

MONITORAMENTO DO CONJUNTO DEMONSTRATIVO DE TECNOLOGIAS “V CENTENÁRIO”, MONTEVIDÉU, URUGUAI

Francisco Vecchia

Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, SP

Alicia Mimbacas

Universidad de la República – UdelaR, Montevideú, Uruguai

Resumo

O presente artigo relata a experiência de monitoramento dos parâmetros do comportamento térmico de tecnologias inovadoras, latino-americanas, para habitações de interesse social realizadas em Montevideú, Uruguai. O período de medições térmicas ocorreu na transição inverno-primavera, indicando a reação diante do frio das distintas tecnologias escolhidas para a avaliação realizada. A pesquisa fez parte das atividades do Subprojeto XIV.8 – Casapartes, do Programa Ibero-americano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento (CYTED). Os resultados encontrados evidenciam a importância da massa térmica dos materiais de construção nas edificações de clima frio, assim como permitem entender o conceito de dia típico experimental, baseado na escolha de um episódio climático, para a análise comparativa entre diferentes sistemas construtivos habitacionais.

Palavras-chave: comportamento térmico, tecnologias inovadoras para habitação, análise térmica de edificações, reação térmica diante do frio.

Introdução

Procura-se, neste texto, analisar a reação térmica, diante do frio, de algumas tecnologias construtivas destinadas aos processos de construção pré-industrializados, habitações de interesse social, em Montevideú, Uruguai, realizadas como parte das atividades brasileiras de pesquisa e avaliação do comportamento térmico de materiais e elementos construtivos.

Relatam-se, portanto, as atividades de monitoramento automático das condições térmicas, como parte do processo de transferência de conhecimentos científicos nas áreas de Climatologia aplicada ao Ambiente Construído.

Os temas envolvidos nesse referido processo se relacionam com:

1. Análise climática com base na Climatologia Dinâmica.
2. Determinação de um período de medições automáticas que seja representativo das condições climáticas do local e da época de coleta de dados, por meio de episódios representativos do clima local.
3. Escolha de um dia típico experimental para verificação das condições do comportamento térmico de edificações, visando à facilidade da análise crítica e da comparação entre distintos sistemas construtivos.

4. Formação técnica de pessoal docente e de pesquisadores nas atividades de especificação de equipamentos e para a instalação de sistemas automáticos de medição dos elementos climáticos e das variáveis do comportamento térmico.

As atividades foram realizadas na cidade de Montevideú, Uruguai, entre os dias 30 de agosto e 5 de setembro de 2004, com o apoio do CYTED, HABITED – SUB PROGRAMA XIV, Sub-Proyecto XIV.8 – CASAPARTES, e da Faculdade de Arquitetura da *Universidad de la República*, no Conjunto Demonstrativo “V Centenário”, onde foram construídos distintos sistemas construtivos habitacionais, com as expressivas tecnologias existentes na América Latina.

O principal objetivo deste relato, por um lado, foi o de apresentar os resultados obtidos por meio do monitoramento automático realizado nesse conjunto e, por outro, a avaliação preliminar do comportamento e desempenho térmico de seis habitações, do “Conjunto V Centenário”, construídas com diferentes materiais e elementos construtivos.

Procura-se entender e analisar a adequação de suas respostas térmicas em relação às condições climáticas locais.

Da mesma forma, foi de grande interesse apresentar no relato as potencialidades do registro simultâneo de dados meteorológicos e das medições dos valores das temperaturas superficiais e das temperaturas do ar, nos espaços interiores dessas seis habitações escolhidas para o ensaio realizado.

Localização e clima

A cidade de Montevidéu está localizada nas coordenadas geográficas 34°52' latitude Sul e 56°12' W longitude Oeste de Greenwich, ao Sul do território continental do Uruguai. Segundo Koppen (1900), o território uruguaio é classificado como *Cfa*, o que, em resumo, significa clima de característica temperada, moderada, com chuvas irregulares e com temperaturas do mês mais quente superiores a 22°C.

Segundo Meyner (1955), o Uruguai pode ser considerado como região de passagens de frentes frias, localizando-se relativamente próximo a uma área fonte de massas de ar, que fornece as massas polares que costumam penetrar de forma encadeada e sucessiva no continente americano. Essas massas de ar frias (mPA) chegam a atingir, muitas vezes, o Nordeste e, freqüentemente, o Sul e o Sudeste brasileiro.

Este anticiclone semipermanente do Atlântico Sul influencia as condições climáticas em todo o Uruguai. A circulação horizontal que esse anticiclone origina em confronto com o anticiclone tropical (mTA) estabelece a direção predominante do vento, que é de nordeste (NE) e de leste (E). No domínio do anticiclone tropical ocorrem aportes de ventos de nordeste (NE) de origem tropical e, sob o domínio do anticiclone Polar, ocorrem os aportes de ventos de leste (E) de origem polar.

Nos momentos de ruptura de domínio dessas duas massas de ar ocorrem entradas de frentes frias, nesse país, devido ao avanço do anticiclone Polar Atlântico, às vezes apoiado pelo Polar Pacífico, que originam ventos de origem polar, com direção predominante de sudoeste (SW).

Segundo as Normais Climatológicas uruguaias, as temperaturas médias mais elevadas ocorrem durante o mês de janeiro e fevereiro. As temperaturas médias mais baixas (média das mínimas) acontecem em junho e julho, variando de acordo com a região.

As flutuações de temperatura são freqüentes e pronunciadas em qualquer época do ano. Esse fato se explica em função da penetração de inúmeras frentes frias que ocorrem ao longo do ano. Ressalve-se que, na retaguarda das frentes, há uma massa de ar fria e, por vezes, úmida, que é a massa polar – mPA.

Na Tabela 1 estão dispostos os valores resumidos das Normais Climatológicas para os meses de agosto e setembro, que correspondem ao período de 1961-1990.

Materiais e Métodos

Conjunto Demonstrativo “V Centenário”

O Conjunto Demonstrativo de Tecnologias “V Centenário” foi idealizado no ano de 1994 e a sua construção concretizada por meio de convênio entre o Ministério de Ordenamento Territorial, Ministério da Habitação e Meio Ambiente e a Faculdade de Arquitetura da Universidad de la Republica (UdelaR) e o CYTED, Sub-Proyecto XIV.8, em paralelo com o II Curso Ibero-americano de Tecnologias Industrializadas para a Habitação Social, sob a coordenação do arquiteto Walter Kruk. Neste processo construtivo participaram 12 empresas uruguaias e algumas estrangeiras.

A proposta de urbanização foi objeto de concurso organizado pela referida Faculdade de Arquitetura, e formam parte desse referido conjunto demonstrativo 20 habitações de crescimento gradual (progressivas ou evolutivas) individuais, com implantação simétrica no terreno, com algumas variações “tipológicas” de projeto arquitetônico. Foram utilizados 13 sistemas construtivos distintos (tecnologias construtivas), conforme indicam a Figura 1 e a Tabela 2.

As casas que compõem o Conjunto Demonstrativo “V Centenário” estão descritas na Tabela 2, de acordo com os tipos de paredes e dos sistemas de cobertura, que foram, para facilidade de análise, classificados por letras segundo o tipo de sistema construtivo característico e dominante.

O Conjunto Demonstrativo “V Centenário” foi objeto de estudos e de análise em relação ao seu desempenho térmico e à sua eficiência energética. As suas casas foram estudadas ao longo das atividades didáticas do curso de Construção II, da Faculdade de Arquitetura, da Universidade da República do Uruguai (UdelaR), e reportadas por Mimbacas & Aroztegui (1994) e Mimbacas (2004).

Tabela 1 Descrição resumida dos sistemas construtivos empregados na construção das casas do referido Conjunto em Montevidéu.¹

	tx (°C)	txm (°C)	tmed (°C)	tnm (°C)	tn (°C)	HR (%)	HS (horas)
Agosto	29,5	16,2	11,7	7,8	-2,8	77	164
Setembro	30,6	18,0	13,4	9,1	-0,4	74	182

1. **tx**: temperatura máxima absoluta; **txm**: temperatura média máxima; **tmed**: temperatura média; **tnm**: temperatura média mínima; **tn**: temperatura mínima absoluta; **HR**: umidade relativa (%); **HS**: insolação direta (horas).



Figura 1 Planta baixa do Conjunto Demonstrativo de Tecnologias “V Centenário”, mostrando a implantação das habitações nos respectivos terrenos, em relação ao Norte Geográfico.

Tabela 2 Descrição resumida dos sistemas construtivos empregados na construção das casas do referido Conjunto em Montevidéu.

Tipo	Paredes	Coberturas
A	Concreto celular	Chapas fibrocimento c/ forro
B	Parede de tijolos cerâmicos com buracos	Abóbadas cerâmicas
C	Concreto pré-fabricado	Laje de concreto armado
D	Mortero projetado	Mortero projetado
E	Mortero injetado	Mortero injetado
F	Parede de concreto	Laje de concreto armado
G	Concreto cavernoso	Laje de concreto armado
H	Concreto pré-fabricado	Abóbadas cerâmicas
I	Concreto pré-fabricado	Abóbadas cerâmicas
J	Laje de cerâmica	Laje cerâmica
K	Concreto pré-fabricado	Chapas fibrocimento c/ forro
L	Parede de tijolos cerâmicos com buracos	Chapas fibrocimento c/ forro

Os principais resultados desses esforços foram os de evidenciar as características térmicas de cada uma das tecnologias empregadas e de destacar a potencialidade de economia de energia destinada à calefação, no período de inverno, para manter as edificações em condições de conforto térmico adequadas ao aumentar a resistência térmica das envolventes opacas.

Descrição do período de monitoramento

Período analisado

Durante o período de 30/8 a 5/9 de 2004 foram realizados registros automáticos dos dados meteorológicos e do desempenho térmico de algumas das habitações do Conjunto Demonstrativo “V Centenário”. As medições meteorológicas realizadas tomaram os dados dos seguintes elementos climáticos: temperatura do ar exterior, umidade relativa e radiação solar global. Os dados foram registrados a cada 20 segundos, estabelecendo-se médias a cada 30 minutos.

As medições internas das temperaturas superficiais das paredes e das coberturas e, igualmente, da temperatura do ar (de bulbo seco) se realizaram por termopares tipo T, conectados à estação meteorológica automática de aquisição de dados *datalogger* CR10X, da *Campbell Scientific Inc.*

Durante esse período atuaram sobre a região vários sistemas atmosféricos. A partir de 31/8, pode-se observar a atuação de uma massa de ar polar, de característica fria,

que mantém o seu vigor até o dia 3/9, quando, então, se encontra em plena fase de tropicalização (pois perde as suas características polares e começa se aquecer, com isso, perde o seu rigor térmico de frio).

A última imagem obtida do satélite GOES, do dia 1º de setembro de 2004 (Figura 2), mostra Montevidéu sobre o início do domínio de uma massa polar que se encontra na retaguarda da frente fria, nesse momento, avançando em direção ao Rio Grande do Sul (Brasil).

A linha posterior da frente fria, na imagem de satélite, encontra-se, exatamente, sobre o estuário do Rio da Prata. Esse sistema atmosférico (massa Polar Atlântica-mPA) permaneceu sobre essa região, tropicalizando-se ao final (dia 4/9). No período de sua atuação, suas propriedades impuseram temperaturas reduzidas, alcançando o menor valor de 7,3°C, no dia 3/9. Portanto, esse dia pôde ser tomado como representativo do período registrado, como sendo o dia mais frio.

Flutuação das temperaturas externas do ar

As flutuações das temperaturas externas do ar puderam ser observadas por meio da seqüência de dias monitorados, com sensores de temperatura e umidade relativa do ar HMP45C. A Figura 3 expressa os valores da umidade relativa e da temperatura externa do ar, tomados a cada meia hora, correspondendo a 180 pontos de medição por hora. Observaram-se, a partir do dia 1/9, valores menores da temperatura, o que corresponde à habitual atuação dessa massa Polar.

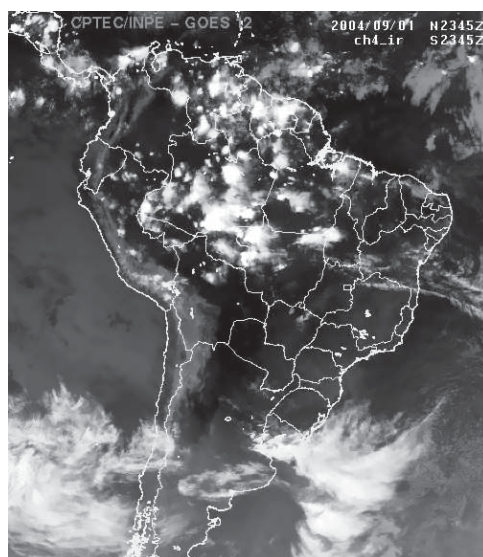


Figura 2 Frente fria passando pelo Rio da Prata no dia 1/9/2004.

O dia 3/9, devido aos valores de temperatura do ar, foi considerado o mais frio do referido período, pelo qual foi considerado o dia representativo do episódio climático monitorado.

Dia típico experimental

O dia 3/9 pode ser considerado dia típico experimental (Figura 4), considerando a habitual atuação de uma massa Polar Atlântica (mTA), de rigor relativamente intenso, porém, que determinou as condições climáticas sobre as casas do Conjunto “V Centenário”. Dessa forma, foi adotado, para a análise, o dia 3/9 como referência, no experimento realizado, para o estudo comparativo entre o comportamento térmico das distintas técnicas construtivas existentes no CDTV.

O dia 3/9 se caracteriza por suas temperaturas do ar exterior, consequência do sistema atmosférico atuante sobre a região do estuário do Rio da Prata, como o peculiar dia que representa maior rigor de frio, resultante das propriedades inerentes a essa massa Polar Atlântica. Portanto, sob o domínio dessa massa polar, as temperaturas alcançaram o valor mínimo nesse dia experimental. Além disso, apresentaram amplitude térmica de aproximadamente 14°C, com valores máximo e mínimo de, respectivamente, 21,1 e 7,3°C.

Dessa forma, obviamente, foi possível comparar os valores das temperaturas superficiais e as temperaturas do ar interior, das referidas casas, avaliando-se as suas respectivas respostas térmicas diante do frio. A imagem do satélite GÓES mostra a frente fria que passou em Montevidéu no dia 31/9/2004, alcançando o Sudeste brasileiro na altura do Estado de São Paulo, com um ramo

também sobre o Oceano Atlântico, conforme mostra a Figura 5.

Na retaguarda dessa frente, encontra-se Montevidéu sob o domínio da massa polar, com temperaturas em declínio. Ao sul do continente, pôde-se observar uma nova frente fria que, como depois se verificou, avançou nos dias subseqüentes, chegando a Montevidéu no dia 6/9/2004. Logo, sob as características dessa massa polar, o dia 3/9 foi considerado como representativo do período de estudo e de análise para a situação de frio.

Definição da amostra e caracterização das casas

De um total de 20 casas existentes no CDTV foram monitoradas apenas 6, devido à limitação dos cabos existentes que, no total, perfizeram 700 metros. Os critérios de seleção desse grupo reduzido de casas adotadas foram:

1. Tecnologias usadas em paredes e em fechamentos horizontais.
2. Quantidade de metros de termopares disponível.
3. Possibilidade de acesso ao interior das casas do conjunto.

A caracterização das casas monitoradas está disposta nas Tabelas 3 e 4.

Resultados e Discussão

Na Figura 6 se apresentam os resultados das medições da temperatura exterior, assim como os valores das temperaturas medidas no interior das casas durante o episódio monitorado. Destaca-se o dia 3/9, considerado representativo do episódio de monitoramento.

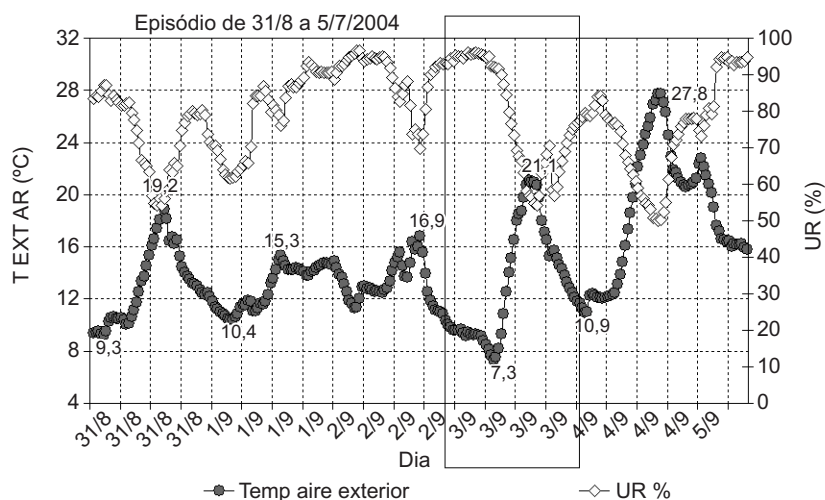


Figura 3 Valores da umidade relativa e da temperatura externa do ar, tomados a cada meia hora, correspondendo a 180 pontos de medição por hora.

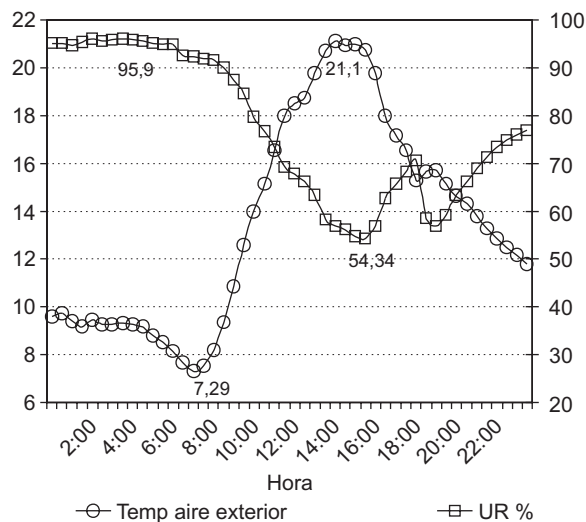


Figura 4 Curvas de umidade relativa e da temperatura externa do ar do dia 3/9, dia considerado típico e representativo do episódio adotado no monitoramento realizado em MDV.

Tabela 3 Descrição dos fechamentos das unidades habitacionais monitoradas no Conjunto “V Centenário”, em Montevidéu, Uruguai.

Tipo	Parede	Cobertura	Tipo	Parede	Cobertura
A	Concreto celular, $d = 1500 \text{ kg/m}^3$ $e = 0,13 \text{ m}$	Chapa de fibrocimento + forro de madeira com câmara de ar	F	Parede de concreto com alvéolos, $e = 0,13 \text{ m}$	Laje de concreto, $e = 0,05 \text{ m}$ + carpeta, $e = 0,03 \text{ m}$
C	2 placas nervuradas de concreto com câmara de ar, $e = 0,20 \text{ m}$	Laje de concreto armado, $e = 0,35 \text{ m}$ + carpeta de concreto, $e = 0,05 \text{ m}$ + poliestireno espessura, $e = 0,02 \text{ m}$ + recheio, $e = 0,05 \text{ m}$	G	Concreto cavernoso, $d = 1800 \text{ kg/m}^3$ $e = 20 \text{ cm}$	Lajes de concreto armado, $e = 0,04 \text{ m}$ + poliuretano, $e = 0,25 \text{ m}$ + tijolo, $e = 0,05 \text{ m}$
D	Concreto projetado com alma de poliestireno expandido, $e = 0,13 \text{ m}$	Concreto projetado com alma de poliestireno expandido, $e = 0,13 \text{ m}$	L	Parede de concreto com alvéolos, $e = 20 \text{ cm}$	Chapa de fibrocimento + forro de madeira com câmara + poliestireno espessura, $e = 0,03 \text{ m}$

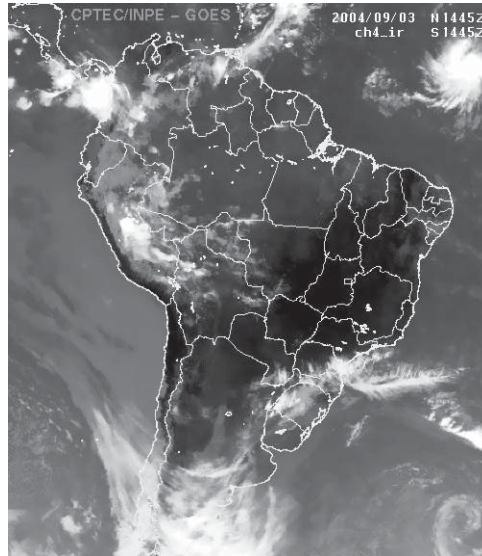


Figura 5 Frente fria que passou pelo Rio da Prata no dia 1/9/2004.

Na Tabela 5 apresentam-se os valores máximos e mínimos da temperatura do ar e da amplitude térmica no interior das casas como resposta aos valores de temperatura do ar exterior, do dia representativo do episódio monitorado.

A técnica de análise dos resultados consiste na identificação da relação causa-efeito térmico por meio de análise comparada, apreciando-se diferentes sensibilidades de resposta ante as variações do clima exterior.

Agrupando-se os resultados em três categorias, maior, médio e menor, obtêm-se pautas para identificar diferenças na verificação de comportamento térmico das diferentes unidades habitacionais. Portanto, para isso, as seguintes indagações devem ser respondidas:

1. Qual é a resposta da amplitude da oscilação externa em cada uma das casas?
2. Ante um pico de temperatura exterior máxima, qual é a temperatura máxima no ambiente interior?
3. Ante um pico de temperatura exterior mínima, qual é a temperatura mínima também no interior das unidades habitacionais monitoradas?

Por meio da Tabela 6 depreende-se que as unidades de maior sensibilidade ante as variações de temperatura exterior são: A e F. As de menor sensibilidade são G e C, enquanto as unidades D e L apresentam sensibilidade média. Comparando-se esses resultados com a caracterização térmica dos fechamentos das casas (Tabela 4) ocorrem as seguintes considerações:

1. Nenhuma das unidades habitacionais monitoradas apresentou temperaturas menores do que as temperaturas mínimas do ar exterior.

2. A temperatura superficial do fechamento superior (temperatura superficial da cobertura) da unidade F encontra-se acima da temperatura do ar exterior (aproximadamente $3,25^{\circ}\text{C}$).
3. As unidades de maior sensibilidade ante as variações de temperatura do ar exterior apresentam altas transmitâncias térmicas para tetos e para paredes (parede unidade A: $2,44 \text{ W/m}^2\text{K}$; teto unidade A: $2,46 \text{ W/m}^2\text{K}$; parede unidade F: $2,94 \text{ W/m}^2\text{K}$; teto unidade F: $4,78 \text{ W/m}^2\text{K}$) e valores médios de peso ponderado (paredes e tetos) por metro quadrado (unidade A: 112 kg/m^2 ; unidade F: 152 kg/m^2).
4. As unidades de menor sensibilidade apresentam valores de transmitância elevados em paredes (unidade C: $2,56 \text{ W/m}^2\text{K}$; unidade G: $2,42 \text{ W/m}^2\text{K}$) e possuem reduzidas transmitâncias em tetos (unidade C: $1,22 \text{ W/m}^2\text{K}$; unidade G: $0,88 \text{ W/m}^2\text{K}$). Ademais de ambas as unidades habitacionais possuem valores elevados de peso ponderado (paredes e tetos) por metro quadrado: unidade C: 192 kg/m^2 ; unidade G: 276 kg/m^2 .
5. A unidade D, ainda que apresente valores reduzidos de transmitância térmica, para tetos e para paredes, respectivamente, $0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$. Da mesma forma, possui valores médios de peso ponderado válido para tetos e para paredes (171 kg/m^2). Verificou-se que a referida unidade habitacional se caracteriza por sua elevada porcentagem de fechamentos envidraçados voltados ao quadrante Norte (sem dispositivos de proteção contra a incidência da radiação solar direta, o que a torna sensível ante os picos de temperaturas do ar exterior).

Tabela 4 Caracterização das propriedades termofísicas das casas monitoradas no “V Centenário”.

	A (m ²)	Aparedes (m ²)	Atetos (m ²)	Uparedes (W/m ² K)	Utetos (W/m ² K)	Upond (W/m ² K)	Pparede (kg/m ²)	Ptetos (kg/m ²)	Ppond (kg/m ²)	Aberturas (m ²)		
										SE	SO	NE-NO
A	27,46	40,9	30,5	2,44	2,46*	2,45	180	20	112	2,40	0,74	1,20
C	27,05	69,1	30,9	2,56	1,22	2,14	154	277	192	-	0,36	2,2
D	30,78	63,4	32,7	0,71	0,70	0,71	171	172	171	-	-	4,62
F	28,71	63,8	29,7	2,94*	4,78*	3,52	153	168	152	2,00	0,21	2,00
G	27,36	38,3	31,8	2,42	0,88	1,72	360	175	276	3,36	-	2,56
L	30,36	43,3	33,9	1,52	0,78	1,19	187	20	113	2,64	0,32	1,32

A: área; Aparedes: área de paredes; Atetos: área de tetos; Uparedes: transmitâncias de paredes; Utetos: transmitâncias das coberturas; Upond: transmitâncias ponderadas; Pparede: peso de paredes; Ptetos: peso de tetos; Ppond: pesos ponderados.

*As unidades A e F não cumpriram as exigências do Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) quanto ao valor mínimo de transmitância térmica dos fechamentos exigidos para os Núcleos Básicos Evolutivos (NBE): paredes: $U \leq 2,75 \text{ W/m}^2\text{K}$; coberturas leves: $U \leq 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$; coberturas pesadas: $U \leq 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.

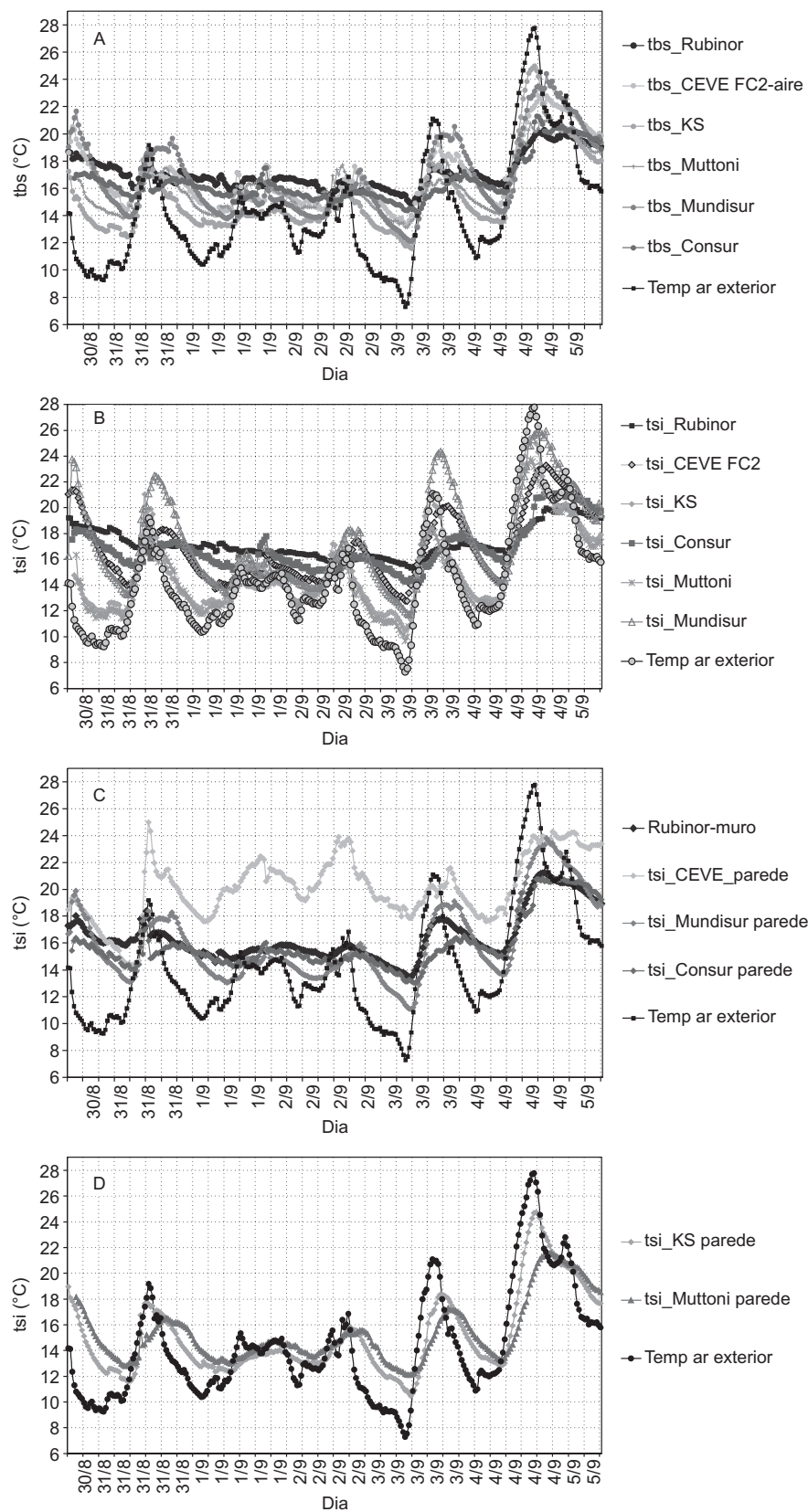


Figura 6 Medições da temperatura no interior das casas durante o episódio monitorado. Destaca-se o dia 3/9, considerado típico representativo do episódio. A: temperatura do ar; B: temperatura superficial de teto; C: temperatura superficial de paredes voltadas para NE; D: temperatura superficial de paredes orientadas para NW.

Tabela 5 Valores máximos e mínimos das temperaturas e da amplitude térmica no interior das casas (temperaturas do ar e temperaturas superficiais das coberturas e das paredes).

		A	D	A	F	G	L
tbs ¹ AR	amplitude	2,77	6,37	6,81	8,4	3,07	4,78
	max	17,56	19,65	18,43	20,52	17,22	17,91
	min	14,79	13,28	11,62	12,12	14,15	13,13
tsi ² teto	amplitude	1,91	7,38	10,54	12,61	3,8	8,68
	max	17,26	20,14	21,02	24,35	18,04	18,37
	min	15,35	12,76	10,48	11,74	14,24	9,69
tsi parede leste	amplitude	4,32	3,72		8,01	3,5	
	max	17,78	21,58		19,09	16,54	
	min	13,46	17,86		11,08	13,04	
tsi parede noroeste	amplitude			7,88			4,32
	max			18,35			17,28
	min			10,47			12,1

¹tbs – temperatura ambiente, denominada temperatura de bulbo seco.

²tsi – temperatura superficial interna, tomada em pequeno orifício besuntado com pasta térmica.

Tabela 6 Sensibilidade das respostas ante a variação da temperatura do ar exterior do dia 3/9, dia típico e representativo do episódio adotado na avaliação do comportamento térmico das casas construídas no Conjunto demonstrativo “V Centenário”.

			Maior	Média	Menor
1	Amplitude térmica exterior: 13,8°C ¹	Temp. ar	A-F	D-L	C-G
		Temp. parede NE	F		C-D-G
		Temp. teto	A-F	D-L	C-G
2	Pico de temp. máxima exterior: 21,1°C ²	Temp. ar	D-F	A	C-G-L
		Temp. parede NE	D	F	G-C
		Temp. teto	F	A-D	G-C-L
3	Pico de temp. mínima: 7,29°C ³	Temp. ar	A-F	D-L	G-C
		Temp. parede NE	F-G	C	D
		Temp. teto	A-L	D-F	C-G

¹Sensibilidade das respostas ante os valores médios de variação da temperatura exterior.

²Sensibilidade da resposta ante o pico máximo de temperatura exterior: temperatura máxima: 21,1°C, registrada no dia 3/9 às 14h30.

³Sensibilidade da resposta ante o pico mínimo de temperatura exterior: temperatura mínima: 7,29°C, registrada no dia 3/9 às 7h30.



Figura 7 Habitantes do CDTVC com a equipe de investigação que incluiu pesquisadores do Brasil, Uruguai e México, apoiados por suas respectivas universidades, a saber: USP, UdelaR e UNACH.

Conclusões

Este texto procurou traduzir as atividades realizadas na cidade de Montevideu, Uruguai, entre os dias 30/8 e 5/9 de 2004, em que se enquadra o plano de trabalho do Sub-Proyecto XIV.8 – CASAPARTES, em relação à avaliação térmica de unidades habitacionais de conjuntos demonstrativos de tecnologias, denominados P 10x10.

Vários P 10x10 foram realizados em vários países da América Latina, propostas concretizadas pelo referido *Sub-Proyecto XIV.8* (vigente até 20/2/07) e do XIV.5 – Con Techo (encerrado em 2003), ambos parte do Sub-Programa XIV – HABITED, do Programa Ibero-americano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo (CYTED).

O principal objetivo deste trabalho é apresentar os resultados do monitoramento automático realizado, além de relatar uma avaliação preliminar do desempenho térmico de seis unidades habitacionais do Conjunto Demonstrativo de Tecnologias “V Centenário”, com diferentes sistemas construtivos, em função de sua adequação face as condições climáticas locais.

Destaque-se que essa experiência de monitoramento simultâneo de seis unidades, com esse tipo de equipamento (*datalogger*), foi a primeira ocorrida no Uruguai, segundo Mimbacas *et al.* (2005).

Este texto, portanto, intenta correlacionar características térmicas das envolventes que compõem as diferentes unidades monitoradas com a sensibilidade apresentada pelas respostas das mesmas, ante o conceito de dia típico experimental, escolhido como representativo do período monitorado. Busca também evidenciar sua importância para o clima de Montevideu, o isolamento e a massa térmica, assim como a orientação dos fechamentos envidraçados.

Segundo os resultados obtidos, as unidades com fechamentos superiores (tetos) que possuem elevados

isolamento e massa térmica oferecem menores oscilações das temperaturas superficiais e das temperaturas do ar interior. Ao contrário, as unidades cujas oscilações de temperaturas eram consideráveis apresentaram fechamentos com reduzido isolamento e pequena massa térmica. Destaca-se igualmente a importância da orientação e da adequada proteção dos fechamentos envidraçados.

Lamentavelmente, falhas técnicas no equipamento utilizado inviabilizaram a tomada de registros confiáveis da radiação solar global e da umidade relativa interna do ar das unidades habitacionais. Este último impossibilitou o estudo da ocorrência de umidade por condensação de vapor de água no interior de cada uma das unidades, uma manifestação patológica freqüente no clima do Uruguai.

Os resultados dessa investigação da reação ante o frio, realizada no CDTVC, apontam e comprovam a imperiosa necessidade de práticas de monitoramento experimental. As propriedades termofísicas de materiais e elementos construtivos, para serem comprovadas de fato, carecem de maiores informações quanto ao seu desempenho térmico.

Na reação ante o frio ficou evidente a importância da massa térmica nesse período frio analisado. Com os dados gerados nesse curto período de investigação já é possível perceber a relativa importância do isolamento propiciado por materiais isolantes de característica leve e o papel da inércia térmica.

Além disso, esse conjunto de informações já permite estabelecer algumas formas de modelagem matemática para a previsão das temperaturas interiores (simulação por computador ou não), com a possibilidade de se confrontarem os dados reais, monitorados, com os dados obtidos por meio da simulação, sendo assim possível a validação do método utilizado para a previsão de temperaturas.

O exercício de medição experimental é fundamental para a validação dos resultados simulados, sobretudo, pela possibilidade de se estudarem criticamente as flutuações de temperaturas, externas e internas, que ocorrem ao longo do tempo (cronológico). Essas flutuações servem para indicar o seu ritmo peculiar, o seu padrão de comportamento em episódios climáticos representativos de frio e de calor.

Cabe ressaltar que a formatação desses episódios representativos é igualmente importante para reduzir os esforços de medição e de simulação, uma vez que pode “representar” as situações habituais do tempo (meteorológico) e, dessa forma, entender o ritmo climático, por meio de reduzidos períodos de investigação empírica, tradição investigativa fundamental e peculiar da abordagem dinâmica do clima.

Além dessa necessidade de geração de dados ambientais de ambientes interiores quanto ao seu comportamento térmico para o adequado entendimento da dinâmica e do ritmo das temperaturas internas, superficiais e do ar, a possibilidade de implantação de distintas técnicas construtivas em diferentes regiões latino-americanas sugere a necessidade de avaliações de curta duração.

Isso porque cada região tem seu clima particular, sua dinâmica e seus próprios fatores geográficos de modificação. Além de que os materiais e os elementos construtivos são, quase sempre, diversos uns dos outros. O principal exemplo é o *bajareque* melhorado.

O *bajareque* melhorado (no México) tem sido adotado em vários países como proposta construtiva alternativa para habitações de interesse social, ou mesmo como habitação emergencial. Ademais que o *bajareque* ou o pau-a-pique (no Brasil) curiosamente aparece em vários países da América Latina, sem muita precisão de como e onde surgiu primeiro.

No entanto, pode ser uma alternativa construtiva que, com os melhoramentos introduzidos, pode significar uma opção para alguns casos e com qualidade adequada.

Destaca-se o principal cuidado dentre os melhoramentos propostos: o perfeito acabamento para evitar fissuras e interstícios que possam abrigar os insetos transmissores do mal de Chagas. Um reboco de cimento e areia aplicado sobre uma tela na alvenaria permite aceitável qualidade de acabamento.

Referências Bibliográficas

- ALONSO, N.; CALONE, M.; BOZZO, L. *Evaluación del Conjunto Demostrativo de tecnologías V Centenario*. Publicación del seguimiento de obra, del I.C.E. (Instituto de la construcción de edificios), Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Uruguay.
- CYTED, Proyecto XIV.2. *Anales del II Curso Iberoamericano de Técnicas Constructivas Industrializadas para vivienda de Interés Social*, Tomos 1 y 3. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo, Coordinador Walter Kruk, Noviembre 1993.
- MEYNIER, A. *Climatologie et masses d'air*. Paris, Information Géographique – 14e. année N° 01, janvier/ février, 1950.
- MIMBACAS, A. *Comportamento do usuário e condensação*: Cooperativa Habitacional VICMAN. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- MIMBACAS, A. et al. *Estimación de ahorro de energía de Conjunto Demostrativo de Tecnologías V Centenario*. 1ª Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável y 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), San Pablo, 18 a 21 de julio 2004.
- MIMBACAS, A.; AROZTEGUI, J. M. *Sensibilidad de mediciones con termómetros de max-min para apreciar las características térmicas de viviendas mínimas*. In: Encontro Nacional, 3. e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 1., Porto Alegre: ANTAC, Grupo de Conforto Ambiental e Conservação de Energia, 1995. p. 141-146.
- MONTEIRO, C. F. M. *Afrente polar atlântica e as chuvas na fachada sul-oriental do Brasil*: contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. São Paulo: Instituto de Geografia-IGEOG USP, 1969. (Série Teses e Monografias n. 01).
- MVOTMA. Reglamento de licitaciones. *Suministro de Núcleos Básicos Evolutivos*, p. 142, Junio 1999.
- SORRE, M. *Les fondements de la Géographie Humaine*. Les fondements biologiques. Essai d'une écologie de l'homme, Tomo I. Paris, Armand Colin, 1951.
- VECCHIA, F. (1997): *Clima y ambiente construído: a abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano*. 1997. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo.
- VECCHIA, F. *Evaluación dinámica del comportamiento térmico de las viviendas P 10x10 CYTED en San Antonio de los Baños (Cuba)*. Tuxtla Gutiérrez, Facultad de Arquitectura, UNACH, Memórias del I Seminario Internacional de Viviendas del Sub-Proyecto XIV.5 – Con Techo, HABYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – CYTED. 2002.