



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ANÁLISE DAS ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA OTIMIZAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES EM LOCAIS DE GRANDE VARIAÇÃO CLIMÁTICA

Juliana Al-Alam Pouey (1); Antonio César Silveira Baptista da Silva (2)

(1) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
- Universidade Federal de Pelotas, Brasil – e-mail: julianapouey@hotmail.com

(2) Departamento de Tecnologia da Construção – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo -
Universidade Federal de Pelotas, Brasil – e-mail: acsbs@ufpel.edu.br

RESUMO

Proposta: A arquitetura bioclimática é meio de adaptar a edificação ao seu ambiente climático de modo a manter as condições de conforto aos usuários. O estudo do clima é o primeiro passo para o projeto, através do qual se identificam quais estratégias a adotar em função do benefício que elas propiciam ao longo do ano. Este processo torna-se mais complexo quando o local apresenta grandes variações climáticas no ano, fazendo com que diversas estratégias distintas e, talvez, antagônicas tenham que ser adotadas na mesma edificação. Este é o caso do extremo sul do Brasil, onde em alguns momentos, num curto espaço de tempo diversas estratégias bioclimáticas são exigidas. A partir da análise dos dados climáticos é elaborado o planejamento do uso das estratégias bioclimáticas a serem adotadas no projeto de uma célula-teste bioclimática para a cidade de Pelotas-RS. **Objetivo:** Contextualizar as estratégias bioclimáticas, de três referências reconhecidas, as Planilhas de Mahoney, a Carta Bioclimática de Givoni e a NBR 15.220-Desempenho térmico para edificações, ao dinamismo do clima do extremo sul do Brasil, de modo a otimizar o desempenho da edificação através da associação de estratégias bioclimáticas de condicionamento. **Método /Abordagens:** O estudo do clima local, conhecendo o ambiente climático e seus condicionantes bioclimáticos; o estudo do funcionamento e aplicação de cada uma das estratégias bioclimáticas indicadas para o clima de Pelotas-RS, sendo empregadas tanto de forma isolada como associadas. **Resultados:** Diretrizes para projeto, a partir da análise de cada estratégia e da proposta de associações e flexibilizações destas estratégias bioclimáticas para elaboração do projeto arquitetônico. **Contribuições/Originalidade:** Contribuir oferecendo diretrizes para projetos em locais de grande variação climática e possibilitar estudos futuros que desenvolvam o gerenciamento de estratégias bioclimáticas tornando-as capazes de se adequar às variações do ambiente de modo a alcançar o máximo desempenho da edificação.

Palavras-chave: arquitetura bioclimática; estratégias bioclimáticas; clima subtropical

1 INTRODUÇÃO

Segundo Lamberts *et al.* (2001) ao longo da história, impulsionada pelos novos materiais advindos da Revolução Industrial e, principalmente, em virtude das transformações sociais, econômicas e técnicas decorrentes da Segunda Guerra Mundial, a arquitetura distanciou-se da relação com o ambiente climático local sofrendo um processo de internacionalização.

A arquitetura bioclimática é uma retomada da arquitetura a seus princípios básicos, ou seja, adaptar a edificação ao seu ambiente climático de modo a otimizar o desempenho térmico das edificações e manter as condições de conforto aos usuários. Para tanto o projeto bioclimático tira vantagem do clima através da aplicação correta de elementos de projeto e da tecnologia para controle dos processos de transferência de calor (GOULART e PITTA, 1994).

Neste sentido, as estratégias bioclimáticas recomendadas para um determinado conjunto de características climáticas devem influenciar no processo de tomada de decisões de projeto desde a etapa dos estudos preliminares, tendo em vista que a utilização destes conceitos desde o princípio do desenvolvimento do projeto arquitetônico possibilita um potencial mais elevado de atendimento das condições de conforto e de economia de energia na edificação.

O estudo do clima local, conhecendo o ambiente climático e os condicionantes bioclimáticos da região a partir dos dados disponíveis, é o primeiro passo no desenvolvimento deste projeto, através do qual se identificam quais estratégias a adotar em função do benefício que elas propiciam ao longo do ano.

Este processo torna-se mais complexo quando o local apresenta grandes variações climáticas no ano, fazendo com que diversas estratégias distintas e, talvez, antagônicas tenham que ser adotadas na mesma edificação e algumas vezes na mesma estação climática. Este é o caso do extremo sul do Brasil, incluindo a região de Pelotas-RS, onde em alguns momentos, num curto espaço de tempo diversas estratégias bioclimáticas são exigidas.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é contextualizar as estratégias bioclimáticas, de três referências reconhecidas, as Planilhas de Mahoney, a Carta Bioclimática de Givoni e a NBR 15.220-Desempenho térmico para edificações, ao dinamismo do clima do extremo sul do Brasil, de modo a otimizar o desempenho da edificação através da associação de estratégias bioclimáticas de condicionamento.

3 METODOLOGIA

Com base no estudo do clima local a partir dos dados climáticos disponíveis da cidade de Pelotas-RS, foram estudadas as estratégias bioclimáticas de projeto apontadas para otimização do desempenho térmico e eficiência energética de edificações, explorando e utilizando ao máximo os potenciais naturais de condicionamento passivo em locais de grande variação climática anual.

Utilizando-se três referências reconhecidas, analisou-se as recomendações das Planilhas de Mahoney e da Carta Bioclimática de Givoni para Pelotas e a parte 3 da NBR 15.220 - Desempenho térmico para edificações, a qual contém o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas específicas para a zona bioclimática 2, na qual Pelotas-RS está incluída.

3.1 Ambiente Climático de Pelotas-RS

A classificação climática de Köppen é o sistema para definição dos tipos de clima geralmente empregado no mundo. A região sul do Brasil, onde se situa Pelotas-RS, nesta classificação caracteriza-se pela sigla Cfa que representa o clima Subtropical, definido, mais especificamente, como Clima Temperado úmido com verão quente, que possui como característica típica a presença de quatro estações bem definidas. Possui forte influência marítima por sua proximidade com o mar, característica que se manifesta na elevada umidade atmosférica (média de 80%).

Pelotas está situada entre 31° e 32° de latitude sul e apresenta uma longitude de 52°21' oeste, com 13m acima do nível do mar.

Segundo Nimer (1989), na região sul do Brasil há o domínio exclusivo do clima mesotérmico, o qual, estando relacionado com as latitudes médias, é do tipo temperado. Este caráter temperado do clima do Sul do Brasil confere a esta região uma notável oscilação térmica ao longo do ano.

O verão é bastante quente em virtude da grande incidência de radiação solar, chegando em Pelotas, a 14 horas de exposição solar no solstício de verão, quando a radiação solar incide das 5 às 19 horas do dia. O inverno é bastante frio, sofrendo intensas e sucessivas invasões de frentes polares. Junho e julho são os meses mais representativos do inverno, pelo considerável aumento da duração da noite em relação às horas de radiação diurna. No solstício de inverno a incidência ocorre das 7 às 17 horas, totalizando apenas 10 horas de exposição solar (FROTA e SCHIFFER, 2001).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia as normais climatológicas são obtidas através do cálculo das médias de parâmetros meteorológicos e referem-se a períodos de 30 anos, sucessivos. Para este estudo estão sendo utilizadas as normais climatológicas de Pelotas-RS, referentes ao período de 1971 a 2000, último disponível, disponibilizadas pelo Laboratório de Agrometeorologia da Embrapa Clima Temperado.

3.2 Planilhas de Mahoney

Em climas compostos, os requisitos sazonais podem ser contraditórios. Um sistema de ponderação deve ser utilizado para avaliar a importância relativa das exigências antagônicas. Este sistema deve levar em conta a duração e a gravidade dos diversos fatores climáticos. As Planilhas de Mahoney (KOENIGSBERGER *et al.*, 1973) foram elaboradas com base neste sistema. O método consta da utilização de três planilhas.

A primeira planilha é utilizada para gravar os dados climáticos mais essenciais, temperatura, umidade, chuva e vento, orientando e definindo a extensão da pesquisa dos dados. São inseridas as médias mensais destes dados, com base nas normais climatológicas do período de 1971-2000. A partir das temperaturas médias, tem-se o valor da temperatura média anual (TMA), no caso de Pelotas, 18,4°C.

Tabela 1 – Normais Climatológicas aplicadas as Panilhas de Mahoney

1. NORMAIS		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MAX	TMA
TEMP. °C	MED. MAX.	28,2	27,9	26,9	24	20,8	17,8	17,5	18,6	19,6	22,2	24,6	27,1	28,2	18,4
	MED. MIN.	19,1	19,1	17,7	14,4	11,1	8,6	8,6	9,5	11,2	13,6	15,3	17,7	8,6	19,6
	AMPL. (AMM)	9,1	8,8	9,2	9,6	9,7	9,2	8,9	9,1	8,4	8,6	9,3	9,4	MIN	AMA
UMID. RELATIVA (%)		77,4	79,9	80,5	82,3	83,6	84	84,9	83,2	81,8	79,5	76	75,5	TOTAL	
CHUVA (mm)		119	153	97	100	101	106	146	117	124	101	100	103	1367	mm
VENTO	VEL. (m/s)	3,9	3,6	3,2	3	2,7	2,8	3	3,2	4	4,2	4,2	4		
	DIREÇÃO	NE	L	L	SO	SO	SO	NE	NE	NE	L	L	L		

A planilha 2 permite um diagnóstico do clima e desenvolve uma série de indicadores climáticos. Com base na umidade relativa (RH) é estabelecido um “umidade grupo” para cada mês, médias acima de 70% resultam no grupo 4, que no caso de Pelotas ocorre em todos os meses do ano.

Os resultados para cada mês relativos aos índices de estresse térmico para o dia e para a noite são apresentados pela seguinte legenda: Q (quente) - se estiver acima do limite; C (conforto) - se está dentro dos limites médios; F (frio) - se estiver abaixo do limite.

Alguns grupos de sintomas (natureza do estresse térmico, algumas características climáticas e a duração de ambos) indicam as medidas corretivas que poderiam ser tomadas. O método desenvolvido utiliza seis 'indicadores' (três indicadores de umidade: U1, U2 e U3 e três indicadores de aridez: A1, A2 e A3).

A planilha 3 traduz estes indicadores climáticos, a partir dos totais de ocorrência de cada um deles, em especificações de desempenho ou recomendações para a síntese de uma solução formal para o projeto arquitetônico, as quais são agrupadas em oito categorias: traçado, espaçamento, movimento do ar, aberturas, paredes, coberturas, dormir ao ar livre e proteção contra chuva.

No caso de Pelotas as recomendações são:

- Traçado: edifícios orientados sobre o eixo leste-oeste para reduzir a exposição ao sol das fachadas leste e principalmente oeste.
- Espaçamento: espaço aberto para a penetração da brisa, porém protegido de ventos quentes ou frios.
- Movimento do ar: quartos em fileira única. Dispositivo permanente para o movimento do ar (ventilação cruzada).
- Aberturas: quanto ao tamanho, aberturas medianas com 20% a 40% da superfície da parede; quanto a posição, aberturas nas paredes norte e sul, aberturas na parede leste são desejáveis e na parede oeste são aceitáveis em climas frios ou moderados.
- Paredes: paredes externas leves com baixa capacidade térmica; tempo curto de transmissão térmica.
- Coberturas: coberturas leves e bem isoladas, com baixa capacidade térmica.

Para as duas últimas categorias, dormir ao ar livre e proteção contra chuva, não existe recomendações para Pelotas.

3.3 Carta Bioclimática de Givoni

A carta bioclimática de Givoni (GIVONI, 1992), construída sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa, especifica a zona de conforto e demais zonas com suas estratégias correspondentes.

Utilizando-se o *software* Analysis BIO, desenvolvido no Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE da UFSC foi gerada a carta bioclimática de Givoni para Pelotas, com base nos dados climáticos mensais de Pelotas, obtidos a partir das normais climatológicas do período de 1971-2000, apresentada na Figura 1.

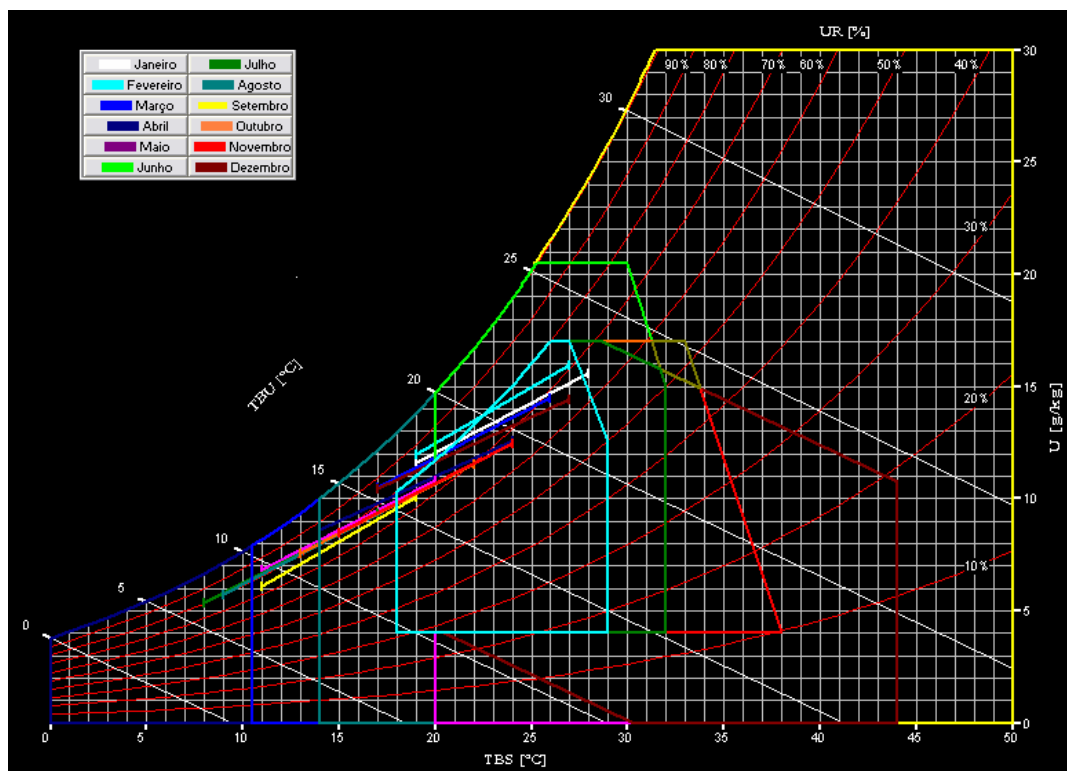


Figura 1: Carta Bioclimática de Givoni para Pelotas a partir das médias mensais

Os dados a seguir, também gerados pelo *software*, a partir da carta bioclimática, apresentam as porcentagens de conforto e de recomendação de cada estratégia bioclimática para cada mês do ano.

Tabela 2: Estratégias recomendadas pela Carta Bioclimática de Givoni para Pelotas a partir das médias mensais

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
CONFORTO (%)	74,3	56,2	63,2	60,0	22,2	-	-	-	12,5	44,5	66,7	72,5
ESTRATÉGIAS (%)												
Ventilação	11,2	31,3	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aquecimento Solar Passivo/Alta Inércia Térmica	11,1	12,5	33,3	40,0	44,5	33,3	33,3	44,5	50,0	44,4	33,3	27,5
Aquecimento Solar Passivo	-	-	-	-	33,3	38,9	38,9	38,9	37,5	11,1	-	-
Ventilacao/Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aquecimento Artificial	-	-	-	-	-	27,8	27,8	16,7	-	-	-	-

As normais climatológicas são consideradas dados climáticos simplificados, por se tratarem de médias mensais, se comparadas a dados climáticos horários, do chamado ano climático de referência ou TRY (Test Reference Year) que contém informações climáticas para as 8.760 horas do ano.

Como ainda não existe o TRY de Pelotas-RS, utilizou-se os dados climáticos horários monitorados pelo Laboratório de Conforto e Eficiência Energética da Universidade Federal de Pelotas, durante todo o ano de 2007 em Pelotas, para servir de parâmetro e complemento às estratégias recomendadas com base nas médias mensais. Os resultados podem ser observados nas Figura 2 e na Tabela 3.

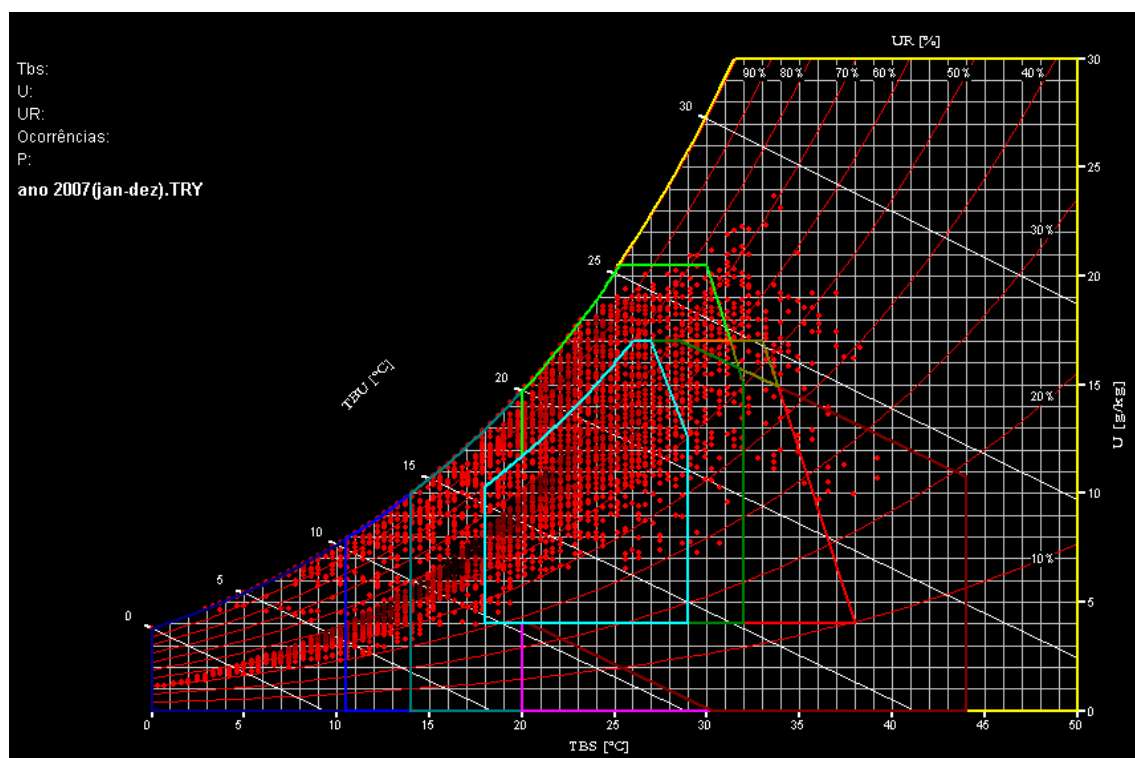


Figura 2: Carta Bioclimática de Givoni para Pelotas a partir dos dados horários

Em se tratando da utilização dos dados horários no *software*, as porcentagens de conforto e de recomendação de cada estratégia a ser utilizada são dadas em porcentagens referentes ao ano todo, conforme a Tabela 3.

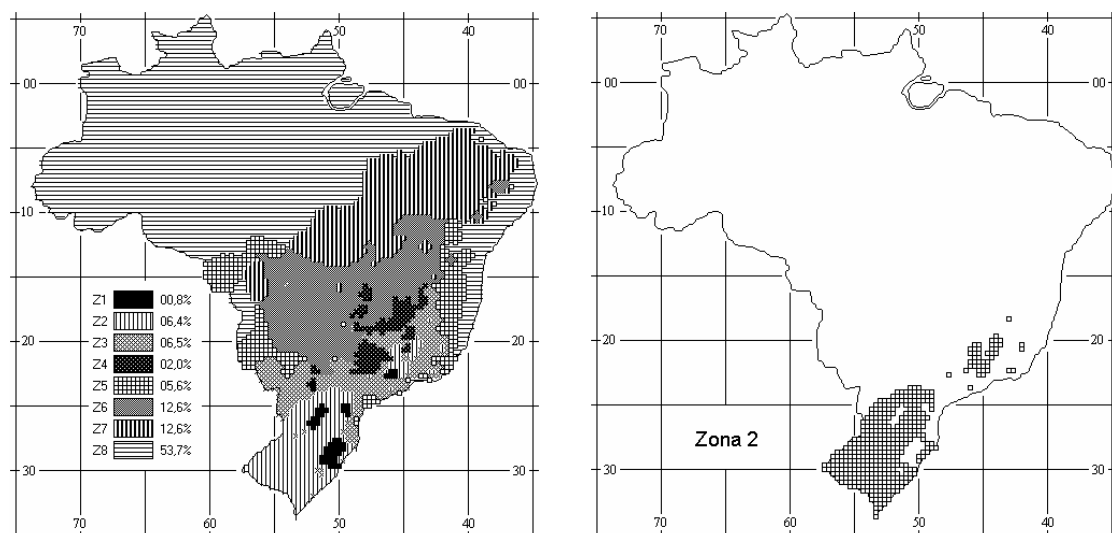
Tabela 3: Estratégias recomendadas pela Carta Bioclimática de Givoni para Pelotas a partir dos dados horários

ESTRATÉGIAS POR ZONAS	%
CONFORTO	29,6
Ventilação	16,3
Ventilação/ Alta Inércia Térmica/ Resfriamento Evaporativo	3,73
Aquecimento Solar/Alta Inércia Térmica	12,1
Aquecimento Solar Passivo	12,5
Resfriamento Evaporativo	0,20
Aquecimento Artificial	23,8
Ar Condicionado	1,77
SOMBREAMENTO	44,9

3.4 NBR 15.220 - Desempenho térmico de edificações

A NBR 15.220 – Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005), contém em sua parte 3 o zoneamento bioclimático brasileiro e as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

O zoneamento bioclimático brasileiro para fins de edificações compreende oito diferentes zonas. Conforme é possível observar-se nas figuras a seguir o extremo sul do Brasil, incluindo Pelotas, encontra-se na Zona Bioclimática 2.



Fonte: NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (parte 3)

Figura 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro; **Figura 4** - Zona bioclimática 2

Para cada zona bioclimática, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas. Para a Zona Bioclimática 2, as diretrizes construtivas relativas as aberturas, paredes e coberturas são caracterizadas a seguir:

Quanto às aberturas, a norma recomenda aberturas médias para ventilação, que seriam entre 15% e 25% da área de piso e que o sombreamento das aberturas permita sol durante o inverno.

Quanto ao tipo de vedações externas, a norma recomenda paredes leves e coberturas leves isoladas, as quais são assim definidas pelas características descritas na tabela da NBR 15.220, Tabela 4:

Tabela 4 - Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa

Vedações externas		Transmitância térmica – U W/m ² .K	Atraso térmico - ϕ Horas	Fator solar - FS _o %
Paredes	Leve	U ≤ 3,00	$\phi \leq 4,3$	FS_o ≤ 5,0
	Leve refletora	U ≤ 3,60	$\phi \leq 4,3$	FS _o ≤ 4,0
	Pesada	U ≤ 2,20	$\phi \geq 6,5$	FS _o ≤ 3,5
Coberturas	Leve isolada	U ≤ 2,00	$\phi \leq 3,3$	FS_o ≤ 6,5
	Leve refletora	U ≤ 2,30.FT	$\phi \leq 3,3$	FS _o ≤ 6,5
	Pesada	U ≤ 2,00	$\phi \geq 6,5$	FS _o ≤ 6,5
NOTAS 1 Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver 02:135.07-001/2) 2 As aberturas efetivas para ventilação são dadas em percentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar). 3 No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado maisático mais forro), a transmitância térmica deve ser verificada para fluxo descendente. 4 O termo “ático” refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.				

Fonte: NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações (parte 3), anexo C, tabela C.2.

As estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2 especificam para o verão somente a estratégia da ventilação cruzada e para o inverno o aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (inércia térmica) e diz ainda, que o condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.

A Tabela 25 da NBR 15.220, parte 3 possui o detalhamento das estratégias de condicionamento térmico recomendadas no parágrafo anterior.

A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada.

A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.

A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.

Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A partir dos dados analisados é possível observar que em se tratando das Planilhas de Mahoney estas tem como característica recomendações para a questão da solução formal do desenho do projeto arquitetônico, aparecendo a avaliação de aspectos como o traçado e espaçamento, os quais nas demais fontes não são trabalhados, no entanto, as recomendações quanto as aberturas, paredes e coberturas, coincidem bastante com as estratégias da NBR 15.220 para a Zona Bioclimática 2.

Ao utilizar dados climáticos específicos de uma cidade na Carta Bioclimática de Givoni, no caso Pelotas, é possível observar a indicação das mesmas estratégias da norma, o que é justificado pelo fato da NBR 15.220 utilizar uma Carta Bioclimática adaptada a partir da Carta Bioclimática de Givoni. No entanto, além destas, aparecem outras estratégias em percentuais menores, mas que devem ser consideradas em se tratando de um projeto que visa obter o máximo desempenho de estratégias passivas.

Na NBR 15.220, por ser um zoneamento que divide o Brasil em oito zonas bioclimáticas, torna-se inevitável que cidades com características peculiares distintas encontrem-se em uma mesma zona. Em virtude disto as recomendações são mais amplas de forma a abranger todas estas cidades. Ainda assim, são estratégias importantes e relativamente simples de serem buscadas no projeto, sendo bastante específicas no que diz respeito a trazer alguns valores a serem alcançados, como transmitância térmica, atraso térmico e fator solar máximos recomendados.

A Tabela 5 contém o resumo das estratégias bioclimáticas indicadas para Pelotas-RS, a partir das três referências estudadas, Planilhas de Mahoney, Carta Bioclimática de Givoni e NBR 15.220.

Tabela 5 - Resumo das Estratégias Bioclimáticas para Pelotas-RS

	Planilhas de Mahoney	Carta Bioclimática de Givoni	NBR 15.220
ESTRATÉGIAS DE AQUECIMENTO	-	aquecimento solar passivo	aquecimento solar
Traçado	maiores faces para norte e sul	-	-
Paredes externas	leves, com baixa capacidade calorífica	-	leves $U \leq 3,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ $\phi \leq 4,3 \text{ Horas}$ $\text{FSO} \leq 5,0 \%$
Paredes internas	-	alta inércia térmica	pesadas, com inércia térmica
Coberturas	leves e bem isoladas, com baixa capacidade térmica	-	leves isoladas $U \leq 2,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ $\phi \leq 3,3 \text{ Horas}$ $\text{FSO} \leq 6,5 \%$
		aquecimento artificial	aquecimento artificial
ESTRATÉGIAS DE RESFRIAMENTO			
Movimento do ar	ventilação cruzada	Ventilação	ventilação cruzada
Espaçamento	penetração de brisa, protegido de ventos	-	atentar para ventos predominantes
Aberturas	médias – 20 a 40% da área de parede	-	médias – 15 a 25% da área do piso
Sombreamento	-	sombreamento das aberturas	sombreamento das aberturas, permitindo sol durante inverno

Grande parte do desempenho térmico da edificação deve-se a forma desta e a orientação das fachadas, no entanto, esta questão é sucintamente abordada pelas Planilhas de Mahoney e na tabela 25 da NBR 15.220, parte 3.

Em se tratando de estratégias de aquecimento, fundamentais no período de inverno para as características climáticas locais, o aquecimento solar é recomendado por todas fontes e imprescindível.

Na busca deste aquecimento solar, em termos formais, aspectos que são orientados principalmente pelas Planilhas de Mahoney, a edificação ideal teria forma alongada, desenvolvida ao longo do eixo

leste-oeste, possibilitando maiores panos de fachada voltados principalmente para a orientação norte, a qual recebe maior quantidade de radiação solar no solstício de inverno, quando esta é desejada e a menor quantidade de radiação solar no solstício de verão, quando esta não é desejada.

A estratégia de aquecimento solar necessita de elementos transparentes, portanto, pelas mesmas razões apresentadas no parágrafo anterior, a orientação norte é preferencial para a localização das aberturas, as quais devem ser médias quanto ao tamanho, conforme as proporções indicadas, com a finalidade de limitar as trocas de calor através das aberturas, no entanto, permitindo captar a radiação solar no inverno e possibilitar a ventilação no verão.

As especificações quanto às aberturas, nas fontes estudadas, se restringem ao tamanho de uma forma geral, não existem recomendações quanto ao tamanho das aberturas para as diferentes orientações. No entanto, a fachada sul deve receber aberturas menores, em virtude dos ventos e da ausência de incidência de radiação solar direta no inverno.

Outro aspecto importante não abordado, é quanto à transmitância térmica das aberturas, na norma há especificações para a transmitância térmica máxima das vedações externas, paredes e cobertura, mas a janela se constituirá em um elemento frágil, o que pode ocasionar uma perda considerável em virtude do fato de que muitas vezes tem-se grandes áreas de abertura, chegando a 40% da área de parede, conforme recomendação das Planilhas de Mahoney. Entretanto, se fosse especificado uma transmitância máxima para as aberturas, poderíamos ter aberturas maiores na orientação mais ensolarada no inverno (norte) incrementando a eficiência do aquecimento solar.

Apesar de não mencionado pelas fontes pesquisadas é importante ainda, quanto às especificações das aberturas, que estas possuam maior resistência térmica para evitar a perda de calor armazenado no interior da edificação para o meio externo a noite no inverno, quando as temperaturas médias mínimas externas são menores que 9°C. Esta resistência térmica é conseguida por meio da estanqueidade das aberturas e da utilização de postigos internos, muito comuns nas edificações antigas da região, bem como o uso de cortinas internas pesadas. No verão, a utilização de venezianas nas aberturas permite a ventilação diurna e noturna e o bloqueio da radiação solar indesejada no período mais quente.

Em se tratando da disposição dos usos e seus compartimentos em planta não existe nenhuma recomendação nas fontes pesquisadas, no entanto, pelas mesmas razões apresentadas anteriormente deve-se privilegiar a localização dos compartimentos de permanência prolongada, como quartos e sala voltados preferencialmente para orientação norte.

Quanto as características das paredes e coberturas, as recomendações tanto das Planilhas de Mahoney como da NBR 15.220, coincidem. As paredes externas devem ser leves, com baixa capacidade calorífica o que significa paredes que não acumulem calor o qual posteriormente seria transmitido para o interior da edificação. As coberturas, também leves, devem receber isolamento, para diminuir as trocas com o ambiente externo, ou seja, no inverno não perderem calor armazenado no interior da edificação quando a temperatura externa é inferior e no verão terem maior resistência aos ganhos de calor, frente a maior exposição da cobertura a radiação solar. Já as paredes internas devem ser pesadas, com alta inércia térmica para armazenar o calor no interior da edificação.

Tanto a Carta Bioclimática como a NBR 15.220 indicam como inevitável ainda, apesar do máximo aproveitamento das estratégias passivas de aquecimento, a necessidade de aquecimento artificial no inverno do extremo sul do Brasil.

Quanto às estratégias de resfriamento para o período de verão, a utilização do mecanismo de ventilação natural é a principal estratégia recomendada pelas três fontes pesquisadas, sendo que a ventilação cruzada pode ser atingida também a partir da utilização de saídas de ar quente superiores, próximas ou junto à cobertura.

O sombreamento das aberturas, somente mencionado nas fontes pesquisadas, é outra estratégia de resfriamento importante para o período de verão. Deve ser utilizado principalmente nas aberturas das fachadas norte e oeste, no entanto, o projeto dos protetores solares deve ser desenvolvido levando em consideração a necessidade de que este protetor permita a incidência solar no interior da edificação no período de inverno.

As recomendações das fontes pesquisadas são fundamentais na busca do desenvolvimento de projetos bioclimáticos, de acordo com as características climáticas do local a ser implantado. Muito se avançou neste âmbito, com a criação das primeiras normas nacionais de conforto térmico, no entanto, é possível constatar que alguns aspectos ainda são bastante amplos ou carecem de definições, como é o caso dos sistemas de aberturas, fundamental para o ideal funcionamento da edificação nas diferentes estações do ano.

As pesquisas nesta área têm como objetivo auxiliar no desenvolvimento destes instrumentos e oferecer diretrizes projetuais para contribuir no cenário da produção arquitetônica atual, principalmente em locais de grande variação climática, possibilitando estudos futuros que desenvolvam o gerenciamento das estratégias bioclimáticas tornando-as capazes de se adequar às variações do ambiente de modo a alcançar o máximo desempenho da edificação.

5 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220. Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações de Interesse Social**, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

EMBRAPA Clima Temperado. Disponível em:
<http://www.cpact.embrapa.br/agromet/estacao/mensal.html>. Acesso em: 02 abr. 2010.

FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Building, vol.18, 1992.

GOULART, S.; PITTA, T. **Advanced topics in Bioclimatology to building design, regarding environmental comfort**. PPGEC-UFSC. Florianópolis. 1994.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. **Manual of Tropical Housing and Building. Part one: Climatic Design**. Longman, London, 1973.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. Ed. ProLivros, São Paulo, 2001.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. IBGE, 2ª edição, 1989.