

APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ESPECIFICAR E AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNI FAMILIARES AO CLIMA DE LONDRINA PR.

Miriam Jerônimo Barbosa, Dr. em Eng. de Produção (EPS-UFSC)

Departamento de Construção Civil CTU-UEL

Campus universitário Perobal Cx. P. 6001 - CEP 86 051 970 Londrina PR; E-mail: mjbs@sercomtel.com.br

Roberto Lamberts PhD, Univ. of Leeds, Inglaterra

Núcleo de Pesquisa em Construção Civil -UFSC

Campus universitário Trindade Cx. P. 476 - CEP 88 040 900 Florianópolis SC; E-mail: lamberts@ecv.ufsc.br

RESUMO

Esta metodologia foi desenvolvida para o clima da cidade de Londrina mas pode ser aplicada a outros tipos de climas. O requisito de avaliação adotado, foi o limite máximo aceitável de horas anuais de desconforto, no qual as temperaturas estão fora dos limites da zona de conforto térmico de Givoni. As características da tipologia construtiva mais utilizada pelas COHABs no Brasil, foram traduzidas em parâmetros térmicos para viabilizar a avaliação por prescrição. A avaliação por desempenho é feita simulando-se qualquer sistema construtivo, quantificando-se as horas anuais de desconforto e comparando-as com o limite aceitável estabelecido.

ABSTRACT

This methodology was developed for the climate of Londrina city but it can be applied to other types of climate. The requirement of evaluation adopted was the maximum acceptable limit of annual hours of discomfort, in which the temperatures are out of the limits in Givoni's zone of thermal comfort. The characteristics of the constructive typology more utilized by the low-cost housing companies (COHAB) in Brazil were translated in thermal parameters to make feasible the evaluation by prescription. The evaluation by performance is done through the simulation of any constructive system, quantifying the annual hours of discomfort and comparing them with the established acceptable limit.

INTRODUÇÃO

A ausência de uma normalização estabelecida para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais uni familiares calcada em uma zona de conforto adequada a clima tropical e subtropical e com base horária anual, motivou o a elaboração desta metodologia que foi desenvolvida, com aplicação para a cidade de Londrina.

DESCRISÇÃO SUSCINTA DA METODOLOGIA

Com a finalidade de permitir o balizamento técnico e econômico da realidade construtiva brasileira, foi realizada uma pesquisa entre as 40 COHABs existentes, através de questionários, conforme BARBOSA (1995) e (1997). Esta pesquisa teve o objetivo de verificar o sistema construtivo mais utilizado em habitações uni familiares. O sistema construtivo identificado como o mais utilizado foi denominado de casa COHAB padrão.

Para o desenvolvimento da metodologia resolveu-se trabalhar com a zona de conforto de GIVONI (1992), para países quentes e em desenvolvimento. Uma pesquisa de campo foi realizada em Londrina, com cinco tipologias construtivas diferentes, para habitações uni familiares. Nesta pesquisa foram registradas no interior de cada exemplar dos sistemas construtivos escolhidos para estudo, as sensações térmica dos usuários e as temperaturas internas no verão e no inverno do ano de 1994. Paralelamente foram levantados os dados construtivos das unidades habitacionais estudadas e o clima externo dos períodos de levantamento, além de dados climáticos da região, disponíveis na estação meteorológica, para um período mínimo de dez anos. Aos dados climáticos deste período, (1979 a 1990), foi aplicada a metodologia da ASHRAE, conforme GOULART(1993), para determinação do ano climático de referência (TRY), sendo este identificado como o ano de 1986. Os registros de sensação térmica dos usuários, foram aproveitados para confirmar a validade dos limites de temperaturas da zona de conforto térmico escolhida. A metodologia considerou como horas de desconforto aquelas horas em que as temperaturas se apresentam fora dos limites de temperaturas da zona de conforto de Givoni que é de 18°C a 29 °C. As temperaturas internas e os dados construtivos e climáticos foram aproveitados para ajustar a ferramenta de simulação.

A partir da ferramenta de simulação ajustada aos cinco sistemas construtivos, foram realizadas simulações com várias alternativas construtivas, usando-se o arquivo climático do ano climático de referência (1986), e estabelecendo-se as horas anuais de desconforto para cada simulação.

Com estes resultados partiu-se para a escolha do limite das horas anuais de desconforto aceitável frente à realidade econômica e a casa COHAB padrão estabelecida na pesquisa com as COHABs. Com este limite, foi possível parametrizar o desempenho térmico da casa COHAB padrão, beneficiada termicamente para se encaixar dentro do limite de horas de desconforto anuais aceitável, em função de algumas variáveis de projeto tais como: transmitância de paredes e coberturas, absorvidade da paredes e coberturas, e capacidade térmica ou massa de paredes e coberturas, além de áreas de aberturas para ventilação e sistema de sombreamento. Esta parametrização visou facilitar a avaliação térmica por prescrição. Uma forma de avaliação por desempenho foi também estruturada, através da simulação com qualquer sistema construtivo, comparando-se as horas de desconforto quantificadas após a simulação, com o limite aceitável de horas de desconforto.

O conceito de avaliação por desempenho e por prescrição considerado, é o mesmo estabelecido pela norma ASHRAE/IES 90-1 (1989), onde os critérios de desempenho são usados quando muitas inovações de projeto ou flexibilidade são desejadas, e os critérios prescritivos são usados quando uma quantidade mínima de esforço para determinação da conformidade é desejado. O termo avaliação por desempenho é entendido aqui como a avaliação que é feita verificando-se o cumprimento do limite estabelecido para a quantidade de horas de desconforto anual no ambiente interno. O termo avaliação por prescrição é entendido neste trabalho quando a avaliação é feita verificando-se o cumprimento dos limites estabelecidos para as características térmicas ou físicas dos elementos construtivos tais como: transmitância e massa de paredes e coberturas, absorvidade de radiação solar, aberturas para ventilação e sombreamento de aberturas.

SIMULAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA, APLICADA A LONDRINA PR

Inicialmente, a casa COHAB padrão, foi simulada para o ano inteiro com o arquivo climático do ano de 1986, identificado como o ano climático de referência para Londrina no período de 1979 a 1990. A cada resultado de simulação foram feitos os cálculos da quantidade de horas anuais nas quais as temperaturas internas ficaram fora dos limites de temperaturas da zona de conforto de Givoni cujo intervalo é de 18 a 29° C. O procedimento seguinte foi simular a casa COHAB padrão, com algumas modificações, verificando-se a quantidade de horas de desconforto. Em resumo, foram feitas simulações com o elenco de condições de projeto listadas na tabela 1. As abreviações que aparecem entre parêntesis ao final de cada descrição de variações na tabela 1, representam as variações de simulações no gráfico de colunas da figura 1 que foi elaborado para visualizar as quantidades de horas de desconforto anuais por variação de simulações. Na quinta coluna da tabela 1 aparecem os resultados somados de horas de frio e de calor, compondo o total de horas de desconforto para todo o ano climático de referência de Londrina, por cada variação de simulação considerada.

As modificações para simulação foram enumeradas na tabela 1, por ordem crescente do valor obtido de horas de desconforto na simulação para o ano climático de referência inteiro. O exterior consta na seqüência em décimo terceiro lugar na quantidade de horas de desconforto. Os itens 2,3, 5 e 6, apresentam as horas de desconforto obtidas nas simulações onde algum benefício térmico foi empregado ao projeto da casa COHAB padrão. O item 1 apresenta o resultado da simulação feita com a casa COHAB padrão acumulando os quatro benefícios dos itens 2,3,5 e 6. Os demais itens apresentam as horas anuais de desconforto obtidas nas simulações com o projeto da casa COHAB padrão substituindo as paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos de 6 furos por outros materiais.

Conforme a figura1, o resultado global de horas de desconforto para o ano climático de referência de Londrina, revela que a casa de ardósia (**ardósia**) é a mais desconfortável termicamente entre as opções simuladas, chegando a ser mais desconfortável que o próprio clima externo, isto significa que termicamente é preferível permanecer fora do que dentro de uma habitação deste tipo. Na seqüência em ordem decrescente de horas de desconforto térmico aparecem a casa de argamassa armada (**arg. arm.**) e casa de isopor (**isopor**), denotando que a massa tem uma importância significativa no desempenho térmico, para o tipo de clima analisado. O isolamento das paredes (**lã parede**) não contribui significativamente para a redução das horas de frio e de calor, entretanto, o isolamento da cobertura (**lã laje**) é significativo na redução dessas horas.

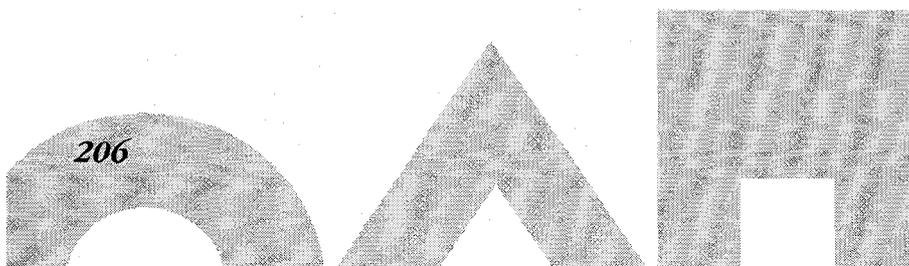


Tabela 1 - Quantidade de horas de calor e de frio, para o ano inteiro de 1986, considerado como o ano climático de referência de Londrina. (por ordem crescente de horas de desconforto anual)

Nº	RESULTADOS TOTAIS PARA O ANO DE 1986 COM AS SOMAS DAS HORAS DE DESCONFORTO POR CALOR E POR FRIO	horas de calor	horas de frio	horas de desconforto anual	% de horas de desconforto anual
1	casa padrão COHAB beneficiada com o dobro da área de aberturas para ventilação, com a cobertura pintada de branco, sombreamento total nas aberturas e 2 cm de lã de vidro sobre a laje. (beneficiada.)	412	216	628	7,2
2	casa padrão COHAB com a cobertura pintada de branco $\alpha = 0,30$ (cob. branc.)	707	293	1000	11,44
3	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro sobre a laje (lã laje)	868	152	1020	11,67
4	casa padrão COHAB com as paredes em concreto monolítico armado de 10 cm (conc. arm.)	889	287	1176	13,46
5	casa padrão COHAB com sombreamento total nas aberturas (sombra)	1059	221	1280	14,61
6	casa padrão COHAB com o dobro das aberturas (abert. x2)	974	308	1282	14,63
7	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas em alvenaria de tijolos maciços 9 cm revestidos com argamassa 2 cm de cada lado. Espessura total 13 cm (tij. maciço)	1046	247	1293	14,80
8	casa padrão COHAB com as paredes em blocos de concreto 10 cm (blocos)	1158	315	1473	16,86
9	casa padrão COHAB (padrão)	1268	210	1478	16,92
10	casa padrão COHAB com 2 cm de lã de vidro na parte externa da parede, entre a alvenaria e o revestimento (lã parede)	1436	42	1478	16,92
11	casa padrão COHAB com as paredes internas e externas e forro de poliestireno expandido 1cm de espessura (isopor)	1783	550	2333	26,70
12	casa padrão COHAB com as paredes e o forro em painéis de argamassa armada de 2 cm (arg. arm.)	1663	846	2509	28,72
13	temperatura do ar exterior (exterior)	576	1953	2529	28,94
14	casa padrão COHAB com as paredes de placas de ardósia 4 cm, o forro em madeira 0,5 cm e a cobertura em ardósia 1 cm (ardósia)	2325	544	2869	32,84

OBS: Para o cálculo da porcentagem de horas de desconforto anual, foram consideradas 8736 horas para o ano inteiro

As casas de blocos de concreto (blocos), tijolos maciços (tij. maciços) e concreto monolítico armado (conc. Arm.), apresentam desempenho térmico melhor que a casa COHAB padrão (PADRÃO), confirmando novamente que a capacidade térmica ou massa é significativa na redução das horas de desconforto por calor e por frio. Nota-se que a casa de concreto monolítico, com transmitância de paredes maior que a casa COHAB padrão, apresenta um total de horas de desconforto menor. Isto indica que o aumento de massa pode compensar o aumento na transmitância. Este é um problema que deve ser analisado futuramente com uma parametrização por simulação para verificar até que ponto a massa compensa o aumento na transmitância de parede.

O aumento na área de aberturas (abert. x2) e o sombreamento total nas aberturas (sombra) que são os benefícios de maior custo entre os quatro adotados, não são mais importante que o isolamento na cobertura (lã laje) e a pintura branca na face externa da cobertura (cob. Branc.). O isolamento na laje (lã laje) e a cobertura branca (cob. Branc.) referidos são os mais viáveis economicamente e mais eficientes, conforme mostra a figura 1.

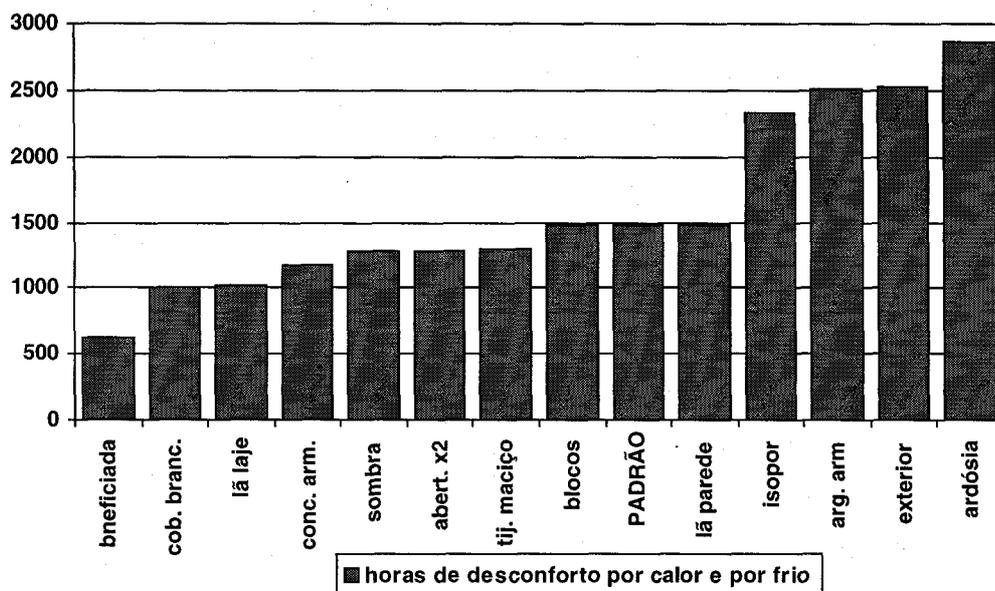


Figura 1 - Quantidade de horas de desconforto total, (soma de horas de calor mais horas de frio) por cada variação de simulação para o ano climático de referência inteiro.

A casa COHAB padrão beneficiada (beneficiada) que é a casa COHAB padrão com 2 cm de lâ de vidro na laje, com pintura branca na cobertura, com o dobro das aberturas para ventilação e com sombreamento total nas aberturas sendo estes dois últimos benefícios reguláveis no inverno (janelas de vidro fechadas e sombreamento aberto durante o dia), é a que apresenta menor quantidade de horas de desconforto.

Percebe-se, no gráfico, que os benefícios podem ser adotados isoladamente e a partir do mais eficiente e mais barato: pintura branca na cobertura (cob. Branc.), lâ de vidro na laje (lâ laje), aumento de área de aberturas (abert. x2); e sombreamento das aberturas (sombra).

Concluindo, o resultado da etapa de simulação, é preferível adotar estratégias que reduzam completamente o número de horas de desconforto anual. Entretanto a adoção de todos os benefícios que contribuem para esta redução, aumentam o custo da edificação. Mas é possível estabelecer o limite aceitável de desempenho térmico, em 1000 horas de desconforto anual o que corresponde à casa COHAB padrão ou referencial cultural (tipologia mais construída), com um pequeno benefício de baixo custo, que é a pintura branca na cobertura. Isto significa pouco mais de 10% de horas do ano de desconforto anual no interior da habitação.

CRITÉRIO PARA O ESTABELECIMENTO DOS LIMITE PARA AVALIAÇÃO

Considerando o estudo realizado por meio de simulações, percebe-se na figura 1, que um grupo de tipologias construtivas simuladas apresentam um total de horas de desconforto abaixo de 1000 horas por ano. Outro grupo apresenta um total de horas de desconforto entre 1000 e 1500 horas por ano. E um terceiro grupo apresenta um total de horas de desconforto acima de 1500 horas por ano. Observa-se que dentro do grupo de tipologias que apresentam um total de horas de desconforto acima de 1500 horas por ano, estão exatamente aquelas edificações mais leves com espessura de parede, abaixo de 0,05m, e com transmitância de paredes acima de 5,00 (W/m²C). São estas as tipologias mais criticadas pelos usuários. O segundo grupo é das tipologias que apresentam espessura da paredes acima de 0,10m com transmitância de paredes abaixo de 5,00 (W/m²C). Neste grupo se encaixam os sistemas em alvenaria de tijolos cerâmicos maciços, tijolos cerâmicos furados, blocos de concreto e o sistema em concreto monolítico. No grupo de tipologias construtivas que apresentam um total de horas de desconforto abaixo de 1000 horas por ano está a tipologia adotada como padrão, simulada com benefícios térmicos.

O critério para o estabelecimento dos limites mínimos de habitabilidade pode ser adotado com base nas opções que se apresentam na figura 1. Uma discussão com as partes interessadas (Prefeituras, mutuários e setores técnicos), deve ser realizada, visando o estabelecimento do limite máximo de horas de desconforto aceitável a partir das condições de investimento. Conforme AROZTEGUI (1991), a metodologia para estabelecer uma exigência mínima deve fundamentar-se no conhecimento do máximo que é possível de se obter com a tecnologia disponível e o esforço social que as partes estejam dispostas a acordar.

Na figura 1 observa-se que o referencial cultural (casa COHAB padrão) com uma pintura branca na cobertura, passa de 1500 para 1000 horas de desconforto anuais, sendo este um benefício de baixo custo, que não compromete a viabilidade econômica. O risco de desgaste rápido desta pintura, pode ser contornado através de uma prática de renovação periódica desta pintura por parte dos usuários. Este limite poderia ser inicialmente considerado como o máximo de horas anuais de desconforto aceitável.

Existem, entretanto, outras soluções construtivas que virão atender este limite de 1000 horas de desconforto anuais, um exemplo é o isolamento com uma camada de 2 cm de lâ de vidro sobre a laje.

A decisão de tomar a casa COHAB padrão ou referencial cultural com um benefício mínimo viável, para limite de desempenho térmico, justifica-se por representar a realidade da prática construtiva a nível popular e de interesse social em todo o país, conforme a pesquisa com as COHABs realizada em BARBOSA(1995).

A situação da construção de habitação popular em Londrina, reforça a justificativa, porque em um total de 24.025 unidades construídas, 23.305 (97%) são em sistema tradicional com alvenaria de tijolos cerâmicos de 6 furos, rebocado dos dois lados, cobertura com duas águas, telhas de cimento amianto e janelas do tipo basculante ou seja tipo casa COHAB padrão. Os sistemas não convencionais somam 720 unidades que equivale a 3% do total de casas construídas pela COHAB de Londrina.

Outra justificativa para propor o referencial cultural ou casa COHAB padrão com um benefício térmico mínimo como limite é que partindo-se da construção existente, sem se desviar do viável, evita-se dificultar a adoção das recomendações estabelecidas. Essas dificuldades são comuns de acontecer quando se procede mesmo a partir de estudos corretos, mas desvinculados da realidade prática, conforme afirma AROZTEGUI (1991).

A Tabela 2 apresenta os parâmetros de desempenho térmico do referencial cultural beneficiado com uma pintura branca na cobertura, e ou com uma camada de 2 cm de lâ de vidro sobre a laje (equivalente a 1000 horas anuais de desconforto).

Tabela 2 - Características térmicas do referencial cultural (casa COHAB padrão) beneficiada com uma pintura branca na face externa da cobertura, e/ou com uma camada de 2 cm de lâ de vidro sobre a laje.

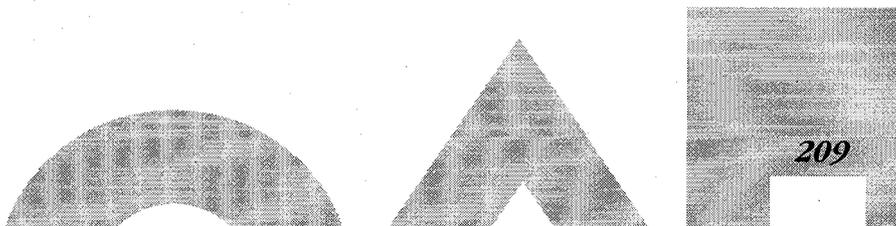
ELEMENTO CONSTRUTIVO	PARÂMETROS DE DESEMPENHO TÉRMICO		α	DIREÇÃO DO FLUXO	VALOR	UNIDADE
	transmitância térmica		$\leq 0,3$	horizontal	2,31	W/m ² K
PAREDES	capacidade térmica			-	156,24	kJ/ m ² K
	absortividade			-	0,3	-
		com pintura	$\leq 0,3$	vertical ascendente	2,51	W/m ² K
	transmitância térmica	branca	$\leq 0,3$	vertical descendente	1,83	W/m ² K
COBERTURAS		sem pintura	$0,3 < 0,8$	vertical ascendente	1,19	W/m ² K
		com lâ na laje	$0,3 < 0,8$	vertical descendente	1,01	W/m ² K
	capacidade térmica			-	$\geq 143,46$	kJ/ m ² K
ABERTURAS	aberturas para ventilação			-	$\geq 10 \%$	Av/Ac *
	sombreamento			-	beiral - 50	cm **

* Av/Ac = área efetiva de ventilação/área útil de construção x 100

**Beiral da cobertura padrão de 50 cm

FORMAS DE AVALIAÇÃO

O método proposto apresenta duas formas de avaliar o desempenho térmico de habitações uni familiares. A forma por prescrição é mais rápida e mecânica sendo necessário observar no projeto do edifício se os valores de transmitância, massa e absortividade de paredes e coberturas, área de aberturas para ventilação e sombreamento nas aberturas estão sendo cumpridos conforme os limites estabelecidos na tabela 2. A forma de avaliar por desempenho exige mais esforço para ser aplicada uma vez que é necessário fazer a simulação da edificação. Mas a verificação é feita comparando as horas anuais de desconforto quantificadas após a simulação, com o limite aceitável estabelecido para as horas de desconforto que no caso desta proposta é de no máximo 1000 horas anuais, mas que pode ser menos que isto dependendo do quanto as partes interessadas estão dispostas a investir. A forma de avaliar por desempenho é mais precisa e permite uma maior flexibilidade de opções para o projeto, podendo ser alcançada com opções mais viáveis técnica e economicamente.



CONCLUSÃO

Após o estudo realizado, foi possível elaborar e apresentar uma proposta de metodologia para especificação e avaliação de desempenho térmico de edificações residenciais uni familiares, em um formato que pode ser discutido com a COHAB, visando permitir a adoção de medidas para implantação da mesma em futuros empreendimentos.

Com este estudo foi possível demonstrar que o desempenho térmico das casas de ardósia e argamassa armada é substancialmente inferior ao das demais tipologias estudadas, indicando que a massa é importante para a redução das horas de desconforto no clima de Londrina.

A metodologia estabelecida neste trabalho, apresenta como inovação que é o critério de quantificar as horas anuais de desconforto, podendo-se denominar de: o método das horas anuais de desconforto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE /IES 90.1-1989 Energy efficient design of new buildings except low-rise residential buildings 1791 Tullie Circle, NE. Atlanta , GA 1989
- ARozTEGUI, J. M. Sobre la normativa de exigências mínimas para la construction de viviendas, en los países del cono sur de América. In: ENCONTRO NACIONAL DE NORMALIZAÇÃO LIGADA AO USO RACIONAL DE ENERGIA E AO CONFORTO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES, 1. , 1991, Florianópolis. Anais ... Florianópolis: UFSC, 1991. p. 10-15.
- BARBOSA, M.J.; LAMBERTS, R. Resultado de pesquisa realizada sobre a tipologia construtiva nas companhias de habitação popular. In: III ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Gramado: ANTAC, 1995 p. 763.
- BARBOSA, M. J. Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais. Florianópolis, UFSC, 1997. 274 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- GIVONI, B. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings, v. 18, n. 1, p. 11-23, 1992.
- GOULART, S.V.G. Dados climáticos para avaliação de desempenho térmicos de edificações em Florianópolis. Florianópolis, UFSC, 1993. 110 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.