

ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS ESQUADRIAS DE TIPOLOGIAS RESIDENCIAIS NA ZONA CENTRAL DA CIDADE DE PASSO FUNDO, RS

**Eduardo Grala da Cunha (1), Augusto Becke Pinheiro (2), Lisiane de Negri (3) e Laís
tarella (4), Tiago Marchiori (5), Vanessa Cecconello(6)**

(1) Professor Doutor, Adjunto, Universidade de Passo Fundo – Curso de Arquitetura e Urbanismo,
Campus I, BR 285 – Km 171, Bairro São José, (54) 33168216 e-mail: egcunha@upf.br

(2) Arquiteto e Urbanista, Curso de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: arg_augusto@yahoo.com.br
(3,4,5 e 6) Acadêmica, Curso de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: 68924@lci.upf.br; e-mail:
72740@lci.uof.br; e-mail: thiagomarchiori@yahoo.com.br; e-mail: 62382@lci.upf.br

RESUMO

O artigo objetiva apresentar uma pesquisa que está sendo desenvolvida junto ao Laboratório de Conforto Ambiental do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo. O objetivo da pesquisa é analisar a eficiência energética dos sistemas de esquadrias utilizados nas edificações residenciais em altura na zona central da cidade de Passo Fundo, RS.

Existe, atualmente, uma racionalização abusiva dos custos das construções acarretando escolhas que prejudicam demasiadamente a ambiência interna dos espaços residenciais e comerciais. A pesquisa analisa a produção atual e relaciona as escolhas dos sistemas de esquadrias com as respectivas características microclimáticas dos espaços servidos pelos mesmos.

O trabalho está dividido em quatro partes: inicialmente, foram analisadas as ocorrências dos diferentes sistemas de aberturas na zona central da cidade de Passo Fundo. Esta análise foi desenvolvida com base no estudo de plantas, fotografias e visitas *in loco*. Nessa fase de levantamento físico das esquadrias existentes objetivou-se também identificar os diferentes sistemas adotados cronologicamente. A segunda parte, já finalizada, é a simulação computacional com o auxílio do software *EnergyPlus*. Por meio das simulações puderam ser observadas as ambiências geradas pelos diferentes sistemas utilizados. Na terceira etapa serão aplicados questionários com o intuito do entendimento do grau de conhecimento dos usuários dos dormitórios no sentido do entendimento do papel das esquadrias na ambiência térmica, lumínica dos espaços de moradia. O objetivo final da aplicação dos questionários é verificar a relação da racionalização predatória dos sistemas de esquadrias - resumidos hoje a dois caixilhos de alumínio de correr sem dispositivo de controle de radiação solar - e a consideração dos sistemas existentes pelos usuários na hora da compra dos imóveis. Na última etapa do trabalho serão compilados os dados das simulações computacionais e cruzados com as características das ambiências dos espaços interiores com base na observação dos questionários aplicados.

ABSTRACT

This study presents a research that is being developed by the environmental comfortable laboratory of the Architecture and Urbanism Course of the Architecture and Engineering College of Passo Fundo University. The objective of the research is to analyse the windows systems that are used in the high buildings in the central zone of Passo Fundo city, RS.

Nowadays, there is a rationalization process of the built costs that produce bad choices and the internal air quality of residential and commercial Buildings is damaged. The research analyses the actual architectonic production and relates the choice of the windows systems and the respective characteristics of the microclimate of the internal spaces.

The work is divided in four parts: initially, it was analysed the occurrence of the different windows systems in the central zone of Passo Fundo city. This analysis was developed based on the analysis of photographs, drawings and local visits. In this analysis of the windows systems it will be identified the different windows systems chronologically. The second part of the work, that is being finalised, is the computer simulation with the software Energy Plus. Though the simulations it was possible to observe the characteristics of the internal air from de different spaces that have different windows systems. In the third part of the research it will be applied questionnaires that will show the users understanding degree in relation of the different windows systems and the microclimate internal characteristics. The final objective of the questionnaire application is to verify the relation between the windows systems predatory rationalization process and the consideration of the windows systems in the building buy process by the users. In the last part of the work it will be compiled the dates of the computer simulations and related with the microclimate characteristics of the internal spaces that come from de questionnaires analysis.

1. INTRODUÇÃO

ROAF (2006, p.130) afirma que, nos últimos 30 anos, em decorrência de estratégias de projeto inadequadas, as janelas têm alterado substancialmente as características microclimáticas dos espaços interiores. A observação do autor refere-se principalmente à inadequação em decorrência dos tamanhos excessivos. Porém, não são apenas as dimensões das aberturas que comprometem o desempenho ambiental das salas servidas, mas o funcionamento também. Outros fatores são importantes, como as características do vidro, a relação entre os planos transparente e opaco, entre outros aspectos.

As esquadrias têm um papel determinante no desempenho ambiental dos espaços projetados, tanto no sentido do controle da radiação solar, quanto no da ventilação natural. No âmbito da ventilação natural são determinantes no controle dos fluxos de ar na altura do usuário - ventilação de conforto - e junto ao forro - ventilação higiênica. MASCARÓ (1991, p. 68) afirma que, o projeto das esquadrias tem uma relação direta com a economia de energia, fruto da climatização artificial dos ambientes. Ainda no que tange ao projeto de esquadrias, BROWN (2004, p. 263) e ROAF (2006, p. 131) destacam que, a concepção de uma esquadria deve satisfazer simultaneamente as necessidades vinculadas à ventilação natural e à iluminação. ROAF (2006, p. 131) apresenta ainda, exemplos de projetos com esquadrias cumprindo funções diferenciadas com relação às variáveis iluminação e ventilação natural, como também integradas simultaneamente. CUNHA et al (2006, p.101-115) apresenta exemplos de soluções de esquadrias que contemplam simultaneamente as funções de proteção e controle, tanto no âmbito da ventilação natural, quanto no da iluminação. RIVERO (1985, p.112) afirma que, considerando a necessidade de adaptação das esquadrias à Arquitetura, em climas temperados deve ocorrer a ventilação de verão e de inverno. Nesse sentido, apresenta esquematicamente propostas de janelas exteriores e portas interiores, com dispositivos que garantam a ventilação de conforto e higiênica. O trabalho de VIEGAS (1996) é outra importante referência no sentido do entendimento do projeto das esquadrias externas e internas em edificações residenciais. VIEGAS (1996, p.4) determina que é de fundamental importância o controle da forma de ventilar, ou seja, dos fluxos de ar, no sentido de evitar-se correntes de ar indesejáveis. Determina a necessidade da ventilação permanente em edificações em clima temperado, fixando a renovação de ar mínima de uma vez o volume do ambiente. Inova no seu trabalho ao propor a ventilação permanente como um sistema independente do projeto dos caixilhos móveis da esquadria (páginas 41 a 43).

Infelizmente, boa parte da produção arquitetônica do norte do estado do RS está condicionada pela especulação imobiliária, ou seja, os requisitos mercadológicos determinam o padrão construtivo das edificações. O resultado desse processo é a racionalização abusiva de sistemas construtivos e espaços funcionais. Essa racionalização abusiva tem trazido prejuízos enormes no que tange à qualidade microclimática dos espaços interiores. As esquadrias são trabalhadas, em grande parte das novas edificações, apenas com dois caixilhos móveis de correr, sem dispositivo de controle de radiação solar

direta, como também sem possibilidade de controle da altura dos fluxos de ar que penetram nas edificações.

A norma brasileira NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações, parte 3, Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, apresenta diretrizes construtivas quanto à proteção e tamanho das esquadrias, porém nenhuma especificação quanto ao projeto dos caixilhos. A norma NBR 10821, a qual regula a construção de janelas, especifica aspectos referentes às exigências técnicas que as janelas devem satisfazer como estanqueidade à água, resistência a cargas uniformemente distribuídas, resistência às operações de manuseio como também atenuação sonora. Tanto no caso da NBR 15220, quanto da NBR 10821, não existe especificações que regulamentem aspectos gerais referentes à configuração espacial das aberturas exteriores e interiores. A falta de controle normativo aliado à racionalização abusiva dos sistemas de esquadrias têm levado à implementação de janelas inadequadas do ponto de vista do condicionamento térmico natural dos espaços interiores. Essa inadequação dos sistemas de esquadrias utilizados em grande parte das novas edificações traz problemas de aquecimento excessivo no verão e resfriamento demasiado no inverno.

No item dois do artigo, é apresentada a metodologia de levantamento e análise das esquadrias presentes em edificações residenciais na zona central da cidade de Passo Fundo. No item três são apresentados os levantamentos da área de intervenção, nos quais verifica-se a nova tendência de racionalização dos sistemas. No item quatro é apresentado os resultados das simulações computacionais identificando os problemas microclimáticos gerados pela inadequação de grande parte dos sistemas de esquadrias utilizados.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A pesquisa está sendo conduzida em quatro etapas. Na primeira, foi levantada a área de análise, nesse sentido, foram conduzidos trabalhos de campo os quais possibilitaram a caracterização das esquadrias presentes nas edificações da zona central da cidade de Passo Fundo. Aspectos como o funcionamento das esquadrias, a presença de proteção solar externa e interna, o tipo de material, a altura, uso e a idade das edificações foram objetivos da análise. Esta análise foi importante no sentido do entendimento da relação entre a simplificação abusiva dos sistemas de esquadrias e a idade das edificações. A segunda etapa do trabalho foi a simulação computacional do desempenho térmico de três configurações básicas de janelas externas. As configurações foram produtos do levantamento físico da área de intervenção. Foram simulados três tipos de janelas externas, apresentadas nas figuras 5, 6 e 7. O tipo 1, *J1*, o mais corriqueiro na atualidade, composto por dois caixilhos de correr, normalmente em alumínio, com vidro simples 3 mm, sem proteção externa. O tipo 2, *J2* é caracterizado por dois caixilhos internos de correr, normalmente em alumínio, e um fechamento exterior, normalmente em persiana plástica. O tipo 3, *J3*, foi caracterizado pelos dois caixilhos internos de correr, em alumínio, com uma persiana plástica exterior projetável, que pode ser utilizada como persiana convencional, ou maxi-ar, possibilitando a proteção contra a radiação solar direta e a entrada da difusa, quando desejada.

A simulação computacional foi realizada com base na utilização do software *Energy Plus*. A partir da entrada do arquivo climático da cidade de Passo Fundo, foram simuladas para dormitórios situados nas fachadas norte, sul, leste e oeste, as três configurações de janela, hora a hora. Os edifícios utilizados na simulação possuem 10 pavimentos. Foram simulados dormitórios na cobertura e entre-pisos. As simulações foram realizadas às 11:00 h da manhã, às 15:00 h e às 18:00 h. Foi escolhido o dia 20 de cada mês como dia típico para a análise das temperaturas e índices de umidade relativa do ar. As maiores diferenças de temperatura entre dormitórios com janelas diferenciadas (*J1*, *J2* e *J3*), ocorreram às 18:00 h. Foram simuladas as variáveis temperatura de bulbo seco do espaço interior, temperatura média radiante e a umidade relativa do ar. Observou-se a oscilação diária das variáveis climáticas escolhidas, e a análise dos resultados foi baseada na situação de maiores temperaturas para o verão e menores para o inverno. A tabela 2, presente no item 3, caracteriza os resultados analisados. Um segundo aspecto considerado na análise final das simulações foi o cálculo da energia necessária para a climatização artificial dos espaços servidos pelas esquadrias, tanto aquecimento quanto refrigeração. Foi utilizado o trabalho de CORBELLA (2003, p. 201) como referência para a definição da temperatura limite superior de conforto no sentido da necessidade de climatização artificial – 26°C.

Como limite inferior utilizou-se a temperatura de 10°C, limite inferior da estratégia bioclimática de aquecimento solar passivo, considerando LAMBERTS (1997, p.110).

Um segundo objetivo das simulações foi a verificação do grau de insatisfação dos usuários do espaço interior no que tange ao conforto térmico. Nesse sentido utilizou-se o VME – Voto Médio Estimado - de Fanger (1970) apud RUAS (1999, p. 31). Para a determinação do VME definiu-se primeiramente a atividade e o respectivo metabolismo dos usuários dos espaços. Definiu-se também a vestimenta dos usuários em período de verão e inverno. De posse dos dados da resistência térmica das vestimentas, do metabolismo e da atividade física definida para os usuários do espaço interior, determinou-se o VME. Com base no trabalho de RUAS (1999, p.45-60) foi possível determinar o percentual de usuários satisfeitos e insatisfeitos em decorrência do calor e do frio. A tabela 1 apresenta os valores utilizados para a resistência da vestimenta (clo) e o metabolismo (W/m²) fruto das atividades dos usuários.

Tabela 1 – valores referenciais para a determinação do VME

Metabolismo	W/m²
Atividade sentado – 1 Met, 58,2 W/m ²	58,2
Resistência da vestimenta	clo
Verão	
Cueca – 0,04, camiseta – 0,18, calça folgada – 0,22, sapato – 0,05, meia esportiva – 0,02	0,51
Inverno	
Cueca – 0,04, camisa manga longa – 0,33, calça folgada – 0,24, casaco – 0,55, sapato – 0,05, meia esportiva – 0,02, Suéter – 0,25	1,48

Paralelamente às simulações computacionais estão sendo aplicados questionários com o objetivo de verificar o entendimento dos usuários no que tange a relação entre o tipo de esquadria presente na edificação e o desempenho térmico do espaço. Objetiva-se também, verificar se o usuário considera o projeto da esquadria no momento da aquisição de um imóvel.

3. LEVANTAMENTOS DAS CARACTERÍSTICAS DAS ESQUADRIAS NA ZONA CENTRAL DA CIDADE DE PASSO FUNDO

Passo Fundo é uma cidade com aproximadamente 170000 habitantes. É considerada pólo médico e educacional da região norte do estado do RS. A zona central da cidade é cortada pela Avenida Brasil, via de ligação das BRs 235 e 386. Como amostragem na elaboração da análise estatística das características das aberturas das edificações residenciais na zona central foi definida uma porção territorial de 10 quarteirões, conforme figura 1, limitada pelas ruas Benjamin Constan e Teixeira Soares.

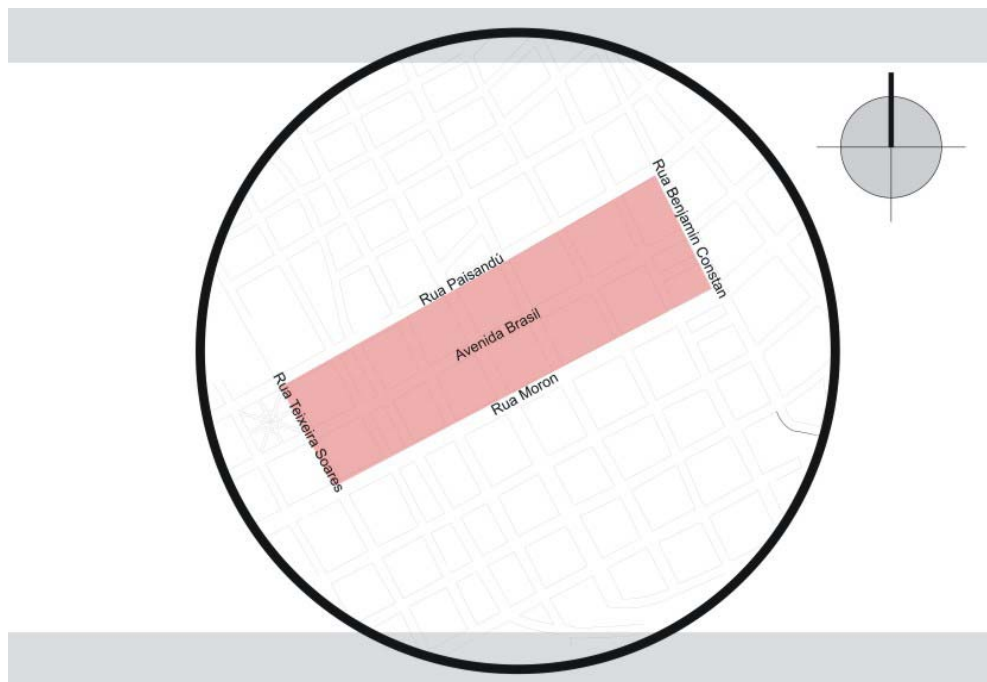


Figura 1 – Porção espacial de análise

A zona analisada tem sido verticalizada nos últimos 15 anos. Em torno de 90% das edificações em altura construídas no período são de uso misto, com atividade comercial nos dois primeiros pavimentos e residencial nos oito demais. Das edificações projetadas nos últimos 15 a 20 anos, em apenas 12,5 % dos casos foi previsto o uso de dispositivos de proteção solar, como persianas por exemplo. Nos demais casos a tipologia de esquadria recorrente são dois caixilhos de correr, normalmente, em alumínio, com vidro 3 mm. As figuras 2 e 3 caracterizam a análise e a esquadria utilizada regularmente.

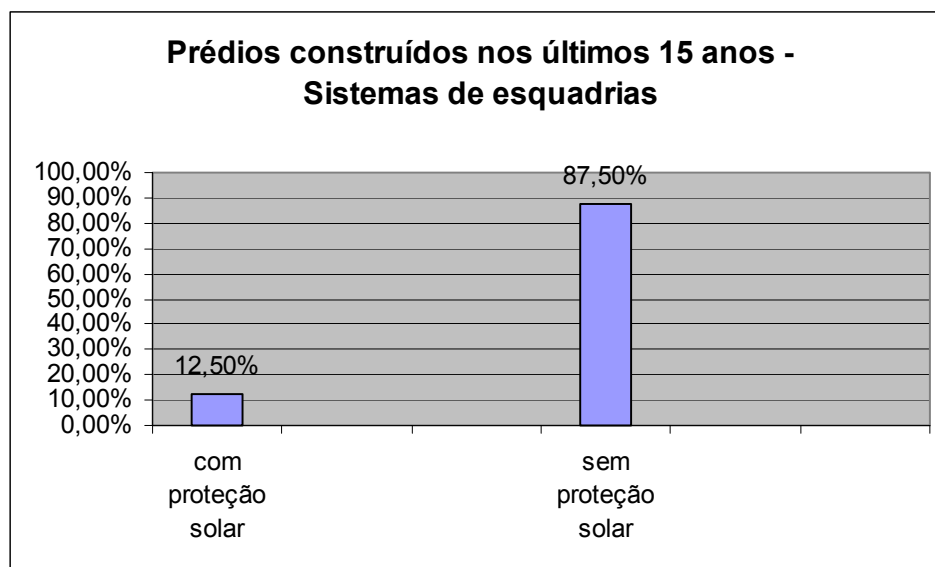


Figura 2 – Análise estatística das características das janelas utilizadas nas edificações projetadas nos últimos 15 anos quanto à proteção solar

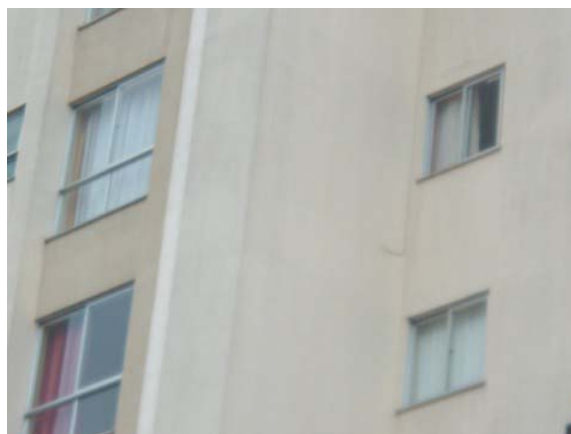


Figura 3 – Imagem de janela padrão utilizada nas edificações projetadas nos últimos 15 anos

Os sistemas de proteção solar adotados nos 12,5 % das edificações projetadas nos últimos 15 anos são variados: toldos, marquises, persianas e venezianas. Considerando a possibilidade de visualizar o contexto exterior, apenas as edificações com brise-soleils e toldos estariam protegidas corretamente, já que as demais possibilidades de controle da radiação solar como persianas e venezianas, impedem a visualização do exterior. Nesse sentido, poderíamos considerar que apenas 56,76 % (toldos e marquises) dos 12,5 % das esquadrias protegidas contra radiação solar direta estariam protegidas corretamente, conforme figura 4.

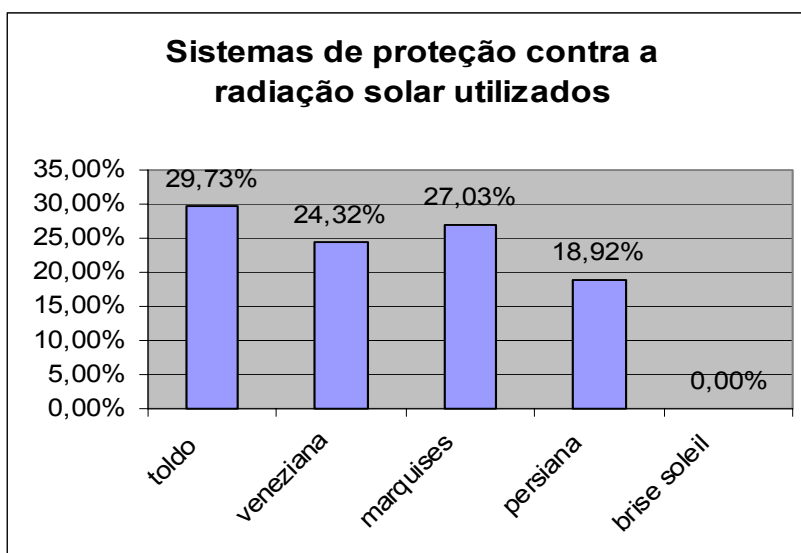


Figura 4 – Análise estatística dos sistemas de proteção solar encontrados em edifícios em altura projetados nos últimos 15 anos

4. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

O arquivo climático utilizado é oriundo da dissertação de mestrado de Menezes (2005) - Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo – RS. As paredes externas utilizadas no modelo criado possuem 25 cm, acordando com o plano diretor, são de alvenaria maciça, rebocadas nos dois lados, com 1,5 cm de espessura. O dormitório simulado possui 12 m², com dimensões de 4.00 x 3.00 m. As janelas simuladas possuem 1/6 da área do piso do dormitório, ou seja, 2 m², tendo as seguintes dimensões: 2,00 m de largura por 1,00 m de altura.

A tabela 2 apresenta os resultados das simulações computacionais para três das quatro estações do ano, na qual são apresentadas as variáveis climáticas temperatura de bulbo seco do espaço interior e umidade relativa do ar. As janelas 1, 2 e 3, já caracterizadas, são mostradas nas figuras 5, 6 e 7. Nos itens 4.1 e 4.2 são comentados os resultados das simulações nos distintos períodos climáticos do ano.

Tabela 2 – Resultados completos das simulações – orientações norte e oeste - 18 horas – apartamentos na cobertura

	Oeste						Norte					
	J1		J2		J3		J1		J2		J3	
	Tª	UR	Tª	UR	Tª	UR	Tª	UR	Tª	UR	Tª	UR
20/01	36,04	42,21	34,36	46,33	34,08	47,11	35,12	44,27	32,25	52,39	32,24	52,38
20/02	34,09	41,76	32,33	45,71	32,02	46,48	33,24	43,48	29,93	52,08	29,93	52,08
20/03	28,77	50,15	27,44	53,55	27,17	54,33	28,18	51,51	25,43	58,92	25,43	58,91
20/04	24,19	51,76	23,06	55,06	22,82	55,84	23,73	52,91	21,09	61,19	20,59	61,19
20/05	10,64	55,81	10,07	57,46	9,93	58,02	10,48	55,94	8,80	61,37	8,81	61,37
20/06	14,57	42,78	14,23	43,53	14,15	43,75	14,46	42,88	13,67	44,24	13,67	44,24
20/07	11,83	51,21	11,62	51,65	11,57	51,85	11,77	51,16	11,29	51,76	11,29	51,75
20/08	13,38	46,51	13,18	46,86	13,13	47,01	13,27	46,59	12,94	46,68	12,93	46,68
20/09	23,59	24,43	22,38	26,15	22,09	26,62	23,19	24,9	20,12	29,46	20,12	29,45
20/10	18,84	32,62	18,41	33,34	18,32	33,53	18,7	32,74	17,92	33,73	17,91	33,72
20/11	29,73	16,89	28,17	18,39	27,87	18,72	29	17,53	26,18	20,28	26,17	20,27
20/12	28,04	18,78	26,28	20,71	25,98	21,09	27,17	19,66	24,17	23,03	24,16	23,03

Já na tabela 3, são apresentados os valores do VME de Fanger (1970) extraídos com base nos resultados da tabela 2.



Figuras 5, 6 e 7 – J1, J2 e J3 – Janelas simuladas no Energy Plus

Tabela 3 – Determinação do VME de Fanger (1970) com base nos resultados das simulações computacionais - orientação norte – 18:00 h

Avaliação térmica de esquadrias - Análise Quantitativa												
Tabela 01 - Cobertura												
18:00												
	J1				J2				J3			
	VME	% C	% F	TOTAL	VME	% C	% F	TOTAL	VME	% C	% F	TOTAL
20/01	3,61	100,00		100,00	2,29	86,67		86,67	2,29	86,67		86,67
20/02	2,75	100,00		100,00	1,22	32,20		32,20	1,22	32,20		32,20
20/03	0,42	8,08	0,63	8,71	-0,85	0,10	19,86	19,96	-0,85	0,10	19,86	19,96
20/04	-1,63		56,50	56,50	-2,85		100	100,00	-3,08		100	100,00
20/05	-7,74		100,00	100,00	-8,51		100	100,00	-8,51		100	100,00
20/06	-4,32		100,00	100,00	-4,62		100	100,00	-4,62		100	100,00
20/07	-5,34		100,00	100,00	-5,52		100	100,00	-5,52		100	100,00
20/08	-4,77		100,00	100,00	-4,90		100	100,00	-4,90		100	100,00
20/09	-1,88		71,81	71,81	-3,30		100	100,00	-3,30		100	100,00
20/10	-3,95		100,00	100,00	-4,31		100	100,00	-4,32		100	100,00
20/11	0,79	18,26	0,10	18,36	-0,51	0,40	10,09	10,49	-0,51	0,40	10,09	10,49
20/12	-0,05	0,90	1,70	2,60	-1,43		49,57	49,57	-1,44		49,57	49,57

4.1 Resultados das simulações de verão

Tanto para as simulações de verão, quanto para as de inverno, verificou-se que o comportamento térmico das janelas J2 e J3 estiveram sempre muito próximas. Nesse sentido, os resultados apresentados são trabalhados em dois grupos de janelas, ou seja, J1 e J2-J3.

Para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, considerando as aberturas de orientação norte, verificou-se que as diferenças de temperatura entre os dormitórios com *J1* e *J2-J3*, chegaram próximas dos 3,0 °C nos apartamentos de cobertura (tabela 2) e 3,6 °C nos apartamentos entre-pisos.

Na tabela 3 verifica-se que por intermédio do cálculo do VME foi definido o percentual de insatisfação dos usuários com relação ao espaço. Para os meses de janeiro e fevereiro, no espaço cuja janela é *J1*, o grau de insatisfação dos usuários em decorrência do calor chegou em 100%. Já no caso das janelas *J2* e *J3*, o grau de desconforto ficou próximo dos 85%.

Para as janelas orientadas para oeste as diferenças médias de temperatura estiveram próximas dos 2 °C (tabela 2), ou seja, a janela *J1* apresentou temperaturas médias 2 °C acima das aberturas *J2* e *J3*. O VME caracterizou um grau de insatisfação de 100% para os usuários dos espaços com a janela *J1* e de 88% para os com as janelas *J2* e *J3* (tabela 4).

Para os dormitórios orientados para leste e sul as diferenças de temperatura entre os espaços com diferentes configurações de aberturas foram muito pequenas, na faixa de 0,2 °C para os dormitórios com orientação leste, considerando simulações realizadas às 11 horas da manhã e 0,1 °C para os com orientação sul, considerando às simulações das 18:00 h. Estes valores menores geraram pequenas diferenças quanto ao grau de insatisfação dos usuários com os espaços.

Tabela 4 – Determinação do VME de Fanger (1970) com base nos resultados das simulações computacionais - orientação oeste – 18:00 h

Avaliação térmica de esquadrias - Análise Quantitativa												
Tabela 01 - Cobertura												
18:00												
Oeste												
	J1				J2				J3			
	VME	% C	% F	TOTAL	VME	% C	% F	TOTAL	VME	% C	% F	TOTAL
20/01	4,04	100,00		100,00	3,26	100,00		100,00	3,14	100,00		100,00
20/02	3,14	100,00		100,00	2,33	88,19		88,19	2,19	82,89		82,89
20/03	0,69	14,98	0,20	15,18	0,08	2,72	1,44	4,16	-0,05	0,90	1,7	2,60
20/04	-1,42		49,22	49,22	-1,94		74,1	74,10	-2,05		78,31	78,31
20/05	-7,67		100,00	100,00	-7,93		100	100,00	-7,99		100	100,00
20/06	-4,28		100,00	100,00	-4,41		100	100,00	-4,44		100	100,00
20/07	-5,32		100,00	100,00	-5,39		100	100,00	-5,41		100	100,00
20/08	-4,73		100,00	100,00	-4,81		100	100,00	-4,82		100	100,00
20/09	-1,70		58,93	58,93	-2,26		86,33	86,33	-2,39		91,29	91,29
20/10	-3,89		100,00	100,00	-4,09		100	100,00	-4,13		100	100,00
20/11	1,13	29,80		29,80	0,41	7,89	0,61	8,50	0,27	5,31	0,81	6,12
20/12	0,35	6,88	1,05	7,93	-0,46	0,36	9,1	9,46	-0,60	0,30	12,4	12,70

A análise do desempenho dos dormitórios com as janelas *J1*, *J2* e *J3* no período de verão, demonstraram que, existe uma interferência direta dos sistemas de esquadrias no microclima gerado nos espaços interiores. Esta amplitude esteve em alguns momentos acima dos 3 °C, caracterizando uma diferença de até 15 % do grau de insatisfação dos usuários dos dormitórios, considerando o calor como motivo de desconforto.

4.2 Resultados das simulações de inverno

Os dormitórios com janelas com configuração *J1* – dois caixilhos de correr em alumínio sem dispositivo de proteção – apresentaram nas simulações temperaturas maiores, variando entre 0,5 °C e 1 °C para as aberturas orientadas para norte. Utilizando-se o cálculo do VME verificou-se que essa diferença não interferiu na definição do grau de insatisfação dos usuários dos espaços interiores. Para os meses de junho, julho e agosto o grau de insatisfação dos usuários, considerando o frio, foi de 100 %, ou seja, o incremento de temperatura não gerou alteração significativa no microclima do espaço interior.

O mesmo ocorreu para os dormitórios orientados para oeste (tabela 2), sul e leste. Ou seja, a diferença de temperatura entre os dormitórios com janelas *J1*, *J2* e *J3* não proporcionou mudanças significativas

nas temperaturas de bulbo seco interiores. Para as janelas orientadas para oeste a diferença entre as temperaturas de bulbo seco dos espaços com aberturas *J1* e *J2-J3* ficou entre 0,2 °C e 0,4 °C. Para os espaços com orientação sul as diferenças entre as temperaturas de bulbo seco dos dormitórios com aberturas *J1* e *J2-J3* ficou entre 0,05 °C e 0,1 °C.

Em todos os casos analisados no período de inverno, independentemente da configuração das aberturas, o grau de insatisfação dos usuários dos dormitórios foi de 100 %, considerando o frio como motivo de desconforto. As tabelas 3 e 4 apresentam o cálculo do Voto Médio Estimado (VME) e a indicação do percentual de insatisfeitos com calor e frio.

4.3 Necessidade de climatização artificial para o período de verão

As tabelas 5 e 6 caracterizam os resultados da necessidade de climatização artificial dos dormitórios orientados para norte (*J1* e *J2-J3*), tanto no que diz respeito ao consumo em KW/h, como também o número de horas acima dos 26 °C, utilizando o trabalho de CORBELLA (2003, p.201) como referência para a determinação da temperatura limite, e 29 °C considerando os limites determinados por GIVONI (1992).

Tabela 5 – Consumo de energia necessária para a climatização artificial – dormitórios com orientação norte – dia 21 mensalmente – *J1* – dois caixilhos de correr sem proteção solar

Norte Vidro Simples - Cobertura						
	Horas acima de 26°C		Horas acima de 29°C		Horas abaixo de 10°C	
	Horas	Kwh/dia	Horas	Kwh/dia	Horas	Kwh/dia
21/01	16	24	12	18		0
21/02	13	19,5	7	10,5		0
21/03		0		0		0
21/04		0		0		0
21/05		0		0	16	24
21/06		0		0	14	21
21/07		0		0	12	18
21/08		0		0		0
21/09		0		0		0
21/10		0		0		0
21/11	2	3		0		0
21/12		0		0		0

Tabela 6 – Consumo de energia necessária para a climatização artificial – dormitórios com orientação norte – dia 21 mensalmente – *J2* – dois caixilhos de correr com persiana plástica

Norte Vidro + persiana entre aberta - Cobertura						
	Horas acima de 26°C		Horas acima de 28°C		Horas abaixo de 10°C	
	Horas	Kwh/dia	Horas	Kwh/dia	Horas	Kwh/dia
21/01	14	21	10	15		0
21/02	9	13,5	6	9		0
21/03		0		0		0
21/04		0		0		0
21/05		0		0	16	24
21/06		0		0	14	21
21/07		0		0	11	16,5
21/08		0		0		0
21/09		0		0		0
21/10		0		0		0
21/11	2	3		0		0
21/12		0		0		0

Analisando os resultados observa-se que há uma diferença de 20% do consumo de energia para a climatização artificial dos dormitórios com orientação norte, considerando as possíveis configurações de janelas. O dormitório com a janela *J1* necessita de uma quantidade maior de energia para a refrigeração em decorrência dos maiores ganhos solares. O mesmo ocorre com a orientação oeste. Os dormitórios oeste com a janela *J1* obtiveram também um desempenho pior no período de verão. Com relação aos gastos de energia no período de inverno, considerando a necessidade de calefação, o desempenho das janelas *J1*, *J2* e *J3* foi semelhante, tabelas 5 e 6. As diferenças, quando presentes, foram menores do que 10%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese inicial de que a racionalização abusiva dos sistemas construtivos tem trazido problemas graves à ambiência dos espaços projetados se confirma. As janelas, sem dispositivo algum de proteção solar, têm os piores desempenhos. Em todas as situações analisadas o modelo com dois caixilhos de correr, normalmente em alumínio, com vidro 3 mm, sem dispositivo de proteção solar, obteve os piores desempenhos. O nível de insatisfação dos usuários dos espaços sempre foi maior nessa situação. É importante ressaltar que, a racionalização de custos na construção civil deve estar diretamente ligada à manutenção ou melhora da qualidade dos espaços gerados. Racionalizar de forma inteligente e madura é sem sombra de dúvida um grande desafio para a construção civil, porém, quando feita de forma predatória e abusiva, com certeza, estará sempre vinculada à insatisfação dos usuários dos espaços gerados.

Na próxima etapa de desenvolvimento do trabalho, além da compilação dos questionários aplicados aos moradores de alguns prédios presentes na porção espacial analisada, deverá ser também verificada a influência das aberturas em compartimentos com diferentes dimensões. Serão analisados dormitórios com 6 m² e com 18 m², caracterizando habitações de interesse social e espaços para habitações de maior padrão econômico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2005) *NBR 15220: Desempenho térmico de edificações*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1990) *NBR 10821: Caixilho para edificação - janela*. Rio de Janeiro.
- BROWN, G. Z. (2004) *Sol, vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura*. G. Z Brown e Mark Dekay; tradução Alexandre Ferreira da Silva Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2^a ed. 415 p.
- CORBELLA, Oscar. (2003) *Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos*. Rio de Janeiro: Revan.
- CUNHA, Eduardo Grala da (org). (2006) *Elementos de Arquitetura de Climatização Natural: método de projetual buscando a eficiência nas edificações*. Porto Alegre: Masquatro Editora. 2^a ed. 188 p.
- GIVONI, B. (1992) *Comfort, climate analysis and building design guidelines: energy and Buildings*. Lausanne, v.18.
- LAMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano, PEREIRA, Fernando Oscar. (1997) *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW.
- MASCARÓ, Lúcia Raffo de. (1991) *Energia na Edificação: estratégias de minimizar o seu uso*. São Paulo: Projeto Editores Associados, 2^a ed. 213 p.
- MENEZES, Milton Serpa. (2006) *Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo – RS*. Dissertação de Mestrado defendida junto ao programa de Mestrado em Infra-estrutura e Meio Ambiente, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo.
- RIVERO, Roberto. (1985) *Arquitetura e Clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D. C. Luzatto e Editora da UFRGS.
- ROAF, Sue. *Ecohouse*. (2006) *A casa ambientalmente sustentável*. Susan Roaf, Manuel Fuentes, Stephanie Thomas. Tradução Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2^a ed. 408 p.
- RUAS, Álvaro César. (1999) *Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho*. São Paulo: Fundacentro.
- VEIGAS, João Carlos. (1996) *Ventilação natural de edifícios de habitações*. 2^a ed. Lisboa: LNEC.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem à FAPERGS pelo apoio à realização da pesquisa.