



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# ELABORAÇÃO DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA PARA TEÓFILO OTONI – MG: VERIFICAÇÃO DAS DIRETRIZES CONSTRUTIVAS PROPOSTAS PELA NBR 15220<sup>1</sup>

**OLIVEIRA, Camila Cordeiro (1); SAKIYAMA, Nayara Rodrigues Marques (2); CAMPOS, Rodrigo Barbosa (3); PRATES, Ítalo Barreto (4); MIRANDA, Layane Ventura (5)**

(1) UFVJM, e-mail: camilinha.tur@hotmail.com; (2) UFVJM, e-mail: nayara.sakiyama@ufvjm.edu.br; (3) UFVJM, e-mail: rodrigomtx2008@hotmail.com; (4) UFVJM, e-mail: iprates94@hotmail.com; (5) UFVJM, e-mail: layanevdm@hotmail.com

### RESUMO

Compreender as variáveis climáticas de uma região é essencial para definir as características das edificações. Porém, a escassez de dados climáticos de qualidade é uma barreira enfrentada por projetistas. Nesse cenário, este trabalho elabora dois arquivos climáticos para a cidade de Teófilo Otoni (TRY e TMY). O clima da cidade é caracterizado como tropical quente semiúmido, ou tropical com estação seca. De acordo com a NBR 15220 – 3, a cidade possui como estratégia de condicionamento térmico passivo a ventilação cruzada no verão e a inércia térmica no inverno. De posse dos arquivos climáticos gerados para a cidade criou-se a carta bioclimática, a carta solar e a rosa dos ventos, a fim de verificar as diretrizes apresentadas pela Norma. O TRY mostrou ser o arquivo climático mais realista, apresentando maior número de graus-hora de resfriamento e menor número de graus-hora de aquecimento, o que é mais compatível ao clima local. Como estratégias bioclimáticas necessárias para o conforto térmico destacaram-se: ventilação (23%), alta inércia térmica com aquecimento solar (16,6%) e sombreamento (77,6%), que são condizentes com as diretrizes propostas na norma.

**Palavras-chave:** Arquivo Climático. Conforto Térmico. Diretrizes Construtivas.

### ABSTRACT

*Understanding climate variables of a region is essential to define the characteristics of the buildings. However, the shortage of quality climate data is a barrier faced by designers. In this scenario, this paper elaborates two climatic archives for the city of Teófilo Otoni (TRY and TMY). The city's climate is characterized as hot tropical semi-humid or tropical with a dry season. According to NBR 15220-3, the city has as passive thermal conditioning strategy, cross ventilation in summer and thermal inertia in winter. From the climatic files generated for the city were created the bioclimatic chart, solar chart and the wind rose, in order to check the Standard guidelines. The TRY climatic file proved more realistic, with higher number of cooling degrees-hour and fewer heating degrees-hour, which is more compatible to the local climate. The necessary bioclimatic strategies for thermal comfort are: ventilation (23%), high thermal inertia with solar heating (16.6%) and shading (77.6%), which are consistent with the guidelines proposed in the Standard.*

**Keywords:** Climate file. Thermal comfort. Constructive guidelines.

<sup>1</sup> OLIVEIRA, Camila Cordeiro; SAKIYAMA, Nayara Rodrigues Marques; CAMPOS, Rodrigo Barbosa; PRATES, Ítalo; MIRANDA, Layane Ventura. Elaboração do ano climático de referência para Teófilo Otoni – MG: verificação das diretrizes construtivas propostas pela NBR 15220. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos é possível observar a interferência das condições climáticas nas atividades desenvolvidas pelo homem, e no seu abrigo. Nossos antepassados utilizavam as experiências deixadas pelas gerações anteriores para adequar suas residências ao clima (GOULART, 1993).

Entretanto, nas últimas décadas tornou-se comum a elaboração de projetos de edificações sem considerar o clima local. Os sistemas de iluminação e climatização artificial passaram a ser utilizados indiscriminadamente por arquitetos e projetistas, uma vez que, facilitam a atuação destes profissionais frente às dificuldades de se adequar o edifício ao clima (ARANTES, 2013).

Com a chegada da crise energética mundial na década de 70, os países industrializados passaram a reconsiderar as estratégias de crescimento econômico adotando, desde então, medidas para minimizar o consumo de energia até mesmo dos edifícios (PITTA, 2001). Para Lamberts *et al.* (2014) a alternativa mais apropriada para superar a crise é aumentar a eficiência no uso da energia, destacando ainda que, atualmente, o produto da arquitetura também deve ser um elemento que tenha eficiência energética.

Na arquitetura, a eficiência energética pode ser entendida como a capacidade da edificação em oferecer aos seus usuários: conforto térmico, visual e acústico com baixo consumo de energia (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Hong *et al.* (2000 *apud* CARLO, 2002) destaca que uma técnica eficiente para estimar o consumo de energia de uma edificação é a simulação termo energética, em virtude da sua eficiência e resultado rápido derivado do cálculo de interações entre ambiente externo e as características do edifício.

Uma das variáveis que representa o ambiente externo na simulação é o arquivo climático. Porém para a aplicação dos dados climáticos na arquitetura e na construção civil é necessário que seja realizado um tratamento estatístico, utilizando metodologias específicas, que transformem uma grande quantidade de dados em ferramentas de trabalho. (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Além disso, uma das maiores dificuldades enfrentadas pelo Brasil na simulação termo energética de edifícios é a falta de dados climáticos de qualidade, e geralmente, quando disponíveis, são ignorados pelos profissionais da área, visto que a maioria dos dados climáticos existentes não é direcionada para aplicação na construção civil (MENDES *et al.*, 2001 *apud* CARLO, 2002; GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Atualmente, um dos trabalhos mais importantes desta área é a base de dados climáticos elaborada por Roriz (2012) para 411 municípios brasileiros no formato EPW (*Energyplus Weather Data*), que pode ser utilizado em programas de simulação termo energética de edifícios.

Deste modo, este trabalho elabora o arquivo climático para a cidade de Teófilo Otoni nos formatos *Test Reference Year* (TRY) e *Typical Meteorological year* (TMY), com o objetivo de dar subsídio à novas pesquisas na área de

conforto térmico e eficiência energética das edificações, e identificar qual formato melhor representa o clima desse município.

Além disso, este trabalho elabora importantes ferramentas de auxílio ao desenvolvimento de projeto arquitetônico (carta bioclimática, carta solar e rosa dos ventos), as quais, serão utilizadas para propor estratégias de condicionamento passivo para as edificações da região.

## 1.1 Caracterização do Clima

Teófilo Otoni é um município localizado na região nordeste do estado de Minas Gerais, mais especificamente no vale do Mucuri, com latitude 17° 51' 32" Sul, longitude 41° 30' 32" Oeste a 347 metros de altitude. A cidade é considerada um centro macrorregional, sendo a 18ª cidade mais populosa do estado, com cerca de 140 mil habitantes e 3.242,270 km² (IBGE, 2014a).

O clima Teófilo-otonense é caracterizado como tropical quente semiúmido, ou tropical com estação seca (IBGE, 2014b), com temperatura média anual de 23 °C, invernos secos e verões chuvosos com temperaturas elevadas. A temperatura máxima média no verão é de 31,9°C, com maior máxima registrada até 1990 de 39,2 °C (INMET, 2014).

De acordo com a NBR 15220 – 3: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, a cidade de Teófilo Otoni possui como diretrizes construtivas para adequar o edifício ao clima: aberturas para ventilação médias, sombreamento das aberturas, parede leve refletora e cobertura leve isolada. Como estratégia de condicionamento térmico passivo a Norma indica ventilação cruzada no verão e inércia térmica no inverno (ABNT, 2005).

A norma divide o território brasileiro em 8 zonas bioclimáticas que são relativamente homogeneas com relação ao clima, apresentando para cada uma destas zonas recomendações técnico-construtivas, objetivando a adequação das edificações ao clima (ABNT, 2005). Porém, a precisão na caracterização climática de algumas cidades da norma tem sido questionada. Roriz (2012) elaborou uma nova proposta de zoneamento, dividindo o Brasil em 16 zonas bioclimáticas, buscando apresentar a diversidade climática do país no que diz respeito ao comportamento térmico e energético das edificações, porém sem apresentar diretrizes projetais. Deste modo, percebe-se que é necessário uma análise dos dados climáticos da cidade para confirmar a coerência das estratégias sugeridas pela norma.

Além disso, trata-se de uma região de clima quente onde a adoção de diretrizes construtivas condizentes com o clima local permitiria amenizar as altas temperaturas e melhorar o conforto térmico dos usuários. Desta forma, a cidade de Teófilo Otoni configura-se um cenário ideal para o desenvolvimento de pesquisas na área de conforto térmico e eficiência energética.

## 2 METODOLOGIA

Os dados meteorológicos utilizados para a pesquisa foram obtidos na estação automática de Teófilo Otoni do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, correspondente ao período de 2007 a 2014. As variáveis registradas no arquivo da estação climática são: temperatura do ar, umidade, radiação solar, pressão, temperatura de ponto de orvalho, velocidade, direção do vento e precipitação.

Os dados fornecidos pelo INMET apresentavam várias lacunas em determinados períodos da série, devido a prováveis falhas humanas ou nos equipamentos. Para preencher as lacunas foram utilizadas planilhas eletrônicas fornecidas pelo LATECAE<sup>2</sup>. Essas planilhas preencheram automaticamente os dados faltantes, usando métodos estatísticos. Os meses com mais de 24 horas de lacunas seguidas foram descartados.

O cálculo da radiação extraterrestre para Teófilo Otoni, foi realizado utilizando a planilha eletrônica desenvolvida por Pitta (2001). A planilha gerou um ano de dados, os quais foram tratados e organizados em meses.

### 2.1 Elaboração do TRY

O TRY, *Test Reference Year* é um arquivo climático composto por 8760 horas de dados. Segundo Goulart (1993) a metodologia para a determinação do TRY consiste em eliminar os anos que possuem temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até que sobre apenas um ano de dados médios, este ano será o ano climático de referência.

O ideal é que a metodologia seja aplicada a uma série de 10 anos completos. Porém, em Teófilo Otoni a estação meteorológica automática foi criada ao final de 2006, estando disponíveis apenas os anos de 2007 a 2014. Além disso, os anos 2007, 2009 e 2011 foram descartados devido a quantidade de dados faltantes, restando apenas 5 anos para a realização da análise.

Na Tabela 1 é apresentada a ordem de eliminação dos anos analisados:

Tabela 1 – Sequência de Eliminação dos Anos

Ordem de Importância	Classificação	TBS (°C)	MÊS E ANO
1	Mais quente	26.09	Feb-10
2	Mais frio	19.51	Jul-08
3	Mais quente	25.08	Jan-13
4	Mais frio	19.98	Aug-12
5	Mais quente	24.43	Mar-14

Fonte: Os autores

<sup>2</sup> LATECAE – UFV, Laboratório de Tecnologias em Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Departamento de graduação e pós-graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Viçosa. <http://www.latecae.ufv.br/pt-BR>

Assim o último ano a ser eliminado, 2014, que possui características mais brandas, foi estabelecido como TRY de Teófilo Otoni.

## 2.2 Elaboração do TMY

O TMY, *Typical Meteorological year* é um arquivo climático formado pela combinação de meses sem extremos de temperatura de diferentes anos, formando um ano climático que nunca existiu (NERL, 1995 *apud* CARLO; LAMBERTS, 2005). Os meses escolhidos como representativos do clima local são aqueles que possuem características mais brandas, dentre os meses disponíveis para análise.

Primeiramente são listadas as médias mensais de TBS (temperatura de bulbo seco) para todos os janeiros disponíveis, em seguida, elimina-se o Janeiro mais quente e o janeiro mais frio. Posteriormente, elimina-se o segundo janeiro mais quente e o segundo Janeiro mais frio. O processo continua até restar apenas um mês. Este mês, será o janeiro do arquivo climático TMY. Repete-se o processo para todos os meses até completar um ano.

Na Tabela 2, são apresentados os meses escolhidos para compor o TMY:

Tabela 2 – Meses Selecionados

Mês	Ano
Janeiro	2014
Fevereiro	2014
Março	2007
Abril	2007
Maio	2013
Junho	2008
Julho	2014
Agosto	2014
Setembro	2010
Outubro	2008
Novembro	2008
Dezembro	2014

Fonte: Os autores

## 3 Análise Graus-Hora

Segundo Sorgato (2009), graus-hora é um parâmetro climático que pode ser definido através da somatória das diferenças de temperatura horária. Para graus-hora de aquecimento, realiza-se o somatório das diferenças de temperatura que estão abaixo da temperatura base ( $T_b$ ), para graus-hora de resfriamento é feito o somatório das diferenças de temperatura que se encontram acima da temperatura base ( $T_b$ ).

Para Givoni (*apud* OLIVEIRA *et al.*, 2010) a temperatura de base inferior para países de clima quente em desenvolvimento é 18° C e a superior de 29°C. As equações abaixo foram utilizadas para calcular a quantidade de graus-hora

de resfriamento (1) e aquecimento (2).

$$GH_{\text{Resf}} = \sum TBS_h - T_{b,\text{inf}} \quad (1)$$

$$GH_{\text{Aquec}} = \sum T_{b,\text{sup}} - TBS_h \quad (2)$$

Onde:

- $GH_{\text{RESF}}$  = Graus Hora de Resfriamento;
- $GH_{\text{AQUEC}}$  = Graus Hora de Aquecimento;
- $TBS_h$  = Temperatura de Bulbo Seco Horária;
- $T_{b,\text{sup}}$  = Temperatura de Base superior.
- $T_{b,\text{inf}}$  = Temperatura de Base inferior;

Segue na Tabela 3 o somatório de graus-hora de resfriamento e aquecimento para os arquivos climáticos TRY e TMY, considerando, além das temperaturas de base propostas por Givoni, mais dois valores adjacentes, para uma melhor análise dos dados.

Tabela 3 – Graus-hora de resfriamento e aquecimento para o TRY e TMY

Graus de Resfriamento		
$T_{b,\text{sup}} (^{\circ}\text{C})$	TRY	TMY
29	909.80	896.90
28	1735.50	1670.70
27	2969.03	2830.70
Graus de Aquecimento		
$T_{b,\text{inf}} (^{\circ}\text{C})$	TRY	TMY
18	849.60	873.70
17	397.00	405.00
16	176.90	174.40

Fonte: Os autores

Observa-se que os resultados obtidos são similares, porém, o TRY mostrou ser mais realista, apresentado maior número de graus-hora de resfriamento e menor número de graus hora de aquecimento, sendo mais condizente ao clima local.

## 4 FERRAMENTAS PARA O PROJETO BIOCLIMÁTICO

### 4.1 Carta Bioclimática

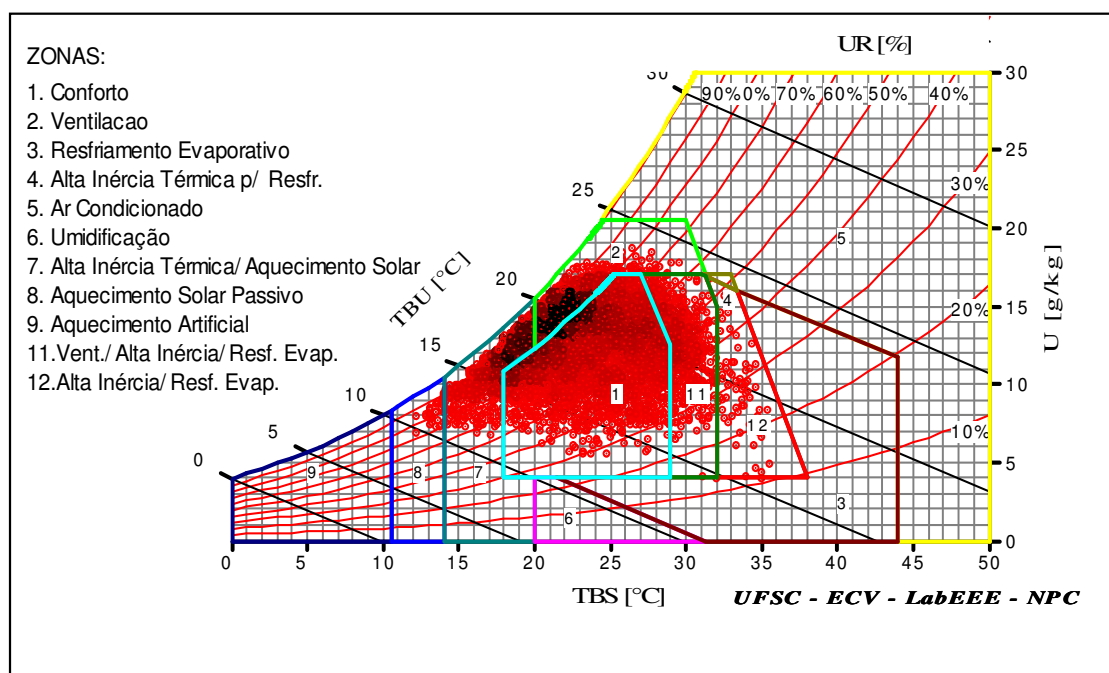
Projeto Bioclimático é aquele que tem a finalidade de atender as condições de conforto dos usuários utilizando os elementos da própria edificação, buscando sempre aproveitar as condições favoráveis do clima (BAGNATI, 2013). Segundo Givoni (1992 *apud* MACIEL, 2002) um meio para a elaboração das diretrizes construtivas de um projeto bioclimático é a análise dos dados climáticos anuais que mais afetam o conforto dos usuários e o

desempenho da edificação. Nesse sentido, a carta bioclimática é ferramenta muito útil, uma vez que, propõe estratégias bioclimáticas para a adequação da arquitetura ao clima de acordo com o local em estudo.

A carta bioclimática foi proposta inicialmente por Olgyay em 1963, porém, deveria ser aplicada somente para as regiões de zona temperada (ANDREASI, 2001). Em 1992, Givoni adaptou e aprimorou a carta bioclimática para países de clima quente em desenvolvimento, a qual foi considerada a mais adequada para realidade brasileira (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Na Figura 1, encontra-se a carta bioclimática gerada para Teófilo Otoni utilizando o programa Analysis Bio (LABEEE, 2010). Foram inseridos no programa os dados de temperatura e umidade relativa do ar das 8760 horas do TRY, obtendo-se as estratégias bioclimáticas mais apropriadas para as edificações ao longo do ano, como mostra o Quadro 1.

Figura 1 – Carta Bioclimática de Teófilo Otoni



Fonte: Programa Analysis-BIO 2.2 (2015)

Quadro 1 – Percentuais de estratégias bioclimáticas para Teófilo Otoni

CONFORTO					51.1
DESCONFORTO	FRIO	Alta Inércia Térmica/Aquecimento Solar	16.6	16.9	48.9
		Aquecimento Artificial	0.0		
		Aquecimento Solar Passivo	0.3		
	CALOR	Ventilação	23.0	32.1	
		Ventilação/Alta Inércia	0.0		
		Ventilação/Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo	8.3		
		Alta Inércia Térmica p/ Resfriamento	0.0		
		Alta Inércia/Resfriamento Evaporativo	0.8		
		Ar Condicionado	0.0		
		Resfriamento Evaporativo	0.0228		
		Umidificação	0.0		
SOMBREAMENTO					77.6

Fonte: Os autores

Analisando os valores do Quadro 1, percebe-se que a porcentagem de horas de conforto do TRY é de 51,1% e o desconforto anual é de 48,9%. Do total de horas de desconforto, 32,1 % é causado pelo calor e 16,9% devem-se ao frio.

Dentre as estratégias bioclimáticas indicadas para correção do desconforto causado pelo calor a principal é a ventilação (23%), e para o desconforto causado pelo frio a estratégia que mais se destaca é alta inércia térmica com aquecimento solar (16,6%). Entretanto, a natureza dos dois problemas apresentados é paradoxal, e vale a pena questionar se a adoção de uma estratégia não anularia a outra, devendo-se buscar sistemas construtivos mais flexíveis, que atendam as duas necessidades.

## 4.2 Carta Solar

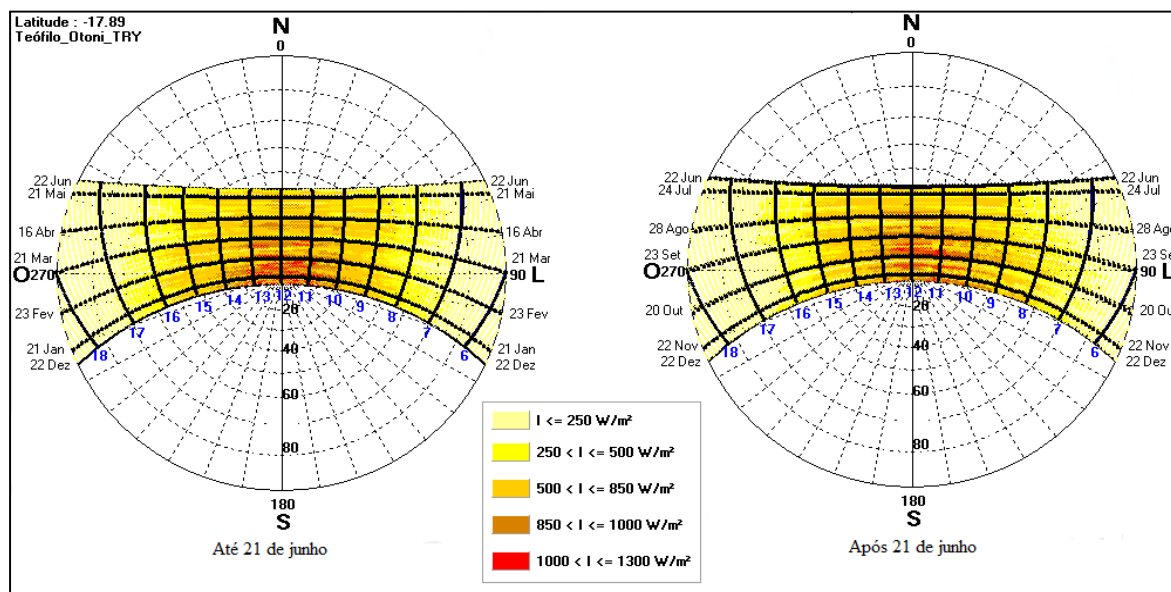
A carta solar é uma ferramenta de auxílio no projeto de proteções solares, que fornece dois ângulos: o azimuth solar e a altura solar, os quais são utilizados para encontrar a orientação do raio solar em determinado horário do dia (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Como visto anteriormente o sombreamento é a estratégia bioclimática mais importante para o Teófilo Otoni. De acordo com a carta bioclimática, cerca de 76% das horas do ano requerem sombreamento das aberturas. Portanto, é fundamental que o arquiteto utilize a carta solar da região para determinar quando o sol entrará por uma abertura e se nessa orientação é necessário ou não a utilização de sombreamento através de proteções solares.

Na Figura 2 é apresentada a Carta Solar de Teófilo Otoni, plotada com o auxílio do programa Analysis SOL-AR, utilizando os dados horários de Radiação Global Horizontal do TRY.



Figura 2 – Carta Solar de Teófilo Otoni (Radiação Global Horizontal)



Fonte: Programa Analysis SOL-AR 6.2 (2015)

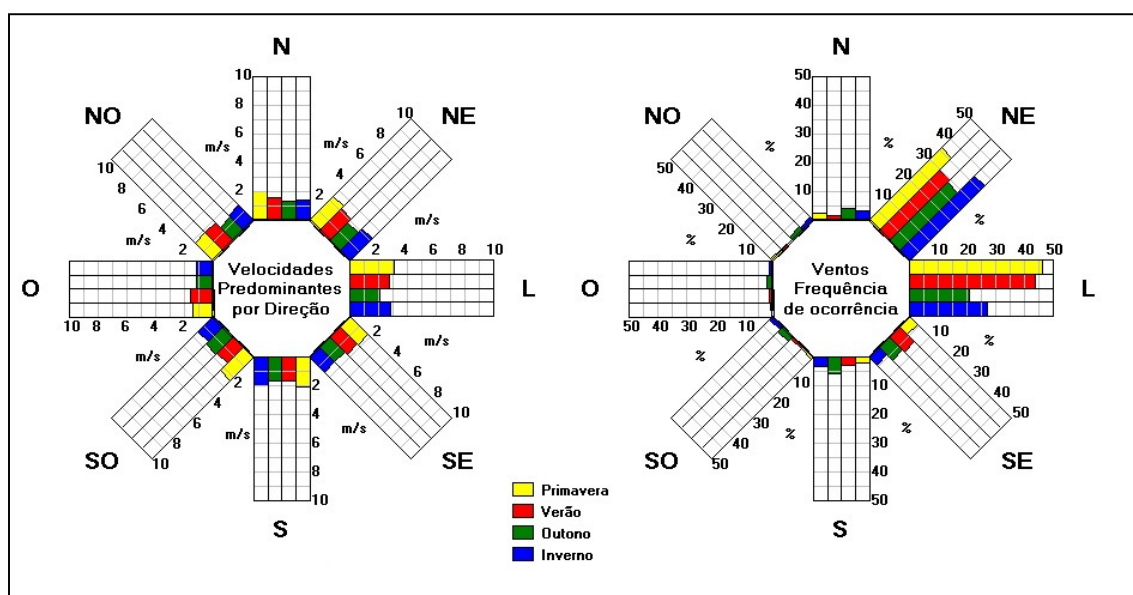
### 4.3 Rosa dos Ventos

A rosa dos ventos é um gráfico que apresenta a direção principal e a velocidade predominante dos ventos de uma determinada região ao longo do ano. Segundo Leão (2007) a rosa dos ventos pode ser utilizada em conjunto com a carta bioclimática, auxiliando na tomada de decisões durante o projeto. Assim, o arquiteto pode decidir quando deve aproveitar ou evitar o vento de acordo com a temperatura e a umidade relativa do ar.

A rosa dos ventos de Teófilo Otoni foi obtida com o auxílio do programa Analysis SOL-AR. O mesmo oferece a possibilidade de plotar a rosa dos ventos para frequência de ocorrência dos ventos e velocidades médias predominantes para cada estação do ano, além de apresentar a porcentagem de ventos ausentes de acordo com o período do dia.

A Figura 3 apresenta a rosa dos ventos gerada para Teófilo Otoni, utilizando os dados horários do TRY:

Figura 3 – Rosa dos ventos de Teófilo Otoni - SOL-AR



Fonte: Programa Analysis SOL-AR 6.2 (2015)

Segue na Tabela 5 a frequência de ocorrência dos ventos para cada estação do ano e a porcentagem de ventos ausentes de acordo com o período do dia.

Tabela 4 – Frequência de Ocorrência e Ventos Ausentes

	Frequência de Ocorrência			
	P	V	O	I
N	2.37	1.31	4.13	3.11
NE	35.76	29.91	28.57	36.92
L	45.87	43.43	20.71	26.91
SE	3.85	7.46	6.60	4.00
S	1.99	2.77	5.62	3.16
SO	0.88	0.94	2.16	1.51
O	0.65	1.13	1.84	0.98
NO	0.97	0.85	1.75	1.33
	Ventos Ausentes (%)			
	P	V	O	I
Madrugada	19.26	29.21	49.73	41.56
Manhã	4.63	8.70	26.39	20.04
Tarde	1.12	1.31	5.20	1.95
Noite	5.56	9.55	33.33	24.73

Fonte: Os autores

De acordo com a Tabela 5, a maior frequência de ocorrência dos ventos para o verão e primavera é na direção Leste, e para o outono e inverno a maior frequência de ocorrência é na direção Nordeste. A velocidade predominante variou entre 2,0 e 3,0 m/s. O Período do dia com maior porcentagem de ventos ausentes é a madrugada, para todas as estações do ano.

## 5 ANÁLISE DAS DIRETRIZES CONSTRUTIVAS PROPOSTAS PELA NORMA

De acordo com a Norma 15220 – 3: Desempenho térmico das edificações – parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social – a cidade de Teófilo Otoni localiza-se na Zona 5 e possui como diretrizes construtivas para adequar o edifício ao clima: aberturas para ventilação médias sombreadas, com áreas que variam de 15% a 25% da área do piso. A transmitância térmica das paredes deve ser menor que ou igual a  $3,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ , com atraso térmico inferior ou igual a 4,3 horas, para tanto podem ser utilizados tijolos furados com espessura variando entre 14 e 20 centímetros. Para a cobertura, é necessário utilizar uma laje de concreto para garantir uma transmitância térmica menor que ou igual a  $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ , e atraso térmico inferior ou igual 3,3 horas. Como estratégias de condicionamento térmico passivo a norma indica ventilação cruzada no verão e inércia térmica no inverno (ABNT, 2005).

Analizando os resultados obtidos, a Ventilação Natural é a estratégia mais adequada para a correção do desconforto por calor. Neste caso, deve-se adotar aberturas amplas e sombreadas durante o período quente, garantindo a ventilação cruzada no interior das edificações, devendo ainda ter o cuidado de orientar as janelas na direção principal dos ventos (Nordeste - Leste) e projetar corretamente as proteções solares impedindo a entrada de luz solar indesejável.

A estratégia bioclimática que apresentou-se mais efetiva para alcançar o conforto durante os períodos frios foi a Alta Inércia Térmica com Aquecimento Solar Passivo. Para este caso pode-se adotar aberturas de forma a aproveitar o sol nos períodos frios e envoltórias que evitem a perda de calor para o ambiente externo durante a noite.

Portanto, no que diz respeito a estratégias de condicionamento passivo, os resultados obtidos com a carta bioclimática são condizentes com as diretrizes propostas na norma.

## 6 CONCLUSÕES

O arquivo climático da cidade de Teófilo foi elaborado em dois formatos (TRY e TMY), sendo o TRY considerado o mais realista, apresentando maior número de graus-hora de resfriamento e menor número de graus-hora de aquecimento, o que é mais compatível ao clima local.

Esta pesquisa contribui para a melhoria da eficiência energética das edificações da cidade, visto que, foram criadas importantes ferramentas de projeto (carta bioclimática, carta solar e rosa dos ventos). Dessa forma, os profissionais da área podem optar por soluções construtivas condizentes com o clima local, ajudando a amenizar temperaturas e proporcionando conforto aos usuários. Além disso, poderá utilizar o arquivo climático gerado em programas de simulação termo-energética de edifícios.

É importante lembrar que a carta bioclimática determina as estratégias mais adequadas para alcançar o conforto térmico na região em estudo, porém,

de acordo MACIEL (2006) é preciso realizar estudos mais específicos para verificar se tal estratégia é realmente aplicável naquela região. A ventilação natural, por exemplo, foi a principal estratégia para a correção do desconforto por calor, neste caso, é necessário analisar cuidadosamente se o regime dos ventos da cidade Teófilo Otoni é capaz de suprir tal necessidade sem a utilização de ventilação mecânica.

Para a elaboração do arquivo climático foram utilizados os dados climáticos horários disponibilizados pela estação meteorológica do INMET, que está localizada próximo ao aeroporto de Teófilo Otoni, situado em uma região não urbanizada e com grande volume de vegetação. Tais características são diferentes do meio urbano, podendo causar diferenças climáticas. Consequentemente, os resultados poderiam ser diferentes, se os dados climáticos fossem coletados em áreas urbanas mais adensadas.

### AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo financiamento desta Pesquisa.

### REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ANDREASI, W.A. **Avaliação do Impacto de Estratégias Bioclimáticas na Temperatura Interna de Edificações no Passo do Lontra, Pantanal do Estado de Mato Grosso do Sul**. 2001. 146 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2001.

ARANTES, B. **Conforto Térmico em Habitações de Interesse Social - Um Estudo De Caso**. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Bauru – SP, 2013.

BAGNATI, M. M. **Zoneamento Bioclimático e Arquitetura Brasileira: Qualidade do Ambiente Construído**. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Curso de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2013.

CARLO, J. C. **Diferenças na Simulação do Consumo de Energia Elétrica em Edificações Decorrentes do Uso de Arquivos Climáticos de Sítios e Anos Distintos**. 2002. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2002.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. **AET Nº 02/04 Elaboração de Regulamentação e Classificação de Edificações Eficientes**: Processamento De Arquivos Climáticos Para Simulação de Desempenho de Edificações – Florianópolis: Fundação de Ensino e Engenharia em Santa Catarina/UFSC, 2005.

GOULART, S. V. **Dados climáticos para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações em Florianópolis**. 1993. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 1993.

GOULART, S. V.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras** – Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

IBGE INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados gerais**. Disponível em: <[http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?lang=\\_ES&codmun=316860&search=minas-gerais|teofilo-otoni|infograficos:-dados-gerais-do-municipio.](http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?lang=_ES&codmun=316860&search=minas-gerais|teofilo-otoni|infograficos:-dados-gerais-do-municipio.)> Acesso em: 17 mai. 2014a.

\_\_\_\_\_. **Biblioteca IBGE. Brasil - Climas**. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/BrasilClimas.jpg>> Acesso em: 05 nov. 2014b.

INMET INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Temperatura Máxima Teófilo Otoni-MG (1961-1990)**. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/imagens/normais/planilhas/Temperatura-Maxima\\_NCB\\_1961-1990.xls](http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/imagens/normais/planilhas/Temperatura-Maxima_NCB_1961-1990.xls)>. Acesso em: 5 nov. 2014.

LABEEE - LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES. **Programa Analysis-BIO (versão 2.2)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2010. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-bio>>. Acesso em: 5 set. 2015.

\_\_\_\_\_. **Programa Analysis SOL-AR (versão 6.2)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>>. Acesso em: 5 set. 2015.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LEÃO, E. F. T. B. **Carta Bioclimática de Cuiabá - Mato Grosso**. 2007. 147 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Curso de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2007.

MACIEL, A. A. **Projeto Bioclimático em Brasília: Estudo de Caso em Edifício de Escritórios**. 2002. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2002.

MACIEL, A. A. **Integração de Conceitos Bioclimáticos ao Projeto Arquitetônico**. 2006. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGECC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2006.

OLIVEIRA, L. *et al.* **Análise das Condições de Conforto Térmico em Habitações de Interesse Social na Região Sul do RS.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC. p.1-10, 2010.

PITTA, T. O. **Estudo de Métodos Diretos e Indiretos de Estimativa de Irradiação Solar Global Diária Horizontal a Partir de Observações Superficiais de Cobertura Total De Nuvens em Florianópolis, SC.** 2001. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2001.

RORIZ, M. **Segunda proposta de revisão do zoneamento bioclimático do Brasil.** São Carlos, SP. 2012.

RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros.** ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações. São Carlos, SP. 2012.

SORGATO, M. J. **Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares Ventiladas Naturalmente.** 2009. 216 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2009.