06:00	20,9	20,8	0,1
02/25 07:00	21,6	21,4	0,2	02/26 07:00	20,4	20,3	0,1
02/25 08:00	22,0	21,7	0,3	02/26 08:00	21,7	21,5	0,2
02/25 09:00	22,5	22,5	0,0	02/26 09:00	23,2	23,1	0,1
02/25 10:00	24,7	25,0	-0,3	02/26 10:00	25,0	25,2	-0,2
02/25 11:00	26,5	26,9	-0,4	02/26 11:00	26,0	26,4	-0,5
02/25 12:00	27,7	28,4	-0,7	02/26 12:00	26,7	27,2	-0,6
02/25 13:00	28,4	29,3	-0,9	02/26 13:00	27,2	27,9	-0,7
02/25 14:00	28,9	29,9	-0,9	02/26 14:00	28,2	28,9	-0,7
02/25 15:00	29,4	30,2	-0,8	02/26 15:00	29,1	29,8	-0,7
02/25 16:00	29,6	30,3	-0,8	02/26 16:00	29,7	30,4	-0,7
02/25 17:00	29,5	30,2	-0,7	02/26 17:00	29,4	30,0	-0,5
02/25 18:00	28,2	28,7	-0,5	02/26 18:00	27,9	28,2	-0,3
02/25 19:00	27,0	27,4	-0,4	02/26 19:00	26,0	26,1	-0,1
02/25 20:00	25,7	25,7	0,0	02/26 20:00	24,4	24,4	0,1
02/25 21:00	24,3	24,3	0,0	02/26 21:00	23,4	23,4	0,0
02/25 22:00	24,4	24,3	0,1	02/26 22:00	22,9	22,9	0,0
02/25 23:00	24,4	24,1	0,3	02/26 23:00	22,9	22,9	0,1
02/25 24:00	23,5	23,4	0,1	02/26 24:00	22,8	22,8	0,0

Quadro 5.6.10 – Efeito na Ventilação devido ao aumento da área dos vãos – Tabela do Diferencial de temperatura

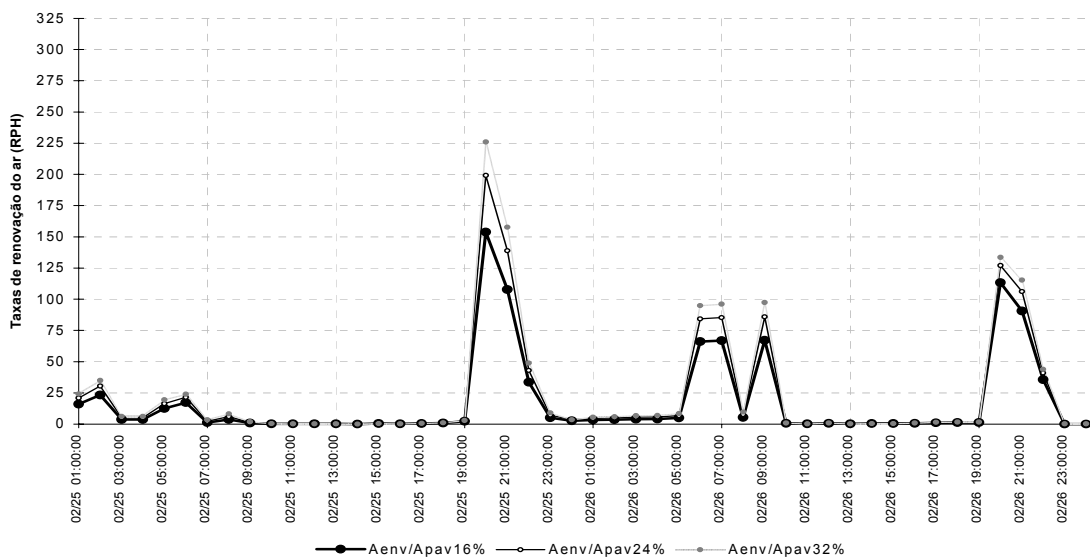


Figura 5.6.19 – Efeito aumento da área dos vãos na ventilação – Alternativa P3 – Ventilação V1 – Orientação Norte Gráfico Taxas de renovação do ar/hora (RPH)

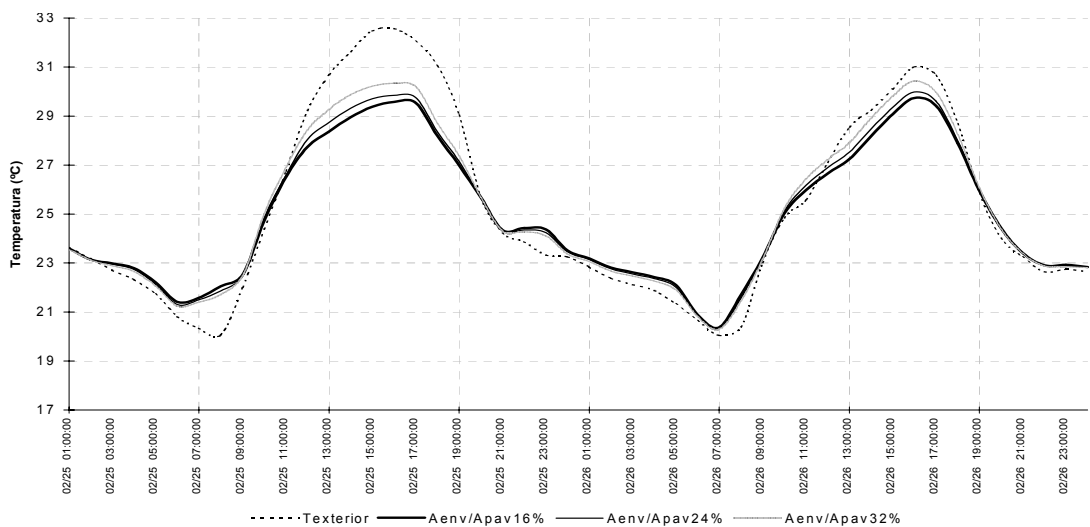


Figura 5.6.20 – Efeito aumento da área dos vãos na ventilação – Alternativa P3 – Ventilação V1 – Orientação Norte Gráfico Temperatura do ar

Pode-se concluir que a análise da estratégia ventilação natural não pode ser feita apenas em termos do número de horas de “desconforto”, uma vez que este indicador está directamente relacionado às Máximas, ou seja, não evidenciaria o potencial redutor das Mínimas conforme demonstraram os resultados. No entanto, por forma a complementar esse grupo de análise, esses valores seguem representados nas Figuras 5.6.21 a 5.6.24 para a alternativa de maior Transmitância térmica (P1) e nas Figuras 5.6.25 a 5.6.28 para a alternativa de menor Transmitância (P3).

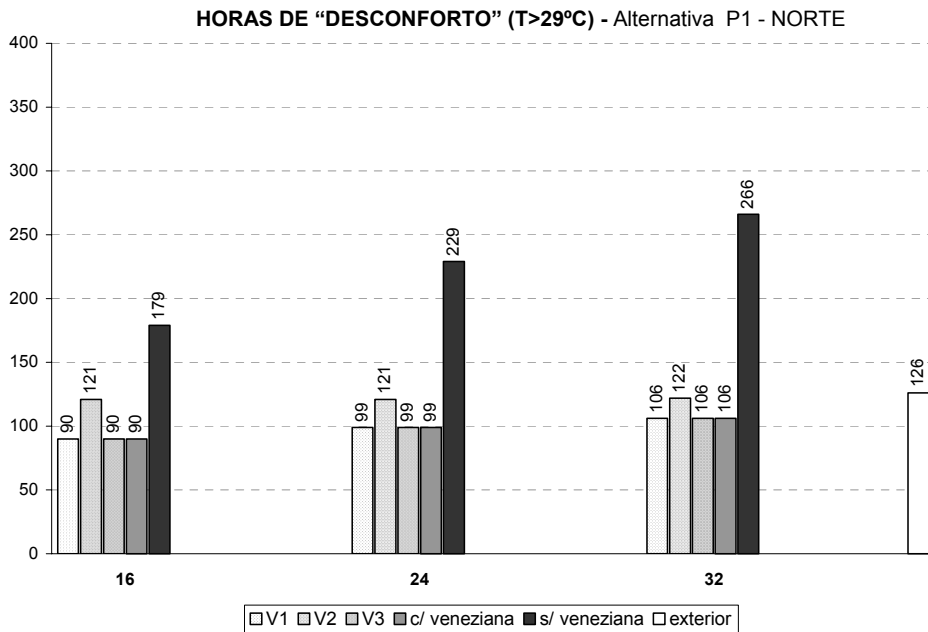


Figura 5.6.21 – Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P1 – Orientação Norte – Horas “desconforto” (T>29°C)

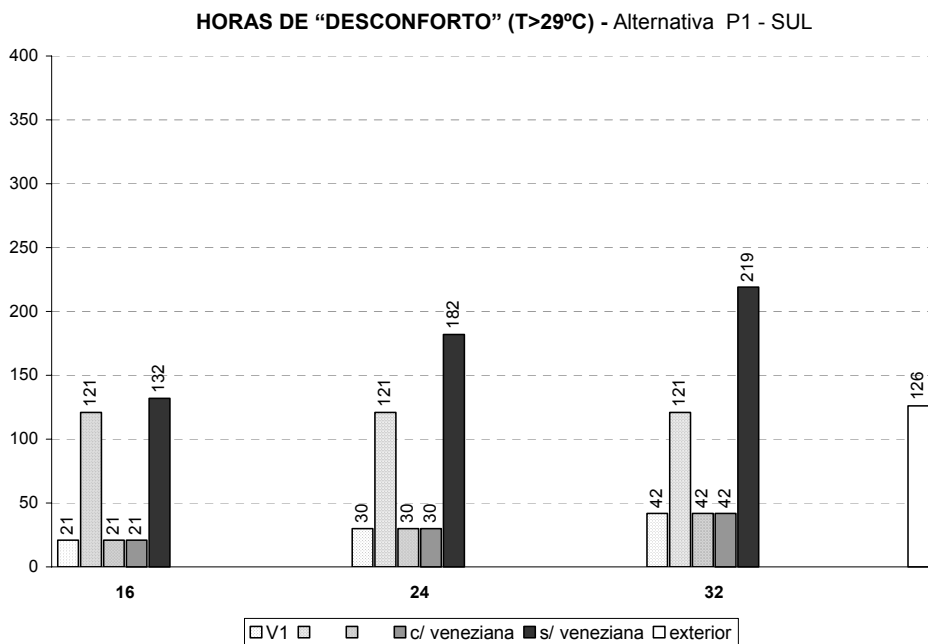


Figura 5.6.22 – Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P1 – Orientação Sul – Horas “desconforto” (T>29°C)

HORAS DE "DESCONFORTO" (T>29°C) - Alternativa P1 - ESTE

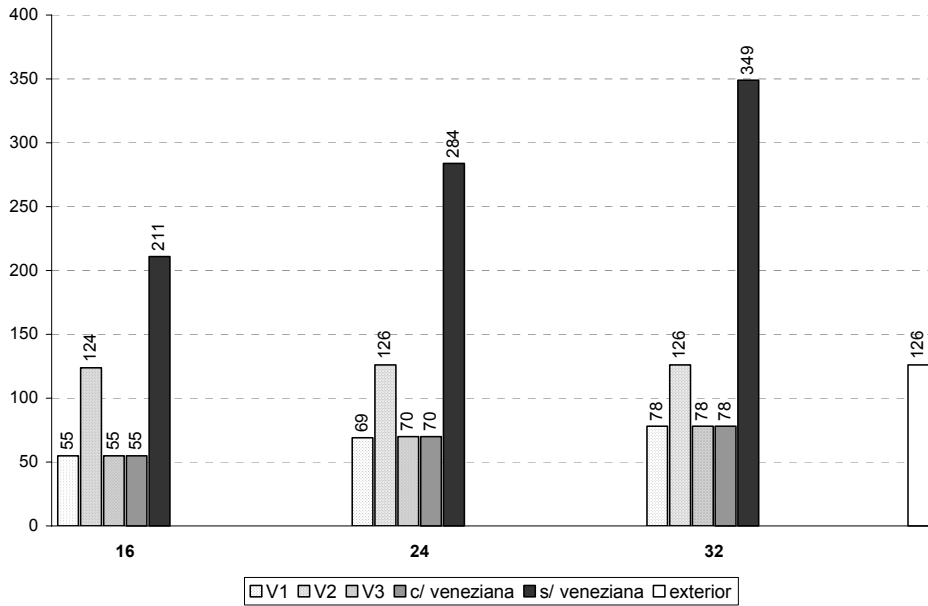


Figura 5.6.23 – Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P1 – Orientação Este – Horas “desconforto” (T>29°C)

HORAS DE "DESCONFORTO" (T>29°C) - Alternativa P1 - OESTE

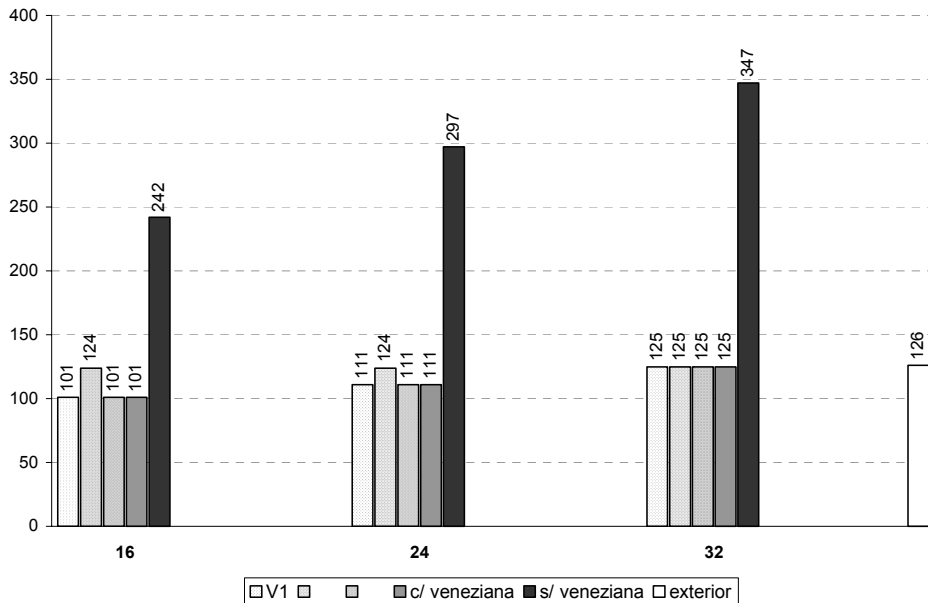


Figura 5.6.24 – Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P1 – Orientação Oeste – Horas “desconforto” (T>29°C)

HORAS DE “DESCONFORTO” (T>29°C) - Alternativa P3 - NORTE

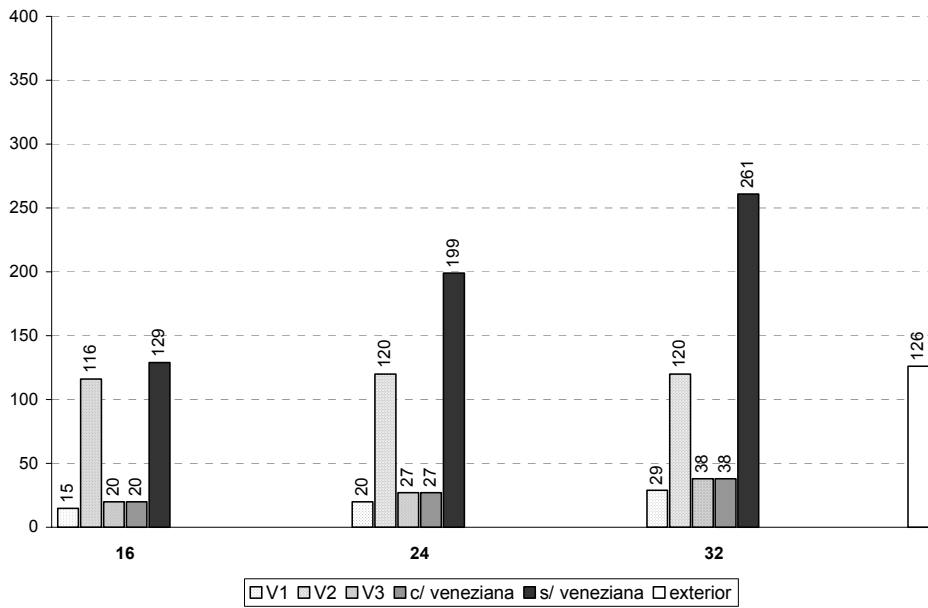


Figura 5.6.25 – Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Orientação Norte – Horas “desconforto” (T>29°C)

HORAS DE “DESCONFORTO” (T>29°C) - Alternativa P3 - SUL

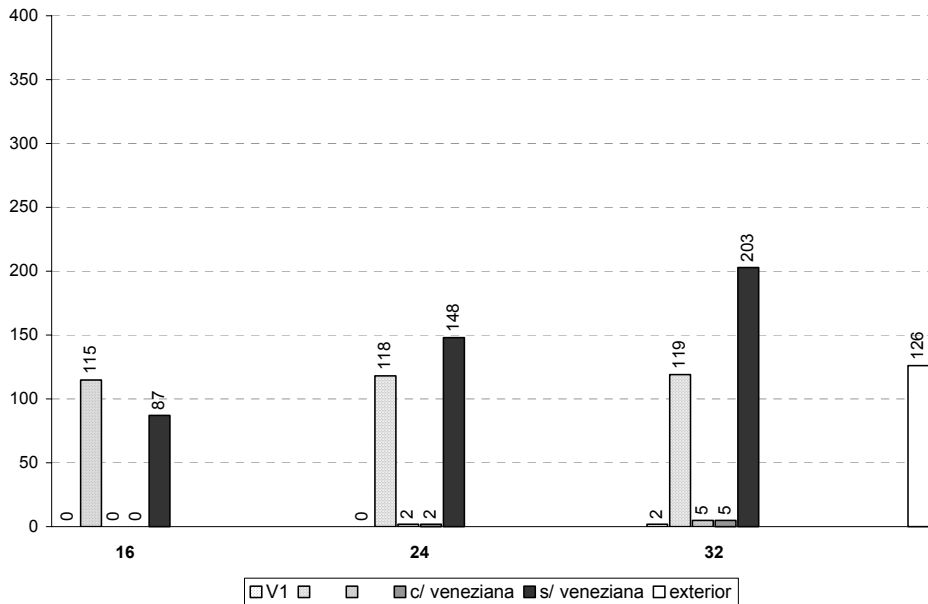


Figura 5.6.26 – Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Orientação Sul – Horas “desconforto” (T>29°C)

HORAS DE "DESCONFORTO" (T>29°C) - Alternativa P3 - ESTE

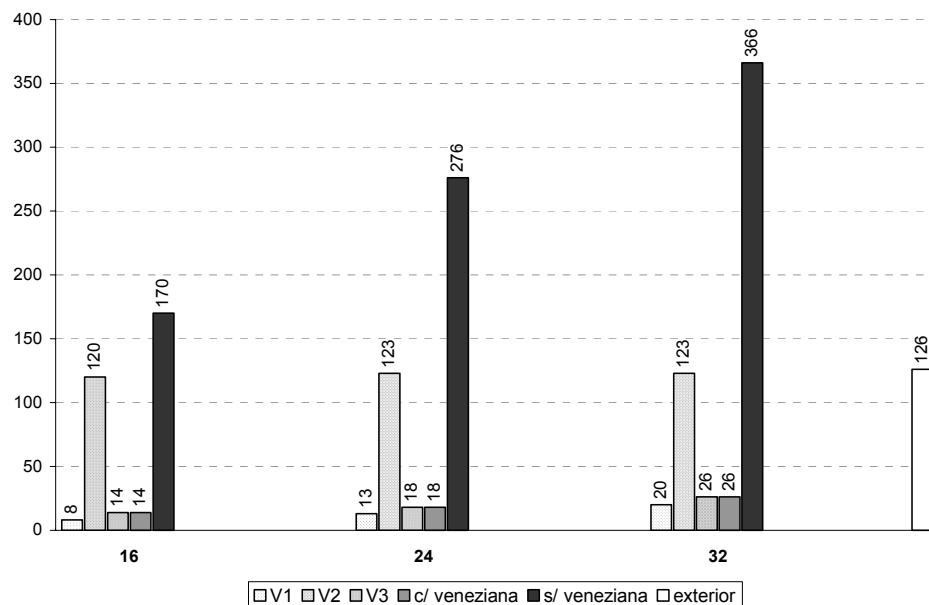


Figura 5.6.27 – Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Orientação Este – Horas “desconforto” (T>29°C)

HORAS DE "DESCONFORTO" (T>29°C) - Alternativa P3 - OESTE

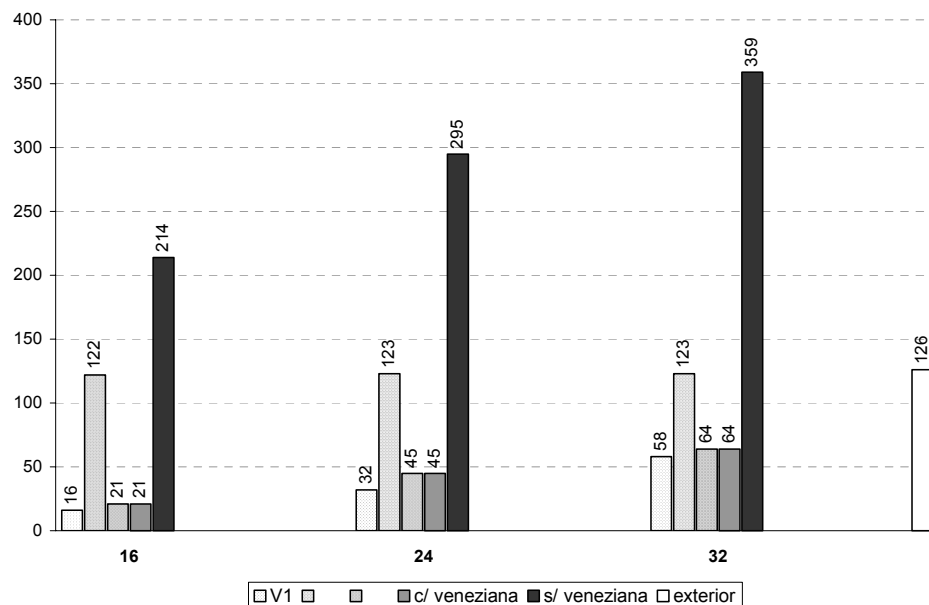


Figura 5.6.28 – Efeito da variação do Tipo de Ventilação natural – Alternativa P3 – Orientação Oeste – Horas “desconforto” (T>29°C)

Para a alternativa de maior Transmitância (P1) verifica-se que, as ventilações do tipo V1 e V3, ventilação nocturna cruzada e unilateral respectivamente, apresentaram resultados equivalentes aos obtidos através do sombreamento dos vãos. Já para a alternativa P3 observa-se que esta apresentou uma redução sensivelmente superior na ventilação tipo V1, o que confirma o facto constatado anteriormente de que a ventilação nocturna contribui para reduzir as Máximas nos sistemas construtivos de menor Transmitância térmica.

A ventilação V2 (diurna e nocturna) apresentou os mais elevados números de horas de “desconforto”, para os dois sistemas construtivos, valores esses muito próximos das 126hs de “desconforto” calculadas para a condição exterior.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

- 6.1 Conclusões Simulações paramétricas**
- 6.2 Conclusões Tipologias**
- 6.3 Conclusões Recomendações da proposta de Norma ABNT (2003)**

Aspectos básicos e inerentes aos edifícios de habitação foram objecto de análise do **estudo paramétrico**. A Orientação, Absortância à radiação solar, transmitância térmica, dimensão dos vãos envidraçados, sombreamento e ventilação natural, apresentaram considerável sensibilidade face ao clima da cidade de São Paulo.

Através do **estudo sobre as tipologias de habitação** foi possível evidenciar outros aspectos, como o desenho, orientação dos lotes e o adensamento urbano, também determinantes nesse processo, mas externos aos edifícios. Constatou-se que, na prática, o desenho dos lotes condiciona ao desenho das tipologias. Ou seja, o poder mercadológico induz ao aproveitamento máximo dos terrenos, viabilizando apenas um “padrão” de disposições e arranjos dos ambientes internos, como um factor pré-determinante do desenho das habitações. Já o adensamento urbano está directamente relacionado a outros aspectos bioclimáticos como a ventilação natural, o sombreamento e as trocas térmicas com a envolvente.

A partir de um **resumo conclusivo sobre o estudo paramétrico realizado**, pretende-se desenvolver uma **análise acerca das tipologias identificadas**, apenas no âmbito do edifício, e posteriormente acerca das **recomendações da proposta de Norma** (ABNT, 2003).

No que diz respeito à ventilação, a análise das tipologias considera a predominância da turbulência do ar, ao nível urbano (ALLARD, 1998), por forma a não evidenciar a questão da orientação aos ventos dominantes, mas sim quanto ao tipo de ventilação (cruzada ou unilateral) e quanto às trocas de ar e variação de temperatura.

6.1 CONCLUSÕES: Simulações paramétricas

Transmitância térmica:

Verão: Um coeficiente de transmitância térmica mais baixo nas coberturas (variação de 4,5 para 0,9 W/m².K) foi responsável por uma redução de até 68,4% no número de horas de sobreaquecimento (T>29°C). Baixos valores de transmitância térmica nas paredes (variação de 4,5 para 0,9 W/m².K) também contribuiu para uma redução de até 43,5%.

Inverno: Assim como verificado para a condição de verão, no inverno a adopção por um coeficiente de transmitância térmica mais baixo nas coberturas atingiu reduções de até 16,6% no número de horas de “desconforto” por frio. Os baixos valores de transmitância térmica nas paredes (0,5W/m².K) também se mostraram favoráveis, tendo atingido redução de até 9,95%.

Baixas transmitâncias nas coberturas foram favoráveis para ambas as condições, inverno e verão. No entanto verificou-se que, no verão, a adoção por baixas transmitâncias nas paredes, para o clima em análise, pode decorrer no aumento das temperaturas consoante o aumento da área envidraçada, essencialmente se não for considerado sombreamento dos vãos.

Em situações sem sombreamento, observou-se que o efeito favorável de redução das máximas, provocado pelas baixas transmitâncias nas paredes externas, tende a diminuir com o aumento das áreas envidraçadas. Ou seja, o aumento da área transparente às ondas curtas (radiação solar) conduz ao aumento da temperatura interna através do efeito estufa. Nesse sentido, baixa transmitância nas paredes tende a dificultar a dissipação do calor interno acumulado.

Ressalte-se também que baixas transmitâncias, tanto nas paredes quanto nas coberturas, propiciam ao aumento das mínimas. No verão se faz essencial associação a uma estratégia de dissipação de calor, durante o período nocturno (ventilação natural).

Absortância à radiação solar:

Verão: A adoção por cores claras na cobertura ($\alpha=0,2$) representou uma redução de até 60,32% no número de horas de sobreaquecimento. Nas paredes, cores claras ($\alpha=0,2$) propiciaram uma redução de até 63,43%.

Inverno: Já para a condição de inverno, o aumento da absortância solar se mostrou favorável. No entanto os resultados das simulações demonstraram que a redução no número de horas de “desconforto” por frio, devido às variações nas componentes cobertura e paredes, foi na ordem de 10,1 e 11,7% respectivamente.

Em termos dos totais anuais, para o clima da zona em estudo, pôde-se observar que coeficientes de absortância baixos, tanto nas coberturas quanto nas paredes, foram significativamente mais favoráveis.

Orientação:

Verão: Uma situação de orientação mais favorável, sul, apresentou diferença de até 59,34%, no número de horas, em relação à orientação mais desfavorável, poente.

Inverno: No inverno a diferença constatada entre a orientação mais favorável (poente) e a mais desfavorável (sul) foi de 9,8%.

Devido ao ângulo de declinação solar constata-se que é a orientação Norte a que se mostra favorável para ambas as estações, verão e inverno. Embora a variação de parâmetros simulados não tenha evidenciado o uso da Inércia térmica, entende-se que o benefício de uma boa orientação solar, no inverno, pode ser potencializado através do acúmulo de calor na Massa térmica.

Área dos vãos envidraçados:

Verão: O aumento da área dos vãos decorreu num acréscimo do número de horas de “desconforto”, de até 115,29%, tendo sido tanto maior quanto mais desfavorável a orientação.

Inverno: Já para o inverno, o aumento da área dos vãos, quando em orientação favorável, se mostrou conducente de melhores condições no inverno (redução de até 4,2%).

O uso de grandes áreas envidraçadas requer mais atenção. Em associação a orientações desfavoráveis no verão (poente e nascente) o desconforto é potencializado. No inverno, grandes áreas envidraçadas podem significar maiores perdas de calor durante o período nocturno. Ou seja, para usá-los nessa zona climática deve-se estudar um sistema de sombreamento eficaz (verão) e sistema de protecção e/ou armazenagem de calor (Massa térmica) no inverno.

Ventilação Natural:

Verão: Resultados significativos foram constatados em termos das médias das temperaturas mínimas. O estabelecimento de uma ventilação cruzada, apenas durante o período nocturno (mais favorável), representou os melhores resultados no efeito de dissipação do calor. Essas simulações registaram redução de até 1,4K.

O estabelecimento da ventilação unilateral apresentou melhorias sensivelmente inferiores às conseguidas com a ventilação cruzada. As diferenças foram verificadas tanto em termos das trocas de ar (reduzidas) como nas temperaturas, com redução das mínimas de até 1,1K.

Aumentar a área de abertura dos vãos (de $A_{env}/A_{pav}=16\%$ para 32%) não foi relevante para melhoria das condições de conforto térmico, muito embora a variação nos resultados em termos das taxas de renovação do ar tenha sido significativa.

Os piores resultados foram observados para a condição de ventilação máxima, durante o dia e a noite. Neste caso a tendência é condições do ar interno equivalente ao externo.

Sombreamento dos vãos:

Verão: O sombreamento total dos vãos (sistema de venezianas) alcançou as maiores reduções em termos do número de horas de desconforto, até 98,9%, tendo se mostrado tanto maior quanto mais desfavorável a orientação.

Quadro Geral de resultados

Grupo de simulações	VERÃO	INVERNO
COBERTURAS	<p>Cor clara ($\alpha=0.2$): redução de até 60,32% do n.º hs desconforto em relação a adoção por cor escura ($\alpha=0.7$).</p> <p>Baixa Transmitância térmica (0,9 W/m2.K): redução de até 68,4% do n.º hs desconforto em relação a adoção por alta Transmitância (4,5 W/m2.K).</p>	<p>Cor escura ($\alpha=0.7$): redução de até 10,1% do n.º hs desconforto em relação a adoção por cor clara ($\alpha=0.2$).</p> <p>Baixa Transmitância térmica (0,9 W/m2.K): redução de até 16,6% do n.º hs desconforto em relação a adoção por alta Transmitância (4,5 W/m2.K).</p>
PAREDES	<p>Cor clara ($\alpha=0.2$): redução de até 63,43% do n.º hs desconforto em relação a adoção por cor escura ($\alpha=0.7$).</p> <p>Baixa Transmitância térmica (0,5 W/m2.K): redução de até 43,5% do n.º hs desconforto em relação a adoção por alta Transmitância (2,48 W/m2.K).</p> <p>Variação da Orientação entre a mais desfavorável (oeste) para a mais favorável (sul): diferença de até 59,34% do n.º hs desconforto.</p>	<p>Cor escura ($\alpha=0.7$): redução de até 11,7% do n.º hs desconforto em relação a adoção por cor clara ($\alpha=0.2$).</p> <p>Baixa Transmitância térmica (0,5 W/m2.K): redução de até 9,95% do n.º hs desconforto em relação a adoção por alta Transmitância (2,48 W/m2.K).</p> <p>Variação da Orientação entre a mais desfavorável (sul) para a mais favorável (este): diferença de até 9,8% do n.º hs desconforto.</p>
AUMENTO DA ÁREA DOS VÃOS DE 16% PARA 32%	Aumento de até 115,29% do n.º hs desconforto.	Redução de até 4,2% do n.º hs desconforto.
SOMBREAMENTO DOS VÃOS	Redução de até 98,9 % do n.º hs desconforto.	-
VENTILAÇÃO NATURAL	<p>Ventilação cruzada 24hs/dia (V2): tende a acompanhar a evolução de temperatura externa;</p> <p>Ventilação cruzada nocturna (V1): redução das mínimas em até 1,4K;</p> <p>Ventilação unilateral nocturna (V3): redução das mínimas em até 1,1K.</p>	-

Quadro 6.1.1 – Conclusão Simulações paramétricas – Quadro Geral de resultados

6.2 Conclusões Tipologias

Com base nos resultados do estudo paramétrico, segue representada nos quadros a seguir uma análise conclusiva acerca das estratégias potenciais de cada tipologia.

Tipologia / descrição		
A1 / A2 - Edifício habitacional multifamiliar em altura – 4 e 6 unidades espelhadas respectivamente		
VARIÁVEIS	CARACTERÍSTICAS DAS TIPOLOGIAS	CONSIDERAÇÕES QUANTO AO DESEMPENHO TÉRMICO
<i>Orientação</i>	A1: Unidades com diferentes níveis de desempenho térmico devido à variação de orientação dos vãos. A2: Unidades centrais (unilaterais), orientação única.	Considerar posição dos vãos como excepção ao desenho de planta espelhada. Buscar uma boa orientação (preferencialmente Norte) nas zonas de longa permanência. Devido à diferente inclinação dos raios solares nas estações de verão e inverno, a orientação Norte favorece a incidência de radiação no inverno, com efeito inverso no verão (ver estudo de sombras). Unidades unilaterais estão mais condicionadas pois não permitem opções de orientação. Evitar o desenho de unidades unilaterais.
<i>Transmitância térmica da envolvente</i>	A1 / A2: Paredes padrão em tijolo furado de cerâmica (espessura aproximada de 15cm), equivalente às paredes “D” a “I” do Anexo G). U médio de 2,40 W/(m ² .K).	Alto valor de Transmitância térmica. Desfavorável para o inverno e para o verão. Baixas transmitâncias favorecem a redução das Máximas no verão e a elevação das mínimas e médias no inverno (essencialmente na proporção de áreas dos vãos de 16%Apiso). Paredes mais espessas (25cm), como as paredes “P”, “Q” e “R” (Anexo G) que apresentam U médio de 1,60 W/(m ² .K) poderiam ser consideradas na envolvente das zonas de longa permanência.
<i>Ventilação natural</i>	A1 - Planta da unidade favorável para o estabelecimento da ventilação cruzada. A2 – Unidades centrais conduzem a uma ventilação unilateral (menor eficiência para a dissipação de calor).	Ter atenção ao desenho das venezianas por forma a permitir o estabelecimento da ventilação nocturna (melhor período para a dissipação de calor), garantir protecção contra insectos. Se possível especificar sistemas de controlo das aberturas, de modo favorável tanto para o inverno (fechado) quanto para o verão (aberto). Evitar o desenho de unidades unilaterais.
<i>Sombreamento</i>	A1 / A2: Venezianas nos dormitórios. Varandas junto à zona de Estar.	As varandas favorecem o sombreamento dos vãos no verão, quando dispostas na orientação Norte. Nas orientações nascente e poente o efeito não é o mesmo devido ao ângulo de inclinação solar nos períodos do nascer e pôr do sol. (ver estudo sombras)
<i>Área dos vãos envidraçados</i>	A1 / A2: Padrão: área dos vãos, mínimo exigido pelo COE (código de obras e edificações).	Proporção que favorece o controlo da incidência de radiação directa no verão, especificamente nos casos de orientação desfavorável (nascente e poente). No inverno este aspecto é desfavorável por ser reduzida a área de captação da radiação solar. Pode ser compensado com uma boa orientação (norte), e o uso da massa térmica para acumular calor. Evitar perdas de calor e controlar as infiltrações.
<i>Absortância solar</i>	A1 / A2: Variação na especificação das cores.	Especificar cores claras.
<i>Outros</i>	A1 / A2: Padrão médio / baixo. Tendência à padronização das unidades com vista a reduzir os custos de construção.	Algumas medidas descritas acima não denotam necessariamente custos adicionais, como a opção por cores claras, e o estudo da orientação. A questão da Transmitância térmica das paredes pode ser compensada como uma boa orientação e um bom detalhamento das venezianas, tanto para a ventilação como para o controlo de infiltrações.

Quadro 6.2.1 – Conclusão Tipologias A1 / A2 – Quadro Geral de análise

Tipologia / descrição		
A3 / A4a / A4b - Edifício habitacional multifamiliar em altura – 1 ou 2 unidades por pavimento.		
VARIÁVEIS	CARACTERÍSTICA DAS TIPOLOGIAS	CONSIDERAÇÕES QUANTO AO DESEMPENHO TÉRMICO
<i>Orientação</i>	Tipologias que permitem maior flexibilidade na orientação dos espaços.	Procurar associar uma boa orientação (preferencialmente Norte) nas zonas de longa permanência. Devido à diferente inclinação dos raios solares nas estações de verão e inverno, a orientação Norte favorece a incidência de radiação no inverno, com efeito inverso no verão (ver estudo de sombras).
<i>Transmitância térmica da envolvente</i>	<p>Paredes padrão em tijolo furado de cerâmica (espessura aproximada de 15cm), equivalente às paredes “D” a “I” do Anexo G). U médio de 2,40 W/(m².K).</p> <p>Variedade na especificação dos revestimentos externos de fachada, tais como cerâmicas e pedras. Esse factor pode reflectir num considerável aumento da transmitância térmica da envolvente.</p>	<p>Para os ambientes das unidades habitacionais em que são especificadas <i>grandes proporções de Aenv/Apav (>32%)</i>, baixas transmitâncias na envolvente podem ser desfavoráveis no verão. Quanto maior a área envidraçada maior é incidência de radiação solar. Nesse sentido, uma envolvente com baixo valor de transmitância térmica dificulta a dissipação do calor acumulado. Esse efeito é tanto maior quanto mais desfavorável a orientação (poente e nascente).</p> <p>Para os ambientes das unidades habitacionais em que são especificadas <i>proporções de Aenv/Apav em torno de 16%</i>, baixas transmitâncias podem favorecer a redução das Máximas no verão. Nesses casos paredes mais espessas (25cm), como as paredes “P”, “Q” e “R” (Anexo G) que apresentam U médio de 1,60 W/(m².K) poderiam ser consideradas na envolvente das zonas de longa permanência.</p> <p>Em associação às características térmicas da envolvente, no verão, é recomendável ponderar outras medidas como o sombreamento dos vãos, a dissipação do calor por ventilação nocturna.</p> <p>No inverno, baixas transmitâncias são sempre favoráveis para diminuir as perdas de calor.</p>
<i>Ventilação natural</i>	O estabelecimento da ventilação cruzada é efeito decorrente do desenho destas tipologias.	Ter atenção ao desenho das venezianas por forma a permitir o estabelecimento da ventilação nocturna (melhor período para a dissipação de calor), garantir protecção contra insectos. Se possível especificar sistemas de controlo das aberturas, de modo favorável tanto para o inverno (fechado) quanto para o verão (aberto).
<i>Sombreamento</i>	Venezianas nos dormitórios. Varandas nas zonas Estar e Dormitórios.	As varandas favorecem o sombreamento dos vãos no verão, quando dispostas na orientação Norte. Nas orientações nascente e poente o efeito não é o mesmo devido ao ângulo de inclinação solar nos períodos do nascer e pôr do sol. (ver estudo sombras)
<i>Área dos vãos envidraçados</i>	Padrão: vãos de proporções mais generosas, geralmente nas zonas de Estar.	Ter atenção às perdas de calor por condução no inverno e no excesso de incidência de radiação solar no verão. Nestes casos é fundamental uma boa orientação e/ou sistema de sombreamento adaptável às diversas condições climáticas de temperatura, e eficaz.
<i>Absortância solar</i>	Grande variação na especificação de cores, para além da variação dos materiais de revestimentos.	Especificar cores claras.
<i>Outros</i>	Padrão médio / alto. Tendência à valorização da forma, e o uso de materiais de acabamento mais nobres. Recurso ao condicionamento artificial de temperatura do ar (aquecimento, arrefecimento).	O poder mercadológico evidencia a forma e o conforto nestas tipologias. O conceito de conforto, por sua vez, está associado ao condicionamento artificial da temperatura do ar. No entanto essas tipologias denotam um grande potencial para o estabelecimento de boas condições de conforto térmico, sem a necessidade de se recorrer ao condicionamento térmico artificial. Maior flexibilidade no desenho da orientação solar, e maior flexibilidade quanto aos recursos financeiros. Nota-se que esse é um aspecto controverso.

Quadro 6.2.2 – Conclusão Tipologias A3 / A4a / A4b – Quadro Geral de análise

Tipologia / descrição		
M1 / M2 / M3a / M3b / M3c – Moradia unifamiliar		
VARIÁVEIS	CARACTERÍSTICA DAS TIPOLOGIAS	CONSIDERAÇÕES QUANTO AO DESEMPENHO TÉRMICO
Orientação	A maior ou menor flexibilidade para o estabelecimento de uma boa orientação solar nos ambientes está directamente associada aos recuos.	Procurar associar uma boa orientação (preferencialmente Norte) nas zonas de longa permanência. Devido à diferente inclinação dos raios solares nas estações de verão e inverno, a orientação Norte favorece a incidência de radiação no inverno, com efeito inverso no verão (ver estudo de sombras).
Transmitância térmica da envolvente	<p>Padrão médio - baixo: Paredes em tijolo furado de cerâmica (espessura aproximada de 15cm), equivalente às paredes “D” a “I” do Anexo G). U médio de 2,40 W/(m².K).</p> <p>Padrão médio - alto: Para além do mesmo padrão especificado acima, há grande variedade na especificação dos revestimentos externos de fachada, tais como cerâmicas e pedras. Esse factor pode reflectir num considerável aumento da transmitância térmica da envolvente.</p>	<p>Para os ambientes das unidades habitacionais em que são especificadas <i>grandes proporções de Aenv/Apav (>32%)</i>, baixas transmitâncias na envolvente podem ser desfavoráveis no verão. Quanto maior a área envidraçada maior é incidência de radiação solar. Nesse sentido, uma envolvente com baixo valor de transmitância térmica dificulta a dissipação do calor acumulado. Esse efeito é tanto maior quanto mais desfavorável a orientação (poente e nascente).</p> <p>Para os ambientes das unidades habitacionais em que são especificadas proporções de <i>Aenv/Apav em torno de 16%</i>, baixas transmitâncias podem favorecer a redução das Máximas no verão. Nesses casos paredes mais espessas (25cm), como as paredes “P”, “Q” e “R” (Anexo G) que apresentam U médio de 1,60 W/(m².K) poderiam ser consideradas na envolvente das zonas de longa permanência.</p> <p>Em associação às características térmicas da envolvente, no verão, é recomendável ponderar outras medidas como o sombreamento dos vãos, a dissipação do calor por ventilação nocturna.</p> <p>No inverno, baixas transmitâncias são sempre favoráveis para diminuir as perdas de calor.</p>
Ventilação natural	<p>Geralmente os recuos mínimos obrigatórios (COE) garantem o estabelecimento da ventilação cruzada.</p> <p>Nas habitações geminadas (em banda) esse efeito pode ser conseguido através do posicionamento de vãos em duas fachadas opostas.</p>	<p>Ter atenção ao desenho das venezianas por forma a permitir o estabelecimento da ventilação nocturna (melhor período para a dissipação de calor), garantir protecção contra insectos.</p> <p>Se possível especificar sistemas de controlo das aberturas, de modo favorável tanto para o inverno (fechado com boa vedação) quanto para o verão (aberto).</p> <p>As tipologias M3b e M3c diferenciam-se pelo desenvolvimento da edificação em andares. Neste caso é preciso ter em conta a questão da estratificação do ar, ou seja, devido à diferença de densidade do ar quente e frio (frio mais denso), nos ambientes superiores tende a haver uma concentração de ar mais quente. A presença de aberturas nos pontos mais altos da cobertura pode decorrer no “efeito chaminé”, fluxo do ar por diferencial de temperatura, efeito favorável para dissipação de calor no verão.</p>
Sombreamento	Venezianas nos dormitórios. Beirais e varandas cobertas.	<p>Para as tipologias implantadas em terrenos inclinados, muito frequentemente associado à tipologia M3c, é necessário ter em conta o próprio terreno no estudo de sombreamento.</p> <p>No caso da tipologia M3a, faz-se necessário ter em atenção o facto de que o padrão de sombreamento, neste caso, também é marcado pela projecção de sombras da própria edificação, efeito decorrente das formas em “L” ou “U” (ver estudo de sombras).</p>
Área dos vãos envidraçados	<p>Padrão médio - baixo: área dos vãos, mínimo exigido pelo COE (código de obras e edificações).</p> <p>Padrão médio - alto: vãos de proporções mais generosas, geralmente nas zonas de Estar.</p>	<p>Mínimo exigido pelo COE: proporção que favorece o controlo da incidência de radiação directa no verão, especificamente nos casos de orientação desfavorável (nascente e poente). No inverno este aspecto é desfavorável por ser reduzida a área de captação da radiação solar. Pode ser compensado com uma boa orientação (norte), e o uso da massa térmica para acumular calor. Evitar perdas de calor e controlar as infiltrações.</p> <p>Vãos de proporções mais generosas: ter atenção às perdas de calor por condução no inverno e no excesso de incidência de radiação solar no verão. Nestes casos é fundamental uma boa orientação e/ou sistema de sombreamento adaptável às diversas condições climáticas de temperatura, e eficaz.</p>

continuação

<p><i>Absortância solar</i></p>	<p>Padrão médio - baixo: variação na especificação das cores. Padrão médio - alto: variação na especificação de cores e dos materiais de revestimentos.</p>	<p>Especificar cores claras.</p>
<p><i>outros</i></p>	<p>Em termos do balanço térmico, as habitações unifamiliares térreas apresentam duas características básicas que as distingue das tipologias analisadas anteriormente: o contacto com o solo e a presença da cobertura exposta ao clima exterior. A inércia térmica do solo tende a ser favorável tanto no inverno quanto no verão, com temperaturas inferiores ao ar no verão e temperaturas superiores no inverno. Já através das coberturas decorre uma intensa troca com o ambiente externo, quer seja pela incidência de radiação solar, quer seja pela perda de calor das edificações através do arrefecimento para a abóbada celeste.</p>	<p>Especificar cores claras nas coberturas para reflectir mais os raios solares e consequentemente reduzir os ganhos no verão. Prever isolamento térmico nas coberturas para minimizar os picos de temperaturas máximas (meio dia) no verão, e aumentar as mínimas e médias no inverno reduzindo as perdas de calor para o exterior.</p>

Quadro 6.2.3 – Conclusão Tipologias M1 / M2 / M3a / M3b / M3c – Quadro Geral de análise

Identificaram-se problemas e estratégias potenciais de cada tipologia, o que possibilitou o desenvolvimento de um esboço de recomendações, específicos para cada realidade distinta.

Através da análise das diversas tipologias identificadas, conclui-se que existem diversas questões que poderiam ser facilmente incorporadas no processo de concepção dos projectos. Simples considerações, como a cor das componentes (Absortância solar), confirmaram exercer grande influência nas condições de conforto térmico. A especificação de isolamento nas coberturas é também evidenciada como uma estratégia acessível, para diversos padrões de construção identificados.

Foram identificados diversos factores determinantes para o estabelecimento do conforto térmico nas habitações. Muitos são claramente dependentes de uma boa concepção de projecto tais como a orientação solar, as características térmicas da envolvente, a dimensão dos vãos envidraçados, a especificação de um sistema de sombreamento e o uso da cor. No entanto ressalta-se também o padrão de uso das habitações como um factor importante, podendo interferir de modo favorável ou não, essencialmente no que se refere ao controlo da ventilação natural e do sombreamento dos vãos. Disto se conclui que o modo com que fazemos uso desses edifícios é também determinante para o balanço térmico.

Este estudo permitiu observar, com maior proximidade, que cada uma das tipologias identificadas são passíveis de uma análise mais selectiva para um melhor desempenho térmico. Aspectos como a orientação solar, o sombreamento e a ventilação natural são intrínsecos de todas edificações, quer façam parte do acto de projectar ou não, considerar essas questões durante no processo de concepção do projecto deve ser entendido como qualidade construtiva.

A análise apresentada é limitada no que se refere a diversos outros aspecto como a questão da Massa térmica e do controlo da humidade do ar. No entanto acredita-se que este resultado pode contribuir, essencialmente pela sua estrutura de análise, para aproximação entre os aspectos bioclimáticos e a realidade da prática profissional. Subentende-se, portanto, que através deste capítulo, este estudo atingiu um dos seus objectivos iniciais.

6.3 Conclusões sobre a ABNT NBR 15220 Norma em Desempenho térmico de edificações no Brasil

Os resultados do estudo paramétrico se mostraram concordantes em relação à maioria das recomendações descritas na **ABNT NBR 15220** (2005). O estudo sobre as tipologias de habitação apontou para um considerável potencial de aplicabilidade da Norma, em relação à realidade da prática profissional da Zona bioclimática Z3. Conclui-se que nesta proposta foram considerados os aspectos mais relevantes para o estabelecimento de melhores condições de conforto. Este estudo permitiu, no entanto, evidenciar alguns limites que se mostraram questionáveis e comentários que se mostraram relevantes, conforme seguem descritos na tabela abaixo.

GRUPO DE SIMULAÇÕES / variável	ANÁLISE	FIGURAS CONSULTADAS
COBERTURAS (transmitância térmica)	<p>Concordância com o limite ($U < 2,00 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) recomendado pela proposta de Norma (ABNT 2003).</p> <p>As alternativas C2, C3 e C4, que se encontravam abaixo deste limite, apresentaram resultados pouco divergentes entre si, e mais favoráveis que os da alternativa C1 ($U = 4,55 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$).</p>	<p>Número de horas de “desconforto”: Figuras 5.2.11 a 5.2.13</p> <p>temperatura: Figuras 5.2.2 a 5.2.5 Figuras 5.2.7 a 5.2.10</p>
COBERTURAS (Atraso térmico)	<p>O limite proposto pela Norma (inferior a 3,3 horas) não decorreu em diferenças significativas.</p> <p>Os resultados da alternativa C4 ($\varphi = 8,0$ horas) apresentaram comportamento pouco divergente aos da alternativa C2 ($\varphi = 1,3$ hora). Alternativas de Transmitância térmica equivalente ($C2 = 2,0$ e $C4 = 4,55 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) e grande distinção nos valores da Capacidade térmica ($C2 = 32$ e $C4 = 458 \text{ J/m}^2 \cdot \text{K}$).</p>	<p>Número de horas de “desconforto”: Figuras 5.2.11 a 5.2.13</p> <p>temperatura: Figuras 5.2.2 e 5.2.3 Figuras 5.2.7 e 5.2.8</p>
COBERTURAS (Absortância à radiação solar)	<p>No verão, diferenças na ordem de 123%, representam indícios para uma necessidade de revisão desse limite e/ou estudos mais aprofundados.</p> <p>As alternativas C2, C3 e C4, pintadas com cores claras e escuras ($\alpha = 0,2$ e $0,7$), se enquadram no limite recomendado pela ABNT (2003) para FCS, inferior a 6,5. No entanto, a diferença da cor resultou num aumento considerável da temperatura, e conseqüentemente no aumento do índice número de horas de sobreaquecimento.</p>	<p>Número de horas de “desconforto”: Figuras 5.2.11 e 5.2.13</p>
PAREDES (transmitância térmica)	<p>Constatou-se que a influência deste parâmetro está directamente relacionada à proporção de A_{env}/A_{pav}, e aos valores de Absortância térmica.</p> <p>Verificou-se uma concordância ao conjunto de limites propostos para a Transmitância térmica, A_{env}/A_{pav} e FCS.</p> <p>Em situações sem sombreamento, observou-se que o efeito favorável de redução das máximas, provocado pelas baixas transmitâncias nas paredes externas, tende a diminuir com o aumento das áreas envidraçadas. Nesse sentido, baixa transmitância nas paredes tende a dificultar a dissipação do calor interno acumulado.</p>	<p>Área dos Vãos envidraçados - Efeito da variação da Transmitância: Quadro 5.4.4</p>

continua

continuação

	<p>É importante alertar que baixas Transmittâncias também conduzem ao aumento das mínimas. Daí a importância de se haver uma associação com estratégias de dissipação de calor (ventilação nocturna).</p>	
<p>PAREDES (Atraso térmico)</p>	<p>Relativamente ao Atraso térmico, os resultados apontaram como melhores alternativas aquelas com os valores mais elevados e superiores ao limite recomendado (4,3 horas).</p> <p>As alternativas P3 e P4 (7,8 e 5,9 horas respectivamente), apresentaram resultados favoráveis em comparação às alternativas P1 e P2 (3,3 e 4,2 horas respectivamente).</p>	<p>Características térmicas das paredes: Quadro 4.3.5</p> <p>Número de horas de “desconforto”: Figuras 5.3.33 a 5.3.35</p>
<p>PAREDES (Absortância à radiação solar)</p>	<p>Pode-se dizer que o valor limite recomendado de FCS para esta Zona bioclimática, inferior a 4,0, foi confirmado pelos resultados das simulações desenvolvidas nesse estudo.</p> <p>A alternativa de menor Transmittância térmica (P3) foi a única correspondente a um FCS inferior ao limite proposto (1,35), quando considerado com pintura escura ($\alpha = 0.7$). Dentre todas demais simuladas com cor escura, esta foi a alternativa que apresentou os resultados mais favoráveis para a condição de verão.</p>	<p>Características térmicas das paredes: Figura 4.3.5</p> <p>Número de horas de “desconforto”: Figuras 5.3.33</p>
<p>VENTILAÇÃO NATURAL</p>	<p>No que se refere à recomendação da proposta de Norma quanto à proporção de Aenv/Apav (entre 15% e 25%), os resultados das simulações atentaram para a importância de se fazer algumas observações complementares.</p> <p>Para além do tamanho dos vãos, é essencial alertar para o estabelecimento da ventilação nocturna, e para evitar a diurna. A ventilação diurna tende a igualar as temperaturas interna e externa, ou seja, desfavorável. Já a nocturna desempenha a função principal de dissipação do calor, com a redução das mínimas.</p> <p>Melhores resultados foram obtidos com o estabelecimento da ventilação cruzada (mínimas mais baixas), em relação ao tipo unilateral.</p>	<p>Número de horas de “desconforto”: Figura 5.6.21 a 5.6.28</p> <p>Gráfico de evolução de Temperatura: Figura 5.6.16 e 5.6.18</p>
<p>SOMBREAMENTO</p>	<p>O sombreamento dos vãos foi confirmado como uma estratégia essencial e eficaz para o controlo térmico no verão.</p> <p>Para todas as simulações realizadas com venezianas nos vãos, o número de horas de sobreaquecimento dos ambientes foi inferior aos da condição externa de temperatura.</p>	<p>Número de horas de “desconforto”: Figuras 5.5.7 a 5.5.10.</p>

Quadro 6.3.1 – Conclusões Parâmetros da ABNT NBR 15220 (2005) – Quadro Geral de análise

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ABNT (2005).** ABNT NBR 15220-3 - *Norma em Desempenho Térmico de Edificações Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social*. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
2. **ABNT (2002).** *Normas Técnicas para Avaliação de Sistemas Construtivos Inovadores para Habitações*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Ainda não publicado.
3. **AKUTSU, M., (1998).** *Método para avaliação do desempenho térmico de edificações no Brasil*. Tese de Doutorado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP. São Paulo, Brasil.
4. **AKUTSU e VITTORINO** *Aplicação de isolantes térmicos em edificações : efeito no conforto térmico e nas cargas térmicas de condicionamento de ambientes*. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 1º, Gramado, 1990. Porto Alegre, Brasil.
5. **AKUTSU, M. S.; SATO N. M .; PEDROSO, N. G.; (1987).** *Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares: manual de procedimento para avaliação*. São Paulo: IPT. (IPT Publicação n. 1732).
6. **ALLARD, F. (Editor); (1998).** *Natural Ventilation in Buildings, a Design Handbook*. James & James Ltd. London, UK.
7. **ANDRADE, S., F.; (1996).** *Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.
8. **ARRUDA, A., L., V.; (1997).** *Caracterização da frequência dos tipos de edifícios habitacionais em altura no setor privado*. Tese de Mestrado. UFRGS – Faculdade de Arquitetura. PROPARG. Porto Alegre, Brasil.
9. **AROZTEGUI, J., M.; (1977).** Parâmetros do conforto térmico de Porto Alegre. Núcleo orientado para industrialização da edificação. Departamento de Engenharia Civil. UFRGS. Porto Alegre, Brasil.
10. **ASHRAE; (2001).** *EnergyPlus Testing with BESTEST*. STANDARD 140-2001. Atlanta, USA.
11. **ASHRAE; (1993).** *Physiological principles and thermal comfort*. In: *Ashrae handbook fundamentals*. Cap. 8. Atlanta, USA.
12. **ATLAS GEOGRÁFICO (2002).** Dorling Kindersley – Civilização Editores Ltda.
13. **BONDUKI, N.; (2000).** *Habitar São Paulo: reflexões sobre a gestão urbana*. Estação Liberdade Ltda. São Paulo, Brasil.
14. **BONDUKI, N.; (1997).** *Desenvolvimento económico, Estrutura urbana e distribuição de riqueza*. Fórum Plano Diretor – SEMPLA. In: *Habitar São Paulo: reflexões sobre a gestão urbana*. Estação Liberdade Ltda. São Paulo, Brasil. 2000.
15. **CAMELO, S., M., L.; (1995).** Estudo do comportamento térmico de edifícios em Portugal no período de verão. Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico.
16. **CAMPOS FILHO, C., M.;(2003).** *Reinvente seu bairro: Caminhos para você participar do planejamento de sua cidade*. Editora 34 Ltda. São Paulo, Brasil.

17. **CRAWLEY, D., B.; LAWRIE, L., K.; WINKELMANN, F., C.; PERDESEN, C., O.; (2001).** *EnergyPlus: new capabilities in a whole-building energy program*. In: IBPSA, 7°. Rio de Janeiro, Brasil.
18. **FANGER, P. O.; (1970).** *Thermal Comfort – Analysis and Applications in Environmental Engineering*. McGraw-Hill, New York, USA.
19. **FROTA, A. B. ; SCHIFFER, S. R.; (1988).** *Manual de conforto térmico*. Editora Nobel. São Paulo, Brasil.
20. **GIVONI, B.; (1992).** *Comfort, climate analysis and building design guidelines*. Energy and Building, n.18, pp.11-23.
21. **GONÇALVES, H.; JOYCE, A.; SILVA, L.; (2002).** *Uma contribuição para os Objectivos de Política Energética e Ambiental*. In: Forum Energias Renováveis em Portugal. ADENE/INETI. Portugal.
22. **GONÇALVES, O., M.; JOHN, V., M.; PICCHI, F., A.; SATO, N., M.; (2003).** *Normas técnicas para avaliação de Sistemas construtivos inovadores para habitações*. Coletânea HABITARE – Vol.3, ANTAC, 2003. Porto Alegre, Brasil.
23. **GOULART, S.V.G.; (1993).** *Dados climáticos para avaliação de desempenho térmicos de edificações em Florianópolis*. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.
24. **GHISI, E.; LAMBERTS, R.; ORDENES, M.; PEDRINI, A.; (2003).** *Metodologia utilizada na elaboração da biblioteca de materiais e componentes construtivos brasileiros para simulações no VISUALDOE-3.1*. Relatório interno. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (Labeee) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.
25. **IBGE; (1996).** *Censo Demográfico /1996 - População Residente em Favelas*. www.portal.prefeitura.sp.gov.br.
26. **KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V.; (1977)** *Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales*. Paraninfo. Madrid, Spain.
27. **KRUGER, E., L.; LAMBERTS, R.; (1999).** *Ventilação Natural em uma casa padrão COHAB: Avaliação das taxas de ventilação para diferentes tipos de orientação e abertura*. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 5°, Fortaleza, Brasil.
28. **KRUGER, E., L.; LAMBERTS, R.; (2000).** *Avaliação do desempenho térmico de casas populares*. In: ENTAC, 8°, v.2 p.1229-1236 il. Salvador, Brasil.
29. **LAMBERTS, R.; (1988).** *Heat Transfer Through Roofs of Low Cost Brazilian Houses*. Tese de Doutorado. Department of Civil Engineering - The University of Leeds. UK.
30. **LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, O. R.; (1997).** *Eficiência Energética na Arquitetura*. PW editores. PROCEL. São Paulo, Brasil.
31. **LAMBERTS, R.; GUISI, E.; RORIZ, M.; PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. C.; (2003).** *Normalização em conforto ambiental: desempenho térmico, lumínico e acústico de edificações*. In: *Normalização e Certificação na Construção Habitacional*. Coletânea HABITARE – Vol.3, ANTAC, 2003. Porto Alegre, Brasil.
32. **LAMBERTS, R.; GUISI, E.; PAPST, A., L.; (2000).** *Desempenho térmico de edificações*. Laboratório de Eficiência Energética de Edificações – Labeee. Núcleo de Pesquisa em Construção. Departamento de Engenharia Civil. UFSC. Florianópolis, Brasil.

33. **LBNL; (2004).** *Input Output Reference: The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output.* In: *EnergyPlus Documentation V. 1.2.0.* California, USA.
34. **McHARG, I., L.; (2000).** *Proyeta con la naturaleza.* Editorial Gustavo Gilli SA, Barcelona, Spain.
35. **MAGALHÃES, M. M. R.; (1983).** *O controle da radiação no espaço exterior urbano.* Secretaria de Estado do Ordenamento e Ambiente. Serviço de Estudos do Ambiente. Portugal.
36. **MENDES, N.; LAMBERTS, R.; NETO, J., A., B. ; (2001).** *Building simulation in Brazil.* In: IBPSA, 7°. Rio de Janeiro, Brasil.
37. **NIMER, E.; (1979).** *Climatologia do Brasil.* Rio de Janeiro:IBGE.
38. **OLGYAY, V. (1963).** *Design with climate – bioclimatic approach to architectural regionalism.* Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
39. **ORDEM DOS ARQUITECTOS; (2001).** *A Green Vitruvius: Princípios e Práticas de Projecto para uma Arquitectura Sustentável.* Portugal.
40. **PAPST, A., L.; (1999).** *Uso de inércia térmica no clima subtropical: Estudo de caso em Florianópolis – SC.* Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.
41. **PIECADE, A., C.; RODRÍGUEZ, A., M.; RORIZ, L., F.; (2003).** *Climatização em Edifícios: Envolvente e Comportamento térmico.* Edições Orion. 2ª Ed. Amadora, Portugal.
42. **Prefeitura do Município de São Paulo; (2004).** *O novo zoneamento ao alcance de todos.* In: *Série Manuais.* Prefeitura do Município de São Paulo - Secretaria de Planejamento Urbano. São Paulo, Brasil.
43. **ROMAN, H.; BONIN, L. C.; (2003).** *Introdução.* In: *Normalização e Certificação na Construção Habitacional.* Coletânea HABITARE – Vol.3, ANTAC, 2003. Porto Alegre, Brasil.
44. **RORIZ, M.; (1997).** *Conforto térmico em edificações na cidade de São Paulo: Impacto das vedações verticais externas.* In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído -ENCAC, 4º, Salvador, Brasil.
45. **RORIZ, M.; GUISI, E. ; LAMBERTS, R.; (1999).** *Uma proposta de Norma Técnica Brasileira sobre Desempenho térmico de habitações populares.* In: ENCAC, 5º, 1999. Fortaleza, Brasil.
46. **SOUZA, H., O.; (1998).** *O espaço construído e os Anseios de morar.* Tese de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP. São Paulo, Brasil.
47. **SZOKOLAY, S., V.; AULICIEMS, A.; (1997).** *Thermal Comfort.* PLEA: Passive and Low Energy Architecture International – note: 3. Department of Architecture – University of Queensland.
48. **TARIFA, J. R. ; ARMANI, G. ; (2001a).** *Os climas naturais.* Capítulo 2. In : *Os climas na cidade de São Paulo – Teoria e prática.* GEOUSP – Coleção Novos Caminhos, 4. Universidade de São Paulo, Brasil.
49. **TARIFA, J. R. ; ARMANI, G. ; (2001b).** *Os climas urbanos.* Capítulo 3. In : *Os climas na cidade de São Paulo – Teoria e prática.* GEOUSP – Coleção Novos Caminhos, 4. Universidade de São Paulo, Brasil.

50. **TARIFA, J. R. ; (2001c).** *O ritmo e a prática do estudo dos climas de São Paulo (1970-2000)*. Capítulo 1. In : *Os climas na cidade de São Paulo – Teoria e prática*. GEOUSP – Coleção Novos Caminhos, 4. Universidade de São Paulo, Brasil.
51. **TASCHNER, S.,P.; (1997).** *Favelas e Cortiços no Brasil: 20 anos de Pesquisas e Políticas*. In: *Cadernos do LAP*. Universidade de São Paulo – Faculdade de Arquitetura. São Paulo, Brasil.
52. **THOMAS, R. (editor); (2003).** *Sustainable Urban Design*. Spon Press. London, UK.
53. **VIANNA, N., S.; (2001).** *O Estado da Arte em Ensino e Pesquisa na Área de Conforto Ambiental no Brasil*. Universidade de São Paulo – Faculdade de Arquitetura. São Paulo, Brasil.
54. **WATSON, D., LABS, K.; (1983).** *Climatic Design – Energy efficient building principles and practices*. McGraw-Hill, New York, USA.
55. **WHESTEPHAL, F., S.; LAMBERTS, R.; (2003).** *Ferramenta computacional para análise energética de edificações a partir de dados climáticos simplificados: validação através do método BESTEST*. In: ENCAC, 2003. Curitiba, Brasil.

ANEXOS

A – Mapa do Brasil	A1
B – Mapa <i>Unidades Climáticas “Naturais” do Município de São Paulo</i>	B1
C – Mapa <i>Unidades Climáticas “Urbanas” do Município de São Paulo</i>	C1
D – Recomendações e directrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local (ABNT, 2005)	D1
E – Relação das 330 cidades cujos climas foram classificados (ABNT, 2005)	E1
F – Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico (ABNT, 2005)	F1
G – Transmitância, Capacidade térmica e Atraso térmico de Coberturas e Paredes (ABNT, 2005)	G1
H – Requisitos e Critérios estabelecidos para avaliação do desempenho térmico de coberturas (ABNT, 2002)	H1
I – Requisitos e Critérios estabelecidos para avaliação do desempenho térmico de fachadas (ABNT, 2002)	I1
J – Dados Climáticos	J1
K – Estudo de Insolação de tipologias	K1

ANEXO A

Mapa do Brasil



Figura A.1 – Mapa do Brasil – Fonte: Atlas geográfico (2002).

ANEXO B
Mapa de Unidades climáticas naturais do Município de São Paulo
 (TARIFA e ARMANI, 2001a)

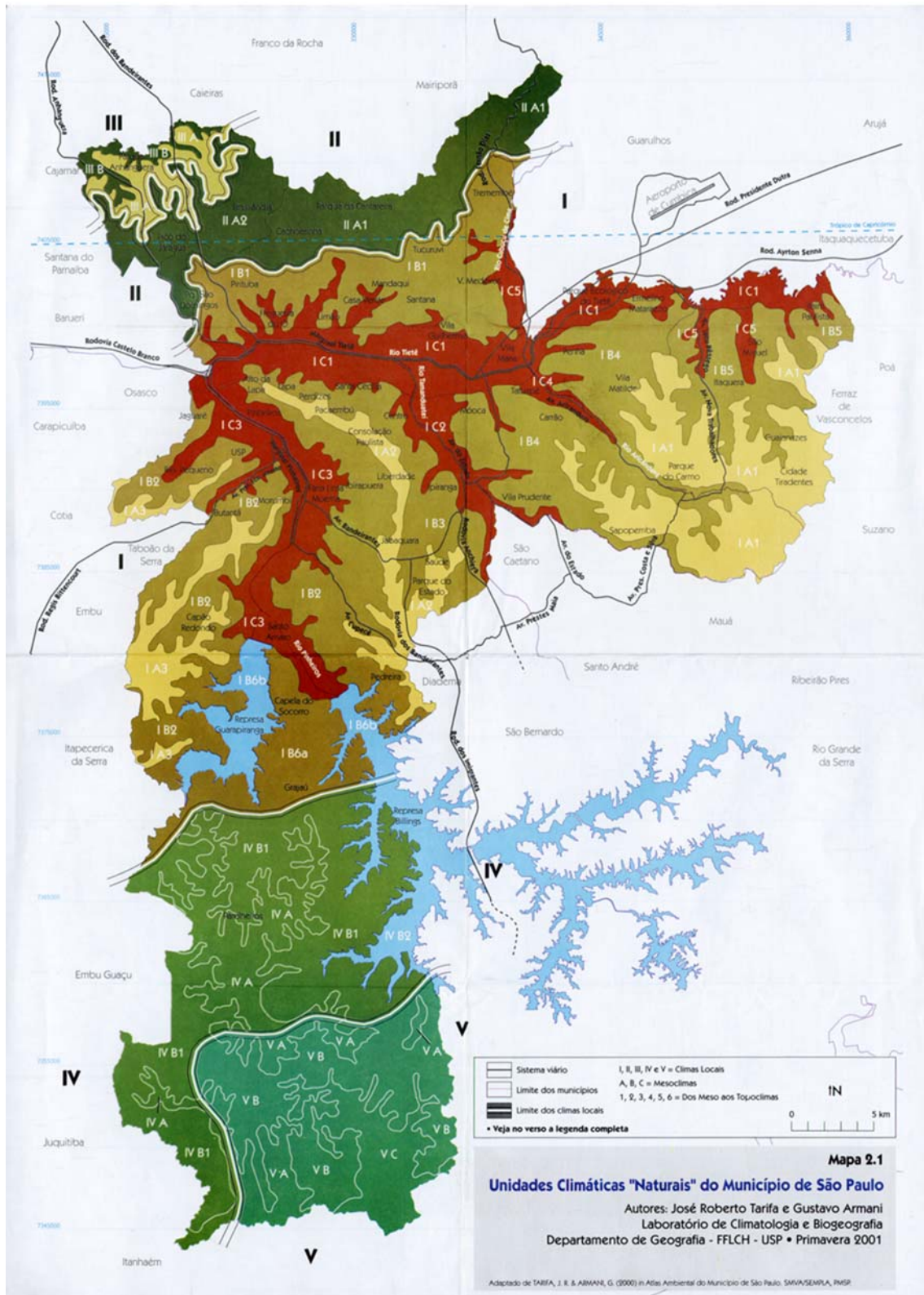


Figura B.1 – Mapa de Unidades Climáticas “Naturais” do município de São Paulo – Fonte: TARIFA e ARMANI (2001a).

Unidades Climáticas		Controles Climáticos		Atributos Climáticos			Propriedades e Características Fundamentais		
Clima Local	Mediometeorológicas	Altitude (m)	Relevo	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)	Total Anual Média	Máx. Diária		
			Forma	Máx.	Mín.				
	A1	800 - 900	Morça, Serra e morro do Alto Aracaju e lagoa	19,3 - 18,7	34,9 - 34,3	15,5 - 14,9	1400 - 1450	100 - 150	Média a alta declividade. Boa ventilação e dispersão de poluentes. Temperaturas amenas.
	A2	800 - 800	Alto colinas e cumadais planas do Espigão Central (Paraisópolis)	19,3 - 19,0	34,9 - 34,8	15,5 - 15,4	1350 - 1400	100 - 140	Topo plano, bem ventilado e com boa dispersão de poluentes. Temperaturas amenas.
	A3	800 - 800	Serra e alto espigão dos Freijoles - Embu - Cadea	19,3 - 19,1	34,9 - 34,7	15,5 - 15,3	1050 - 1400	100 - 175	Média a alta declividade. Boa ventilação e dispersão de poluentes. Temperaturas amenas.
	B1		Serra intermediária e morro baixo do Alto Itaipá		35,0 - 34,9	15,6 - 15,5	1350 - 1500	150 - 300	Impactos pluviométricos médios a altos, sazonal (dispersão de poluentes, forte drenagem e acumulação noturna de ar frio).
	B2		Colinas, colinas e áreas do Pinheiros				1300 - 1400	100 - 175	Dispersão de poluentes sazonal e drenagem noturna de ar frio.
	B3		Colinas, colinas e áreas do Espigão Central				1350 - 1450	110 - 150	Dispersão de poluentes sazonal e drenagem noturna de ar frio.
	B4	740 - 800	Tempos, colinas e planícies do Tremaculter e Aracaju	19,6 - 19,3			1400 - 1480	100 - 175	Fonte de aquecimento diurno nos tempos e colinas planas a sul e elevadas. Dispersão de poluentes sazonal a sul. Boa ventilação com ventos de Leste e Sudeste.
	B5		Tempos, colinas e planícies do lagoa				1350 - 1400	100 - 175	Fonte de aquecimento diurno nos tempos e planícies planas a sul e elevadas. Dispersão de poluentes sazonal a sul. Boa ventilação com ventos de Leste e Sudeste.
	B6		Colinas, morros e espigões diversos do Médio Pinheiros e Embu-Guaçu (Bilings e Guaranjangá)				1050 - 1400	150 - 300	Média a alta impactos pluviométricos, boa ventilação e dispersão de poluentes. Frequentes nevoeiros e nevoas (ondas marítimas).
	B7	740	Região Bilings e Guaranjangá	19,4 - 19,3	35,0 - 34,9	15,6 - 15,5	1050 - 1400	150 - 300	Média a alta impactos pluviométricos, boa ventilação e dispersão de poluentes. Frequentes nevoeiros e nevoas (ondas marítimas).
	B8		Varzais e baixos tempos do Vale do Teffé				1300 - 1480	110 - 150	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período.
	B9		Varzais e baixos tempos do Vale do Teffé				1350 - 1470	100 - 150	Varzais, colinas e áreas do Espigão Central. Dispersão de poluentes sazonal a sul e elevadas. Frequentes nevoeiros e nevoas (ondas marítimas).
	B10	760 - 740	Varzais e baixos tempos do Vale do Teffé				1940 - 1460	100 - 175	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período. Ventos fracos, calmas e nevoas (ondas marítimas).
	B11		Varzais e baixos tempos do Vale do Teffé	19,7 - 19,6	35,3 - 35,0	15,9 - 15,8	1450 - 1470	110 - 125	Inversões térmicas próximas do solo. Fonte de aquecimento diurno. Dispersão de poluentes. Boa ventilação com ventos de SE e NW.
	B12		Varzais e baixos tempos do Vale do Teffé				1350 - 1400	110 - 125	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período. Ventos fracos, calmas e nevoas (ondas marítimas).
	B13		Varzais e baixos tempos do Vale do Teffé				1560 - 1500	105 - 150	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período.
	B14	800 - 1000	Morços e Serra de Bocoré (mencionada da Carreira e Jaraguá)	19,3 - 17,7	34,9 - 33,3	15,5 - 15,0	1400 - 1590	150 - 300	Varzais, colinas e áreas do Espigão Central. Dispersão de poluentes sazonal a sul e elevadas. Frequentes nevoeiros e nevoas (ondas marítimas).
	B15	800 - 1000	Morços e Serra de Bocoré (mencionada da Carreira e Jaraguá)				1400 - 1590	150 - 300	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período.
	B16	840 - 800	Morros e espigão do Juazeiro - Teffé	19,6 - 19,3	35,0 - 34,9	15,8 - 15,5	1400 - 1500	150 - 200	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período. Ventos fracos, calmas e nevoas (ondas marítimas).
	B17	700 - 740	Tempos e elevadas do Vale do Juazeiro	19,7 - 19,6	35,3 - 35,0	15,9 - 15,8	1400 - 1400	150 - 300	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período. Ventos fracos, calmas e nevoas (ondas marítimas).
	B18	800 - 850	Morros e espigões elevados do Alto Pinheiros e Embu-Guaçu	19,3 - 19,1	34,9 - 34,7	15,5 - 15,3	1400 - 1800	300 - 400	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período. Ventos fracos, calmas e nevoas (ondas marítimas).
	B19	740 - 800	Morros e elevadas do Alto Pinheiros e Embu-Guaçu	19,6 - 19,3	35,0 - 34,9	15,8 - 15,5	1400 - 1800	300 - 400	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período. Ventos fracos, calmas e nevoas (ondas marítimas).
	B20	740	Região Bilings	19,4 - 19,3	35,0 - 34,9	15,6 - 15,5	1400 - 1800	300 - 300	Elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acumulação de ar frio neste período. Ventos fracos, calmas e nevoas (ondas marítimas).
	B21	800 - 800	Serra e alto espigão da Favela Oriental	19,3 - 19,1	34,9 - 34,7	15,5 - 15,3	1600 - 1900	300 - 400	Grande influência costeira, elevada estabilidade e impactos pluviométricos muito altos. Boa ventilação e dispersão de poluentes. Nevoeiros e baixos estados muito frequentes. Calmas e impactos frontais.
	B22	740 - 800	Morros, vales e elevadas do Alto Carreirinhas	19,6 - 19,3	35,0 - 34,9	15,8 - 15,5	1600 - 1900	300 - 400	Grande influência costeira, elevada estabilidade e impactos pluviométricos muito altos. Boa ventilação e dispersão de poluentes. Nevoeiros e baixos estados muito frequentes. Calmas e impactos frontais.
	B23	50 - 740	Elevada Oriental do Paraisópolis (Serra do Mar)	39,4 - 19,6	38,0 - 35,0	18,6 - 15,8	1800 - 3010	300 - 400	Grande influência costeira, elevada estabilidade e impactos pluviométricos muito altos. Boa ventilação e dispersão de poluentes. Nevoeiros e baixos estados muito frequentes. Calmas e impactos frontais.

Legenda do mapa 2.1
Unidades Climáticas "Naturais" do Município de São Paulo
 Autores: José Roberto Tarifa e Gustavo Armani
 Laboratório de Climatologia e Biogeografia
 Departamento de Geografia - FFLCH - USP • Primavera 2001

Adaptado de TARIFA, J. R. & ARMANI, G. (2000) in Anuário Ambiental do Município de São Paulo. SP: SAMA/SEMPA, P. 140

Este mapa é parte integrante da obra
Os Climas na Cidade de São Paulo - teoria e prática
 de José Roberto Tarifa e Gustavo Armani (Orgs.),
 sendo proibida sua venda em separado.
 Todos os direitos reservados ao Laboratório de Climatologia e Biogeografia
 DO FFLCH/USP. Copyright 2001. São Paulo.

Figura B.2 – Legenda do Mapa de Unidades Climáticas "Naturais" do município de São Paulo – Fonte: TARIFA e ARMANI (2001a).

ANEXO C
Mapa de Unidades climáticas urbanas do Município de São Paulo
 (TARIFA e ARMANI, 2001b)

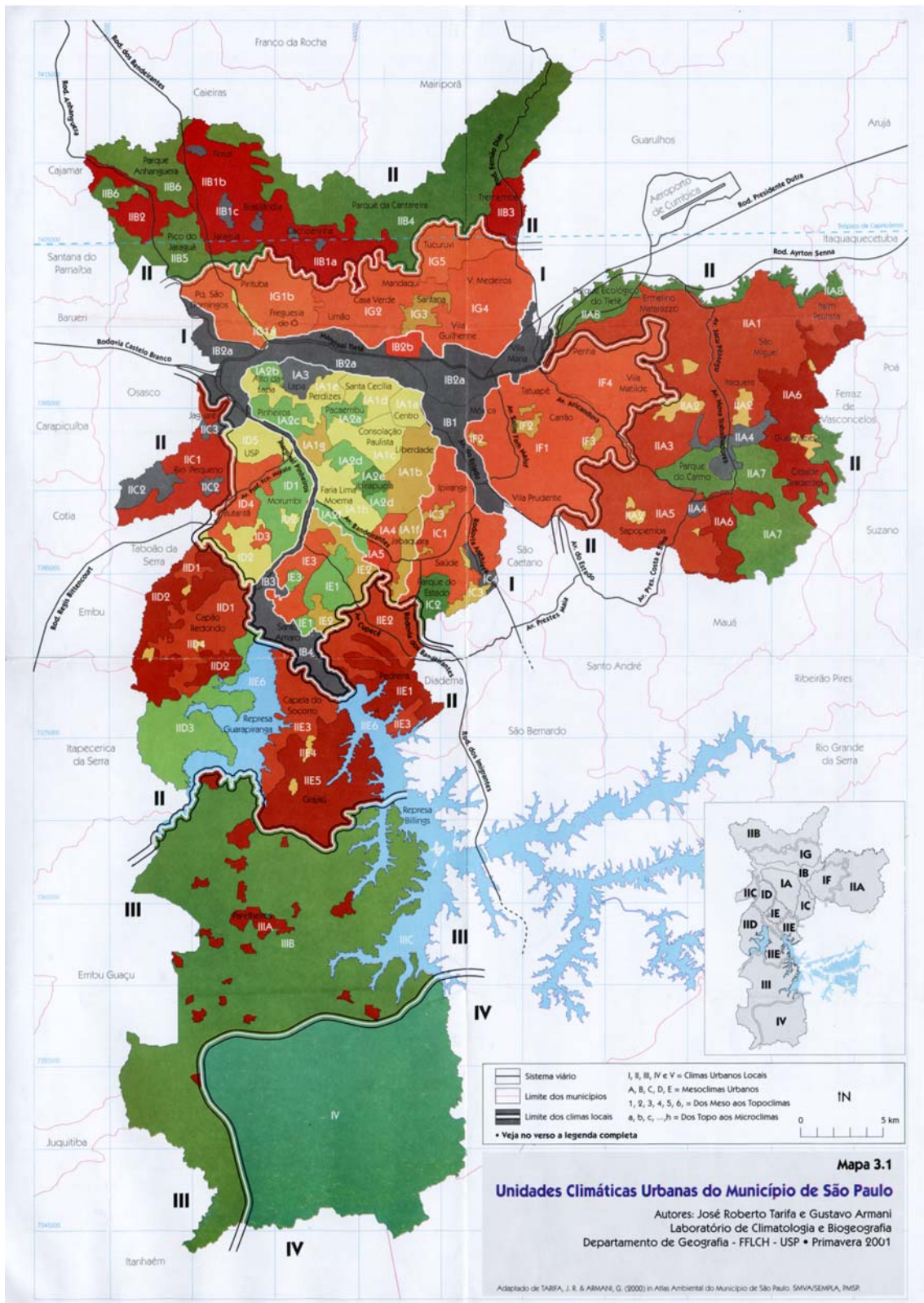


Figura C.1 – Mapa de Unidades Climáticas “Urbanas” do município de São Paulo – Fonte: TARIFA e ARMANI (2001b).

Unidades Climáticas		Controles Climáticos				Atributos Climáticos														
Local/Meso	Meso	Meso/Topo	Topo/Micro	Uso do Solo Predominante	% de Áreas Verdes	Poluição					Temperatura Estimada pelo Satélite LANDSAT 7 (°C)									
						Mat. Part. Média Anual	NO _x (µg/m ³) Máxima (24h)	O ₃ (µg/m ³) Máxima (1h)	SO ₂ (µg/m ³) Média Anual	SO ₂ (µg/m ³) Máxima (24h)	Fumaça (µg/m ³) Média Anual	Fumaça (µg/m ³) Máxima (24h)	CO (ppm) Máxima (8h)	Temperatura Predominante (°C)	Faixa de Variação de Temp. (°C)	Temperatura Predominante (°C)	Faixa de Variação de Temp. (°C)			
I – Unidade Climática Urbana Central	A – Núcleo	1	a	Verticalizado/Administrativo (Centro)	Inexistente	54	185	851	249	17	63	61	183	10.4	08	08-30	08	08-31		
				Vert. Liberdade/Vergueiro	Pequena	—	—	—	—	—	93	102	40	152	—	30	07-32	09	08-31	
				Vert. Consolação/Paulista	Pequena	44	199	436	—	15	53	55	140	8.1	08	07-30	08	07-30		
				Vert. Santa Cecília	Pequena	45	131	998	—	17	105	—	—	13.6	08	07-30	08	07-31		
				Vert. Perdizes/Esplanada Central	Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	07-30	09	08-31		
				Vert. Via Mariana/Jabaquara	Muito pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32	09-31	09	08-31		
				Vert. Largo da Batata	Muito pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	08-31	30	09-31		
				Vert. Faria Lima/Moema	Pequena	—	—	—	—	17	53	43	189	—	08	07-30	08	07-31		
				Res. Bairro Verde - Pacaembu	Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	07-30	08	08-30		
				Res. Bairro Verde - Alto da Lapa	Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	08-30	09	09-31		
				Res. Bairro Verde - Pinheiros	Grande	41	76	1163	247	17	66	38	180	—	08	08-31	09	08-31		
				Res. Bairro Verde - Jardins/Moema	Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	08-30	08	08-30		
	Parque Ibirapuera	Grande	43	198	922	322	10	77	—	—	9.6	08	06-09	06	06-09					
	Res. Bairro Verde - Brooklin	Média	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	09-31	30	09-31					
	Com./Indus. - Lapa	Pequena	40	109	1193	964	—	—	—	—	8.3	32	09-32	31	09-32					
	Res. Baixo	Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	09-32	30	09-31					
	Aeroporto - Congonhas	Pequena	48	196	1156	130	92	56	—	—	10.0	30	30-32	32	30-32					
	B – Marginal	2	a	Indus./Armaz./Com./Marginal/Tamanduateí	Muito pequena	44	153	836	306	14	50	—	—	13.8	33	31-33	32	30-32		
				Indus./Armaz./Com./Term. Rodov./Marginal/Tietê	Muito pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	09-33	32	09-32		
				Aeroporto - Campo de Marte	Médio a Grande	55	119	—	335	—	—	—	—	—	30	08-32	32	08-32		
				Marginal Pinheiros	Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	07-31	09	08-30		
				Indus. - Santo Amaro	Pequena a média	44	196	—	—	—	—	—	—	6.9	31	08-32	32	08-32		
				Res. Baixo - Ipiranga	Pequena	45	147	—	—	—	—	—	—	—	31	09-32	30	09-32		
				Parque do Estado	Dominante	—	—	—	—	—	—	—	—	—	06	05-08	03	03-08		
				Vert.	Muito pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	08-31	09	08-31		
				Indus. - Anchieta	Muito Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32	30-32	31	30-32		
				Res. Bairro Verde - Morumbi	Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	07-09	08	07-30		
Vert. - Morumbi				Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	07	06-08	07	06-08			
Res. Baixo - Favela				Muito Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	09-31	31	08-31			
Res. Baixo - Butantã				Média	53	172	—	—	—	—	—	—	—	30	08-31	30	08-31			
USP				Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	07-31	30	06-31			
C – O caminho do mar				3	a	Res. Bairro Verde - Chic. São Antônio	Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	07-09	07	07-30
	Vert. - Berrini/Brooklin	Pequena	—			—	—	—	—	—	—	—	—	09	07-31	09	07-32			
	Res. Baixo - Santo Amaro	Pequena	—			—	—	—	—	—	—	—	—	31	09-31	31	09-32			
	Res. Baixo - Mooca/Tatuapé	Muito pequena	53			182	—	321	92	89	45	174	—	32	09-33	30	09-32			
	Vert. Anália Franco	Pequena	—			—	—	—	—	—	—	—	—	08	07-31	08	07-31			
	Cemitério Vila Formosa	Média	—			—	—	—	—	—	—	—	—	32	09-32	08	08-30			
	Res. Baixo - Penha/Vila Matilde	Muito pequena	40			137	—	—	—	—	—	—	—	31	09-32	09	09-31			
	Vert. - Bandoniantes	Grande	—			—	—	—	—	—	—	—	—	08	07-09	08	07-30			
	Res. Baixo - São Domingos/Pirituba	Média	46			108	—	—	—	—	—	—	—	09	09-31	31	07-32			
	Res. Baixo - Limão/Casa Verde	Pequena	—			—	—	—	—	—	—	—	—	30	09-32	31	09-32			
	Vert. - Santana	Pequena	—			—	—	—	—	—	—	—	—	09	08-30	08	08-30			
	Res. Baixo - Vila Maria/Vila Guilherme	Muito pequena	64			970	—	—	—	—	—	—	—	32	09-33	30	09-32			
	Res. Baixo - Tucuruvi	Média a grande	—			—	—	—	—	—	—	—	—	08	06-30	09	06-31			
	D – Além Tietê	4	a			Res. Baixo/Favelas - São Miguel Paulista	Muito pequena	52	180	—	961	—	—	—	—	—	30	09-32	09	08-31
						Vert. Conj. Hab.	Muito pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	09-32	08	08-30
Res. Baixo/Favelas - Cidade Linder				Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	08-32	08	07-30			
Indus.				Média a grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	08-31	08	06-09			
Res. Baixo/Favelas - Sapeopembé/São Mateus				Muito pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	09-32	09	08-31			
Res. Baixo/Favelas - Cidade Trindades/Guaianazes				Média	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	08-31	08	06-09			
Parque do Carmo				Dominante	—	—	—	—	—	—	—	—	—	06	05-09	03	03-09			
Parque Ecológico do Tietê				Dominante	—	—	—	—	—	—	—	—	—	03	05-09	03	03-09			
II – Unidade Climática Urbana Periférica				A – Da Zona Leste	1	Res. Baixo - favelas	Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	09-32	30	08-32
						Res. Baixo - favelas	Média	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	05-31	08	05-31
						Indus.	Média	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	05-31	08	05-31
						Res. Baixo/Favelas - Penas	Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	06-32	08	05-30
						Res. Baixo/Favelas - Alto Tremembé	Média	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	06-30	08	07-30
						Parque da Cantareira	Dominante	—	—	—	—	—	—	—	—	—	03	03-08	03	03-08
						Parque do Jaraguá	Dominante	—	—	—	—	—	—	—	—	—	06	03-30	03	03-08
	Parque Arbanqueira	Dominante	—			—	—	—	—	—	—	—	—	06	03-30	03	03-08			
	B – Da Zona Oeste	2	a			Res. Baixo/Favelas - Rio Pequeno	Pequena a média	55	149	675	196	16	43	—	—	8.3	30	08-31	30	07-31
						Com./Indus. - Raposo Tavares	Pequena a média	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	08-31	09	07-31
						Vert.	Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31	08-31	30	09-32
						Res. Baixo/Favelas - Capão Redondo	Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	09-31	30	08-31
						Res. Baixo/Favelas - Capão Redondo	Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	08-30	09	08-30
						Res. Bairro Verde	Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	06-09	03	03-09
						Vert. Conj. Hab.	Muito pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	08-32	09	07-31
Res. Baixo/Favelas - Pedreiras				Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	07-30	08	07-30			
Res. Baixo/Favelas - Cidade Ademar				Muito pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31	09-32	30	09-32			
Res. Baixo - Socorro/Cid. Dutra				Média a grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	08-31	30	05-31			
Vert.				Pequena	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	08-30	08	08-31			
Res. Baixo/Favelas - Grajaú				Média	—	—	—	—	—	—	—	—	—	09	06-30	09	06-30			
Represas				Inexistente	—	—	—	—	—	—	—	—	—	03	03-04	03	03-04			
III – Unidade Climática Urbana Fragmentada				3	a	Res. Baixo	Grande	—	—	—	—	—	—	—	—	—	08	05-09	08	03-09
						Rural (não urbano)	Dominante	—	—	—	—	—	—	—	—	—	06	03-08	03	03-08
	Represa	Inexistente	—			—	—	—	—	—	—	—	—	03	03-04	03	03-04			
IV – Unidade Climática Urbana Não Fragmentada	4	a	Não urbano (florestal)	Dominante	—	—	—	—	—	—	—	—	—	03	03-08	03	03-08			

Este mapa é parte integrante da obra **Os Climas na Cidade de São Paulo - teoria e prática** de José Roberto Tarifa e Tarik Rezende de Azevedo (org.), sendo proibida sua venda em separado.

Todos os direitos reservados ao Laboratório de Climatologia e Biogeografia DG/FLCH/USP. Copyright 2001. São Paulo.

Legenda do mapa 3.1
Unidades Climáticas Urbanas do Município de São Paulo
 Autores: José Roberto Tarifa e Gustavo Armani
 Laboratório de Climatologia e Biogeografia
 Departamento de Geografia - FFLCH - USP • Primavera 2001

Adaptado de TARIFA, J. R. & ARMANI, G. (2000) in Atlas Ambiental do Município de São Paulo. S/MIA/SEMPLA, PMS/SP

Figura C.2 – Legenda Mapa de Unidades Climáticas “Urbanos” do município de São Paulo – Fonte: TARIFA e ARMANI (2001b).

ANEXO D
Recomendações e directrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local
 (ABNT, 2005)

Aberturas para ventilação	
Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Figura D.1 – Tabela recomendações de Aberturas para ventilação – Fonte: ABNT(2005).

Transmitância térmica, atraso térmico e factor de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa

Vedações externas		Transmitância Térmica - U W/m ² .K	Atraso Térmico - ϕ Horas	Fator de Calor Solar - FCS %
Paredes	Leve	$U \leq 3,00$	$\phi \leq 4,3$	$FCS \leq 5,0$
	Leve Refletora	$U \leq 3,60$	$\phi \leq 4,3$	$FCS \leq 4,0$
	Pesada	$U \leq 2,20$	$\phi \geq 6,5$	$FCS \leq 3,5$
Coberturas	Leve Isolada	$U \leq 2,00$	$\phi \leq 3,3$	$FCS \leq 6,5$
	Leve Refletora	$U \leq 2,30.FT$	$\phi \leq 3,3$	$FCS \leq 6,5$
	Pesada	$U \leq 2,00$	$\phi \geq 6,5$	$FCS \leq 6,5$

Figura D.2 – Transmitância térmica, atraso térmico e factor de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa
 Fonte: ABNT(2005).

Notas (ABNT, 2005):

1. Transmitância térmica, Atraso térmico e Fator de calor solar (ver 02:135.07-002)
2. As aberturas efetivas para ventilação são dadas em % da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).
3. No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado mais ático mais forro), a transmitância térmica deve ser verificada para fluxo descendente.
4. O termo "ático" refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.

ANEXO F
Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico
 (ABNT, 2005)

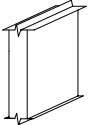
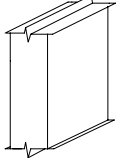
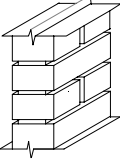
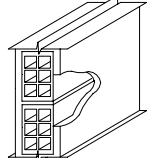
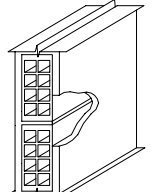
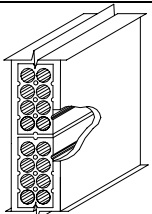
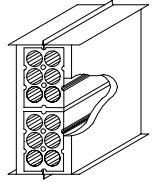
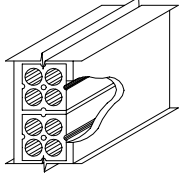
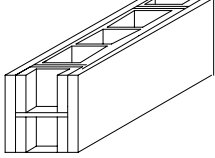
Fig. F.1 - Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico – FONTE: ABNT (2005)

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
E	Caracteriza a zona de conforto térmico.
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite quando as temperaturas externas diminuem.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois este pode alterar significativamente a direção dos ventos.
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21 e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas.

ANEXO G

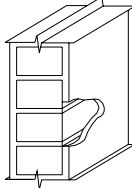
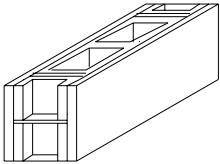
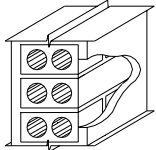
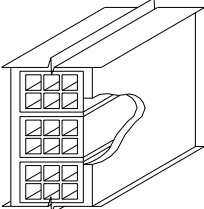
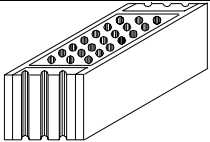
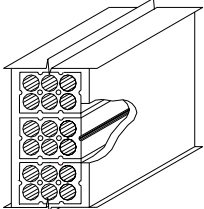
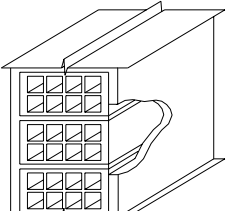
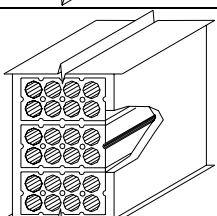
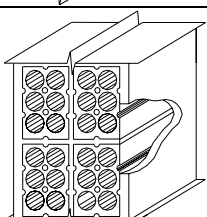
Transmitância, capacidade térmica e atraso térmico de Paredes e Coberturas (ABNT, 2005)

Fig. G.1 - Transmitância, capacidade térmica e atraso térmico de **Paredes**. – Fonte: ABNT (2005)

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	A. Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120	1,3
	B. Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0 cm	4,40	240	2,7
	C. Parede de tijolos maciços aparentes Dimens. tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura total da parede: 10,0 cm	3,70	149	2,4
	D. Parede de tijolos 6 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimens. tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,48	159	3,3
	E. Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimens. tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49	158	3,3
	F. Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimens. tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7
	G. Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimens. tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,28	168	3,7
	H. Parede com 4 furos circulares Dimensões do tijolo: 9,5x9,5x20,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,5 cm	2,49	186	3,7
	I. Parede de blocos cerâmicos de 3 furos Dimensões do bloco: 13,0x28,0x18,5 cm Espessura arg. assentam.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 18,0 cm	2,43	192	3,8

continua

continuação

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	J. Parede de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	3,13	255	3,8
	K. Parede de blocos cerâmicos de 2 furos Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,45	203	4,0
	L. Parede de tijolos com 2 furos circulares Dimensões do tijolo: 12,5x6,3x22,5 cm Espessura arg. de assentamento: 1,0cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,5 cm	2,43	220	4,2
	M. Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimens. tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura arg. assentam.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,02	192	4,5
	N. Parede de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimens. tijolo: 12,0x11,0x25,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 17,0 cm	2,31	227	4,5
	O. Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimens. tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm	1,92	202	4,8
	P. Parede de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimens. tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 24,0 cm	1,80	231	5,5
	Q. Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimens. tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 25,0 cm	1,61	232	5,9
	R. Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimens. tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 26,0 cm	1,52	248	6,5

continua

continuação

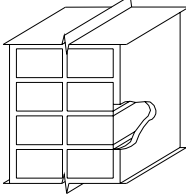
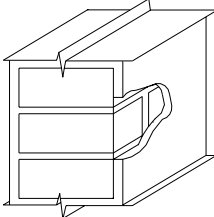
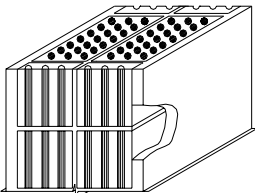
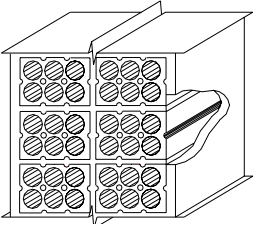
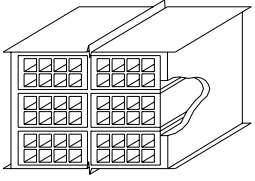
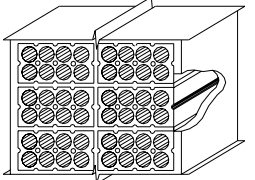
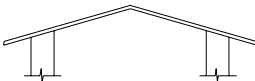
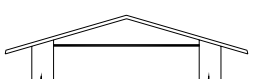
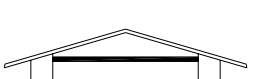
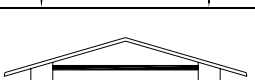
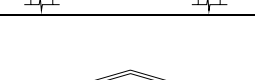

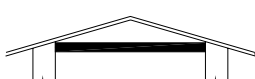
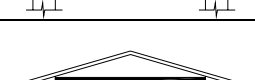
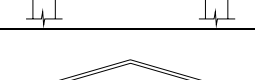
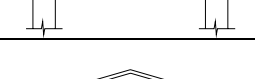
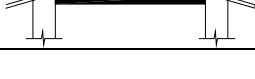
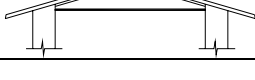
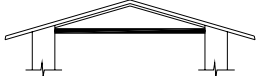
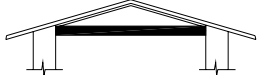
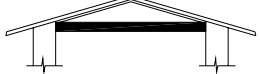
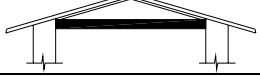
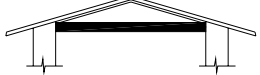
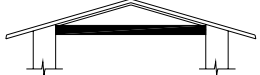
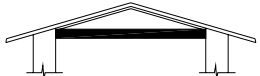
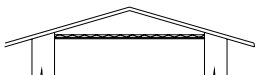

Parede	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	S. Parede dupla de tijolos maciços, assentados na menor dimensão Dimens. tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 26,0 cm	2,30	430	6,6
	T. Parede de tijolos maciços, assentados na maior dimensão Dimens. tijolo: 10,0x6,0x22,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 27,0 cm	2,25	445	6,8
	U. Parede dupla de tijolos de 21 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimens. tijolo: 12,0x11,0x25,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 30,0 cm	1,54	368	8,1
	V. Parede dupla de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimens. tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 36,0 cm	1,21	312	8,6
	X. Parede dupla de tijolos de 8 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimens. tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 44,0 cm	1,12	364	9,9
	Y. Parede dupla de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimens. tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura arg. de assent.: 1,0 cm Espessura arg. de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 46,0 cm	0,98	368	10,8

Fig. G.2 - Transmitância, capacidade térmica e atraso térmico de Coberturas – Fonte: ABNT (2003)

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55	18	0,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,60	11	0,2
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32	1,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	25	1,3
	Cobertura de telha de barro com forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,24	84	2,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	2,25	77	2,6
	Cobertura de telha de barro com forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{ti(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,92	113	3,6
	Cobertura de telha de fibro-cimento com forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{ti(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,93	106	3,6
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,84	458	8,0
	Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,99	451	7,9
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,75	568	9,3
	Cobertura de telha de fibro-cimento com laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,75	561	9,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32	2,0
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,16	25	2,0
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 1,0 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	84	4,2

continua

continuação

Cobertura	Descrição	U [W/(m ² .K)]	C _T [kJ/(m ² .K)]	φ[horas]
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de concreto Espessura da telha: 0,7 cm Espessura do concreto: 3,0 cm	1,18	77	4,2
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{T(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,09	113	5,4
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de laje mista Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da laje: 12,0 cm R _{T(laje)} = 0,0900 (m ² .K/W) C _{T(laje)} = 95 kJ/(m ² .K)	1,09	106	5,4
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,06	458	11,8
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,06	451	11,8
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,03	568	13,4
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,03	561	13,4
	Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,95	33	2,3
	Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,62	34	3,1

ANEXO H – COBERTURAS

Requisitos e critérios estabelecidos para avaliação do desempenho térmico (ABNT, 2002)

10.1 Requisito

As propriedades térmicas – transmitância térmica e absortância à radiação solar – das coberturas da habitação devem apresentar valores adequados que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática.

10.1.1 Critério e níveis de desempenho - Transmitância térmica

Os valores máximos admissíveis para a Transmitância Térmica (U) das coberturas considerando fluxo térmico descendente e os níveis de desempenho estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica.

Transmitância Térmica ⁽¹⁾ (U, em W/(m ² .K))		Nível de desempenho
Zonas 1 a 7	Zona 8 ⁽²⁾	
$U \leq 2,30$	$U \leq 2,30$ FT	M
$U \leq 1,50$	$U \leq 1,50$ FT	S
$U \leq 1,00$	$U \leq 1,00$ FT	E

⁽¹⁾ Valores de transmitância Térmica (U) considerando-se a resistência superficial interna com valor de 0,17 m².K/W e a resistência superficial externa com valor de 0,04 m².K/W.

⁽²⁾ Na Zona Bioclimática 8 também serão aceitas coberturas com telhas de barro em estado natural (não pintadas e não esmaltadas), mesmo que sem forro.

Comentário: em todas as zonas bioclimáticas, com exceção da zona 7, recomenda-se que elementos com capacidade térmica maior ou igual a 150 kJ/(m².K) não sejam empregadas sem isolamento térmico ou sombreamento.

10.1.1.1 Método de avaliação

10.1.1.1.1 Transmitância térmica:

Determinação por meio de cálculo conforme procedimentos apresentados na norma 02:135.07-002:1998.

10.1.1.1.2 Fator FT, aplicável para áticos ventilados:

São considerados ventilados os áticos cujas aberturas ocupem, no mínimo, toda a extensão de dois beirais opostos e desde que a altura destas aberturas (h, em cm) seja igual ou superior a 6 cm, conforme Figura 2.

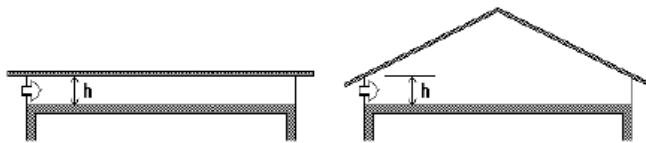


Figura 2 – Abertura (h) em beirais para ventilação do ático

O fator FT é calculado em função da altura da abertura (h, em cm):

$$FT = 1,17 - 1,07 \cdot h^{-1,04}$$

Para coberturas sem forro ou com áticos não ventilados:

$$FT = 1$$

10.1.2 Critério e nível de desempenho – Absortância térmica

O valor máximo admissível de absortância à radiação solar das superfícies externas da cobertura quando novas e o nível de desempenho correspondente estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Critério e nível de desempenho de coberturas quanto à absortância das superfícies externas

Absortância (α , adimensional) Zonas bioclimáticas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	Nível de desempenho
$\alpha \leq 0,25$	S
1) Geralmente telhas de barro possuem absortância à radiação solar acima do limite aqui recomendado. No entanto, devido ao fato de serem porosas e permitirem a absorção de água (de chuva ou de condensação), as mesmas terão um desempenho classificado como "superior" em relação ao critério 11.1.2, desde que sejam usadas em seu estado natural, ou seja, sem qualquer tratamento que altere a sua capacidade de absorção de água. (Ver nota ao final do Anexo 2).	

10.1.2.1 Método de avaliação

Medição da absortância à radiação solar conforme procedimentos da Norma ANSI/ASHRAE 74/1988 – Method of measuring solar-optical properties of materials.

ANEXO I

Requisitos e critérios estabelecidos para avaliação do desempenho térmico de fachadas (ABNT, 2002)

10.1 Requisito – Adequação de paredes externas

As propriedades térmicas – transmitância térmica e capacidade térmica das paredes externas da habitação devem apresentar valores adequados que proporcionem um desempenho térmico mínimo para cada zona bioclimática.

10.1.1 Critério e nível de desempenho – Transmitância térmica de paredes externas

Os valores máximos admissíveis para a Transmitância térmica (U) das paredes externas estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Critério e nível de desempenho de paredes externas quanto à transmitância térmica.

Nível de desempenho	Transmitância Térmica ⁽¹⁾ (U, em W/(m ² .K))		
	Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
		$\infty^{(2)} \leq 0,6$	$\infty^{(2)} \geq 0,6$
M	$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
⁽¹⁾ valores de transmitância Térmica (U) considerando-se a resistência superficial interna com valor de 0,13 m ² .K/W e a resistência superficial externa com valor de 0,04 m ² .K/W; ⁽²⁾ ∞ é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.			

10.1.1.1 Método de avaliação

Cálculo conforme procedimentos apresentados no projeto de norma 02:135.07-002:1998.

10.1.2 Critério e nível de desempenho – Capacidade térmica de paredes externas

Os valores mínimos admissíveis para a capacidade térmica (C_T) das paredes externas estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Critério e nível de desempenho de paredes externas quanto a capacidade térmica

Nível de desempenho	Capacidade térmica (C_T , em kJ/(m ² .K))	
	Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
M	≥ 45	≥ 130

10.1.2.1 Método de avaliação

Cálculo conforme procedimentos apresentados no projeto de norma 02:135.07-002:1998. No caso de paredes que tenham na sua composição materiais isolantes térmicos de condutividade térmica menor ou igual a 0,065 W/(m.K) e resistência térmica maior que 0,5 (m².K)/W, ou espaços de ar com resistência térmica maior que 0,5 (m².K)/W, o cálculo da capacidade térmica deve ser feito desprezando-se todos os materiais voltados para o ambiente externo, posicionados a partir do isolante ou espaço de ar.

10.2 Requisito

As fachadas das habitações devem apresentar janelas com dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes. Este requisito só se aplica aos ambientes de longa permanência: salas, cozinhas e dormitórios.

10.2.1 Critério

Os valores mínimos admissíveis para as áreas de aberturas para ventilação de ambientes de longa permanência estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Áreas mínimas de aberturas para ventilação

Nível de desempenho	Aberturas para Ventilação (A, em % da área do piso) ⁽¹⁾		
	Zonas 1 a 6	Zona 7	Zona 8
	Aberturas médias	Aberturas pequenas	Aberturas grandes
Mínimo	$A \geq 8$	$A \geq 5$	$A \geq 15$
⁽¹⁾ Nas zonas 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.			

10.2.1.1 Método de avaliação

Análise do Projeto Arquitetônico, considerando, para cada ambiente de longa permanência, a seguinte relação:

$$A = 100 \cdot (A_A / A_P) \quad (\%)$$

onde:

A_A é a área efetiva de abertura de ventilação do ambiente. Para o cálculo desta área, somente são consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo.

A_P é a área de piso do ambiente.

10.2.1.2 Nível de desempenho: M.

10.3 Requisito – Sombreamento das aberturas localizadas em paredes externas

Aberturas localizadas em fachadas devem possibilitar o controle da entrada de luz.

10.3.1 Critério – Sombreamento das aberturas

As janelas dos dormitórios, para qualquer região climática, devem ter dispositivos de sombreamento, de forma a permitir o controle do sombreamento e escurecimento, a critério do usuário, como por exemplo, venezianas.

10.3.1.1 Método de avaliação

Análise do Projeto.

ANEXO J - Dados Climáticos

Temperatura (°C) - Verão (23 Dezembro a 22 de Março)

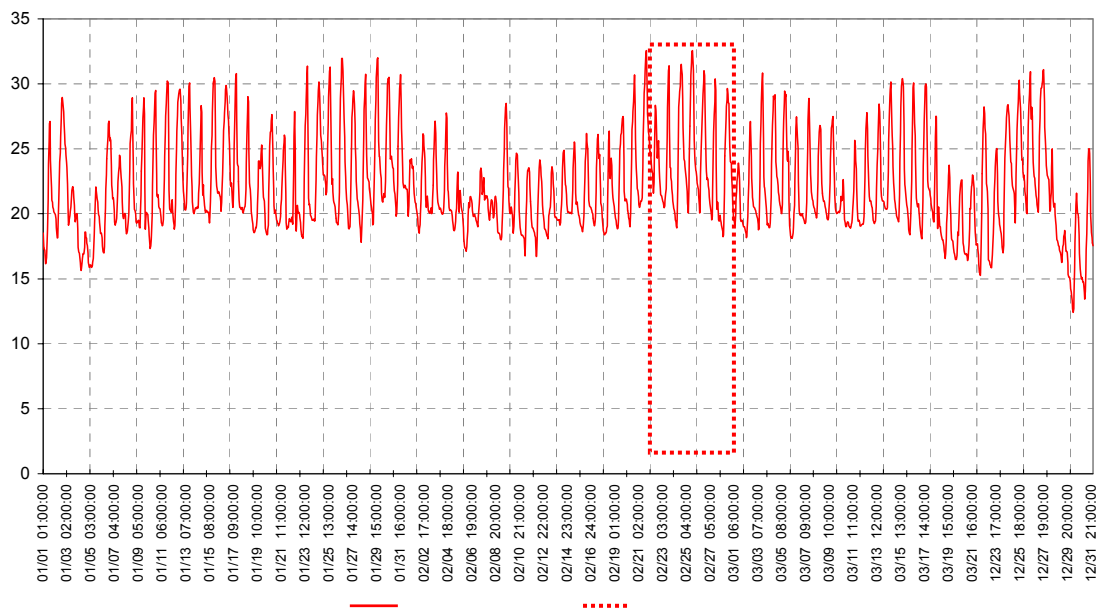


Fig. J.1- Arquivo climático TRY cidade de São Paulo (1954) – Gráfico Temperatura período **Verão** (23/12 a 22/03)
Verão:
Sequência de dias quentes: 22/02 a 28/02
Dias representativos de verão: 25/02 e 26/02
Temperatura médias das mínimas: 19,8°C
Temperatura médias das médias: 24,1°C
Temperatura médias das máximas: 30,7°C

Temperatura (°C) - Inverno (23 Junho a 22 de Setembro)

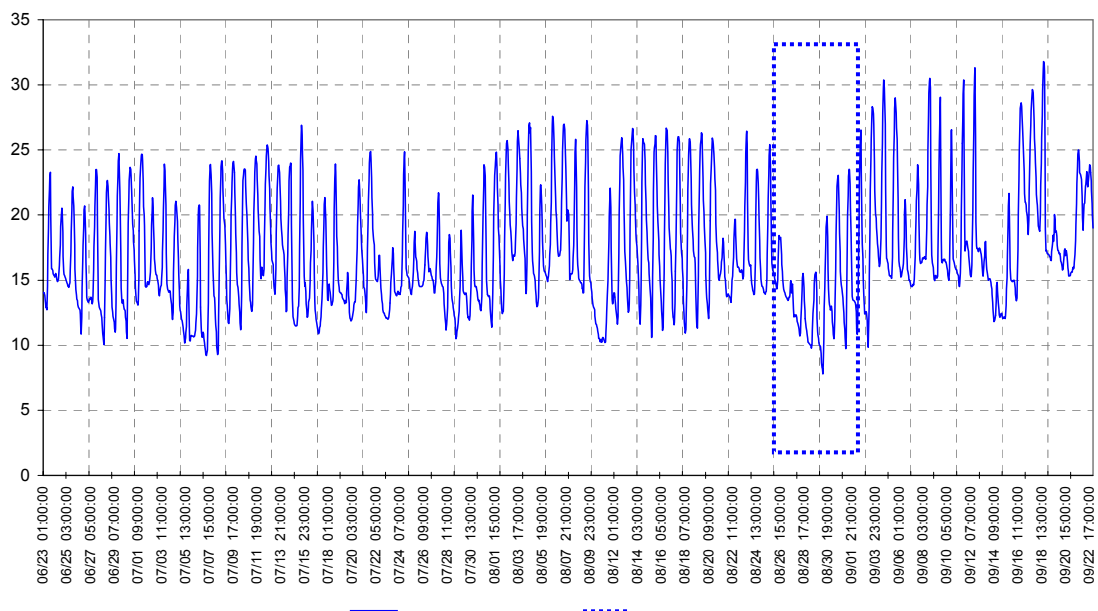


Fig. J.2- Arquivo climático TRY cidade de São Paulo (1954) – Gráfico Temperatura período **Inverno** (23/06 a 22/09)
Inverno:
Sequência de dias quentes: 25/08 a 31/08
Dias representativos de inverno: 27/08 e 28/08
Temperatura médias das mínimas: 11,2°C
Temperatura médias das médias: 14,3°C
Temperatura médias das máximas: 19,0°C

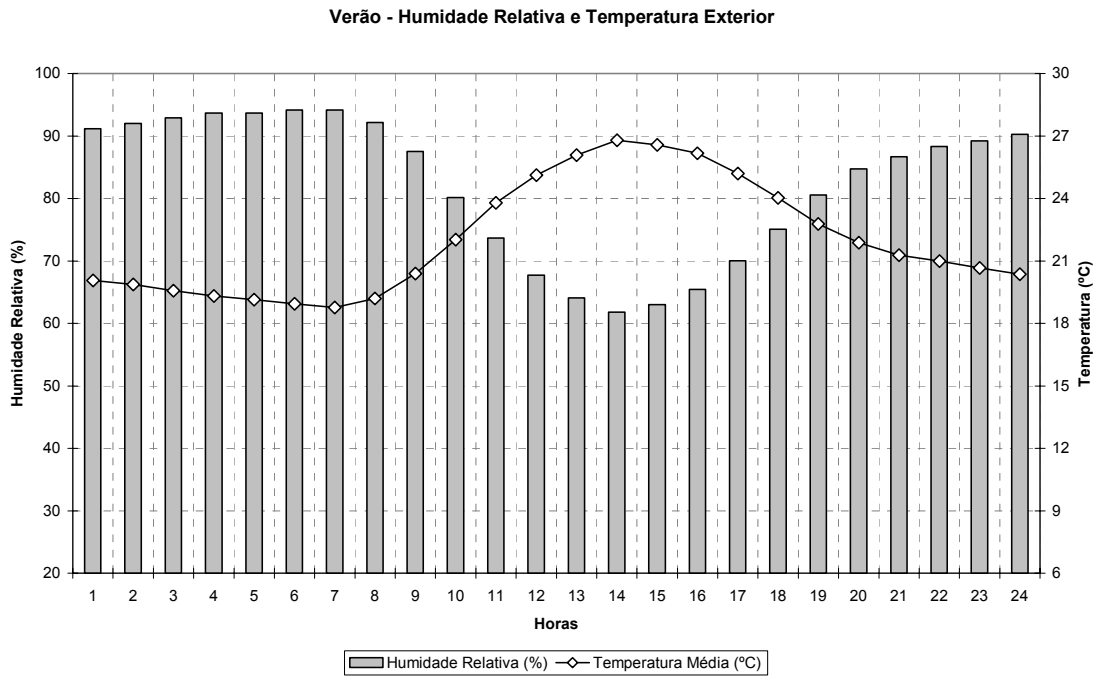


Fig. J.3 - Arquivo climático TRY cidade de São Paulo (1954) - Gráfico valores médios de Humidade Relativa e Temperatura do ar - período de Verão de 23/12 a 22/03.

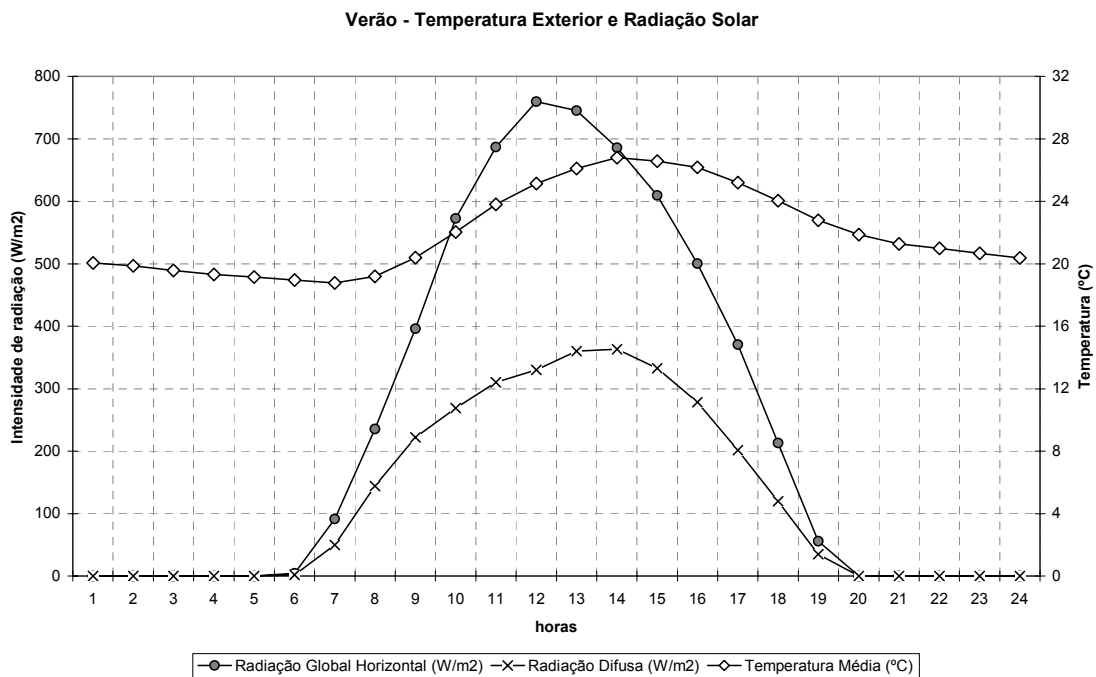


Fig. J.4 - Arquivo climático TRY cidade de São Paulo (1954) - Gráfico valores médios de Temperatura do ar, Radiação global no plano horizontal e Radiação difusa - período de Verão de 23/12 a 22/03.

Inverno - Humidade Relativa e Temperatura Exterior

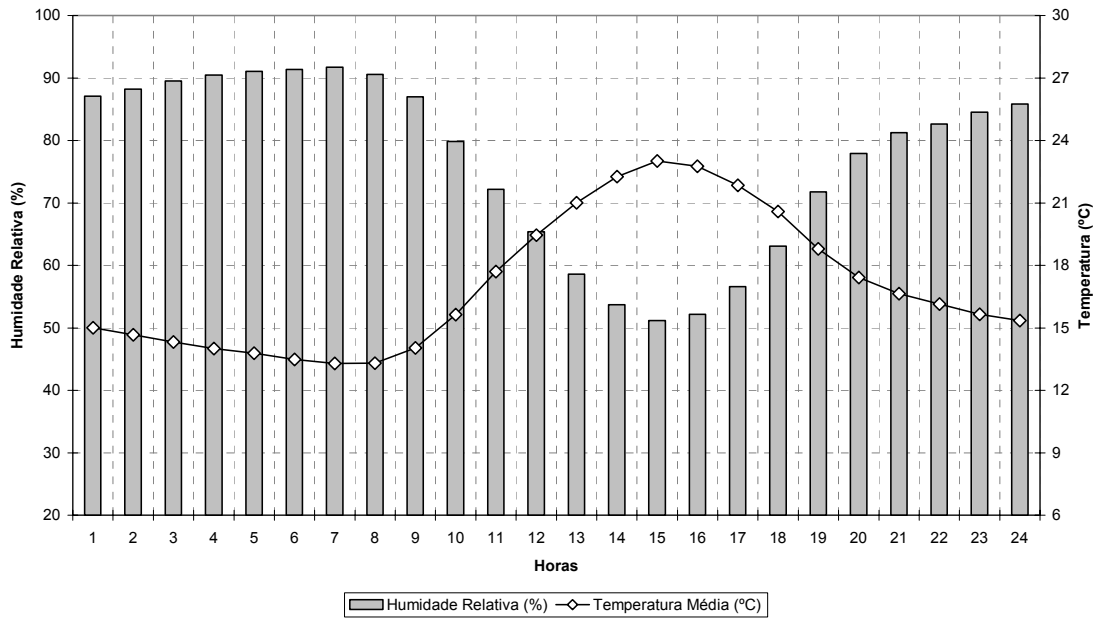


Fig. J.5 - Arquivo climático TRY cidade de São Paulo (1954) - Gráfico valores médios de Humidade Relativa e Temperatura do ar - período de Inverno de 23/06 a 22/09.

Inverno - Temperatura Exterior e Radiação Solar

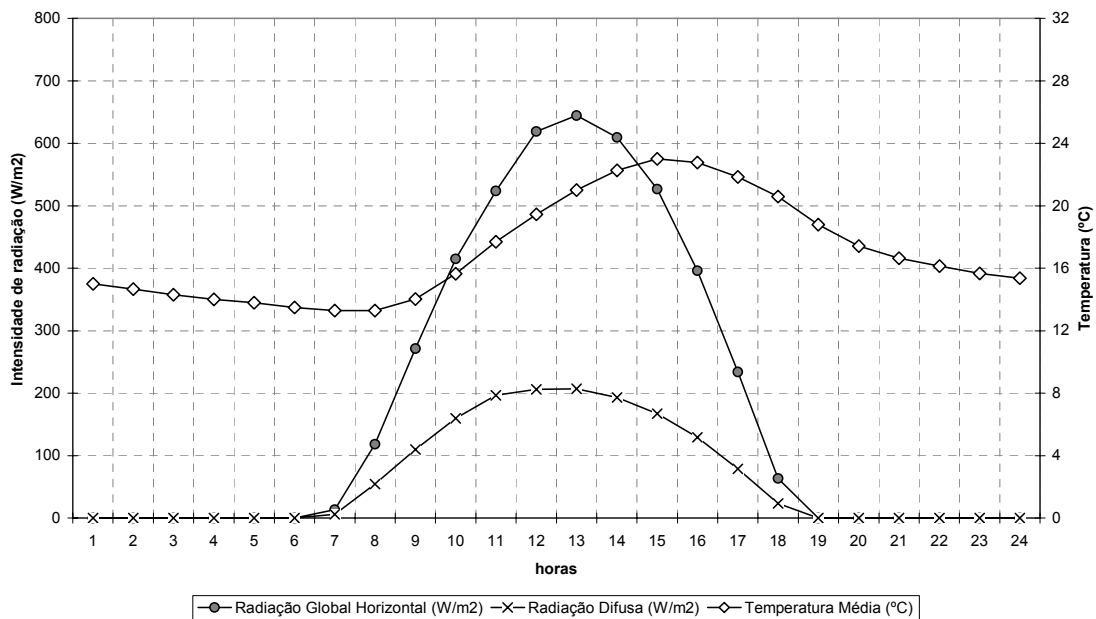


Fig. J.6 - Arquivo climático TRY cidade de São Paulo (1954) - Gráfico valores médios de Temperatura do ar, Radiação global no plano horizontal e Radiação difusa - período de Inverno de 23/06 a 22/09.

ANEXO K – Estudo de Insolação das tipologias



Figura K1 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia A1.
Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.



Figura K2 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia A2.
Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.



Figura K3 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia A3.
Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.



Figura K4 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia A4a.
Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.

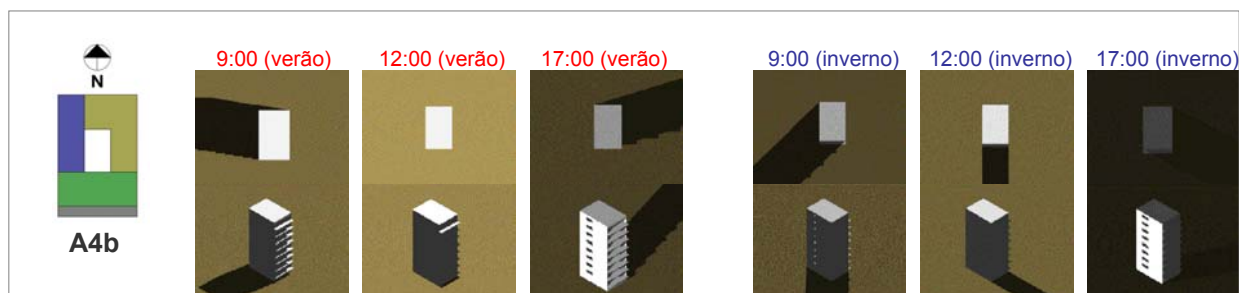


Figura K5 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia A4b.
Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.

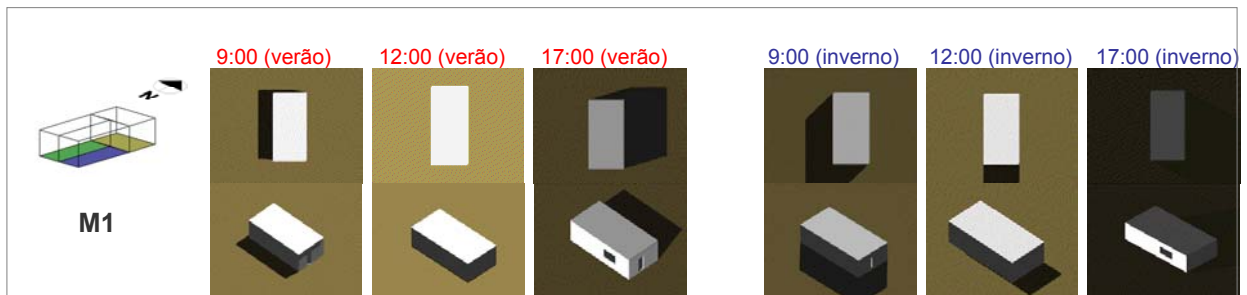


Figura K6 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia M1.
 Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.

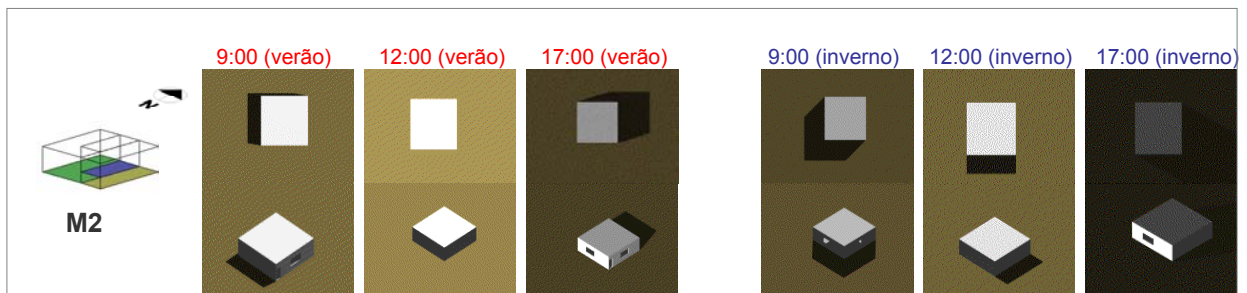


Figura K7 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia M2.
 Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.



Figura K8 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia M3a.
 Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.



Figura K9 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia M3b.
 Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.



Figura K10 – Estudo de insolação (hora solar) – verão (21/12) / inverno (21/06) – Tipologia M3c.
 Fonte: imagens da autora – software Autocad 2000.