



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

CARACTERIZAÇÃO BIOCLIMÁTICA DA CIDADE DE VIÇOSA-MG

Ítalo Bruno Baleeiro Guimarães (1); Joyce Correna Carlo (2)

(1) Graduando de Arquitetura e Urbanismo, italo.guimaraes@ufv.br

(2) Dra., Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, joycecarlo@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Campus UFV, Viçosa-MG, 36570-000, Tel.: (31) 3899 2744.

RESUMO

O estudo das condições climáticas constitui uma importante ferramenta para o desenvolvimento de um projeto arquitetônico, de modo a garantir o conforto dos indivíduos e o bom desempenho do edifício, tanto térmico quanto energético. Assim, pesquisas que caracterizem o clima das cidades são importantes, a fim de subsidiar estratégias de projeto mais adequadas. Este artigo analisa os dados climáticos da cidade de Viçosa, juntamente com os princípios da arquitetura bioclimática, de forma a definir as estratégias mais adequadas para o desenvolvimento de projetos visando o maior conforto térmico dos usuários. A pesquisa teve início, com a coleta de dados climáticos medidos em estações meteorológicas em Viçosa, em seguida se fez necessário o ajuste dos mesmos aos requisitos do estudo de conforto, para que finalmente fosse feita a identificação do ano ou meses representativos para o clima local, gerando assim o arquivo climático para a cidade de Viçosa. Esses dados foram plotados sobre a carta bioclimática de Givoni, que permite a visualização da variação climática da cidade ao longo de um ano, e fornece as melhores estratégias a serem adotadas pelos arquitetos para a cidade. Três estratégias principais foram identificadas, sendo uma para períodos de desconforto por calor, a utilização da ventilação natural (14,3% do ano), e duas outras para períodos de desconforto por frio, a utilização de aquecimento solar associada com alta inercia térmica (35.6% do ano) e o aquecimento solar passivo (9,12% do ano).

Palavras-chave: Arquivo Climático, Arquitetura Bioclimática.

ABSTRACT

The study of bioclimatic conditions is an important tool for the development of the architecture design, since it provides comfort to people through proper thermal and energy performance. The researches which categorize the urban climate are important to aid appropriate design strategies. This paper analyses the weather data of the city of Viçosa using bioclimatic architecture principles to define the most appropriate strategies for the development of projects which consider the thermal comfort of building users. The research initiated with the gather of the weather data measured on meteorological stations in Viçosa, followed by adjustments regarding the comfort requirements. Then, a weather file was created and its data were plotted on a bioclimatic chart, which allows the visualization of the weather variation along on year. Also, it indicates the best strategies which should be adopted by the city architects. Three main strategies were identified: for the periods of discomfort by high temperatures, which is the natural ventilation (14.3% of the year), and two others for the periods of discomfort by low temperatures, whose are solar heating with thermal inertia (35.6% of the year) and passive solar heating (9.12% of the year).

Keywords: Weather file, Bioclimatic architecture.

1. INTRODUÇÃO

A bioclimatologia tem como premissa a concepção de edificações de acordo com o clima local, expresso por meio da temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, entre outros (LAMOTTA et al, 2008). Arquivos climáticos representativos de uma série de anos são um instrumento por meio do qual é possível realizar análises bioclimáticas para aplicação em projetos. Os mais comuns identificados no Brasil são os formatos TRY, Test Reference Year e TMY, Test Meteorological Year, cujos tratamentos estatísticos selecionam anos, no primeiro caso, ou meses, no segundo, sem extremos de temperaturas horárias (CARLO et al, 2005). Eles também contêm dados horários de umidade, pressão atmosférica, vento e radiação solar ou nebulosidade.

Uma análise bastante comum é a plotagem dos dados horários na carta bioclimática a fim de definir estratégias que podem proporcionar o conforto térmico no ambiente interno de uma edificação. Ela é baseada nos critérios de conforto propostos por Givoni (1992) e adaptada para o Brasil. Esta é construída sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona temperatura do ar e umidade relativa, (LOUREIRO et al, 2005).

Outra forma de representação de dados climáticos é a proposta no programa Sol-Ar. Ela permite a visualização dos dados de temperatura e radiação solar sobre a carta solar, além da rosa dos ventos em imagem em separado (MACIEL et al, 2007).

Entretanto, as premissas de projeto exigem maior detalhamento das tendências climáticas. Uma análise a fundo da disponibilidade de cada estratégia pode ser necessária, como apontado por Loureiro et al (2005). Eles identificaram a predominância estratégia de ventilação como premissa bioclimática para edificações em Manaus. No entanto, verificaram que o vento estava disponível em apenas em 11,9% das horas em que a estratégia era necessária, o que leva à necessidade de ventilação mecânica para as edificações da cidade.

Neste artigo, apresentam-se outras análises referentes à representação dos dados climáticos para uso em projeto.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise detalhada de dados climáticos compilados para a cidade de Viçosa-MG, a fim de subsidiar a concepção e desenvolvimento do projeto arquitetônico sob o aspecto bioclimático.

3. MÉTODO

Os dados climáticos são oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, de 2005 a 2010 e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, CPTEC/INPE, de 1998 a 2010. No primeiro onde foram medidas temperatura, umidade, pressão atmosférica, radiação, precipitação e velocidade e direção do vento de hora a hora, enquanto no segundo estes mesmos dados foram medidos de três em três horas.

Para o uso correto do arquivo climático é importante que os dados estejam completos. Em caso de dados ausentes, em que o número de horas sem dados não ultrapassou 6 horas consecutivas, o procedimento consistiu em interpolar os valores ausentes. Em casos em que o número de horas com dados ausentes foi superior a 6 horas consecutivas, o método utilizado baseou-se na tendência dos três dias anteriores e três dias posteriores do intervalo ausente, (CARLO et al, 2005). De acordo com a tendência da curva, foram copiadas as horas correspondentes de algum dos dias anteriores ou posteriores. Nos casos em que as lacunas encontradas se estendiam por vários dias consecutivos, os tratamentos foram considerados ineficientes, e os meses em questão foram descartados da compilação dos arquivos climáticos.

Ressalva se faz aos dados de velocidade e direção do vento. Por serem dados de difícil identificação de um padrão, os métodos de preenchimento acima descritos foram considerados ineficientes. As correções necessárias foram realizadas pela cópia do dado na hora imediatamente anterior à lacuna, já para duas horas consecutivas ausentes, copiou-se para a primeira lacuna o dado na hora imediatamente anterior e para a segunda lacuna o dado na hora imediatamente posterior. Em caso de três horas, copiou-se para as duas primeiras lacunas, os dados nas duas horas imediatamente anteriores e para a terceira lacuna o dado na hora

imediatamente posterior, e assim sucessivamente em caso de lacunas maiores.

No caso dos dados coletados no CPTEC/INPE, com registros de 3 em e 3 horas, posteriormente ao preenchimento das lacunas encontradas, foi necessário também completar os intervalos entre cada registro, de forma a ajustá-los para frequência horária. Para tal, foi realizada a interpolação dos dados ausentes.

Com os dados completos, o passo seguinte consistiu na determinação dos anos climáticos de referência, usando os métodos TRY, descrito por Pereira et al (2004), e TMY, descrito por Carlo e Lamberts (2005) e baseado em conceitos como os descritos por Thevernard e Brunger (2001). Obteve-se como resultado quatro arquivos climáticos, sendo um TRY e um TMY dos dados coletados no INMET, e um TRY e um TMY dos dados coletados no CPTEC/INPE. Estes arquivos foram compilados para os formatos compatíveis com os programas Analysis Bio, Energy Plus/Ecotect e Sol-Ar. Além disso, criou-se um arquivo para consulta e manipulação dos dados pelo usuário.

Em seguida, foi realizada uma análise dos dados climáticos com as estratégias de conforto locais identificadas na carta bioclimática para Viçosa. Estas estratégias indicaram a natureza das informações complementares necessárias referentes às temperaturas, radiação solar e ventilação. As exigências de conforto foram relacionadas à disponibilidade de aplicação de cada estratégia e visaram transformar dados climáticos disponíveis em informações de mais fácil visualização e interpretação (GOULART et al,1998).

Estes dados dos quatro arquivos foram analisados, com diferenças em situações específicas, mas em geral, com tendências semelhantes. O arquivo TMY da série de cinco anos foi o selecionado para aplicação em projeto, e a análise mostrada nos resultados refere-se a este arquivo.

4. RESULTADOS

4.1. Carta Bioclimática

Por meio do ano climático de referência, que contém valores horários de temperatura e umidade relativa, podem-se obter os dados de uma cidade sobre a carta bioclimática, para identificar quais as estratégias mais adequadas para cada período do ano. Utilizou-se para tal, o auxílio do programa Analysis Bio, desenvolvido pela LABEEE/UFSC.

A figura 1 mostra a carta bioclimática com os dados de temperatura e umidade relativa, e a tabela 1 mostra o relatório final emitido para o clima de Viçosa, revelando desconforto em 61,6% das horas do ano: 48,2% por frio e 13,4% por calor. Traçado o perfil bioclimático, pode-se explorar as estratégias indicadas nos projetos desenvolvidos, como o aquecimento solar por inércia térmica (35,6% do ano) e o aquecimento solar passivo (9,12% do ano) para o inverno, e a ventilação natural (13,3% do ano) para o verão.

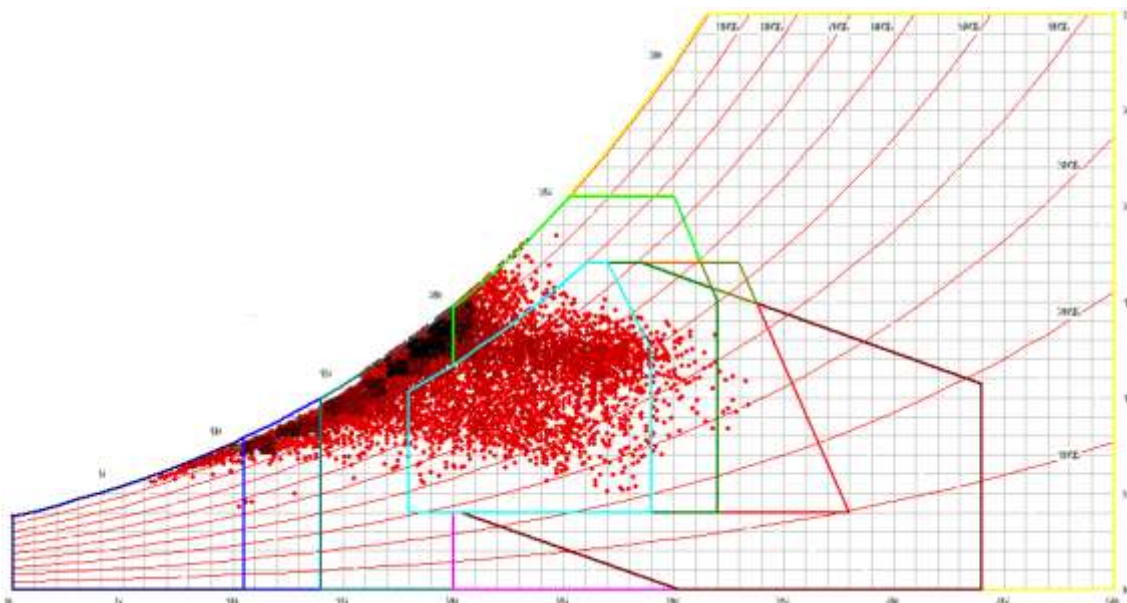


Figura 1 - Carta Bioclimática com TMY da Cidade de Viçosa.

Tabela 1 - Relatório com as estratégias bioclimáticas para Viçosa

Dia e Mês Inicial: 01/01 - Dia e Mês Final: 31/12 - Total de Horas: 8761			
Pressão: 101.13 KPa			
Conforto		38,4%	
Desconforto	Frio	48,2%	
		Aquecimento Solar com Inércia Térmica	35,6%
		Aquecimento Solar Passivo	9,12%
		Aquecimento Artificial	3,5%
		Umidificação	0%
	Calor	13,4%	
		Ventilação	13,3%
		Alta Inércia para Resfriamento	1,47%
		Resfriamento Evaporativo	1,47%
		Ar Condicionado	0%

4.2. Temperaturas

A figura 2 mostra o gráfico com as temperaturas de bulbo seco mínimas, médias e máximas diárias, ao longo de todo ano, relacionadas aos limites de conforto definidos por Givoni (1992). Percebe-se que as temperaturas médias diárias mantêm-se dentro dos limites de conforto, exceto no inverno. As temperaturas máximas do dia se mantêm próximas dos limites máximos de conforto durante grande parte do ano e as temperaturas mínimas, em geral, estão fora dos limites de conforto.

As figuras 3 e 4 mostram de forma mais detalhada as frequências de ocorrência da temperatura de bulbo seco. A figura 3 apresenta a distribuição das horas em que geralmente há desconforto, enquanto a figura 4 apresenta a distribuição dos percentuais por estação. Na figura 3, percebe-se que o desconforto por calor concentra-se no período da tarde, enquanto o desconforto por temperaturas baixas é mais comum em maior número de horas no período noturno e início da manhã. A figura 4 mostra que as horas de conforto por calor ocorrem no verão e primavera, e por frio principalmente no inverno e outono. Importante ressaltar ao se analisar os intervalos de conforto de Givoni, que a temperatura de bulbo seco indica tendências de desconforto, mas é necessário analisá-la em conjunto com outros aspectos do clima para fazer uma avaliação mais precisa.

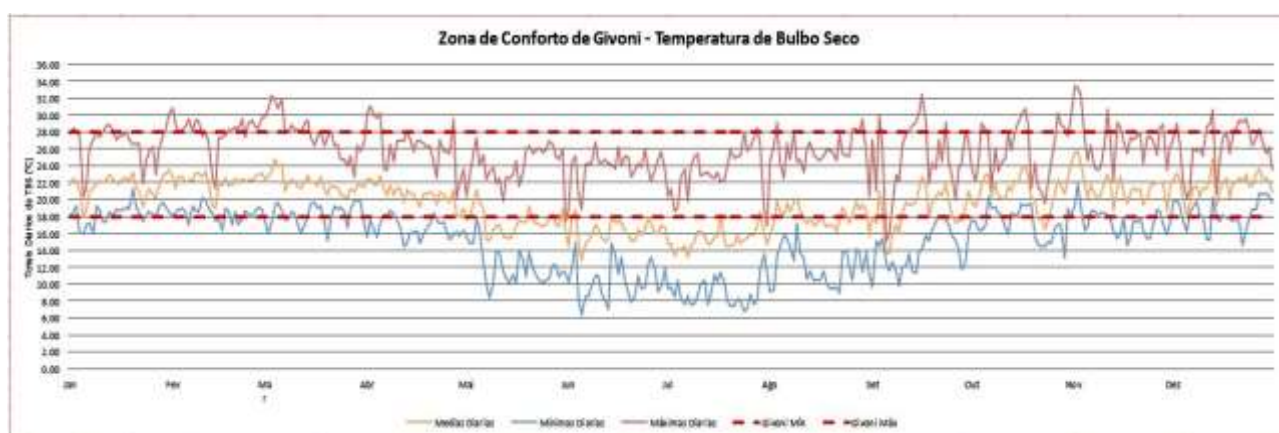


Figura 2 - Temperaturas de bulbo seco mínimas, médias e máximas diárias, relacionadas aos limites de conforto de Givoni.

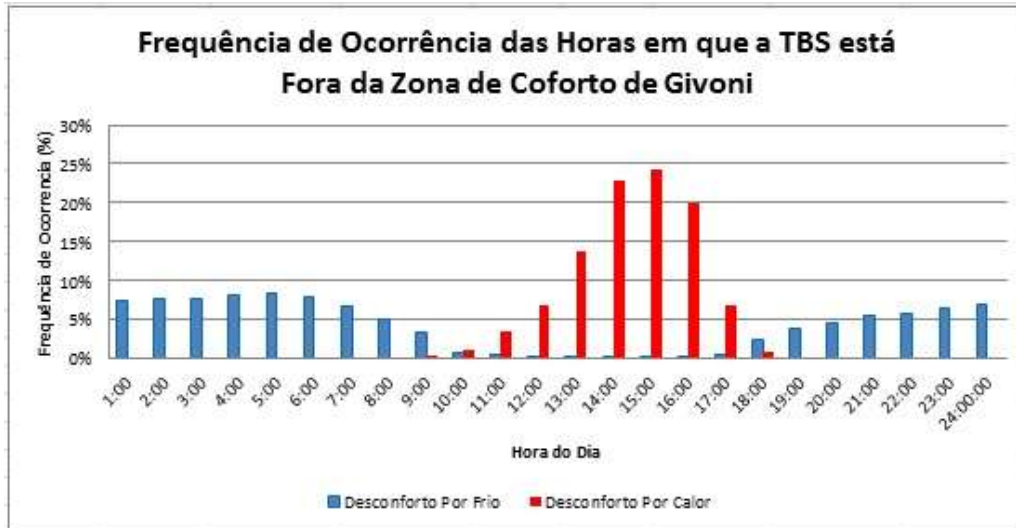


Figura 3 - Frequência de ocorrência das horas em que a temperatura de bulbo seco está fora da zona de conforto de Givoni.

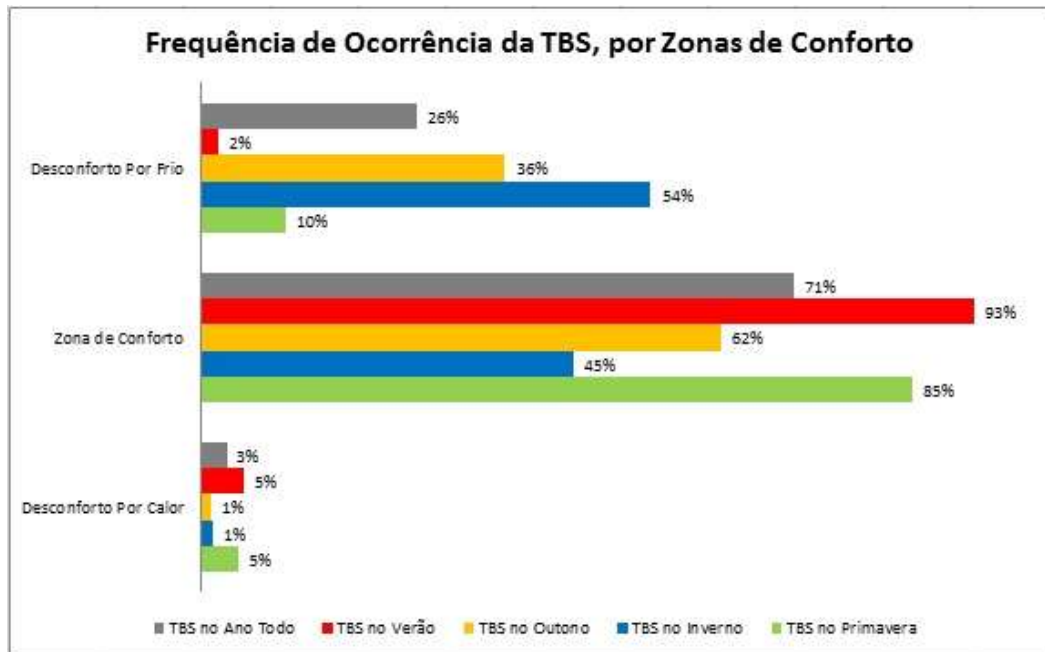


Figura 4 - Frequência de ocorrência das horas de temperatura de bulbo seco, por zona de conforto.

4.3. Umidade Relativa e Precipitação

A figura 5 apresenta as umidades relativas mínimas, médias e máximas diárias, ao longo de todo ano, e os limites de conforto definidos por Givoni (1992). Percebe-se que as umidades relativas médias diárias se mantêm próximas dos limites máximos de conforto durante grande parte do ano. Já as máximas se mantêm bem acima dos limites de conforto durante todo o ano enquanto as umidades relativas mínimas se mantêm dentro dos limites de conforto. De fato, Viçosa é uma cidade de elevada umidade relativa, como confirmada pelas normais climatológicas, cuja média anual de 1931 a 1960 foi de 80%.

A figura 6 faz uma análise semelhante à da figura 3, ela indica que as umidades relativas fora da zona de conforto, acima de 80% são mais frequentes no período noturno. Essa frequência é baixa durante o dia, aumenta do entardecer até a noite, mantém-se elevada na madrugada e decresce durante a manhã.



Figura 5 – Umidades relativas mínimas, médias e máximas diárias, relacionadas aos limites de conforto de Givoni.

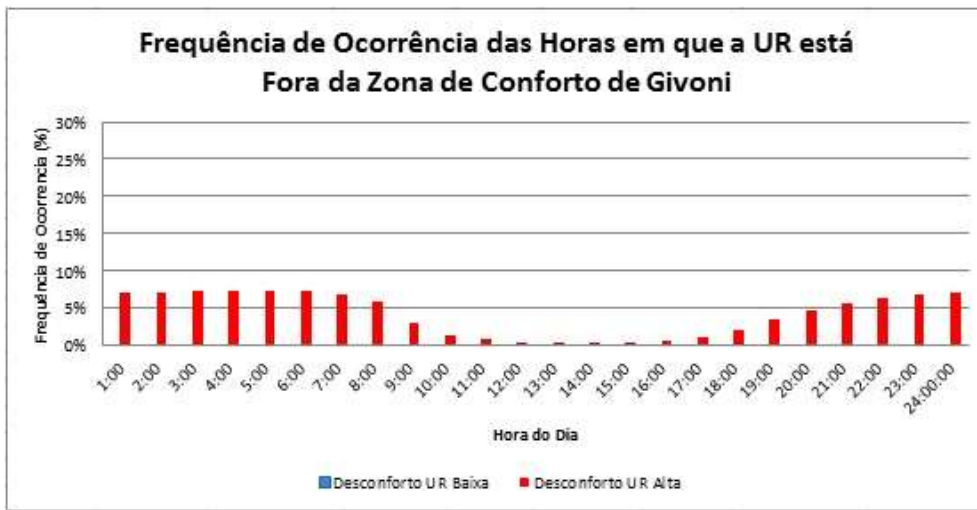


Figura 6 - Frequência de ocorrência das horas em que a umidade relativa está fora da zona de conforto de Givoni.

As figuras 7 e 8 mostram os índices pluviométricos. Vemos que as chuvas se concentram no verão e na primavera (média diária de 8,14 mm e 8,44 mm, respectivamente), com destaque para os meses de março e dezembro, e poucas chuvas no outono e inverno. Assim, percebe-se que a elevada umidade relativa não é exclusivamente dependente do regime de chuvas locais, visto existir uma variação significativa no regime de chuvas que não é acompanhada pela variação da umidade relativa média. Estes fatores, em geral, são devido à topografia e à vegetação circundante à cidade, além da própria localização da estação climática.



Figura 7 – Distribuição mensal das chuvas.



Figura 8 – Médias sazonais dos totais diários de precipitação.

4.4. Radiação

A figura 9 apresenta as médias mensais dos totais diários de radiação solar ao longo do ano. A maior intensidade diária ocorre em fevereiro (5000 Wh/m²), sendo a menor em julho (3000 Wh/m²). Em geral a radiação é bem distribuída entre os períodos de manhã e da tarde, com exceção dos meses de maio e novembro, onde parece haver uma maior nebulosidade durante a manhã, que intensifica a incidência solar matutina.

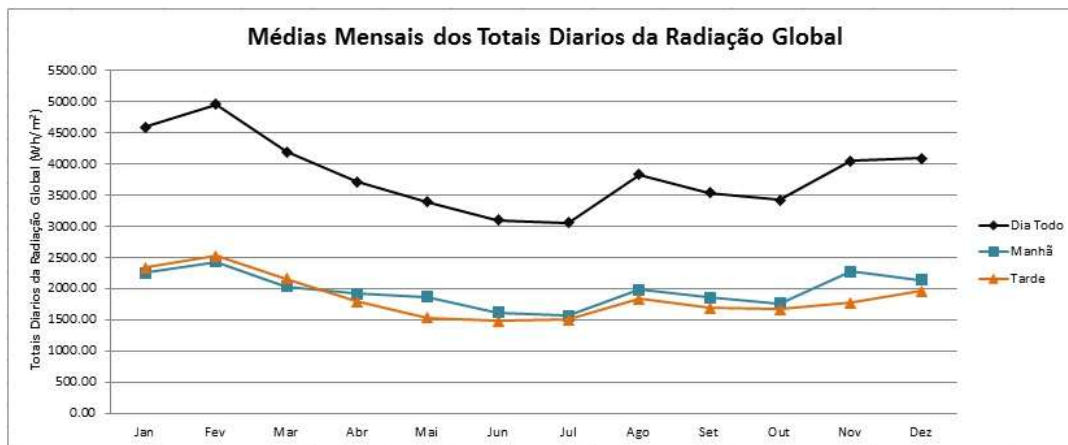


Figura 9 – Médias Mensais dos totais diários da radiação global.

A figura 10 a 11 apresentam o percentual de horas no mês em que a estratégia é necessária para àquela hora específica. Ao verificar a ocorrência da necessidade da estratégia de aquecimento solar no projeto, percebeu-se que esta é frequente ao longo do ano, principalmente nos meses mais frios (figura 10a). Essa necessidade é distribuída entre aquecimento solar com inércia térmica durante todo o ano, enquanto o aquecimento solar passivo ocorre somente nos meses de maio a setembro e em dezembro, como pode ser visto na figura 10 b. Detalhando estas análises, percebe-se que a estratégia de aquecimento solar passivo concentra-se no período noturno, exceto no início da manhã, das 6h às 8h o que praticamente inviabiliza sua utilização (figura 11). Em contraste, a estratégia de aquecimento solar com inércia térmica é possível de ser explorada no entardecer e no período noturno (figura 11) de acordo com o atraso térmico adotado no elemento com inércia.

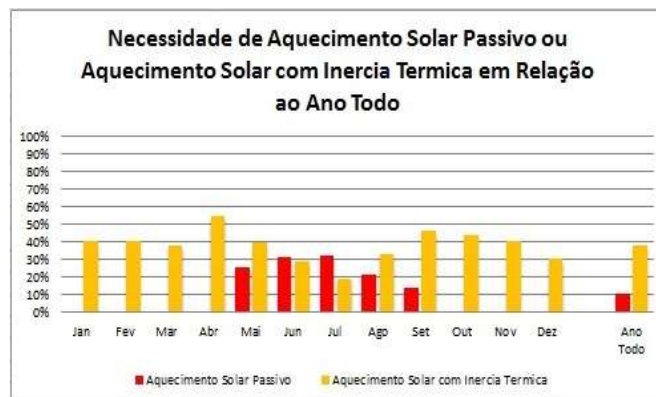


Figura 10 - (a) Frequência das estratégias de aquecimento em geral, (b) discriminação para o aquecimento solar passivo e aquecimento solar com inércia interna.

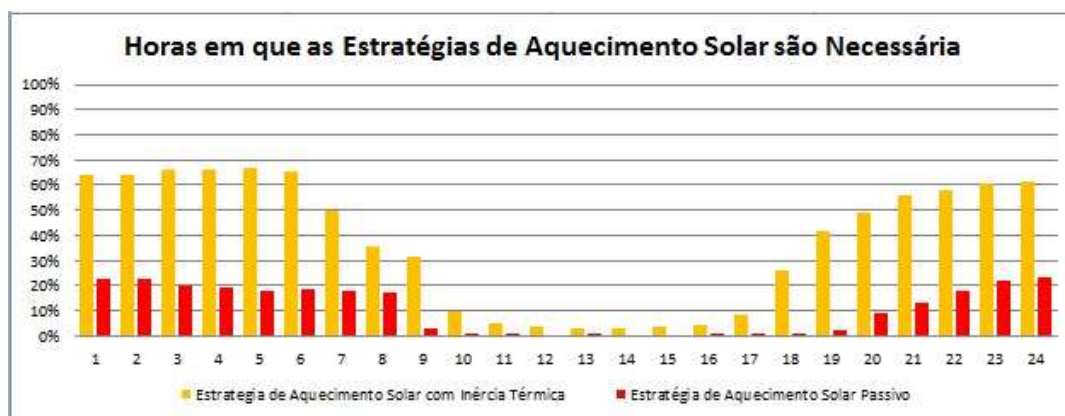


Figura 11 – Frequência horaria das estratégias de aquecimento, discriminando entre aquecimento solar passivo e aquecimento solar com inércia térmica.

4.5. Ventilação

A figura 12 apresenta uma análise da frequência de ocorrência das direções do vento nas 8760 horas do ano, onde mostra que a direção de vento mais relevante é a direção nordeste, com destaque também, de forma um pouco menos expressiva, para a direção leste. As figuras 13 e 14 apresentam um detalhamento dessas análises por períodos específicos do dia. A 13 mostra o período diurno, em que a direção nordeste é a principal, com destaque também para o norte. Já a figura 14 mostra o período noturno, em que a direção principal passa a ser leste, com destaque para a direção nordeste e sudeste. Esta análise foi realizada para todos os quatro períodos: madrugada, manhã, tarde e noite.

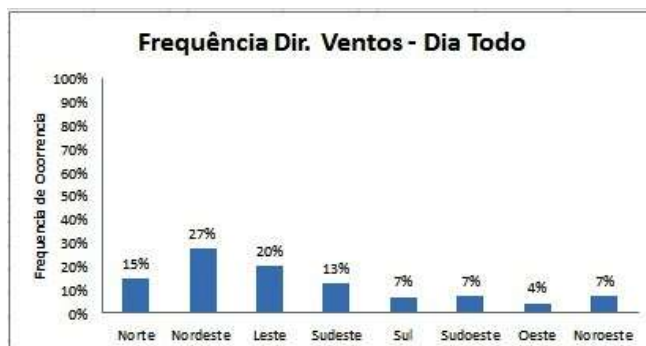


Figura 12 – Frequência dos dados de direção do vento.

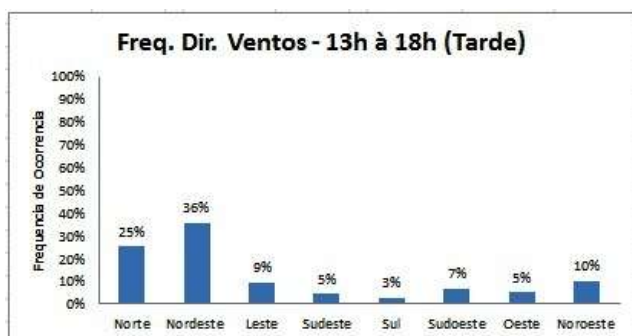


Figura 13 - Frequência dos dados de direção do vento, no período da tarde (13h à 18h).

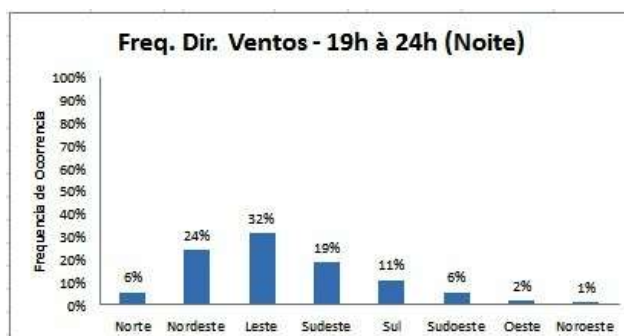


Figura 14 - Frequência dos dados de direção do vento, no período da noite (19h à 24h).

Quando detalhada por estações do ano, percebe-se que no verão (figura 15) e primavera, tem-se a direção principal a nordeste, enquanto no outono e inverno (figura 16), a direção leste também se destaca, igualando em relevância com o nordeste.

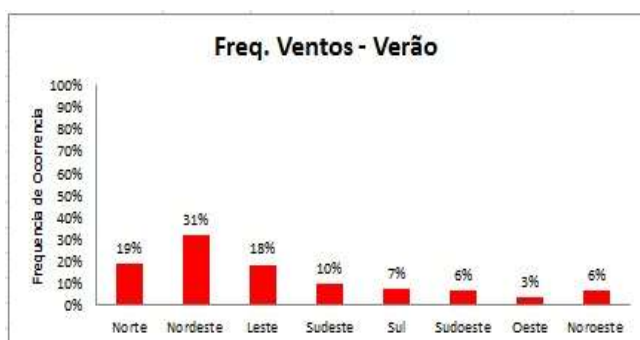


Figura 15 - Frequência dos dados de direção do vento, no verão.

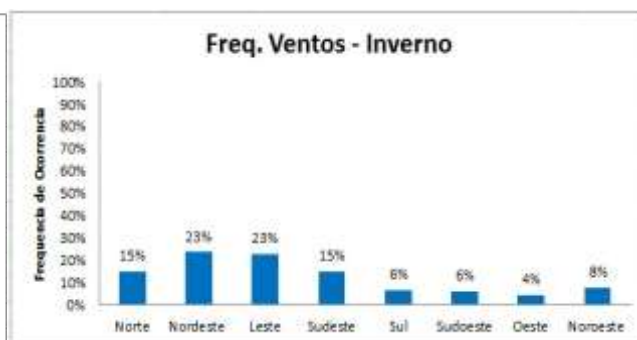


Figura 16 - Frequência dos dados de direção do vento, no inverno.

Ainda sobre a ventilação, foi realizada a análise das horas em a estratégia de ventilação é necessária e da disponibilidade de ventos nesses momentos. Para isso foram identificadas, dentre as horas do ano em desconforto, aquelas que estão na zona de ventilação da carta bioclimática (LAMBERTS et al, 1997). Percebe-se que a estratégia de ventilação é necessária nos meses mais quentes (figura 17a) e, nestas horas específicas, há ventilação disponível satisfatoriamente, como visto na figura 17b. Ao detalhar esta análise, identificando as frequências horárias em que ocorrem os intervalos de desconforto anteriormente descritos, percebe-se que a estratégia de ventilação é mais necessária no período diurno, embora tenha ocorrência

também no período noturno, como mostrado na figura 18. Há de se destacar também que o horário de 8h da manhã foi o de maior frequência de ocorrência para a necessidade de ventilação (33%). Este é o horário de transição das temperaturas e umidades relativas. Até as 7h, a umidade está elevada, porém as temperaturas tendem a estar abaixo da zona de ventilação natural; a partir das 9h as umidades já estão mais baixas e as temperaturas elevadas, portanto tendem a estar mais fora da zona de ventilação. Às 8h há a coincidência de elevadas umidades e temperaturas, o que justifica o salto de 17% de necessidade de ventilação natural às 7h para 33% às 8h e o decréscimo para 21% às 9h.



Figura 17 - (a) Frequência das estratégias de ventilação natural em geral, (b) disponibilidade de ventilação natural para as horas em que esta é necessária.



Figura 18 – Frequência horária da necessidade de estratégias de ventilação.

Vê-se, portanto, que o potencial de uso da ventilação natural concentra-se no período diurno com satisfatória disponibilidade de ventos.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível verificar que em Viçosa, segundo os parâmetros definidos por Givoni, há desconforto em 61,6% do ano, ao detalhar essa análise, temos que 48,2% do ano este desconforto é por frio e em 14,4% do ano, o desconforto é por calor.

No caso do desconforto por calor, a estratégia indicada para proporcionar condições de conforto é o aproveitamento da ventilação natural, que está disponível de forma relevante nas horas em que é necessária, tornando o uso de ventilação mecânica, desnecessária. A preferência de orientação de aberturas operáveis é no 1º e 3º quadrantes. Em relação ao desconforto por frio, a estratégia mais indicada é a utilização de aquecimento solar associada com inércia térmica, planejada de forma a reter o calor ao longo do dia e o transmitir para o interior da edificação durante a noite, período mais relevante de ocorrência das horas desconforto. Adicionalmente recomenda-se também a estratégia de aquecimento solar passivo no inverno para o início da manhã, de 6h às 8h, porém com reservas devido ao pequeno intervalo deste tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARLO, J; LAMBERTS, R. **Processamento de Arquivos Climáticos para Simulação do Desempenho Energético de Edificações**. Florianópolis. SC: Departamento de Engenharia Civil, UFSC, 2005. Relatório.
- GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras**. 2^a edição. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 1^a edição. São Paulo: PW, 1997.
- LAMOTTA, M. G.; LABAKI, L. C. **Dez Anos Depois: Estudo do Clima de Campinas. Caracterização e Proposição de Recomendações de Projeto para Climas Compostos em 1998 e em 2008 – O Que Mudou** In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, Natal, 2009, Anais... Natal, ENCAC-ELAC 2009. CD-ROM.
- LOUREIRO, K; CARLO, J; LAMBERTS, R. **Estudos de Estratégia Bioclimática para a Cidade de Manaus**. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Foz do Iguaçu, 2002, Anais... Foz do Iguaçu, ENTAC 2002. CD-ROM.
- PEREIRA, I; ALVES, T; PINHEIRO, R; ASSIS, E. **Metodologia de Tratamento de Dados Climáticos para Inserção em Softwares de Simulação Energética de Edifícios**. In: I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2004, Anais... São Paulo, clACS-ENTAC 2004. CD-ROM.
- THEVERNARD, D., BRUNGER, A. Typical weather years for international locations. Final report research project 1015- RP. ASHRAE, 2001.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INMET e ao CPTEC/INPE pelos dados fornecidos.