



DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, EM EDIFÍCIOS MULTIFAMILIARES, PRODUZIDAS PELO PROGRAMA DE ARRENDAMENTO RESIDENCIAL – PAR NA CIDADE DE PELOTAS/RS

Daniela da Rosa Curcio (1); Antônio César Silveira Baptista da Silva (2)

(1) Professora Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Pelotas, daniela.curcio@terra.com.br
Instituto Federal Sul-rio-grandense, Campus Pelotas, Coordenadoria de Edificações, Praça Vinte de Setembro n. 455 – Pelotas/RS, CEP 96015-360, Tel.: (53) 21231030.

(2) Dr. Professor da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal de Pelotas, acsbs@uol.com.br
Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Arquitetura e urbanismo,
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,
Rua Benjamin Constant, n. 1359 – Pelotas/ Rio Grande do Sul/ Brasil, CEP: 96010-020.

RESUMO

Este trabalho avalia o desempenho térmico de habitações de interesse social construídas pelo Programa de Arrendamento Residencial – PAR na cidade de Pelotas/RS. O foco do trabalho são edifícios multifamiliares, sendo assim, a metodologia adotada baseia-se na NBR 15.575 (2008) - Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Foram realizadas medições *in loco* de temperatura do ar e umidade relativa em cinco apartamentos, com diferentes sistemas construtivos, em períodos de verão e inverno. Para avaliação dos dados foram realizadas análises através de quatro parâmetros, temperatura do ar, graus-hora e grau-médio, Carta Bioclimática e NBR 15.575. O PAR Marcílio Dias apresentou melhor desempenho no verão e o PAR Regente no inverno. As principais características que evidenciaram estes resultados foram a adequada orientação solar, no quadrante norte, do apartamento do PAR Regente e as características térmicas das paredes externas do apartamento do PAR Marcílio Dias. Observa-se que na maioria dos apartamentos não são utilizadas estratégias de condicionamento térmico passivo, o que poderia elevar o desempenho térmico das habitações sem aumentos significativos nos custos de execução, se os projetos fossem mais qualificados. O estudo apresenta um diagnóstico da realidade existente, que poderá servir de subsídio para a melhoria do desempenho térmico das futuras unidades habitacionais construídas.

Palavras-chave: desempenho térmico, medições *in loco*, habitações de interesse social.

ABSTRACT

This paper evaluates the thermal performance of social housing built by Residential Leasing Program in Pelotas/RS. The methodology adopted is based on the NBR 15.575 - Performance of residential buildings up to five floors. Measurements were made on the air temperature and relative humidity in five apartments located in four different sets built with different building systems, in the summer and winter periods. For evaluation the measured data in the apartments were analyzed using four parameters, they are air temperature, degrees and degree-hour average Letter Bioclimatic and NBR 15.575. The PAR Marcílio Dias performed better during the summer and PAR Regent during winter. It is observed that in most apartments are not used strategies passive thermal conditioning, which could increase the thermal performance of dwellings without significant increases in the costs of implementing the projects were more qualified. The study presents an analysis of the existing reality, which may provide support to other studies and improve the thermal performance of social housing for future housing units to be built.

Keywords: thermal performance, in situ measurements, social habitations.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o poder público tem tomado iniciativas importantes com o intuito de, se não solucionar, pelo menos amenizar o déficit habitacional brasileiro. Em 2004 elaborou a Política Nacional de Habitação – PNH, cujo objetivo principal é promover o acesso à moradia digna a todos os segmentos da população, especialmente o de baixa renda.

A implantação desta política obedece a diretrizes e, dentre outras ações, busca a implementação de ações voltadas à sustentabilidade do ambiente construído, englobando as fases de projeto e execução da obra, objetivando a redução do desperdício, aumento da vida útil das construções, aproveitamento dos resíduos e aplicação de padrões mínimos de conforto ambiental. (PNH, 2004). Um dos instrumentos de ação da PNH são os Programas Habitacionais. Neste estudo é destacado o Programa de Arrendamento Residencial – PAR, pois a cidade de Pelotas, proporcionalmente ao seu total de habitantes, possui o maior número de moradias oferecidas por esta modalidade de aquisição de casa própria no país (DAMÉ, 2008).

Mesmo com estas iniciativas, alguns estudos têm demonstrado que, em relação às condições de qualidade habitacional, não temos avanços significativos. Damé (2008) afirma que o PAR assume uma grave característica, comum aos programas de provimento habitacional: a produção em larga escala que estimula a repetição desenfreada de tipologias e tipos.

Rotta (2009) coloca que se percebe a massificação na produção de moradias, desconsiderando aspectos importantes como as características do clima e a escolha de técnicas e materiais adequados à realidade local. Demonstra ainda, que questões relacionadas ao conforto térmico acabam relevadas a segundo plano e que questões econômicas acabam servindo como justificativa para a utilização de tecnologias e materiais inadequados e projetos arquitetônicos padronizados.

As habitações resultantes deste programa são compactas e, possuem pouca flexibilidade quanto à organização do espaço, ventilação e orientação solar nem sempre adequada. Acredita-se que, através de medidas baseadas em princípios bioclimáticos, seja possível produzir HIS, com melhor desempenho térmico, sem que seja necessário investir além dos recursos já investidos atualmente.

Diante do exposto, este estudo, tem como objetivo avaliar o desempenho térmico das HIS produzidas na cidade de Pelotas pelo PAR e apontar melhorias de projeto que possam colaborar para condições mais adequadas de conforto.

2. OBJETIVO

Avaliar o desempenho térmico das HIS produzidas na cidade de Pelotas/RS através do Programa de Arrendamento Residencial (PAR) e apontar melhorias de projeto que possam contribuir para elevar o nível de conforto térmico destas habitações.

3. MÉTODO

Este estudo foi realizado nos empreendimentos construídos pelo PAR na cidade de Pelotas de acordo com as seguintes etapas:

- identificação e caracterização dos empreendimentos construídos através do PAR na cidade de Pelotas;
- definição dos condomínios a serem analisados;
- medições *in loco* de temperatura e umidade relativa do ar em períodos de verão e inverno, na sala e em um dos dormitórios;
- análise dos dados medidos nos apartamentos.
- comparação dos resultados obtidos a partir das diferentes metodologias de avaliação.

3.1. Identificação e caracterização dos empreendimentos.

O PAR viabilizou, desde 2001, a execução de 17 empreendimentos, totalizando 2.998 novas unidades habitacionais construídas na cidade de Pelotas/RS. Destes 17 empreendimentos, 14 possuem tipologia de edifícios multifamiliares, objeto de estudo desta pesquisa. A partir das características construtivas dos edifícios eles foram agrupados por semelhança, e identificou-se cinco diferentes grupos. Optou-se então por monitorar um representante de cada grupo. Para determinar qual conjunto dentro dos grupos seria escolhido foram utilizados os critérios da NBR 15.575 (2008), que determina que deve-se selecionar unidades do último andar com as seguintes condições: Verão, janela do dormitório ou sala voltada para oeste e outra parede exposta voltada para norte, nas regiões climáticas 1, 2 e 3; inverno, janela do dormitório ou sala voltada para sul e outra parede exposta voltada para leste, nas regiões climáticas 1 e 2.

Sendo assim, foram escolhidos os conjuntos que possuem apartamentos com orientação solar que mais se aproxime das recomendações da norma e sempre do último pavimento.

3.1.1. PAR *Marcílio Dias*

O conjunto habitacional *Marcílio Dias* possui 160 unidades habitacionais, distribuídas em três blocos de quatro pavimentos. O apartamento monitorado está localizado no último pavimento, possui paredes externas com orientação sul e leste, as janelas da sala e dos dormitórios estão voltadas para o sul e a janela do banheiro está voltada para o leste. Foram instalados equipamentos de medição na sala e no dormitório com parede exposta leste. No entorno imediato do edifício não existe nenhum tipo de barreira ao sol ou ao vento.

O edifício possui paredes externas em alvenaria de tijolos furados, assentados na maior dimensão, os tijolos possuem dimensões de 10x20x20cm. As paredes possuem revestimento interno e externo em argamassa com espessura de 2,5cm, a espessura da argamassa de assentamento é de 1 cm. A espessura total da parede é de 25 cm. As paredes internas são de alvenaria de tijolos furados, assentados na menor dimensão, os tijolos possuem dimensões de 10x20x20cm. As paredes possuem revestimento interno e externo em argamassa com espessura de 2,5cm, a espessura da argamassa de assentamento é de 1 cm. A espessura total da parede é de 15 cm. A cobertura é de telhas cerâmicas com laje pré-fabricada de concreto de 8 cm de espessura. Na tabela 1 temos as propriedades térmicas calculadas, conforme NBR 15.220, para os elementos da edificação.

Tabela 1 – Propriedades térmicas dos componentes construtivos.

Componente	Transmitância térmica U [W/(m ² .K)]	Capacidade térmica CT [kJ/(m ² .K)]	Atraso térmico φ [horas]
Alvenaria externa	1,61	232	5,9
Alvenaria interna	2,24	167	3,7
Cobertura	2,10	194,4	4,83

3.1.2. PAR *Porto*

O conjunto habitacional *Porto* possui 140 unidades habitacionais, distribuídas em quatro blocos de quatro pavimentos. O apartamento monitorado está localizado no último pavimento, possui paredes externas com orientação norte e oeste, todas as janelas estão voltadas para o oeste, a parede voltada para a o norte não possui aberturas. Foram instalados equipamentos de medição na sala e no dormitório com parede exposta voltada para norte. No entorno imediato do edifício não existe nenhum tipo de barreira ao sol ou ao vento.

O edifício possui as paredes externas e internas em alvenaria de blocos cerâmicos, com dimensões de 14x19x39cm. As paredes possuem revestimento interno e externo em argamassa com espessura de 2,5cm, a espessura da argamassa de assentamento é de 1 cm. A espessura total da parede é de 19 cm. A cobertura é de telhas de fibrocimento com laje pré-fabricada de concreto de 8 cm de espessura. Na tabela 2 temos as propriedades térmicas calculadas, conforme NBR 15.220, para os elementos da edificação.

Tabela 2– Propriedades térmicas dos componentes construtivos.

Componente	Transmitância térmica U [W/(m ² .K)]	Capacidade térmica CT [kJ/(m ² .K)]	Atraso térmico φ [horas]
Alvenaria externa	2,45	203	4,0
Alvenaria interna	2,45	203	4,0
Cobertura	2,11	187,17	4,8

3.1.3. PAR *Solar das Palmeiras*

O conjunto habitacional *Solar das Palmeiras* possui 300 unidades habitacionais, distribuídas em quatro blocos de cinco pavimentos. No PAR *Solar das Palmeiras* foi possível monitorar dois apartamentos, um com as características recomendadas pela NBR 15.575 para as condições de verão e outro para as condições de inverno. O apartamento para as condições de inverno está localizado no último pavimento, possui paredes externas com orientação leste, sul, oeste e norte, as janelas da sala e dos dormitórios estão voltadas para o leste, a janela da área de serviço está voltada para o sul, a janela do banheiro está voltada para o oeste e a parede voltada para o norte não possui aberturas. No entorno imediato ao edifício existe uma vegetação densa que pode provocar uma barreira ao sol ou ao vento na orientação oeste. O apartamento para as condições de verão está localizado no último pavimento, possui paredes externas com orientação oeste, norte, leste e sul, as janelas da sala e dos dormitórios estão voltadas para o oeste e, a janela da área de serviço está voltada para o norte, a janela do banheiro está voltada para o leste e a parede voltada para a o sul não

possui aberturas. Foram instalados equipamentos de medição na sala e em um dos dormitórios de cada apartamento. No entorno imediato ao edifício não existe nenhum tipo de barreira ao sol ou ao vento.

O edifício possui as paredes externas em alvenaria de blocos cerâmicos com dimensões de 14x19x29cm. As paredes possuem revestimento externo em argamassa com espessura de 2,5cm, internamente os blocos receberam apenas pintura, a espessura da argamassa de assentamento é de 1cm. A espessura total da parede é de 16,5cm. As paredes internas são de alvenaria de blocos cerâmicos com dimensões de 14x19x29cm. As paredes não possuem revestimento, os blocos receberam apenas pintura, a espessura da argamassa de assentamento é de 1 cm. A espessura total da parede é de 14 cm. A cobertura é de telhas de fibrocimento com laje pré-fabricada de concreto de 8 cm de espessura. Foram instalados equipamentos de medição na sala e em um dos dormitórios de cada apartamento. Na tabela 3 temos as propriedades térmicas calculadas, conforme NBR 15.220, para os elementos da edificação

Tabela 3 – Propriedades térmicas dos componentes construtivos.

Componente	Transmitância térmica U [W/(m².K)]	Capacidade térmica CT [kJ/(m².K)]	Atraso térmico φ [horas]
Alvenaria externa	2,59	153	3,18
Alvenaria interna	2,76	103	2,56
Cobertura	2,11	187,17	4,8

3.1.4. PAR Regente

O conjunto habitacional Regente possui 124 unidades habitacionais, distribuídas em quatro blocos de quatro pavimentos. O apartamento monitorado está localizado no último pavimento, possui paredes externas com orientação nordeste e noroeste, todas as janelas estão voltadas para o noroeste, a parede exposta para o nordeste não possui aberturas. Foram instalados equipamentos de medição na sala e no dormitório com parede exposta voltada para nordeste. No entorno imediato do edifício não existe nenhum tipo de barreira ao sol ou ao vento.

O edifício possui as paredes externas em alvenaria de blocos cerâmicos com dimensões de 14x19x29cm. As paredes possuem revestimento externo em argamassa com espessura de 2,5cm, internamente os blocos receberam apenas pintura, a espessura da argamassa de assentamento é de 1 cm. A espessura total da parede é de 16,5cm. As paredes internas são de alvenaria de blocos cerâmicos com dimensões de 14x19x29cm. As paredes não possuem revestimento, internamente os blocos receberam apenas pintura, a espessura da argamassa de assentamento é de 1 cm. A espessura total da parede é de 14 cm. A cobertura é de telhas cerâmicas com laje pré-fabricada de concreto de 8 cm de espessura. Na tabela 4 temos as propriedades térmicas calculadas, conforme NBR 15.220, para os elementos da edificação.

Tabela 4 – Propriedades térmicas dos componentes construtivos.

Componente	Transmitância térmica U [W/(m².K)]	Capacidade térmica CT [kJ/(m².K)]	Atraso térmico φ [horas]
Alvenaria externa	2,59	153	3,18
Alvenaria interna	2,76	103	2,56
Cobertura	2,10	194,4	4,83

3.2. Medições

Para as medições foram utilizados equipamentos armazenadores de dados (data loggers) do tipo HOBO da Onset Computer Corporation, modelo H08-003-02, para as medições internas, e modelo H08-032-08 para as medições externas. Os equipamentos foram configurados para realizar coletas horárias de temperatura e umidade relativa do ar.

Para avaliação dos dados de temperatura e umidade foram realizadas análises através de quatro parâmetros, temperatura do ar, graus-hora e grau-médio, Carta Bioclimática de Givoni (1992) e NBR 15.575 (2008).

Em relação à temperatura do ar, no período de verão, os dados foram analisados sob os seguintes critérios: sequência de sete dias com maior temperatura média, o dia com maior média de temperatura. Já para o período de inverno os dados foram analisados sob os seguintes critérios: sequência de sete dias com menor temperatura média, o dia com menor média de temperatura.

Para análise dos graus-dia e grau-médio foram utilizados os limites de conforto da zona de conforto proposta por Givoni. Sendo assim, os limites de temperatura do ar são de 18°C e 29°C.

Na avaliação pela NBR 15.575 (2008), foi realizada a identificação de um dia típico de projeto, de verão e de inverno, pois a norma estabelece que o dia tomado para análise deve corresponder a um dia típico

de verão ou de inverno, e então verificado a conformidade dos dados com os critérios estabelecidos pela norma para a avaliação do desempenho térmico. O dia típico foi obtido através da metodologia desenvolvida pelo IPT (AKUTSU; VITTORINO, 1991). Os critérios e níveis de avaliação de desempenho térmico através de medições para a Zona Bioclimática 2 (zona onde está inserida a cidade de Pelotas), são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Critérios para avaliação de desempenho térmico pelo método de medição na Zona Bioclimática 2 segundo NBR 15.575.

Nível de desempenho	Limites de temperatura do ar no verão
Mínimo	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
Intermediário	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}\text{C})$
Superior	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ}\text{C})$

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados.
 $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.

Nível de desempenho	Limites de temperatura do ar no inverno
Mínimo	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ}\text{C})$
Intermediário	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ}\text{C})$
Superior	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ}\text{C})$

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus centígrados.
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus centígrados.

A obtenção da Carta Bioclimática foi realizada através da inserção dos dados horários de temperatura e umidade relativa do ar no programa Analysis Bio, onde os dados coletados foram plotados no Diagrama Bioclimático de Givoni, sendo, portanto os limites de temperatura do ar de 18°C e 29°C.

Destaca-se que avaliar o desempenho térmico de uma edificação é algo bastante complexo. No caso de medições *in loco* se discute se a edificação deve ou não estar ocupada. Quando desocupada, geralmente é mantida constantemente fechada ou até vedada, o que foge do uso habitual. Se estiver ocupada representa o uso real, porém este dependerá essencialmente do usuário e de sua “sensibilidade” ou “habilidade” para perceber e acionar os dispositivos de ventilação, sombreamento, etc. (MARTINS et al., 2009).

Sabe-se que o usuário influencia no desempenho da edificação, mas este estudo representa um uso real, no qual o usuário busca obter as melhores condições possíveis de conforto, frente ao seu conhecimento empírico e os dispositivos e estratégias oferecidas pelos projetos.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Comportamento térmico no verão

A partir dos dados de temperatura do ar medidos nos apartamentos, no período de verão, foi realizada uma análise comparativa. O gráfico da figura 1 apresenta a oscilação da temperatura do ar nos apartamentos na semana com a maior média de temperatura.

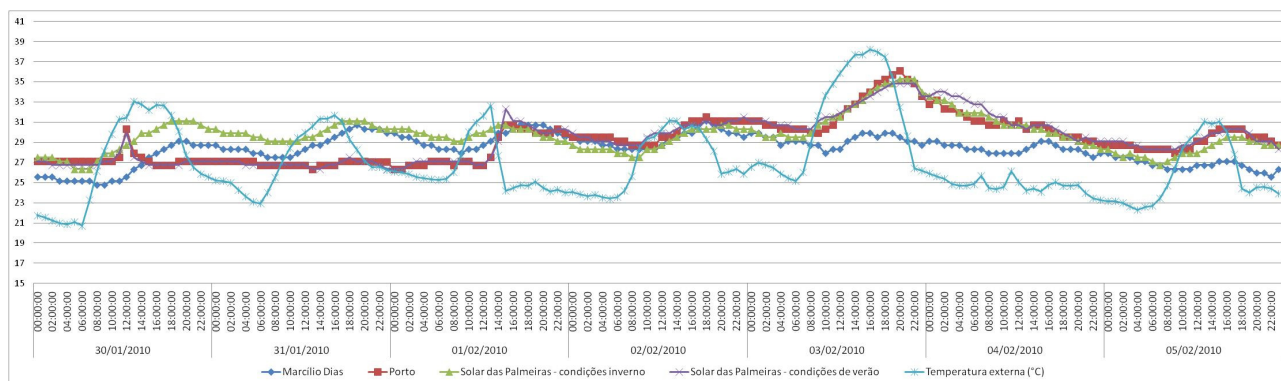


Figura 1 – Gráfico da variação da temperatura do ar na semana com maior média de temperatura.

Observou-se que no PAR Marcílio Dias a edificação proporcionou um grande amortecimento térmico às oscilações da temperatura externas e manteve a temperatura interna praticamente constante durante a semana entre 26°C e 29°C. Nos outros empreendimentos as temperaturas tiveram um aumento significativo após a situação crítica que ocorreu no dia 03 de fevereiro, onde a máxima temperatura externa alcançou a

casa dos 38°C, fazendo com que a temperatura interna destes apartamentos acompanhasse esta alta se mantendo com temperatura mais elevadas na sequência de dias.

O gráfico da figura 2 apresenta em detalhe a variação da temperatura no dia 03 de fevereiro que foi o dia que apresentou a maior média de temperatura durante todo o período de verão e está inserido na semana apresentada anteriormente.

Durante este dia a temperatura externa chegou à casa dos 38°C, já no interior dos apartamentos tivemos a máxima de 29°C no PAR Marcílio Dias, 34,85°C no PAR Solar das Palmeiras (apto. condições de inverno), 35,27°C no PAR Solar das Palmeiras (apto. condições de verão) e 36,13°C no PAR Porto. Outro fator importante a favor do PAR Marcílio Dias é que no período de ocupação dos dormitórios sua temperatura está bem abaixo dos demais.

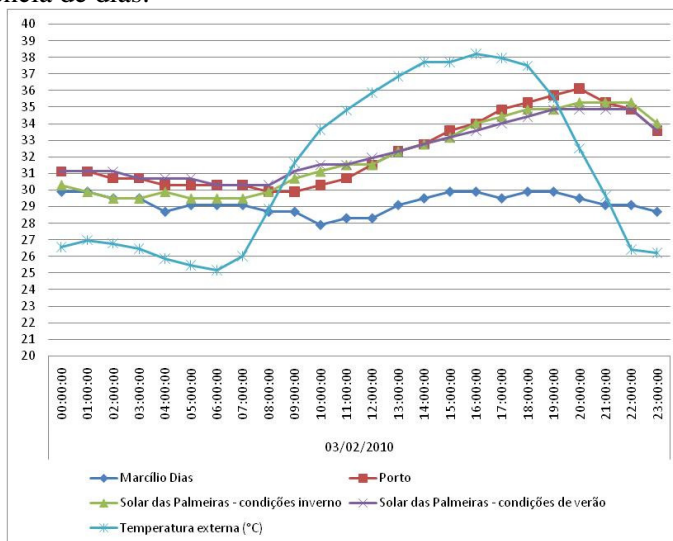


Figura 2– Gráfico da variação da temperatura do ar no dia com maior média de temperatura da semana.

Foi também realizada uma análise comparativa na segunda semana mais quente do período, visto que na semana apresentada anteriormente não foi possível realizar medições no apartamento do PAR Regente. O gráfico da figura 3 apresenta a variação da temperatura do ar durante esta semana.

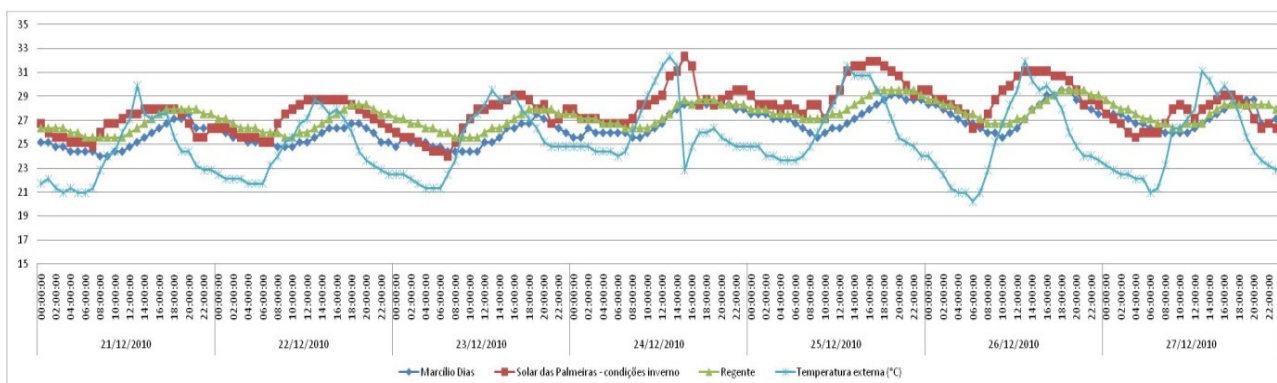


Figura 3 – Gráfico da variação da temperatura do ar na segunda semana com maior média de temperatura.

Observa-se no gráfico da figura 4 que novamente o edifício que manteve as temperaturas mais constantes e amenas foi o PAR Marcílio Dias, no PAR Regente a temperatura se manteve levemente mais elevada e o PAR Solar das Palmeiras foi o que proporcionou o menor amortecimento em relação às oscilações da temperatura externa.

Durante esta semana foi identificado o dia 25 de dezembro como o mais quente do período. O gráfico da figura 22 apresenta a variação da temperatura durante este dia.

Durante este dia a temperatura externa chegou à casa dos 31,52°C, já no interior dos apartamentos tivemos a máxima de 29,1°C no PAR Marcílio Dias, 29,5°C no PAR Regente e 31,93°C no PAR Solar das Palmeiras (apto. condições de inverno). Observa-se que a edificação do PAR Solar das Palmeiras proporcionou o menor amortecimento térmico e manteve as temperaturas bem mais elevadas que nos outros apartamentos quando a temperatura externa estava em declive, nota-se inclusive que neste apartamento a temperatura máxima do dia ultrapassou a temperatura máxima externa.

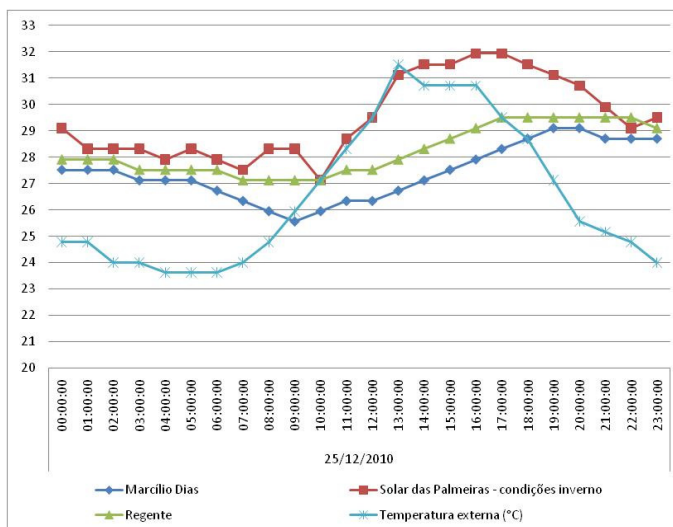


Figura 4– Gráfico da variação da temperatura do ar no dia com maior média de temperatura da semana.

4.1.1. Graus-hora e graus-médios

A tabela 6 apresenta o somatório de graus-hora, o número de horas com temperatura fora dos limites das temperaturas-base e os graus-médios calculados para o período de verão em cada um dos apartamentos avaliados.

Tabela 6 – Somatório graus-hora para refrigeração.

Graus-hora para refrigeração						
		Marcílio Dias	Porto	Solar Palmeiras (apto.inverno)	Solar Palmeiras (apto. verão)	Regente
Temperatura base 29°C	Graus-hora	87,42	601,24	518,91	583,58	310,61
	n° de horas	171	435	425	415	327
	Graus-médios	0,51	1,38	1,22	1,41	0,95

Observa-se que o apartamento que apresentou o melhor desempenho térmico nesta avaliação foi o do PAR Marcílio Dias. Tomando-se como temperatura base 29°C o apartamento apresentou 48% horas a menos de desconforto em relação ao apartamento do PAR Regente que apresentou o segundo menor valor de graus-médios. Fazendo a análise em relação aos graus-médios, o apartamento do PAR Marcílio Dias apresentou um desempenho 63% melhor que o apartamento com condições de verão do PAR Solar das Palmeiras que apresentou o pior desempenho.

4.1.2. Carta bioclimática

Através da avaliação realizada pela Carta Bioclimática, constatou-se que os empreendimentos apresentam a maioria das horas de verão dentro da zona de conforto de Givoni (1992). A tabela 7 apresenta uma análise comparativa entre os empreendimentos.

Tabela 7 – Quadro resumo condições de conforto no verão – Carta Bioclimática.

Avaliação Carta Bioclimática - período verão					
	Marcílio Dias	Porto	Solar Palmeiras (apto. inverno)	Solar Palmeiras (apto. verão)	Regente
conforto	82,86%	56,70%	68,40%	58,60%	76,85%
desconforto por calor	17,14%	43,30%	31,60%	41,60%	23,15%

4.1.3. NBR 15575

Através da avaliação realizada pelo método de medição descrito pela NBR 15.575, constatou-se que todos os apartamentos avaliados atendem ao requisito estabelecido para o desempenho térmico mínimo e também para o desempenho térmico intermediário. Já na análise feita para verificação ao requisito de desempenho superior apenas os apartamentos do PAR Marcílio Dias e do PAR Regente atenderam a recomendação da norma. A tabela 8 apresenta uma análise comparativa entre os apartamentos dos quatro empreendimentos avaliados.

Tabela 8 – Quadro resumo condições de conforto no verão – NBR 15575.

Avaliação pela NBR 15575 - método medição						
	Desempenho	Marcílio Dias	Porto	Solar Palmeiras (apto.inverno)	Solar Palmeiras (apto. verão)	Regente
Dia típico de verão - 20 de fevereiro	mínimo	atende	atende	atende	atende	atende
	Intermediário	atende	atende	atende	atende	atende
	superior	atende	não atende	não atende	não atende	atende

Os apartamentos dos condomínios PAR Marcílio Dias e Regente apresentaram comportamento semelhantes e bastante superiores aos PAR Porto e Solar das Palmeiras durante o período de verão.

4.2. Comportamento térmico no inverno

A partir dos dados obtidos nas medições para o período de inverno, foi realizada uma análise comparativa.

O gráfico da figura 5 apresenta a oscilação da temperatura do ar nos apartamentos na semana com a menor média de temperatura.

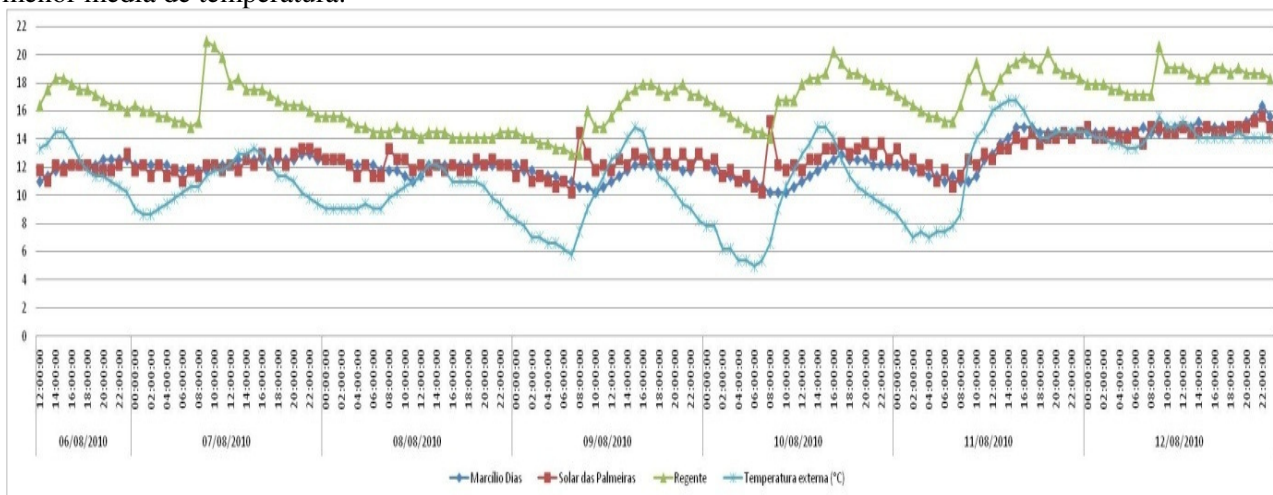


Figura 5 – Gráfico da variação da temperatura do ar na semana com menor média de temperatura.

Observou-se que no PAR Regente as temperaturas internas se mantiveram durante toda a semana mais elevadas que as temperaturas externas, possivelmente por este possuir paredes externas com orientação nordeste e noroeste, e todas as janelas voltadas para o noroeste, o que proporciona uma radiação solar de 3.455 W/m² no solstício de inverno.

No PAR Marcelio Dias e no PAR Solar das Palmeiras nota-se que a edificação proporcionou um amortecimento térmico em relação às oscilações da temperatura externa, quando esta apresentou quedas nos horários da madrugada, e manteve a temperatura interna praticamente constante durante a semana entre 11°C e 15°C. Entretanto salienta-se que este intervalo de temperatura fica abaixo do limite de conforto de 18°C.

O gráfico da figura 6 apresenta em detalhe a variação da temperatura no dia 09 de agosto que foi o dia que apresentou a menor média de temperatura durante todo o período de inverno e está inserido na semana apresentada anteriormente.

Durante este dia a temperatura externa mínima chegou à casa dos 5,81°C, já no interior dos apartamentos tivemos a mínima de 10,21°C no PAR Marcelio Dias, 11,77°C no PAR Solar das Palmeiras e 12,93°C no PAR Regente. Observa-se que o PAR Marcelio Dias e o PAR Solar das Palmeiras mantiveram as temperaturas mais constantes durante o dia, sendo levemente mais baixas no PAR Marcelio Dias. No PAR Regente as temperaturas se mantiveram mais elevadas e observa-se que mais suscetíveis às oscilações externas de temperatura, aproveitando o calor externo para aquecer o ambiente interno.

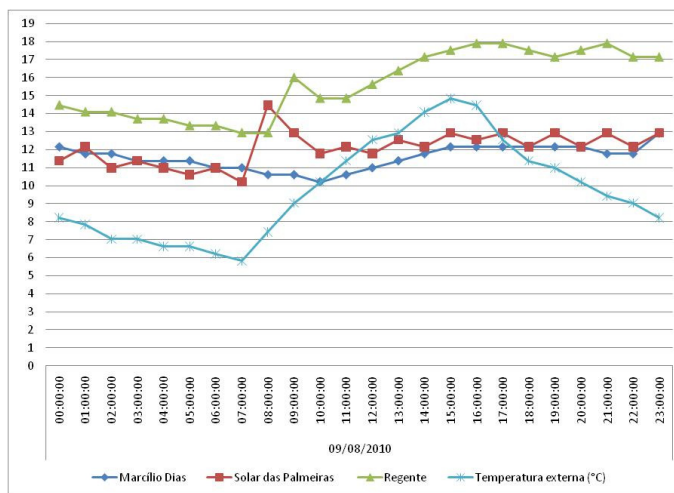


Figura 6– Gráfico da variação da temperatura do ar no dia com a menor média de temperatura.

Salienta-se que, mesmo os apartamentos do PAR Regente e do PAR Solar das Palmeiras apresentem paredes externas com as mesmas características térmicas o PAR Regente apresentou melhor desempenho térmico, isto ocorreu em função da sua adequada orientação solar no quadrante norte.

4.2.1. Graus-hora e graus-médios

A tabela 9 apresenta o somatório de graus-hora, o número de horas com temperatura fora do limite da temperatura-base e os graus-médios calculados, para o período de inverno em cada um dos apartamentos avaliados.

Tabela 9 – Somatório graus-hora para aquecimento.

Graus-hora para aquecimento				
		Marcilio Dias	Solar Palmeiras (apto. inverno)	Regente
Temperatura base 18°C	Graus-hora	3720,23	7348,12	940,72
	n° de horas	1325	1917	633
	Graus-médios	2,81	3,83	1,49

Observa-se que o apartamento que apresentou o melhor desempenho térmico sob esta avaliação foi o do PAR Regente que apresentou 52% horas a menos de desconforto em relação ao apartamento do PAR Marcilio Dias e 66% horas a menos em relação ao apartamento do PAR Solar das Palmeiras.

Fazendo a análise em relação aos graus-médios o apartamento do PAR Regente apresentou um desempenho 46% melhor que o PAR Marcilio Dias e 61% melhor que o PAR Solar das Palmeiras.

4.2.2. Carta bioclimática

Através da avaliação realizada pela Carta Bioclimática, constatou-se que todos os apartamentos avaliados apresentam a maioria das horas de inverno fora da zona de conforto de Givoni (1992). A tabela 10 apresenta uma análise comparativa entre os empreendimentos.

Tabela 10 – Quadro resumo condições de conforto no inverno – Carta Bioclimática.

Avaliação Carta Bioclimática - período inverno			
	Marcilio Dias	Solar Palmeiras (apto. inverno)	Regente
conforto	10,85%	10,50%	46,42%
desconforto por frio	89,15%	89,50%	53,58%
desconforto por calor	-	-	2,20%

4.2.3. NBR 15575

Através da avaliação realizada pelo método de medição descrito pela NBR 15.575, constatou-se que todos os apartamentos atendem ao requisito estabelecido para o desempenho térmico mínimo e também para o desempenho térmico intermediário. Na análise feita para verificação do atendimento ao requisito superior apenas o PAR Regente apresentou condições de atender este nível. A tabela 11 apresenta uma análise comparativa entre os apartamentos dos três empreendimentos avaliados.

Tabela 11 – Quadro resumo condições de conforto no inverno – NBR 15575.

Avaliação pela NBR 15575 - método medição				
	Desempenho	Marcilio Dias	Solar Palmeiras (apto. inverno)	Regente
Dia típico de inverno - 21 de junho	mínimo	atende	atende	atende
	intermediário	atende	atende	atende
	superior	não atende	não atende	atende

5. CONCLUSÕES

O estudo proposto apresenta uma síntese do desempenho térmico de HIS construídas em Pelotas/RS pelo PAR. Através das etapas de trabalho realizadas foram identificados todos os empreendimentos executados pelo programa e as características construtivas dos que possuem tipologia de edifícios multifamiliares que variam entre quatro e cinco pavimentos. Foram identificados cinco diferentes sistemas construtivos, com diferentes características térmicas de transmitância térmica e capacidade térmica das paredes e coberturas, o que se reflete no desempenho térmico das unidades habitacionais. As avaliações foram realizadas em quatro dos cinco diferentes sistemas construtivos identificados, visto que, em função dos usuários, não foi possível a instalação dos equipamentos no PAR Alta Vista. Entre todos os apartamentos monitorados o que apresentou o melhor desempenho no período de inverno foi o do PAR Regente. Este resultado confirma a importância de uma adequada orientação solar dos compartimentos de permanência prolongada e de suas aberturas visto que, o apartamento monitorado possui orientações no quadrante norte, o que proporcionou o melhor desempenho no inverno e também um bom desempenho no verão. O apartamento que apresentou melhor desempenho durante o verão foi o PAR Marcílio Dias, o que confirma a importância das características térmicas das paredes externas, sendo recomendados valores menores de transmitância térmica e maiores de

capacidade térmica. Comparando dois dos apartamentos monitorados que possuem as mesmas características térmicas das paredes externas, PAR Regente e PAR Solar das Palmeiras, o PAR Regente apresentou um melhor desempenho no inverno em função da orientação solar adequada. No verão o PAR Regente equiparase ao desempenho do PAR Marcilio Dias mesmo tendo as paredes externas mais leves, também em virtude da adequada orientação no quadrante norte. No caso específico do PAR Solar das Palmeiras constatou-se que os dois apartamentos apresentaram um desempenho semelhante, mesmo possuindo orientações opostas. Acredita-se que isto tenha ocorrido pelo fato de que existe uma densa massa de vegetação que propicia sombreamento na orientação oeste. Sendo assim, aponta-se que o uso de vegetação adequada no entorno das edificações pode ser fator importante no desempenho térmico do edifício, pois com a utilização de uma vegetação caducifolia no inverno, pode-se propiciar um sombreamento no verão e a possibilidade de receber a radiação solar no inverno. Verificou-se que o período de desconforto térmico é significativamente mais elevado devido ao frio do que ao calor. Visto isso, às alterações que visem à melhoria das condições de conforto térmico das edificações devem levar em consideração este fator. Sendo assim é recomendada uma maior preocupação com as estratégias de condicionamento térmico passivo que propiciem o aumento da temperatura interna no período de inverno, obtendo um melhor aproveitamento do calor proporcionado pela radiação solar, com o aumento da inércia térmica interna da edificação combinado a uma orientação solar adequada. Observou-se que não existe uma preocupação com o isolamento das coberturas e que todos os edifícios analisados não apresentam as exigências mínimas de transmitância térmica recomendadas pela NBR 15.220. Foi observado ainda, que os apartamentos não conseguem se beneficiar da estratégia de ventilação cruzada adequadamente, pois, quando a temperatura externa baixa no período da noite as temperaturas internas não acompanham este comportamento com a mesma proporção.

Alterações de projeto como o uso de dispositivo de sombreamento nos ambientes de permanência prolongada, disposição dos ambientes e aberturas de forma que propiciem a estratégia de ventilação cruzada e aquecimento solar passivo poderiam elevar o nível de desempenho dos apartamentos. Cuidados com a implantação, insolação, ventilação e uso de materiais adequados às condições climáticas podem fazer muita diferença na melhoria das condições de conforto, e questões econômicas não podem servir como justificativa para projetos arquitetônicos inadequados.

Sendo assim, podemos citar como principais orientações a serem consideradas para elaboração de projetos arquitetônicos com mais qualidade:

- orientação solar dos ambientes de permanência prolongada e suas aberturas, no quadrante norte;
- vedações externas com baixa transmitância térmica;
- estratégia de ventilação cruzada para melhoria do condicionamento térmico natural dos ambientes;
- uso de dispositivos de sombreamento nas esquadrias, principalmente nos ambientes de permanência prolongada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12220. Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 15575. Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos**. Rio de Janeiro, 2008.
- AKUTSU, M; VITTORINO, F. **Proposta de procedimento para tratamento de dados climáticos**. Florianópolis: In: I Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações, 1991.
- BARBOSA, M. J. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares**. 1997. Tese (Doutorado - Pós-graduação em Engenharia de Produção) – UFSC, Florianópolis.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Política Nacional de Habitação**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/ministerio-das-cidades/biblioteca/cadernos-do-ministerio-das-cidades>> Acesso maio 2008.
- DAMÉ, L. **Habitação PAR, desempenho Ímpar? Uma avaliação Funcional de Unidades Multifamiliares em Pelotas/RS**. 2008. Dissertação (Mestrado - Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – UFSC, Florianópolis.
- GIVONI, B. **Confort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Building, vol. 18, pp.11-23, 1992.
- MARTINS, D.; RAU, S.; RECKZIEGEL, S.; FERRUGEM, A.; SILVA, A. C. S. B. **Ensaio sobre a utilização da automação de aberturas na simulação do desempenho térmico de edificações**. Natal: In: X ENCAC. 2009.
- ROTTA, R. **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria - RS**. 2009. Dissertação (Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia Civil) – UFSM, Santa Maria.