



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DO PROTÓTIPO HABITACIONAL ALVORADA – UM ANO DE MEDIÇÕES *IN LOCO*

Alessandro Morello (1); Miguel A. Sattler (2)

(1 e 2) NORIE/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul

(1) e-mail: alessandromorello@cpgec.ufrgs.br; (2) e-mail: sattler@ufrgs.br

RESUMO

Proposta: Esse artigo trata da verificação, *in loco*, do comportamento térmico de um protótipo de edificação térrea unifamiliar, de padrão popular, construído no Campus da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na cidade de Porto Alegre/RS ($30^{\circ} 02' S$; $51^{\circ} 13' O$). O projeto original da edificação, denominada “protótipo Alvorada”, considerou os aspectos climáticos do local de implantação e buscou minimizar a utilização de materiais poluentes, tóxicos ou de alto conteúdo energético. **Método:** Durante as quatro estações, em um período de doze meses (entre maio de 2003 e maio de 2004), foram realizadas medições em intervalos horários de diversas variáveis ambientais no interior da edificação. Os dados internos foram comparados com os dados externos, obtidos em uma estação meteorológica localizada nas imediações do protótipo. O principal critério utilizado para a avaliação do comportamento térmico do protótipo Alvorada, foi o diagrama bioclimático de Givoni (1992) para países em desenvolvimento e de clima quente. **Resultados:** Os resultados indicaram que, durante o ano monitorado, a construção conseguiu amenizar os valores extremos de temperatura e reduziu consideravelmente o número de horas com umidade relativa superior a 80%. Por fim, são realizadas considerações sobre as limitações e aspectos positivos apresentados pelo protótipo e possibilidades para superação das primeiras.

Palavras-chave: conforto térmico; habitação popular; medições *in loco*.

ABSTRACT

Propose: This paper deals with the verification *in loco* of the thermal performance of a single family house named "Alvorada House ". It was built at the Campus of the Federal University of Rio Grande do Sul, in the city of Porto Alegre ($30^{\circ} 02' S$; $51^{\circ} 13' W$). The original design considered the climatic aspects on the plot and tried to minimize the use of pollutant and toxic materials or of materials with high energy content. **Methods:** During the four seasons, in a period of twelve months (between May 2003 and May 2004), measuring was accomplished in hourly intervals. The interior data were compared with the external data obtained in a meteorological station, located near the prototype. The main approach for the evaluation of the building thermal behavior was to use the parameters of the Givoni's building bioclimatic chart (1992) for tropical-developing countries. **Findings:** The results indicated that, during the monitored period, the construction managed to reduce the extreme values of temperature and considerably reduced the number of hours with relative humidity values above 80%. Finally, considerations are made regarding the limitations and positive aspects presented by the prototype, as well about possibilities for overcoming its limitations.

Keywords: thermal comfort; low cost housing; monitoring.

1 INTRODUÇÃO

Em 2000, a construção de um protótipo habitacional, Casa Alvorada, foi iniciada em Porto Alegre, no Campus da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Em novembro de 2002, com a aquisição de um equipamento para medições de variáveis higrotérmicas, o grupo de pesquisas em sustentabilidade

e conforto ambiental de edificações, do NORIE-UFRGS, passou a ter condições de realizar monitoramentos em ambientes internos. Com a instalação das esquadrias no início de 2003, surgiu a oportunidade de avaliar o comportamento térmico do protótipo habitacional, cujos resultados parciais são apresentados neste trabalho (o trabalho integral pode ser encontrado na dissertação de mestrado do primeiro autor).

Sabe-se que, atualmente, no Brasil, são poucos os trabalhos que envolvem monitoramentos higrotérmicos contínuos, que compreendam as variações climáticas ocorrentes ao longo do ano, típicas de climas subtropicais. A importância deste estudo está ligada ao fato de que a Casa Alvorada busca atender populações de baixa renda, onde o conforto térmico é normalmente considerado como um “luxo”, já que os programas habitacionais normalmente buscam contemplar, primordialmente o seu baixo custo. Ademais, trata-se de uma proposta singular, que busca minimizar impactos ambientais, que emprega materiais locais, de baixo conteúdo energético, associados também a minimização de materiais e tratamentos tóxicos que possam causar danos à saúde humana (COSTA FILHO et al., 2000; SATTLER et al., 2000).

Além disso, embora existam diversos programas de simulação, sendo usados para avaliar o comportamento térmico das edificações, muitas vezes, os resultados encontrados se mostram contraditórios quando uma mesma situação é avaliada por diferentes ferramentas (GRINGS, 2002). Assim sendo, considera-se que, os dados obtidos através do monitoramento das variáveis higrotérmicas, no período de um ano, são mais precisos que qualquer simulação e, portanto, permitem uma melhor avaliação da eficiência das estratégias adotadas na fase de projeto da edificação enfocada neste estudo.

2 O PROTÓTIPO CASA ALVORADA

O protótipo habitacional Casa Alvorada possui uma área construída de, aproximadamente, 48m², na qual estão contemplados os seguintes compartimentos: dois dormitórios, uma sala de estar integrada à cozinha, um banheiro, uma varanda e uma pequena área de serviço aberta (Figura 1).

As paredes da edificação foram construídas com tijolos maciços de 11cm de espessura, sendo que as paredes leste e norte não possuem revestimento. Já na parede oeste, foi aplicado um revestimento externo de argamassa, em parte da parede, para aumentar a resistência térmica e refletir os raios solares incidentes durante o período da tarde. Na parede sul, foi aplicado o mesmo revestimento de argamassa nas superfícies externa e interna, para criar uma resistência maior à perda de calor no inverno e evitar a ocorrência de patologias associadas à umidade, já que essa face é mais exposta à ação das intempéries.

Considera-se importante ressaltar alguns aspectos de implantação, propostos e executados de forma a maximizar as técnicas passivas de controle térmico. Entre elas, destaca-se a orientação solar da edificação, onde as janelas das áreas de permanência prolongada são voltadas para o norte ou leste; a manutenção da vegetação existente no entorno, para sombrear e proteger a fachada oeste, que recebe uma parcela significativa de radiação em horário que coincide com as temperaturas mais elevadas do dia. Nesta fachada, ainda, foi construída uma pérgula com troncos de eucalipto, cuja estrutura servirá para a sustentação do reservatório superior (quando for finalizado o projeto hidráulico), e também suportará vegetação caducifólia produtiva (videira) para o sombreamento desta fachada durante o período de verão.

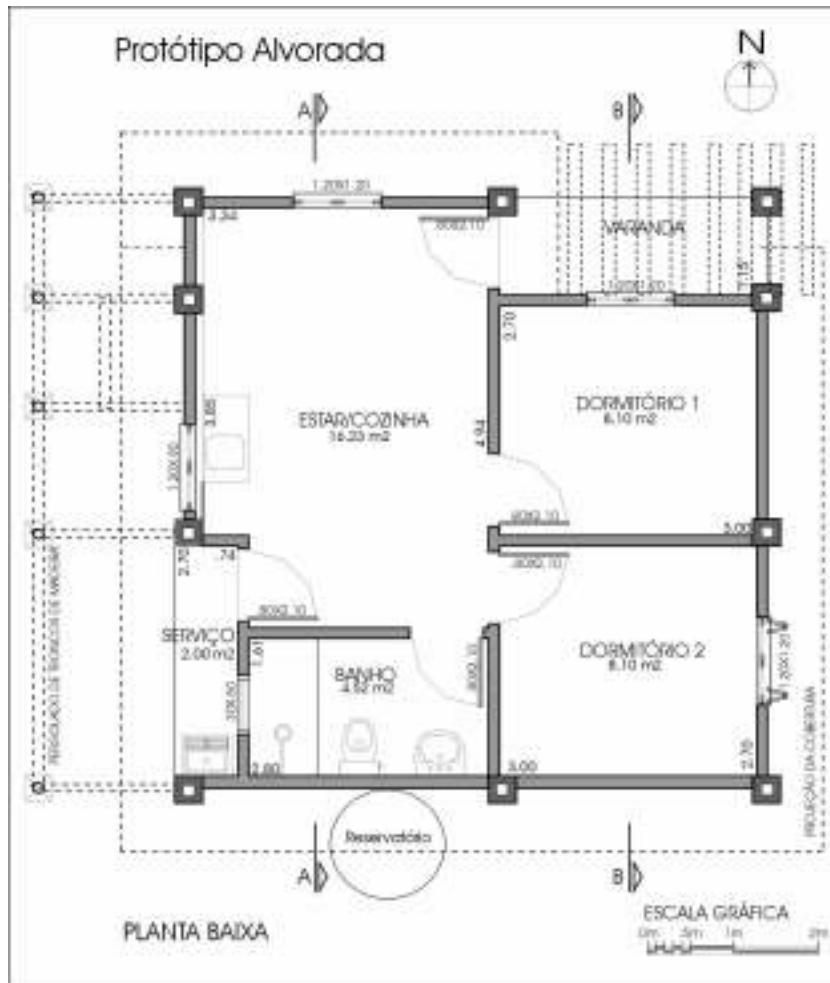


Figura 1 – Planta baixa do protótipo Casa Alvorada.

Todas as esquadrias do protótipo habitacional Casa Alvorada foram confeccionadas em madeira de eucalipto. Os vidros são do tipo plano, liso, com 3mm de espessura. A superfície envidraçada das janelas corresponde, em média, a 50% da área total da esquadria. As fotografias da figura 2, permitem visualizar as fachadas leste, norte e oeste da edificação, bem como suas esquadrias e pérgulas.



Figura 2 - Fotografias do protótipo Alvorada

Como pode ser observado, nas fotografias da figura 2, a cobertura é composta por duas águas, sendo que a maior superfície fica voltada para a orientação sul, para diminuir a densidade de radiação solar. A estrutura da cobertura é constituída por cinco camadas: telha cerâmica, colchão de ar, placa metálica reciclada (alumínio), colchão de ar e forro de cerne de cedrinho vermelho. A placa metálica funciona como barreira à radiação térmica, o que reduz a transmissão de calor pela cobertura. Além disso, foi projetado um sistema de ventilação da cobertura, através criação de aberturas de fácil operação, no beiral do lado sul e aberturas permanentemente descerradas, no ponto mais alto do beiral, na face norte da edificação, que tem por objetivo, a extração de ar quente durante o período de verão (através da convecção natural).

3 MATERIAIS E MÉTODO

3.1 Definição dos limites de conforto

Com a finalidade de avaliar o comportamento térmico da edificação estudada, foram utilizados os limites da zona de conforto, para países em desenvolvimento e de clima quente (GIVONI, 1992). Os limites de temperatura e umidade, considerados confortáveis por esse autor, são traçados sobre uma carta psicrométrica (ver Fig. 3). Considerando condições de baixa velocidade do ar (0,15 m/s, para o inverno e 0,25 m/s, para o verão), o autor recomenda, para o interior das edificações, temperaturas variando entre 18 e 29°C, conforme a estação do ano. A umidade pode variar de 4 g/kg a 15g/Kg de conteúdo de vapor, no inverno, e de 4 g/kg a 17 g/kg, no verão, nunca devendo ultrapassar a curva dos 80% de umidade relativa do ar.

Na figura 3, é apresentada a zona de conforto de Givoni (1992), com os limites de temperatura e umidade relativa do ar para países em desenvolvimento e de clima quente. Ainda sobre a carta psicrométrica, são identificadas outras oito zonas, propondo estratégias que, se seguidas, podem proporcionar melhorias nas condições de conforto térmico. (LAMBERTS et. al. 2000).

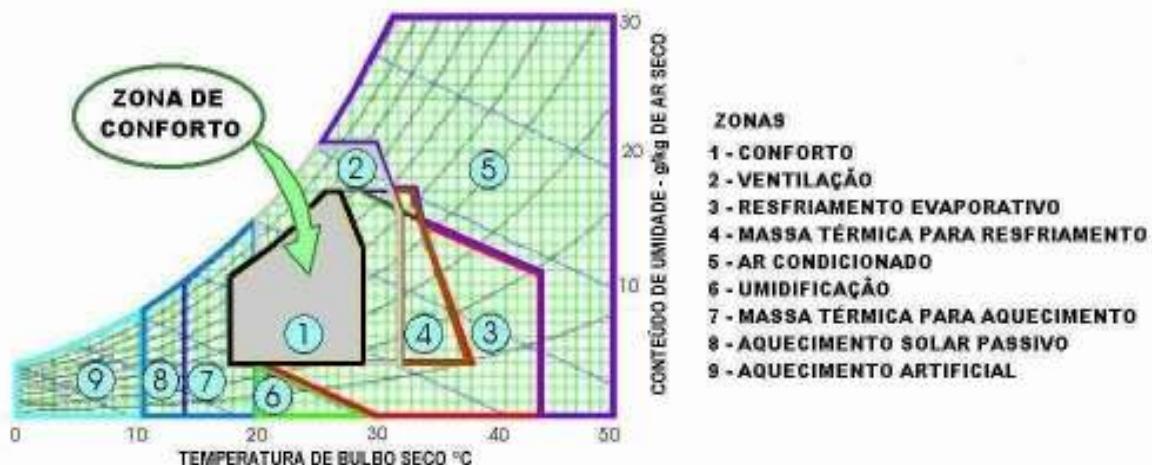


Figura 3 - Diagrama bioclimático proposto por Givoni (1992).

Bogo et al. (1994), realizaram um estudo no qual foram analisadas as metodologias de vários autores, entre eles Watson e Labs, Olgay, Givoni e Szokolay. Como conclusão, os autores sugerem a adoção da carta Bioclimática para Edifícios de Givoni, porque esta apresenta melhores condições de aplicação para o Brasil

Segundo Lamberts et al. (1997), os valores horários de umidade relativa e temperatura do ar, do ano climático de referência (TRY), podem ser impressos sobre a carta bioclimática, obtendo-se o conjunto das estratégias mais adequadas para cada período do ano. Neste contexto, o procedimento sugerido foi realizado pelos autores (LAMBERTS et al., 1997), para a cidade de Porto Alegre, onde se verifica que

a capital gaúcha está submetida a uma significativa variação climática ao longo do ano. Percebe-se, também, que um percentual significativo das horas de desconforto é decorrente da alta umidade relativa (acima de 80%) e das baixas temperaturas (menores que 18°C). Ao se extrair da carta os percentuais respectivos de cada zona, observa-se que, apenas 22,4% das horas do ano, correspondem a uma condição de conforto térmico. No restante (77,5%), o desconforto se divide em 25,9%, provocado pelo calor, e 51,6%, pelo frio.

3.2 Equipmento de Medição

Para a realização das medições in loco foi utilizado um Analisador de Ambientes Interiores, da linha instrumental BABUC. Este corresponde a um conjunto de instrumentos, sensores, acessórios e programas para a aquisição, visualização, memorização e elaboração de uma grande variedade de grandezas físicas, geradas em um ambiente de informações.

Todas as sondas conectadas ao BABUC/A foram calibradas na fábrica, em conformidade com a norma ISO 7726 (1996). Como o equipamento era novo, considerou-se que seus sensores ainda estivessem dentro do prazo garantido pelo fabricante, no que se refere à sua precisão.

3.3 Medições *in loco* e Variáveis de Uso

O equipamento de medição foi instalado no centro da sala/cozinha, sobre um tripé, de forma que os sensores ficaram posicionados a, aproximadamente, 1,10m de altura, em relação ao piso interno. As sondas foram programadas para registrar valores em intervalos horários, durante todo o período de estudo.

Devido ao grande risco de roubo do equipamento, decorrente da inexistência de guardas ou seguranças no local, optou-se por manter as janelas fechadas durante todo o período de medição. Com relação às portas internas, as mesmas permaneceram abertas, permitindo a livre circulação do ar entre os compartimentos.

As portinholas de ventilação da cobertura foram abertas no dia 11 de novembro de 2003, quando a temperatura do ar externo estava sensivelmente elevada (nesse dia a temperatura do ar interno ultrapassou os 28°C, pela primeira vez). Durante seis meses as aberturas permaneceram descerradas, até o dia 11 de maio de 2004, quando novamente foram fechadas, assim permanecendo até o final do período de medições.

Por fim, salienta-se que a edificação foi monitorada sem que houvesse nenhum ocupante em seu interior. Sempre que ocorriam visitas ao protótipo, o conjunto de dados correspondente, no período em que os visitantes estavam no interior do protótipo e em algumas horas subsequentes, era desconsiderado. Também não foi utilizado nenhum aparelho elétrico, lâmpada ou qualquer outro tipo de equipamento, que pudesse se caracterizar como fonte geradora de calor no interior do protótipo (a não ser o próprio equipamento de medição). Observe-se que, em uma situação real de uso, esses equipamentos certamente elevarão a temperatura interna (LITTLER; THOMAS, 1984).

3.4 Dados Externos

As medições dos elementos meteorológicos de interesse ao trabalho, foram realizadas em uma estação meteorológica localizada a, aproximadamente, 500 metros do local onde está construído o protótipo. O equipamento registra dados, a cada 15 minutos, durante as 24 horas do dia. A coleta é realizada, mensalmente, pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.

Entre os dados obtidos junto à estação meteorológica podem ser citados os seguintes: temperatura do ar; temperatura de orvalho; radiação solar; velocidade e direção do vento; umidade relativa do ar; precipitação. Neste artigo, serão apresentados apenas os dados referentes à temperatura do ar e umidade relativa.

3.5 Tratamento dos dados

Os dados externos e internos foram tabulados em planilhas do software Excel®, no qual também foram quantificadas as horas de conforto/desconforto e gerados os histogramas, que serão apresentados no item de resultados. Também se utilizou o programa Analysis Bio 2.1.1., desenvolvido pela equipe do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da Universidade Federal de Santa Catarina, para inserir os valores de umidade relativa e temperatura do ar sobre a carta psicrométrica.

4 RESULTADOS

O período de medições, considerado neste estudo, teve inicio às 12h do dia 12 de maio de 2003 e prosseguiu até às 11h do dia 12 de maio de 2004. Esse intervalo corresponde a um total de 366 dias de medições (o ano 2004 foi bissexto), ou 8.784 registros horários. Entretanto, devido a uma falha no equipamento de armazenamento de dados da estação meteorológica do IPH, 352 dados horários, no período compreendido entre 29 de outubro e 13 de novembro de 2003, foram perdidos.

Com relação aos dados internos, em 336 horas do período de medição, o aparelho não registrou valores de temperatura de bulbo seco (devido à presença de visitantes no protótipo, paralisações de manutenção ou falhas de leitura). Pelos mesmos motivos, só que por um período de 579 horas, não foram registrados dados de umidade relativa do ar.

Com isso, para cada variável ambiental externa, foram registrados 8.432 dados, enquanto que nas medições internas, foram registrados 8.448 valores de temperatura de bulbo seco e 8.205 valores de umidade relativa do ar. Deve-se salientar que as falhas na leitura da temperatura de bulbo seco foram sempre simultâneas às interrupções das medições de umidade relativa do ar.

4.1 Distribuição dos Valores de Temperatura do Ar no Ano Estudado

Os histogramas das figuras 4 e 5 permitem a visualização da distribuição dos valores de temperatura ao longo do ano considerado neste estudo.

Nota-se, no histograma da figura 4, a perceptível concentração de valores de temperatura no intervalo que vai dos 13°C aos 23°C, com mais de 400 horas em cada faixa de temperatura. Percebe-se, também, que as temperaturas associadas ao desconforto por frio são mais freqüentes que as associadas a desconforto por calor.

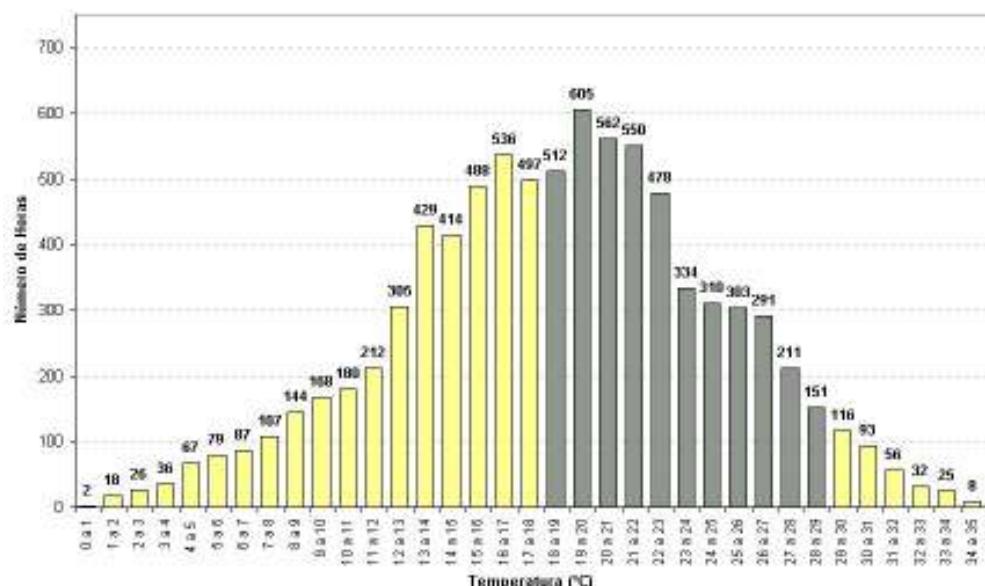


Figura 4: histograma anual das temperaturas externas

Observa-se que, para a confecção do histograma das condições de temperatura interna, foram considerados os 8448 valores de temperatura de bulbo seco (fig. 5). Nota-se que, em relação ao histograma das condições de temperatura externa, os valores inferiores a 18°C foram reduzidos, mas ainda representam um número significativo.. Considerando os ganhos potenciais de calor interno, com a edificação em uso, é provável que as temperaturas sejam incrementadas, reduzindo o número de horas de desconforto por frio. Em contrapartida, considerando a mesma suposição acima, os valores internos de temperatura, próximos ao limite superior considerado, provavelmente, irão extrapolar o limite dos 29°C, entrando na zona de desconforto por calor.

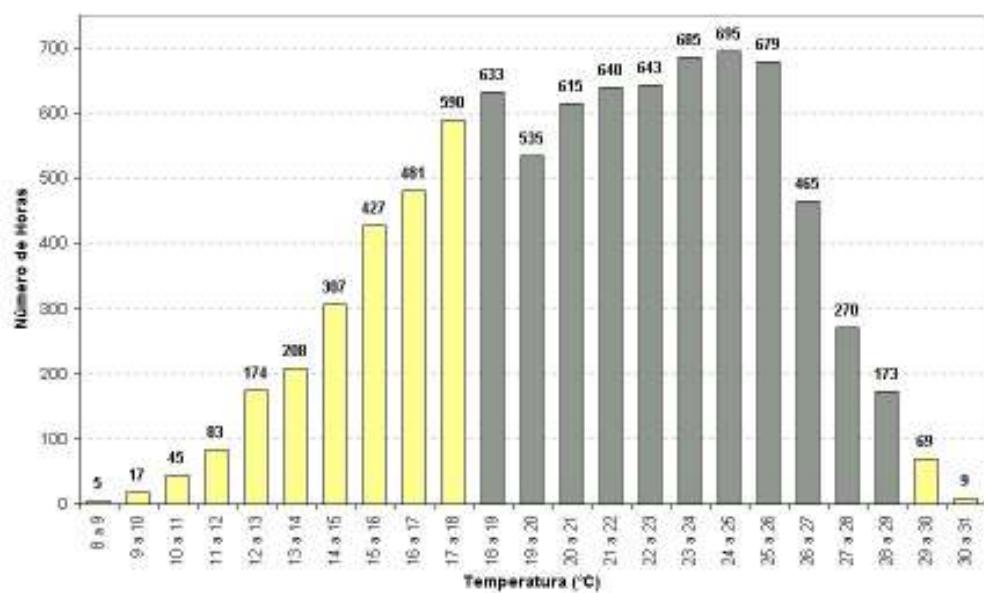


Figura 5: histograma anual das temperaturas internas

4.2 Cartas Bioclimáticas

Para a confecção das cartas bioclimáticas do período completo, os limites de conforto foram simplificados, de acordo com a forma de apresentação do programa Analysis Bio, ou seja, limites de temperatura entre 18°C e 29°C, sem diferenciação para as estações do inverno e verão.

Correlacionando os 8.432 valores de temperatura e umidade relativa do ar externo, a carta bioclimática da figura 6 apresenta a distribuição dos pontos, durante o período estudado.

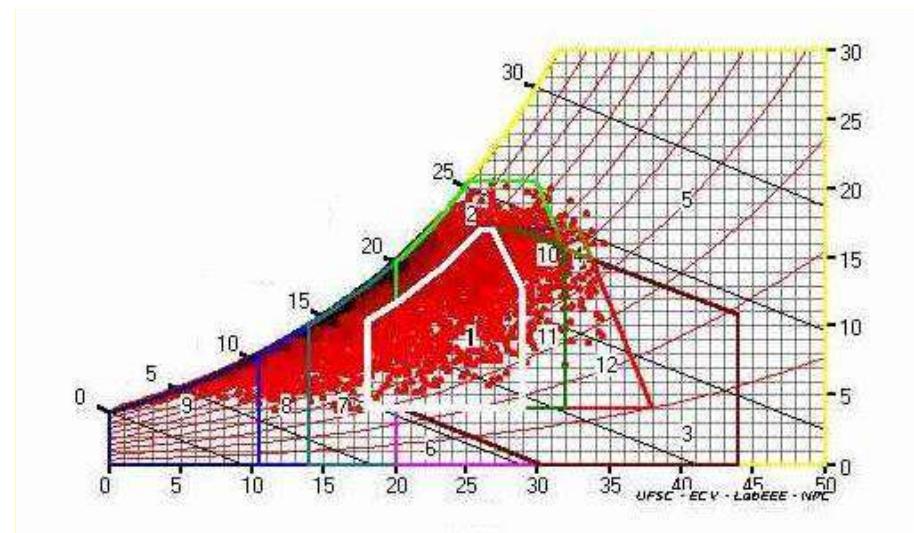


Figura 6: carta bioclimática com os valores externos, durante o período estudado

A Tabela 1 mostra o resultado do relatório dos dados externos, gerado pelo programa Analysis Bio, com as recomendações das principais estratégias para alcançar o conforto térmico, em um projeto bioclimático. Salienta-se que o programa considera como desconforto por calor, os valores em que a umidade relativa é superior aos limites da zona de conforto e a temperatura se encontra na faixa dos 20°C aos 29°C. Já os valores com umidade superior a 80% e temperatura entre 18°C e 20°C são interpretados pelo programa como desconforto por frio.

Tabela 1: Resumo do relatório gerado pelo programa Analysis Bio - valores externos no período estudado

CONFORTO						19,5%
	Frio	Massa Térmica/Aquecimento Solar Aquecimento Solar Passivo Aquecimento Artificial Umidificação	33,8% 12,3% 9,8% 0%	55,9%		
DESCONFORTO	Calor	Ventilação	20,1%			
		Ventilação/Massa Ventilação/Massa/Resfr. Evaporativo Massa Térmica p/ Resfriamento Massa/Resfriamento Evaporativo Resfriamento Evaporativo Ar Condicionado	0,2% 3,4% 0,2% 0,5% 0,02% 0,2%	24,6%	80,5%	

Comparando-se os valores medidos com aqueles referidos pela carta bioclimática baseada no ano climático de referência (TRY) para Porto Alegre (LAMBERTS et al., 1997), esta aponta um percentual de conforto de 22,4%, enquanto que, no ano estudado, apenas 19,5% das horas medidas no Campus da UFRGS apresentaram valores dentro da zona de conforto. O percentual de horas de frio intenso, com a temperatura externa inferior a 10,5°C, também mostrou um percentual maior em relação ao do TRY de Porto Alegre, passando de 6% para 9,8%. Durante estas horas, o aquecimento artificial será necessário, visto que as estratégias da massa térmica para aquecimento e o aquecimento solar passivo não serão suficientes para proporcionar o conforto interno. Nota-se, ainda, que, em 0,237% das horas, o desconforto por calor somente será resolvido com a utilização de refrigeração artificial (ar condicionado).

Para a confecção da carta bioclimática correspondente ao ambiente interno, foram utilizados apenas os registros simultâneos de umidade relativa e temperatura do ar, ou seja, a fig. 6 apresenta a distribuição dos 8.205 valores horários, medidos entre maio de 2003 e maio de 2004.

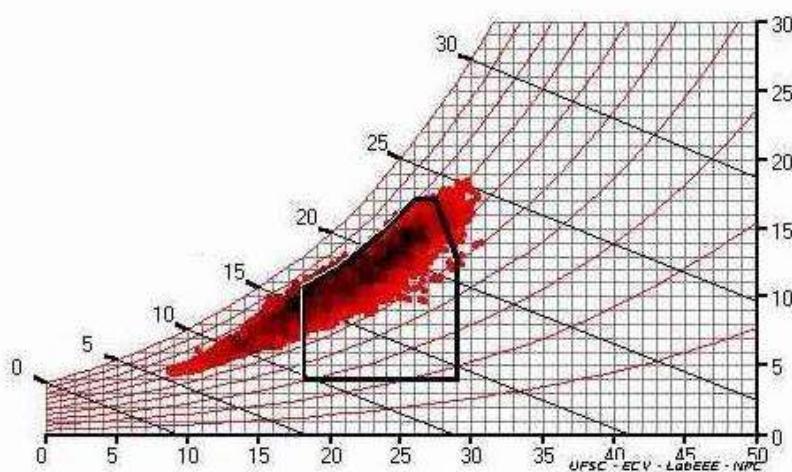


Figura 6: carta bioclimática com os valores internos, durante o período estudado

Os percentuais de conforto e desconforto internos, extraídos dos relatórios do programa Analysis Bio, são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Resumo do relatório gerado pelo programa Analysis Bio - valores internos no período estudado.

CONFORTO			66,5%
DESCONFORTO	Frio	28,2%	33,5%
	Calor	5,3%	

Os dados horários e os percentuais calculados para os valores internos e externos, são comparados no quadro da tabela 3. Assim como foi estabelecido para a confecção das cartas bioclimáticas, no cálculo dos percentuais internos foram considerados apenas os valores de temperatura que possuíam a leitura simultânea da umidade relativa do ar (8.205 registros).

Tabela 3: Resumo dos valores horários e percentuais verificados no período estudado

Parâmetros limite de Conforto/ desconforto	Valores Externos		Valores Internos	
	nº de horas	(%)	nº de horas	(%)
Número de horas de leitura	8.432	100	8.205	100
Número de horas com temperatura abaixo de 18°C	3.795	45,0	2.148	26,2
Número de horas com temperatura acima de 29°C	327	3,9	78	0,9
Número de horas com umidade relativa igual ou superior a 80%	5.903	70,0	491	6,0
Número total de horas dentro da zona de conforto	1.640	19,4	5.456	66,5
Número total de horas fora da zona de conforto	6.792	80,6	2.749	33,5

Do número total de horas fora da zona de conforto, apresentado na tabela 3, deve-se salientar que em 6,4% do tempo (523 registros horários), embora a temperatura do ar interno tenha apresentado valores entre 18°C a 29°C, a umidade relativa apresentou valores superiores aos limites da zona de conforto, ou seja, acima de 80%, para as temperaturas entre 18°C e 25°C, ou superior aos limites de umidade considerados, para as temperaturas entre 25°C e 29°C.

Outro aspecto relevante constatado, foi o percentual de horas de conforto interno, três vezes maior do que o de conforto no ambiente externo. Comparativamente, no interior do protótipo Alvorada, o número de horas de desconforto por frio foi reduzido quase pela metade, enquanto o número de horas de desconforto por calor apresentou uma redução superior a 75% das horas de desconforto por calor verificadas no exterior.

4.3 Discussão

No Campus da UFRGS, em 9,8% do tempo, o frio foi muito intenso para ser abrandado apenas com a envolvente construtiva (quando no exterior ocorriam temperaturas inferiores a 10,5°C). Ou seja, são 827 horas do período estudado, nas quais seria necessária a utilização de aquecimento artificial (zona 9). Além disso, em 0,2% do período considerado (20 horas), seria necessária a utilização de ar condicionado para refrigeração. Assim, em um total de 10% das horas do período, a edificação não será capaz de eliminar, totalmente, as condições de desconforto verificadas no exterior.

Observa-se ainda, que, das 2.148 horas em que a temperatura do ar interno apresentou valores inferiores à 18°C, 823 destes registros ocorreram entre a meia-noite e às 6 h, quando os usuários estarão dormindo e com um nível de vestimenta maior. Mas, de qualquer maneira, considera-se muito importante, se a edificação for implantada em um meio rural e mesmo suburbano, com disponibilidade de biomassa, a construção de um fogão à lenha (o que foi previsto no projeto original do protótipo Alvorada), para proporcionar o aporte de calor necessário durante as horas de frio intenso. Com isso, certamente haverá um aumento da temperatura interna, não só no período mais frio, mas também durante as horas subsequentes.

Deve-se frisar que, para as condições de frio, os ganhos internos de calor poderão proporcionar um aumento significativo das horas de conforto no interior do protótipo. No entanto, sem um estudo experimental com a edificação em uso, não é possível estimar os ganhos de temperatura com exatidão. Além disso, com a ocupação da edificação, é muito provável que o conteúdo de vapor interno aumente, ultrapassando o valor máximo estabelecido na zona de conforto.

5 REFERÊNCIAS

- Barbosa, M. J.. **Uma Metodologia para Especificar e Avaliar o Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares.** Tese (Doutorado em Engenharia), 1997 - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC , Florianópolis,1997.
- Bogo, A.; Pietrobon, C. E.; Barbosa, M.J.; Goulart, S.; Pitta, T.;Lamberts, R. **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações Visando o Conforto Térmico.** Relatório interno nº 02/94. Núcleo de Pesquisa em Construção, UFSC, Florianópolis, SC.
- Costa Filho, A.; Bonin, L.C. e Sattler, M.A. (2000). **Tecnologias Sustentáveis em Habitações Destinadas à População de Baixa Renda.** In: Anais do ENTAC 2000 – VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Salvador.
- Givoni, B. (1992). **Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines.** Energy and Building. Vol 18. p 11-23.
- Grings, E.T.O. (2003) **Comparação entre Resultados Experimentais e Computacionais do Comportamento Térmico de um Ambiente.** Dissertação (Mestrado em Engenharia), 2003. - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRGS, Porto Alegre.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - **ISO 7726** Ergonomics of the Thermal Environment - Instruments for Measuring Physical Quantities. Genebra, 1996.
- Lamberts, R.; Pereira, F.; Dutra, L. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997.
- Lamberts, R.; Ghisi, E.; Papst, A.L. **Desempenho Térmico de Edificações.** Florianópolis: manual da disciplina de mesmo nome da Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- Littler, J; Thomas, R. **Design with Energy - The Conservation and Use of Energy in Buildings.** Cambridge: Cambridge University Press. 1984.
- Sattler, M.A.; Costa Filho, A. e Bonin, L.C. (2000). **A low cost sustainable house.** In: Proceedings of PLEA 2000 – Architecture, City, Environment. Cambridge. UK. pp. 187 –191.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos responsáveis pela estação meteorológica do IPH, localizada no Campus da UFRGS, pela cessão dos dados relativos ao período estudado. Também agradecemos ao CNPq, pelo auxílio que possibilitou a compra do equipamento de aquisição de dados ambientais, e ao CNPq e CAPES, pela bolsa concedida a um dos autores.