

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**GERAÇÃO DA BASE CLIMÁTICA DE SANTA MARIA
-RS- PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Michelle Gomes Flores

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**GERAÇÃO DA BASE CLIMÁTICA DE SANTA MARIA -RS-
PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES**

Michelle Gomes Flores

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Giane de Campos Grigoletti

Santa Maria, RS, Brasil

2014

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Gomes Flores, Michelle
GERAÇÃO DA BASE CLIMÁTICA DE SANTA MARIA -RS- PARA
ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE
EDIFICAÇÕES / Michelle Gomes Flores.-2014.
112 p.; 30cm

Orientador: Giane de Campos Grigoletti
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, RS, 2014

1. Dados climatológicos 2. Arquitetura bioclimática
3. Eficiência energética I. de Campos Grigoletti, Giane
II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

**GERAÇÃO DA BASE CLIMÁTICA DE SANTA MARIA -RS- PARA
ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES**

elaborada por
Michelle Gomes Flores

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil e Ambiental

COMISSÃO EXAMINADORA:

Giane de Campos Grigoletti, Dr^a.
(Presidente/Orientadora)

Joyce Correna Carlo, Dr^a. (UFV)

Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 17 de julho 2014.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus;

Aos familiares, em especial à minha mãe, Rosane Gomes de Oliveira, pelo carinho, incentivo e suporte e pela confiança que depositou em mim;

Ao Bruno Dalla Lana Pinto, pelo auxílio em meus estudos, por todo o amor e companheirismo e pela amizade. Obrigada pela compreensão, em especial quando recebemos a notícia da chegada de nosso filho, Miguel, que já amamos tanto, mesmo ainda na barriga;

Às minhas amigas, que sempre estiveram presentes, ajudando-me no que fosse preciso, e compreenderam as minhas ausências;

À Daniela Trevisan da Silva, por compreender minhas faltas no escritório.

Ainda, agradeço às seguintes pessoas e entidades, sem as quais esta dissertação não seria possível:

À professora Dr^a. Giane Grigoletti, pela orientação, dedicação e disponibilidade no processo da elaboração da pesquisa;

Aos acadêmicos que auxiliaram no estudo, em especial à Laís Martini;

Aos professores do Curso de Mestrado, principalmente ao Dr. Joaquim Cezar Pizzutti, por suas explicações e incentivo;

À equipe do LATECAE (UFV), que passou muitas informações e conhecimento da área, sobretudo à professora Dr^a. Joyce Carlo e a Alexandre Cypreste Amorim e Ítalo Guimarães, que me receberam com muito carinho e atenção.

Aos professores doutores Arno Heldwein (UFSCar), Mauricio Roriz (UFSCar), Roberto Lamberts (UFSC), Eduardo Grala (UFPEL) e Miguel Sattler (UFRG), pelos e-mails trocados e o esclarecimento de dúvidas;

À CAPES e ao CNPq, que me propiciaram bolsas de pesquisa;

Ao Instituto Nacional de Meteorologia e à Base Aérea de Santa Maria, pela disponibilidade dos dados climáticos;

Aos professores Joaquim e Joyce, mais uma vez, por aceitarem o convite de participação em minha banca examinadora.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma maneira, contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa. Muito obrigada!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Universidade Federal de Santa Maria

GERAÇÃO DA BASE CLIMÁTICA DE SANTA MARIA -RS- PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES

AUTORA: MICHELLE GOMES FLORES

ORIENTADORA: GIANE DE CAMPOS GRIGOLETTI

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 17 de julho 2014.

O tratamento e a disponibilização de dados climáticos para o projeto bioclimático de edificações são fundamentais. A eficiência energética só pode ser atingida quando o projeto considera as especificidades do clima local. Este estudo contribui com o assunto através da sistematização de dados climáticos para a região de Santa Maria, RS. Os dados foram tratados de forma a gerar o Ano Climático de Referência (TRY) e o Ano Meteorológico Típico (TMY), a carta bioclimática (através dos programas *Analysis Bio* e *Psychros*), arquivos climáticos compatíveis com programas como o *EnergyPlus* e *Design Builder*, o diagrama de ventos (rosa dos ventos) elaborado pelo software *Analysis SOL-AR* e o dia de projeto típico. Algumas dessas sistematizações já existiam, porém em um período de anos inferior. O estudo incorporou dados horários de doze anos (2002 a 2013) e atualizou os métodos de tratamento de dados. A geração dos arquivos baseou-se em bibliografia científica e metodologias que vêm sendo empregadas por grupos de pesquisa envolvidos no tema, como em trabalhos desenvolvidos por Duffie e Beckmann (1980), Goulart (1993), Pereira (2004), Carlo e Lamberts (2005) e Roriz (2012). Os resultados foram conformados em uma linguagem acessível aos projetistas e outros agentes a fim de promover seu efetivo uso na melhor eficiência energética e conforto dos usuários de edificação da região de Santa Maria. Obteve-se 28,5% de conforto e 71,5% de desconforto. A ventilação é a principal estratégia para verão, com 18,4%. Para o frio, o aquecimento solar, com 29,4%, é a maior porcentagem. Em relação à direção de ventos de verão, a orientação predominante é o leste. Com isso, a grande importância dessa pesquisa está no conhecimento de diretrizes bioclimáticas para auxiliar os arquitetos e engenheiros em suas propostas arquitetônicas adequadas ao clima, além da disponibilidade de arquivos climáticos para simulação energética.

Palavras-chave: Dados climatológicos. Arquitetura bioclimática. Eficiência energética.

ABSTRACT

Master's Thesis
Postgraduate Program in Civil and Environmental Engineering
Federal University of Santa Maria

GENERATION OF THE CLIMATE BASE OF SANTA MARIA -RS- FOR ANALYSIS OF THERMAL PERFORMANCE AND ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

AUTHOR: MICHELLE GOMES FLORES

ADVISOR: GIANE DE CAMPOS GRIGOLETTI

Date and Place of Defense: Santa Maria, July 17, 14.

The treatment and the availability of climatological data are essential to the buildings' bioclimatic design. Energy efficiency can only be achieved when the plan considers local weather specificities. This study contributes with the subject through the systematization of climate data for the region of Santa Maria, RS. The data were collected to generate the Test Reference Year (TRY), the Typical Meteorological Year (TMY), the bioclimatic chart (via *Analysis Bio* and *Psychros* software), weather files compatible with programs such as *EnergyPlus* and *Design Builder*, the diagram of winds (wind rose) elaborated by the software *Analysis SOL-AR* and the typical day of project. Some of these systematizations already existed but they were related to a lower period of years. The study inputted hourly data of twelve years (2002 to 2013) and updated the data treatment methods. The files generation was based in a scientific bibliography and methodologies that have been employed by research groups concerned with the issue, such as works developed by Duffie and Beckmann (1980), Goulart (1993), Pereira (2004), Carlo and Lamberts (2005) and Roriz (2012). The results were conformed in a language accessible to designers and other agents in order to promote its effective use for better energy efficiency and comfort of building users in Santa Maria's region. It was obtained 28,5% of comfort and 71,5% of discomfort. The ventilation is the main strategy for the summer, with 18,4%. For the cold, the solar heating, with 29,4%, is the best percentage. In relation to the summer winds direction, the predominant orientation is east. Therewith, the major importance of this research is in the knowledge of bioclimatic guidelines that help architects and engineers in architectonic propositions adjusted to the climate, besides the availability of climate files for thermo-energetic simulation.

Keywords: Climatological data. Bioclimatic architecture. Energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapas do clima brasileiro.	17
Figura 2 – Localização de Santa Maria.	18
Figura 3 – Carta bioclimática de Olgyay.	21
Figura 4 – Carta bioclimática de Givoni.	22
Figura 5 – Carta Bioclimática para Porto Alegre.	24
Figura 6 – Cortes do Edifício CH2 mostram métodos operacionais diários e sazonais dos sistemas da edificação.	28
Figura 7 – <i>California Academy of Sciences</i> : cobertura verde integrada com o entorno.	29
Figura 8 – Marquise com os sistemas fotovoltaicos integrados.	29
Figura 9 – Hospital Sarah Kubitschek de Salvador.	29
Figura 10 – Imagem interna dos <i>sheds</i> e brises.	29
Figura 11 – Casa Eficiente.	30
Figura 12 – Tratamento por zonas de raízes.	30
Figura 13 – Carta Psicométrica.	38
Figura 14 – Zoneamento bioclimático brasileiro.	41
Figura 15 – Classificação bioclimática para a cidade de Santa Maria.	41
Figura 16 – Localização da Estação Meteorológica de Santa Maria.	44
Figura 17 – Comparação da TPO entre o método ASHRAE e o de Pereira a partir da medida do INMET.	56
Figura 18 – <i>Aplicativo Weather Statistics and Conversions</i>	63
Figura 19 – Programa <i>Analysis Bio</i> em funcionamento.	64
Figura 20 – Histograma da temperatura de bulbo seco média diária (°C).	65
Figura 21 – Médias diárias da temperatura relacionada aos limites de conforto de Givoni no período de estudo.	67
Figura 22 – Comparação das médias de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar.	70
Figura 23 – Comparação das médias de temperatura de bulbo seco e radiação solar global.	73
Figura 24 – Diagrama de Dispersão – TPO (°C) x TBS (°C).	75
Figura 25 – Diagrama de Dispersão – Radiação Global x TBS (°C).	76
Figura 26 – Carta bioclimática com TRY da cidade de Santa Maria.	77
Figura 27 – Rosa dos ventos das velocidades predominantes por direção do TRY.	78
Figura 28 – Rosa dos ventos da frequência de ocorrências do TRY.	79
Figura 29 – Carta bioclimática com TMY2 da cidade de Santa Maria.	80
Figura 30 – Rosa dos ventos das velocidades predominantes por Direção do TMY2.	81
Figura 31 – Rosa dos ventos da frequência de ocorrências do TMY2.	82
Figura 32 – Comparação das 8760 horas de temperatura de TRY e TMY2.	84
Figura 33 – Histograma das temperaturas do TRY e TMY2.	84
Figura 34 – Temperatura de bulbo seco relacionada aos limites de conforto de Givoni.	86
Figura 35 – Frequência de ocorrência da temperatura de bulbo seco durante todo o ano.	86
Figura 36 – Médias mensais dos totais diários da radiação global.	87
Figura 37 – Frequência de ocorrência da velocidade dos ventos no verão.	88
Figura 38 – Frequência de ocorrência da velocidade dos ventos na primavera.	88
Figura 39 – Frequência de ocorrência da velocidade dos ventos no outono.	89
Figura 40 – Frequência de ocorrência da velocidade dos ventos no inverno.	89
Figura 41 – Frequência de direção dos ventos no dia todo.	90
Figura 42 – Entrada dos dados climáticos no <i>EnergyPlus</i>	100

Figura 43 – Comparação das temperaturas TBS, TBU e TPO no mês de janeiro do TMY gerado pelo *EnergyPlus*..... 101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variações das médias das temperaturas de Santa Maria entre 1961 e 1990.....	19
Tabela 2 – Variações de umidade relativa do ar e precipitação de Santa Maria entre 1961 e 1990.....	19
Tabela 3 – Limites climatológicos adotados no teste de range	45
Tabela 4 – Limites máximos adotados no teste <i>step</i>	45
Tabela 5 – Tabela de conversão das unidades de medida	46
Tabela 6 – Dados nulos selecionados para o tratamento	47
Tabela 7 – Mês descartado da compilação dos arquivos climáticos	47
Tabela 8 – Temperaturas médias mensais com o mês descartado em azul	49
Tabela 9 – Sequência dos meses em ordem de importância para o cálculo	50
Tabela 10 – TRY (verde), médias mais quentes (vermelho) e médias mais frias (amarelo)....	51
Tabela 11 – Aplicação do método TMY2 (em verde, estão os meses representativos).....	52
Tabela 12 – Meses representativos para formação do TMY2	53
Tabela 13 – Tabela com as temperaturas médias ordenadas crescentemente	54
Tabela 14 – Tabela com o cálculo da entalpia.....	59
Tabela 15 – Planilha do cálculo de radiação	60
Tabela 16 – Resultado mensal para a temperatura de bulbo seco (°C)	66
Tabela 17 – Resultado mensal para a temperatura de ponto de orvalho (°C)	68
Tabela 18 – Resultado mensal para a umidade relativa do ar	70
Tabela 19 – Resultado mensal para velocidade dos ventos.....	71
Tabela 20 – Resultado mensal para Radiação Solar Global.....	73
Tabela 21 – Correlações das variáveis de Pearson	74
Tabela 22 – Ventos ausentes (%) por estação	82
Tabela 23 – Tabela com dados climáticos do dia mais frio do período	91
Tabela 24 – Tabela de dia típico de inverno (nível 2,5%).....	92
Tabela 25 – Tabela dia típico de inverno (nível 5%)	93
Tabela 26 – Tabela dia típico de inverno (nível 10%)	94
Tabela 27 – Tabela com o dia mais quente do período	95
Tabela 28 – Dia típico de verão (nível 2,5%).....	96
Tabela 29 – Tabela dia típico de verão (nível 5%).....	98
Tabela 30 – Tabela Dia típico de verão (nível 10%).....	99
Tabela 31 – Tabela com o resultado do minimal <i>.idf</i>	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Esquema de referência para os arquivos de extensão <i>.csv</i>	56
Quadro 2 – Esquema de referência para os arquivos de extensão <i>.epw</i>	57
Quadro 3 – Cálculo da temperatura de bulbo úmido.....	58
Quadro 4 – Relatório geral das estratégias do TRY para Santa Maria.....	77
Quadro 5 – Relatório Geral das estratégias do TMY2 para Santa Maria.....	80

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 OBJETIVOS	16
1.1 Objetivo geral.....	16
1.2 Objetivos específicos.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Características climáticas de Santa Maria.....	17
2.2 Bioclimatologia	20
2.2.1 Arquitetura Bioclimática	23
2.2.2 Estratégias Bioclimáticas.....	25
2.2.3 Projetos Bioclimáticos.....	27
2.3 Limitação dos dados climatológicos.....	30
2.4 Tratamentos estatísticos de dados climáticos.....	31
2.5 Métodos de tratamentos de dados climáticos para projeto de edificações.....	32
2.5.1 Ano Climático de Referência (TRY) e Ano Meteorológico Típico (TMY).....	33
2.5.2 Obtenção de dados sem registro	33
2.5.2.1 Temperatura de Bulbo Úmido	34
2.5.2.2 Radiação Solar.....	34
2.5.3 Carta Bioclimática	37
2.5.4 Dia Típico de Projeto.....	38
2.5.5 Velocidade e direção dos ventos	40
2.5.6 Zoneamento bioclimático	40
3 METODOLOGIA	43
3.1 Fontes dos dados	43
3.1.1 Dados do INMET	43
3.2 Controle de qualidade dos dados	45
3.3 Análise estatística dos dados.....	48
3.4 Aplicação da metodologia de tratamento dos dados	49
3.4.1 Ano Climático de Referência (TRY).....	49
3.4.2 Ano Meteorológico Típico (TMY2).....	52
3.4.3 Dia Típico de Projeto.....	53
3.4.4 Velocidade e direção dos ventos	55
3.4.5 Formatação de dados para tabelas de referência e organização dos dados	55
3.5 Cálculo das variáveis sem registro	57
3.5.1 Temperatura de bulbo úmido.....	57
3.5.2 Cálculos para completar a planilha csv.....	58
3.5.3 Radiação solar.....	59
3.5.4 Análise de inconsistência e compilação nos dados	62
3.6 Carta bioclimática para Santa Maria.....	63
4 RESULTADOS.....	65
4.1 Resultados estatísticos das variáveis climáticas.....	65
4.1.1 Temperatura de Bulbo Seco	65
4.1.1.1 Comportamento mensal da temperatura de bulbo seco (°C).....	66
4.1.2 Temperatura de Ponto de Orvalho.....	67
4.1.2.1 Comportamento mensal da temperatura de ponto de orvalho (°C).....	68
4.1.3 Umidade relativa do ar	69

4.1.3.1 Comportamento mensal da umidade relativa do ar (%)	69
4.1.4 Velocidade dos ventos	70
4.1.4.1 Comportamento mensal da Velocidade dos ventos (m/s)	71
4.1.5 Radiação Solar Global	72
4.1.5.1 Comportamento mensal da Radiação Solar (Wh/m ²)	72
4.1.6 Relações entre as variáveis – correlação de Pearson	74
4.2 Resultados do ano climático de referência (TRY) de Santa Maria.....	76
4.2.1 Carta Bioclimática do TRY	76
4.2.2 Análises dos ventos do TRY	78
4.3 Resultados do ano metodológico típico (TMY) de Santa Maria	79
4.3.1 Carta Bioclimática do TMY2	79
4.3.2 Análises dos ventos do TMY2.....	81
4.4 Análise dos arquivos climáticos TRY, TMY2 e SWERA de Santa Maria	83
4.4.1 Temperatura do TMY2	85
4.4.2 Radiação solar do TMY2.....	87
4.4.3 Velocidade e direção dos ventos do TMY2.....	87
4.5 Resultados do dia típico de projeto	90
4.6 Resultado do arquivo formato .epw	100
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
REFERÊNCIAS.....	106
APÊNDICE	112

INTRODUÇÃO

Quando não existiam recursos tecnológicos para a climatização artificial as edificações eram mais adequadas ao clima, construídas a partir de técnicas tradicionais e locais. Durante a época da Revolução Industrial houve um grande avanço da tecnologia, com destaque para o uso dos sistemas de condicionamento do ar, o que propiciou o abandono de projetos adaptados ao clima, universalizando soluções arquitetônicas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). No período entre as duas guerras mundiais, o movimento modernista da arquitetura disseminou a utilização indiscriminada de um estilo baseado em fachadas totalmente de vidro. Como o modelo independia de fatores climáticos locais ele nem sempre era adequado. Isso porque fachadas envidraçadas geram efeito estufa no interior das edificações e um consumo energético elevado para fins de climatização artificial.

Com a crise do petróleo, na década de 1970, voltou-se a valorizar soluções arquitetônicas locais, adaptadas ao clima e aos recursos naturais (MASCARÓ, 1992). Em busca de mais eficiência energética a climatologia passou a ser aplicada em projetos, originando a arquitetura bioclimática (OLGYAY, 1998), que compreende o uso de elementos favoráveis do clima local e técnicas construtivas voltadas a ele, com o objetivo de baixar os gastos com energia e melhorar o conforto dos usuários. Dessa forma, tem se revelado como um dos meios mais eficazes para a redução do consumo energético em edificações.

No Brasil, desde 1980, vem crescendo o número de pesquisas na área. A arquitetura bioclimática requer o conhecimento do clima local, sendo importante investigar os fatores que o influenciam e as suas consequências para o projeto de edificações. A maior dificuldade brasileira é que os grupos que sistematizam dados meteorológicos para esse fim estão disponíveis a um número limitado de localidades (RORIZ, 2012b). Além disso, as informações são inadequadas, pois se aplicam aos estudos de planejamento agrícola, não aos de edificações (PEREIRA, 2004). Essas limitações implicam na necessidade de ajustes e requerem um tratamento de qualidade de dados e métodos que transformem a grande quantidade de registros em ferramentas práticas de trabalho. Goulart (1993), por exemplo, sistematizou dados climáticos para o município de Florianópolis e, através de procedimentos específicos, foram obtidas informações sobre temperatura de projeto (pelo método da ASHRAE), dias típicos de verão e inverno, ano climático de referência, graus-dia e graus-hora.

Entre outras finalidades, os arquivos climáticos servem como base de programas computacionais voltados para análise de conforto, sendo cada vez mais utilizados. Assim, tornam-se essenciais para projetos e permitem que os pesquisadores verifiquem a interferência dos elementos construtivos a partir da análise de diferentes alternativas que melhorem a eficiência energética da edificação. Um dos programas que, atualmente, é muito utilizado e recomendado pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013) é o *EnergyPlus*, desenvolvido pelo *US Department of Energy*¹, que possibilita a modelagem dos sistemas de uso de energia e água.

A ABNT (2005a) lançou um conjunto de normas, a NBR 15220, dividida em cinco partes, que traz, entre outras recomendações, o zoneamento bioclimático brasileiro. No entanto, a categorização está em processo de revisão, uma vez que há uma inadequação no número de zonas propostas e nas diferenças climáticas entre localidades pertencentes a uma mesma área (RORIZ, 2012b). Santa Maria, segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005b), está na Zona 2. Porém, a classificação não permite a análise aprofundada das implicações climáticas para o projeto de edificações, pois a norma refere-se a recomendações não tão abrangentes como as zonas bioclimáticas de Givoni (1992 apud LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997) e os formatos propostos por Goulart (1993).

Nesse contexto, este trabalho realizará o tratamento de dados climáticos para Santa Maria, complementando uma base de informações fundamentais ao projeto bioclimático. Dentre os variados métodos de análise, foram escolhidos: o Ano Climático de Referência (*Test Reference Year – TRY*); o Ano Meteorológico Típico (*Typical Meteorological Year – TMY2*); o Dia Típico de Projeto (SATTLER, 1989); a Carta Bioclimática de Givoni, gerada pelo programa *AnalisisBio*; a sistematização dos dados de velocidade do ar e direção e a sua formatação para o programa *EnergyPlus*. Como as informações meteorológicas, geralmente, não são adequadas para a arquitetura, o tratamento não se restringiu somente à compilação e formatação para os programas. Foi necessário o controle de qualidade dos dados e ajustes e cálculos para encontrar as variáveis inexistentes.

A importância desta pesquisa está na reunião dos arquivos climáticos para formatos de consulta e uso de programas computacionais, como *Analisis Bio*, *EnergyPlus* e *Analises SOL-AR*. Com isso, abrange o conhecimento de diretrizes bioclimáticas para auxiliar arquitetos e engenheiros em propostas arquitetônicas adequadas ao clima, tendo em vista que, atualmente, as edificações são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia gerada, sendo 40% dele voltado aos gastos em condicionamentos artificiais, conforme dados do Balanço

¹ Departamento de Energia dos Estados Unidos.

Energético Nacional (BRASIL, 2010). Essa realidade existe em função da ausência de normalização adequada e à dificuldade de obtenção de dados climáticos disponíveis para análise (GOULART, 1993).

1 OBJETIVOS

Nesta seção, serão apresentadas as metas delineadas para a pesquisa. A seguir, elas estão discriminadas entre objetivos de caráter geral e específico.

1.1 Objetivo geral

Tratar e compilar os dados climáticos de Santa Maria, através de informações coletadas localmente, visando a favorecer o uso de ferramentas de análise do desempenho termoenergético para fins de melhorias do projeto de edificações.

1.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral, foi traçada uma série de itens específicos, os quais são:

- Levantar dados climáticos (temperatura/umidade relativa do ar, velocidade/direção de ventos, pressão atmosférica, radiação global) junto a estações meteorológicas, analisando a qualidade das informações e fazendo ajustes necessários para completar o banco de dados;
- Compilar dados climáticos nos formatos Ano Climático de Referência (TRY), Ano Meteorológico Típico (TMY2) e Dia Típico de Projeto;
- Gerar a carta bioclimática para Santa Maria, através do programa *AnalisisBio*;
- Sistematizar dados de velocidade do ar, segundo médias mensais de intensidade e direção, com diagramas gerados pelo programa *Analysis SOL-AR*;
- Gerar arquivo climático compatível ao programa de simulação termoenergético *EnergyPlus* (formato *.epw*);
- Disponibilizar os dados, nos formatos indicados, em meio digital, tornando-os acessíveis aos interessados e agentes da construção civil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo, dividido em cinco subseções, delineará a fundamentação teórica da pesquisa, abordando fatores climáticos, a bioclimatologia e a limitação e métodos para o tratamento dos dados.

2.1 Características climáticas de Santa Maria

O clima é um conjunto de características da atmosfera deduzido de observações contínuas durante um longo período. O clima e as suas variações exercem grande influência sobre a sociedade, afetando o homem e as atividades que exerce (AYOADE, 1996).

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), em função de o Brasil abranger um imenso território e se localizar entre dois trópicos, o clima é bastante variado. Conforme a Figura 1, o Brasil foi dividido em seis regiões básicas.

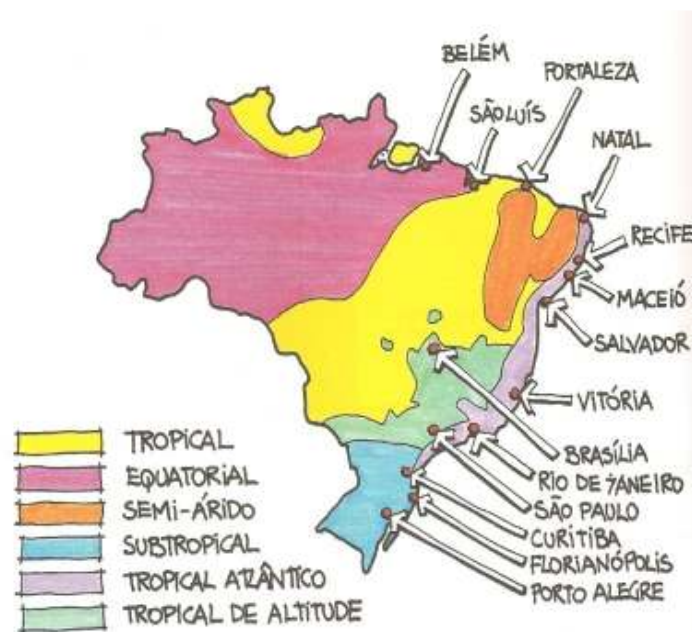


Figura 1 – Mapas do clima brasileiro.

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997, p. 112).

O Rio Grande do Sul foi classificado pelo clima subtropical, caracterizado por médias de temperaturas abaixo de 20°C e amplitude anual variável entre 9°C e 13°C, com invernos rigorosos e chuvas fartas e bem distribuídas. A cidade de Santa Maria é localizada na região central do Estado, chamada Depressão Central, e, conforme a Figura 2, situa-se nas seguintes coordenadas: Latitude -29,68° e Longitude -53,8° (IBGE). O clima de Santa Maria tem o verão bastante quente, pois, durante o solstício dessa estação, os raios solares incidem com grande intensidade. O inverno é frio, sofrendo intensas e sucessivas invasões de frentes polares.



Figura 2 – Localização de Santa Maria.

Fonte: IBGE.

O clima é caracterizado pelos elementos climáticos, que são variáveis objetivas, como a temperatura e a umidade atmosférica do ar, a radiação solar, a precipitação e os ventos (POUEY, 2011).

Na página eletrônica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)², é disponibilizada uma tabela com as Normais Climatológicas para a cidade de Santa Maria, no período entre 1961 e 1990, baseadas em médias mensais. Para complementar a caracterização climática da cidade, analisaram-se esses dados. Conforme a Tabela 1 que apresenta as médias das temperaturas máximas, mínimas e médias; é possível destacar que as temperaturas máximas ocorrem nos meses de janeiro e fevereiro, com média de 30°C, e as mínimas são

² Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

registradas em junho e julho, com média de 9,5°C. A média mais alta (24°C) ocorre entre janeiro e fevereiro e a mais baixa (13,9°C) é percebida no mês de junho.

Tabela 1 – Variações das médias das temperaturas de Santa Maria entre 1961 e 1990

MÊS	T. Máxima	T. Média	T. Mínima
Janeiro	30,4	24,2	19,1
Fevereiro	30,0	23,9	19,5
Março	28,2	21,9	17,9
Abril	25,0	18,4	14,5
Maió	22,1	15,9	11,8
Junho	19,2	13,9	9,3
Julho	19,6	14,1	9,5
Agosto	20,3	14,2	10,4
Setembro	22,5	16,5	11,3
Outubro	24,8	18,6	13,5
Novembro	27,3	21,0	15,9
Dezembro	29,5	23,3	18,3

Fonte: Adaptado do INMET.

Segundo Nimer (1989, p. 212), "o sul do Brasil é uma região privilegiada pela altura e regime anual da precipitação pluviométrica". A ocorrência de precipitações, de acordo com o INMET, é mensal. O mês com mais chuvas é janeiro, com 163 mm, e o menos chuvoso é novembro, com 120,5 mm. Em relação à umidade relativa do ar, a época mais úmida é a de maio, com 82%, e a mais seca é a de dezembro, com 69% (Tabela 2).

Tabela 2 – Variações de umidade relativa do ar e precipitação de Santa Maria entre 1961 e 1990

(continua)		
Mês	Umidade %	Precipitação (mm)
Janeiro	71.0	163.0

Tabela 2 – Variações de umidade relativa do ar e precipitação de Santa Maria entre 1961 e 1990

Mês	(conclusão)	
	Umidade %	Precipitação (mm)
Fevereiro	76.0	127.2
Março	79.0	136.2
Abril	80.0	121.4
Maio	82.0	127.5
Junho	81.0	139.3
Julho	80.0	144.9
Agosto	78.0	142.1
Setembro	78.0	124.3
Outubro	73.0	128.2
Novembro	71.0	120.5
Dezembro	69.0	142.2

Fonte: Adaptado do INMET.

2.2 Bioclimatologia

Victor Olgyay, com o auxílio de seu irmão e colaborador, Aladar Olgyay, foi um dos pioneiros na área de bioclimatologia. Pesquisou sobre a arquitetura solar, passiva e bioclimática e os efeitos do clima sobre o homem. Segundo os estudos, o processo construtivo de uma edificação climaticamente equilibrada pode se dividir em quatro etapas: a análise dos elementos climáticos do lugar escolhido, a avaliação do efeito do clima em termos fisiológicos, a verificação da solução tecnológica adequada para cada problema de conforto térmico e, por fim, a expressão arquitetônica (OLGYAY, 1998).

Olgyay propôs um diagrama bioclimático, ilustrado na Figura 3 (p. 21), com estratégias de adaptação da arquitetura ao clima. Esse esquema é desenhado entre dois eixos, sendo o vertical correspondente às temperaturas e o horizontal às umidades relativas. Além disso, possui a zona de conforto, marcada no centro, e os elementos climáticos, indicados por curvas ao redor, as quais fornecem as medidas necessárias para devolver a sensação de conforto em qualquer posição que estiver fora da área central. A proposta do gráfico tem suas

onde são apresentados diferentes limites das condições climáticas em relação aos climas temperado (países desenvolvidos) e quente (países em desenvolvimento).

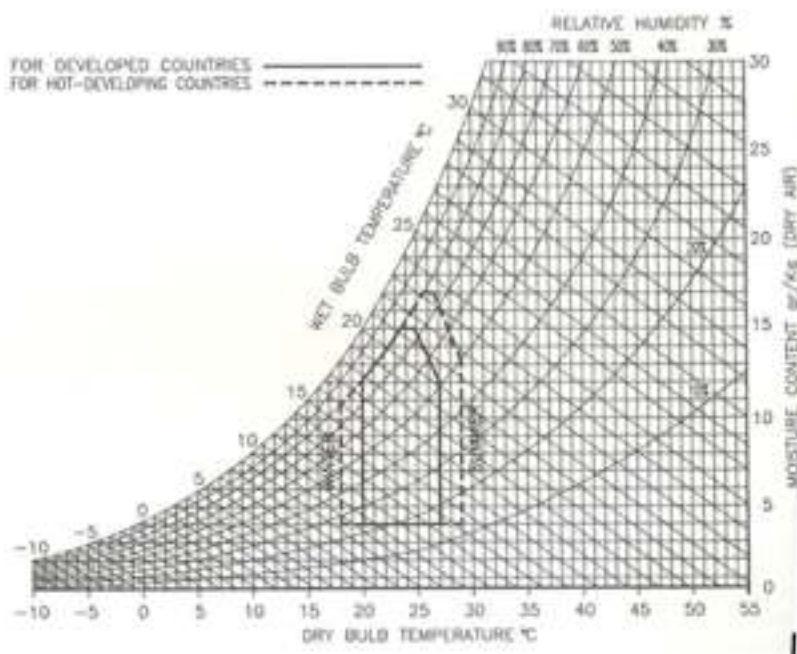


Figura 4 – Carta bioclimática de Givoni.

Fonte: GIVONI (1998, p. 38).

O intervalo de temperatura aceitável sugerida para países desenvolvidos é de 18°C a 25°C, no inverno, e de 20°C a 27°C, no verão, sendo os limites máximos de temperaturas aplicáveis para baixos níveis de umidade do ar. Para países em desenvolvimento, com clima quente, Givoni sugere aumentar em 2°C a temperatura máxima. Portanto, no verão, em situação de baixa umidade, a variação de temperatura pode ser de 25°C a 29°C e, em alta umidade, de 25°C a 26°C. Com ventilação de 2,0m/s, a temperatura máxima para conforto pode chegar a 32°C. No inverno, os limites são de 18°C a 25°C (BARBOSA, 1997).

Conforme Givoni, o clima interno de edifícios não climatizados artificialmente reflete a variação do clima externo. Assim, os usuários desses locais são mais tolerantes a maiores variações de temperatura do que as pessoas que circulam em edificações condicionadas artificialmente, situação para a qual a zona de conforto da ASHRAE (*American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) foi desenvolvida. Essa diferença também seria aparente nas cartas bioclimáticas (GOULART, 1993). A ASHRAE é uma

associação voltada para normatização, organizada por profissionais da área de aquecimento, refrigeração e ar-condicionado, que propõe uma zona de conforto para edificações climatizadas artificialmente. O diagrama psicométrica especifica limites constantes para temperatura do ar e umidade, considerando pessoas em atividade sedentária. Essa zona, segundo Barbosa (1997), é bastante aplicada na estruturação de cartas bioclimáticas.

2.2.1 Arquitetura Bioclimática

A arquitetura bioclimática teve um avanço com o conceito de projeto bioclimático de Olgyay (1998), que objetiva utilizar, por meio de seus próprios elementos, as condições favoráveis do clima e satisfazer o conforto térmico do ser humano. Mascaró e Mascaró (1992, p. 23) afirmam que "o objetivo do projeto bioclimático consiste em aumentar a complexidade organizativa do sistema, elevando sua confiabilidade e com um consumo mínimo de energia". Portanto, sem um conhecimento aprofundado das características climáticas do local, até um profissional experiente falhará no esforço de adequar a tecnologia à zona climática.

Para Cunha (2006, p. 36) não existe arquitetura bioclimática, mas, sim, a arquitetura, simplesmente. "A arquitetura bioclimática não é uma invasão de novas tecnologias descobertas e desenvolvidas por cientistas", mas a utilização, no desenho arquitetônico, de conhecimentos que dizem respeito ao lugar, clima, às orientações, à insolação. Assim, a base para a concepção bioclimática envolve o programa arquitetônico, a paisagem, a cultura, os materiais locais e a noção de bem-estar e de abrigo.

Segundo Cruz (19--?), o propósito da arquitetura bioclimática é interpretar as condições ambientais do local da edificação, utilizando as suas vantagens e fontes naturais de energia. Para tanto, é muito importante o conhecimento dos materiais de construção e seus benefícios térmicos. O desenho dos componentes de construção de uma edificação não deve considerar somente a estética, a estrutura e a economia, mas também as estratégias para a manutenção das temperaturas.

Romero (2001, p. 28) tratou de conceitos sobre bioclimatologia de três autores, concluindo que a etapa atual de movimento climatológico e energético (arquitetura bioclimática) "é uma forma de desenho lógico que reconhece a persistência do existente, culturalmente adequada ao lugar e aos materiais locais e que utiliza a própria concepção arquitetural como mediadora entre o homem e o meio." Lamberts et al. (1994) compara

índices e zonas de conforto e indica a utilização da carta bioclimática de Givoni, com suas estratégias da arquitetura ao clima adaptadas para a elaboração das normas e regulamentos de eficiência energética e bem-estar no Brasil.

A carta psicrométrica permite avaliar o comportamento da edificação em relação ao clima, durante dias, meses ou anos, identificando a zona de conforto e determinando estratégias de aquecimento e resfriamento passivos. O gráfico adotado para o Brasil está dividido em nove zonas de estratégias bioclimáticas. A Figura 5 ilustra a carta com divisões para a cidade de Porto Alegre, onde: 1. Zona de conforto; 2. Zona de ventilação; 3. Zona de resfriamento evaporativo; 4. Zona de massa térmica para resfriamento; 5. Zona de refrigeração artificial; 6. Zona de umidificação do ar; 7. Zona de massa térmica para aquecimento; 8. Zona de aquecimento solar da edificação; 9. Zona de aquecimento artificial (calefação). Esse instrumento é importante para atingir edificações com conforto e eficiência energética, apresentando uma linguagem facilmente compreendida pelos projetistas.

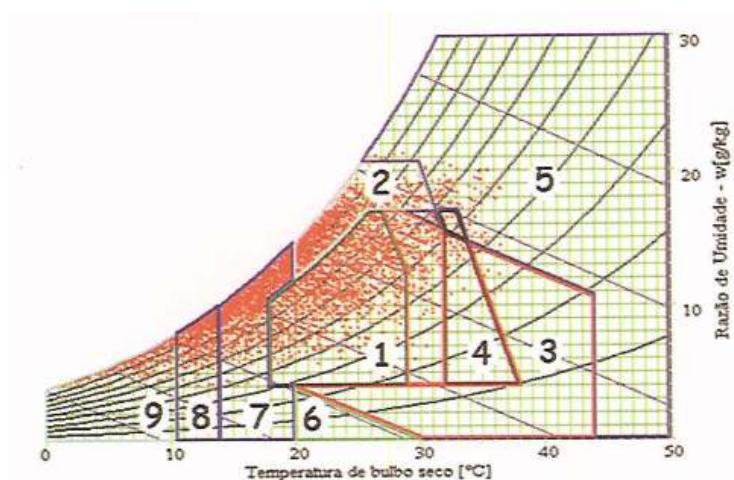


Figura 5 – Carta Bioclimática para Porto Alegre.

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997, p. 116).

Segundo Andrade (1996, p. 7), as estratégias bioclimáticas são meios para o planejamento de edificações, sendo que "as pesquisas do projeto bioclimático buscam minimizar custos de energia, pois procuram obter de forma natural as condições de conforto térmico aos ocupantes de um espaço". A variedade das estratégias demonstra a importância do problema que o profissional da área de projetos encontra e a necessidade de utilizar conhecimentos e recursos técnicos para que a sua proposta atenda às exigências de conforto

térmico do usuário (CURCIO, 2011). As estratégias bioclimáticas, utilizadas corretamente durante a elaboração do projeto da edificação, podem proporcionar melhorias nas condições de conforto térmico e eficiência energética (CUNHA, 2006).

Ainda segundo Cunha (2006), o arquiteto concebe o projeto arquitetônico a partir de conceitos gerais, relacionando uma variedade de aspectos – formais, funcionais, simbólicos, tecnológicos, ambientais, bioclimáticos. Dessa forma, produz um aumento do grau de definição durante o processo de desenvolvimento do projeto, finalizando com soluções mais específicas.

Os pontos funcionais dizem respeito às necessidades do uso da edificação, determinando a organização dos elementos de composição. Portanto, pertencem ao lado conceitual e subjetivo da proposta arquitetônica. Já os princípios bioclimáticos estão relacionados às estratégias adequadas ao clima local, buscando uma maior economia de energia da edificação. Para Roaf, Crichton e Nicol (2005, p. 78), "com projetos inteligentes, os tipos de edificações de qualquer região podem ser modificados e melhorados para que se tornem seguros em uma variação maior de temperatura." Maciel (2006), analisa as experiências individuais de alguns arquitetos, cujos trabalhos apresentam características bioclimáticas, através de entrevistas semiestruturadas. Os profissionais europeus usam os termos sustentabilidade, arquitetura sustentável ou arquitetura verde para se referirem a aspectos relacionados a fatores bioclimáticos e ao desenvolvimento de estratégias passivas que melhorem o conforto e a qualidade do ambiente junto à eficiência energética.

Conforme demonstrado anteriormente, para o projeto bioclimático é necessário, primeiramente, a análise dos dados do clima. Ou seja, as condições de conforto somente podem ser elaboradas com o conhecimento das características do meio.

2.2.2 Estratégias Bioclimáticas

As estratégias bioclimáticas, utilizadas corretamente durante a elaboração do projeto da edificação, podem proporcionar melhorias nas condições de conforto térmico e eficiência energética (CUNHA, 2006). A seguir, está uma breve explicação das zonas de atuação na carta, com base nos pontos numerados pela Figura 5 (p. 24), apresentada anteriormente.

Na Zona 1, há uma grande probabilidade das pessoas sentirem-se em conforto térmico. Essa sensação pode ser obtida para umidade relativa, variando entre 20% e 80%, com

temperatura entre 18°C e 29°C (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). A estratégia da ventilação (Zona 2) corresponde a um método de resfriamento natural, com a substituição do ar interno pelo externo. Se a temperatura ultrapassar os 29°C, ou a umidade for superior a 80%, é necessário ventilar para a melhoria da sensação térmica. Essa técnica tem grande importância porque, além de reduzir o consumo de energia de uma edificação, contribui bastante com problemas de qualidade interna do ar, através da diminuição de poluentes, melhorando as condições de conforto em ambientes fechados (LAMBERTS; TRIANA, 2007). As soluções arquitetônicas mais utilizadas são: ventilação cruzada, ventilação da cobertura e ventilação do piso sob a edificação.

Na Zona 3, tem-se o resfriamento evaporativo, uma estratégia utilizada para diminuir a temperatura e aumentar a umidade relativa do ar. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), exemplos de aplicação desse método são os usos de vegetação, fontes d'água e de outros recursos que resultem na evaporação diretamente no ambiente que se deseja resfriar. A utilização de inércia térmica de uma edificação, que envolve a Zona 4, de massa para resfriamento, faz com que a amplitude da temperatura interior diminua em relação a exterior, evitando-se os picos no ambiente. Componentes construtivos com elevada capacidade térmica são indicados para locais que ficam expostos a temperaturas muito altas, durante o dia, e extremamente baixas à noite.

A estratégia de ar condicionado (Zona 5), de resfriamento artificial, deve ser utilizada quando o clima for muito rigoroso, em determinados períodos do ano e durante algumas horas do dia, quando as estratégias de ventilação, resfriamento evaporativo e massa térmica não proporcionam as condições de conforto no ambiente (LAMBERTS; TRIANA, 2007). Já a umidificação do ar, marcada pela Zona 6, é indicada quando a temperatura for inferior a 27°C e a umidade relativa menor que 20%. Para amenizar esse desconforto, podem-se usar recipientes com água no ambiente interno. Da mesma forma, aberturas herméticas podem manter a umidade, além do vapor d'água gerado por atividades domésticas ou produzido por plantas (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2007).

Na Zona 7, está a massa térmica de aquecimento solar, estratégia indicada quando as temperaturas estão entre 14°C e 20°C. Nesse caso, podem-se adotar componentes construtivos com maior inércia térmica, além de aquecimento solar passivo e isolamento térmico, para evitar perdas de calor. No verão, está associada à proteção contra a radiação solar e, no inverno, com o ganho térmico (CUNHA, 2006). Já o método de aquecimento solar passivo (Zona 8) é necessário quando as temperaturas ficam entre 10,5°C e 14°C. É recomendado evitar a diminuição de calor. Portanto, a edificação deve ter superfícies envidraçadas

orientadas ao sol, que possam ser protegidas à noite, para evitar as perdas por condução, e aberturas reduzidas nas fachadas que não recebem insolação. Para conseguir um aquecimento solar passivo, é preciso uma orientação de cores adequadas à edificação, aberturas zenitais, coletores de calor (colocados no telhado) e isolamento para reduzir perdas térmicas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Por fim, a última Zona (9) apresenta o aquecimento artificial, que, assim como a estratégia de resfriamento artificial, é recomendada para temperaturas rigorosas (nesse caso, inferiores a 10°C). É importante usar isolamento nas paredes e coberturas dos ambientes aquecidos para evitar perdas de calor para o ambiente externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2007).

2.2.3 Projetos Bioclimáticos

O desenvolvimento dos projetos de maneira integrada com o local, considerando o ponto de vista ambiental, tem originado um grande número de pesquisas, livros e sistemas computacionais. Portanto, neste item, serão comentadas algumas dessas iniciativas. Primeiramente, estão apresentados estudos de casos de arquiteturas internacionais que mostram equilíbrio entre meio ambiente, economia e justiça social, possibilitando projetos sustentáveis. Na sequência, há exemplos de arquitetos brasileiros que fazem uso de estratégias bioclimáticas.

Na Austrália, o arquiteto Mick Pearce projetou um Edifício Administrativo 2 (*Council House Two – CH2*) para a prefeitura da cidade de Melbourne, aproveitando o vento, a chuva, a luz diurna e o ar noturno. A Figura 6 (p. 28) mostra todas as estratégias diurnas que o edifício possui, como: recolhimento de água da chuva, prateleiras de luz, refrigeração, calefação e geração de energia – através de microturbinas que suprem 30% das necessidades da edificação e painéis solares e turbinas eólicas que geram energia e também funcionam como um sistema de exaustão de ar (KEELER; BURKE, 2009).

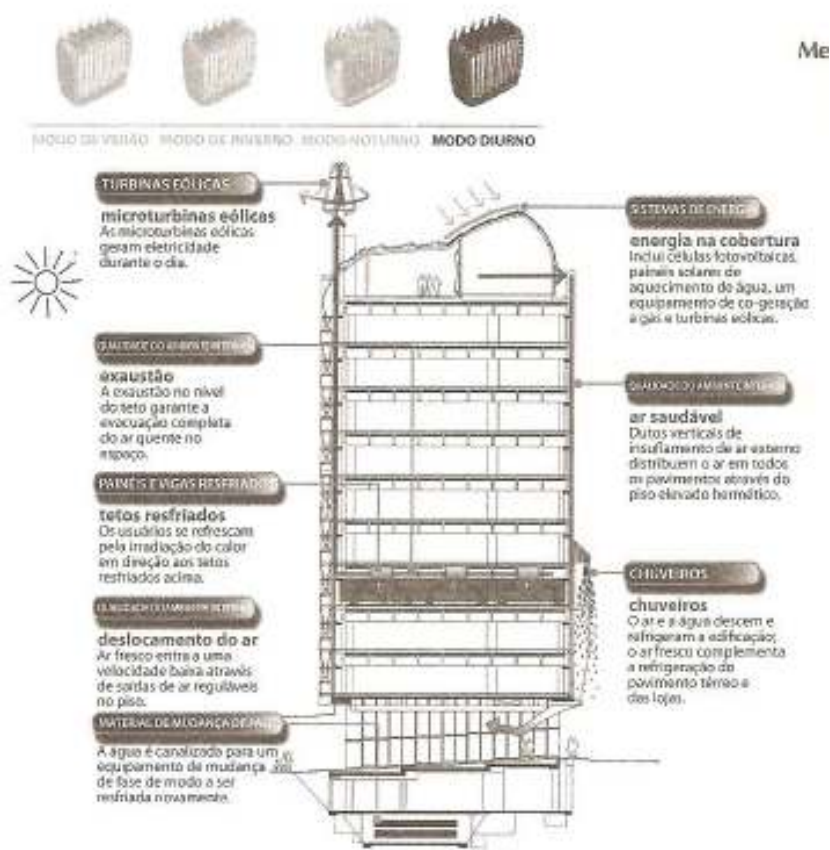


Figura 6 – Cortes do Edifício CH2 mostram métodos operacionais diários e sazonais dos sistemas da edificação.

Fonte: KEELER; BURKE (2009, p. 237).

No estado da Califórnia, os escritórios de arquitetura *Renzo Piano Building* e *Chong Partners Architecture* se juntaram para projetar o *California Academy of Sciences* (Figura 7, p. 29), um museu, na cidade de São Francisco, que busca ser a edificação ecologicamente mais sustentável do mundo. Para isso, há uso da iluminação zenital em todos os ambientes. A construção possui uma cobertura verde que, além de servir de isolante térmico, tem a capacidade de absorver a água da chuva, com metade do volume sendo reutilizado em outras partes do museu. O telhado verde também oferece um habitat para a borboleta *BayCheckerspot*, ameaçada de extinção, através de uma variedade de espécies de plantas e flores. A ventilação natural é obtida por janelas de abrir. Ainda, como mostra a Figura 8 (p. 29), as marquises possuem um sistema fotovoltaico integrado. O edifício é, hoje, o maior prédio público do mundo com certificação *LEED Platinum* (KEELER; BURKE, 2009).



Figura 7 – *California Academy of Sciences*:
cobertura verde integrada com o entorno.
Fonte: KEELER; BURKE (2009, p. 302).



Figura 8 – Marquise com os sistemas
fotovoltaicos integrados.
Fonte: KEELER; BURKE (2009, p. 302).

No Brasil, o arquiteto João Filgueiras Lima, que desenvolveu o sistema usado na rede de hospitais Sarah Kubitschek, baseou-se na arquitetura bioclimática para solucionar espaços voltados à reabilitação motora em muitas cidades do Brasil. Em Salvador, Filgueiras aplicou um plano de ventilação em um hospital da rede (Figura 9). Sabendo que o clima da cidade é quente e úmido, o projeto arquitetônico foi baseado na premissa de explorar a ventilação natural, através de tubulações coletoras de vento, conforme a Figura 10. Na construção, os *sheds* extraem o ar e possibilitam uma iluminação difusa, e os brises, na horizontal, impedem que a radiação solar direta penetre na edificação. Outra preocupação foi conexão dos ambientes internos com os jardins externos, colaborando para o microclima (MACIEL, 2006).



Figura 9 – Hospital Sarah Kubitschek de
Salvador.
Fonte: FRACALOSSO (2012).



Figura 10 – Imagem interna dos *sheds* e
brises.
Fonte: FRACALOSSO (2012).

Outro local que também demonstra o uso de estratégias bioclimáticas é a casa eficiente (Figura 11), localizada em Florianópolis, resultado da parceria estabelecida entre ELETROSUL, ELETROBRAS/PROCEL Edifica e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), através do LabEEE o projeto arquitetônico foi elaborado pelas arquitetas Alexandra Maciel e Sueli Ramos . Esse projeto reúne diversas estratégias, tais como: o aproveitamento da ventilação e da luz natural, adotadas como alternativas ao uso da refrigeração e iluminação artificiais; o emprego das energias solares térmica, para aquecimento de água, e luminosa, para a geração de eletricidade, através de um painel fotovoltaico interligado à rede; o uso de água da chuva e um sistema de reuso de águas. Ainda, conforme ilustrado na Figura 12, os efluentes recebem tratamento biológico por zona de raízes (LAMBERTS et al., 2010).



Figura 11 – Casa Eficiente.
Fonte: LAMBERTS et al. (2010, p.10).



Figura 12 – Tratamento por zonas de raízes.
Fonte: LAMBERTS et al. (2010, p.10).

2.3 Limitação dos dados climatológicos

Os registros dos dados climatológicos podem evidenciar discrepâncias devido a causas diversas: presença de valores não compatíveis com os reais (dados suspeitos) ou de lacunas na série (dados não registrados), geralmente devido à falha humana ou de equipamentos, e problemas na infraestrutura, como a interrupção no fornecimento de eletricidade em alguns momentos. Por isso, as informações devem ser submetidas a uma análise para verificar sua qualidade e corrigir possíveis falhas.

Para propor a caracterização de uma base de dados sólidas e homogênea, Pittigliani (2000) apresenta um método científico de verificação da qualidade dos dados hidrometeorológicos. Esse procedimento, através de uma análise objetiva, visa a identificar dados com problemas, e é composto por quatro testes: *range* (confere os limites climatológicos máximos e mínimos); *step* (avalia a diferença máxima entre valores de dois dados consecutivos); *persistence* (verifica a persistência de um mesmo valor em uma série temporal); *spatial* (realiza um exame espacial dos dados)

Outra etapa se refere aos dados nulos encontrados durante o histórico de registros, com base no tratamento metodológico de Loureiro (2003). Quando o intervalo de dados ausentes é maior do que cinco horas, é necessária a análise de dias anteriores e posteriores ao atual. Assim, faz-se a interpolação dos dados, de modo a completar os elementos faltantes a partir dos referentes de mesmos horários e tendências de variações diárias. Já para períodos maiores, segundo Roriz (2012b), é preferível adotar os dados de um ano anterior que seja semelhante ao atual. Na situação em que as lacunas encontradas se estendam por vários dias consecutivos, segundo Guimarães e Carlo (2010), os tratamentos são considerados ineficientes, e os meses em questão são descartados da compilação dos arquivos climáticos.

Ainda, existe a dificuldade de localização dos registros de dados que, geralmente, é distante do ponto em que se pretende edificar. Existem poucas estações no Brasil que medem a radiação solar (CARLO; LAMBERTS, 2005), sendo necessários, então, cálculos analíticos para gerar essa variável. Nesse sentido, são aplicados métodos de tratamento que transformam a grande quantidade de dados em ferramentas de trabalho (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998), o que possibilita a geração do arquivo climático.

2.4 Tratamentos estatísticos de dados climáticos

A estatística é o campo que aplica processos para organizar, resumir, analisar e interpretar adequadamente conjuntos de dados. O objetivo é o de apresentar informações sobre elementos em análise, para que se tenha maior compreensão dos fatos que eles representam.

O sucesso do trabalho de pesquisa dependerá da habilidade do analista em examinar os resultados das informações contidas nos dados (LAPPONI, 2005). Para Barbeta (2009, p. 14), "a relação entre estatística e engenharia é ainda mais estreita. Para que o aluno possa

entender certos métodos de engenharia, é necessário que tenha conhecimentos de probabilidade e estatística".

Uma maneira de sintetizar os dados de uma variável quantitativa, além de tabelas e gráficos, é apresentá-los na forma de valores numéricos, denominados medidas descritivas. As mais usuais são: média aritmética (a soma de todos os valores percebidos na variável dividida pelo número total de observações); confiança (são adotados limites de 95% para as médias das observações da variável); variância (quadrado do desvio padrão); desvio padrão (grau de dispersão dos dados em torno de um valor médio); coeficiente de variação (medida de dispersão relativa definida como a razão entre o desvio padrão e a média); medida de assimetria (indicador da forma de distribuição dos dados à direita ou esquerda) (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 200-).

Uma análise estatística muito importante é o da correlação de Pearson, uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Esse coeficiente sofre alternância entre os valores -1 e +1. Quando não há vínculo, o valor é de 0 (zero). As ligações perfeitas ocorrem quando os valores são de +1 ou de -1, sendo que, no caso negativo, a associação é inversa. Ou seja, é quando uma das variáveis aumenta e a outra diminui. Quanto maior a proximidade de +1 ou -1, mais forte é a relação linear entre as duas variáveis.

No presente estudo, com o auxílio da planilha eletrônica Excel©, os dados das variações de temperatura de bulbo seco e de ponto de orvalho, umidade relativa e velocidade do ar, pressão atmosférica, radiação global e precipitação foram submetidos às medidas descritivas citadas. As informações foram analisadas, de acordo com os seus comportamentos, no período compreendido entre os anos de 2002 e 2013.

2.5 Métodos de tratamentos de dados climáticos para projeto de edificações

Nesta seção do capítulo, serão descritas as formas de tratamento de dados aplicadas ao estudo. Os métodos foram divididos em sete subseções específicas, as quais estão elencadas a seguir.

2.5.1 Ano Climático de Referência (TRY) e Ano Meteorológico Típico (TMY)

Vários programas de simulação de desempenho térmico de edificações adotam, para dados iniciais, informações horárias para um ano. É o caso do *EnergyPlus*, do *Design Builder*, ferramenta de interface com o usuário mais amigável (baseada na abordagem do *EnergyPlus*), e também de softwares, como o francês COMFIE (*Calcul d' Ouvrages Multizones Fixé à une Interface Expert*) e o ESP (Programa de simulação térmica e energética de edificações), desenvolvido no Reino Unido (BARBOSA, 1997). Conforme Goulart (1993), a ASHRAE recomenda o ano climático de referência (TRY) e o ano meteorológico típico (TMY) para fins de projeto de edificações. Esses formatos foram desenvolvidos para análise de desempenho termoenergético utilizada nos Estados Unidos. Segundo Goulart (1993), os anos que apresentam temperaturas médias mensais extremas (altas e baixas) são descartados até que reste um ano considerado representativo do período. O TMY consiste em 12 meses restantes dessa eliminação, diferente do TRY, que desconsidera o ano inteiro. O TMY2 (*Typical Meteorological Year* versão 2), que está entre as metodologias utilizadas neste trabalho, na verdade, é uma evolução do TRY (*Test Reference Year*), uma das primeiras bases de dados disponíveis para uso em simulações de edificações (FERREIRA, 2006).

No caso do programa *EnergyPlus*, depois de achar o TRY e o TMY2 no histórico de dados, é necessário tratar e compilar o arquivo climático, denominado *EnergyPlus Weather File* (.epw), para o formato adequado compatível. Segundo Pereira (2004), o formato para o programa consiste de uma série de informações, como: temperaturas de bulbo seco (°C) e de ponto de orvalho (°C), umidade relativa (%), pressão atmosférica (Pa), radiação solar (global, direta, difusa e infravermelha, medida em Wh/m²), iluminância (global, direta e do zênite, medida na unidade lux), direção do vento (deg), velocidade do vento (m/s), cobertura total do céu, visibilidade (km) e precipitação (mm).

2.5.2 Obtenção de dados sem registro

Alguns registros mínimos para a criação do arquivo climático não são medidos nas estações, sendo necessário utilizar modelos analíticos para o seu aferimento. Esse é o caso da

temperatura de bulbo úmido e radiação solar, para os quais se buscaram conhecimentos, visando delinear as suas estimativas.

2.5.2.1 Temperatura de Bulbo Úmido

A temperatura de bulbo úmido está relacionada à do bulbo seco e à umidade relativa do ar. Quanto maior a diferença entre as temperaturas entre os dois tipos de bulbos, menor a umidade relativa. Assim, com a diferença menor, maior a umidade relativa. A temperatura de bulbo úmido pode ser determinada pelo programa *Psychros*, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Na ferramenta, a partir dos valores de temperatura de bulbo seco e da umidade relativa, é gerada a temperatura de bulbo úmido. Outra forma de cálculo é o método descrito por Jensen e outros (1990), utilizada por Pereira (2004), é através da temperatura de ponto de orvalho, conforme a Equação 1.

$$Tu = [(gxT) + (d \times To)] / (g + d)$$

Onde:

Tu – Temperatura de bulbo úmido

g – $0,00066 \times P$, onde P é a pressão barométrica em Kpa.

d – $4098 \times e / (To + 237,3)^2$

T – Temperatura de bulbo seco

To – Temperatura de ponto de orvalho

Equação 1 – Cálculo da temperatura de ponto de orvalho.

2.5.2.2 Radiação Solar

O sol é uma esfera gasosa luminosa que fornece 99,97% da energia utilizada para vários fins no sistema Terra-atmosfera e emite energia em ondas eletromagnéticas que se propagam no espaço. A quantidade de radiação solar incidente sobre o topo da atmosfera

terrestre depende de três fatores: da época do ano, do período do dia e da latitude (AYOADE, 1996).

A medição da radiação solar pode ser gerada através de vários tipos de instrumentos: o pirheliômetro, o piranômetro e o actinógrafo. Esses tipos de mecanismos geralmente são de elevado custo e, devido a isso, muitas localidades com ausência de coleta de dados de radiação solar buscam modelos matemáticos para a estimativa dos valores (MARTINAZZO, 2004).

Pitta (2001) desenvolveu, em Florianópolis, um estudo que investiga métodos de calcular a radiação solar a partir de observações de cobertura de nuvens e da duração de brilho do sol. Já Martinazzo (2004) elaborou modelos de estimativas da radiação solar, com o intuito de complementar a base de dados para o traçado de mapas do Rio Grande do Sul, fazendo um levantamento histórico dos modelos de previsão desse tipo de registro. Ainda, tem-se a metodologia de Pereira (2004), que trabalhou a inserção de dados climáticos em programas computacionais de simulação energética para edificações de Belo Horizonte. Nesse trabalho, os dados de horas de insolação foram convertidos em radiação solar citados por Duffie e Beckman (1980).

A validade e a discussão sobre arquivos e dados climáticos utilizados em simulações de análise da eficiência de energia estão crescendo cada vez mais. Pode-se perceber que esse cenário resulta da importância do clima sobre os efeitos térmicos das edificações e, conseqüentemente, sobre os efeitos no consumo de energia.

Carlo e Lamberts (2005) elaboraram, através do LabEEE, um relatório de processamento de arquivos climáticos para simular o desempenho energético de edificações. O estudo englobou dois métodos para a estimativa da radiação solar: o de Kasten, descrito por Thevenard e Brunger, em 2001, e o LabEEE, desenvolvido por Pitta (2001). Os resultados levaram à escolha do método LabEEE para o cálculo da radiação global horizontal horária em todas as capitais brasileiras. Outra iniciativa foi de Guimarães e Carlo (2010), que realizaram uma pesquisa de desenvolvimento do arquivo climático de Viçosa para a simulação computacional de desempenho termoenergético. No estudo, estimaram-se dados climáticos de radiação solar, com base nas equações de Duffie e Beckmann (1980), bibliografia presente em todos os trabalhos supracitados. Esses dois autores estabeleceram, em seus estudos, algumas definições de radiação solar, as quais são importantes para a melhor compreensão do assunto. Os conceitos podem ser divididos da seguinte forma: a) *Radiação direta* – recebida do sol, subtraindo a radiação espalhada, absorvida ou refletida por componentes atmosféricos; b) *Radiação difusa* – parte espalhada por componentes atmosféricos, sendo que *albedo* é a parte

da radiação difusa refletida pela superfície terrestre; c) *Radiação solar global* – é a soma da *radiação difusa* e da *radiação direta* sobre uma superfície, representada por H ; d) *Irradiância* (W/m^2) – taxa que a energia radiante incide sobre a superfície, por sua unidade de área, representada pelo símbolo G ; e) *Irradiação* (J/m^2) – energia incidente por unidade de área sobre uma superfície, ou seja, é a integração da irradiação sobre um tempo específico, hora ou dia, sendo simbolizada por I .

Outra variável importante no cálculo da radiação solar é a *hora solar*, tempo baseado no movimento angular aparente do sol no céu. No meio-dia solar, o sol cruza o meridiano do observador. Para converter o horário padrão em solar, são necessárias duas correções. A primeira é a diferença entre as longitudes do meridiano local e de referência padrão para a gjuhora oficial, considerando que o sol leva 4 minutos para cruzar o 1° de longitude (DUFFIE; BECKMAN, 1980). O cálculo é feito pela Equação 2.

$$\text{Hora solar} - \text{Hora oficial} = 4(L_{st} - L_{loc}) + E$$

Onde:

L_{st} é a longitude do meridiano padrão para a hora oficial local;
 L_{loc} é a longitude local em questão, e as longitudes estão em graus oeste, ou seja, $0^\circ < L < 360^\circ$.

Equação 2 – Cálculo de medição da *hora solar*.

A segunda correção considera as perturbações no ritmo de rotação da Terra que afetam o tempo que o sol cruza o meridiano do observador. O cálculo pode ser por meio da Equação 3.

$$E = 229,2(0,000075 + 0,001868 \cos B - 0,032077 \sin B - 0,014615 \cos 2B - 0,04089 \sin 2B)$$

Onde:

$B = (n - 1) \frac{360}{365}$ e n é o dia do ano.

Equação 3 – Cálculo de medição do tempo para o sol cruzar o meridiano do observador.

A *radiação solar extraterrestre* é outra importante variável do período do ano, fonte de oscilação de energia que chega à Terra. É a distância entre o sol e a superfície, que não é constante, devido à excentricidade da órbita elíptica do planeta, que possui o sol como um de seus focos. A variação desse fluxo de radiação é de $\pm 3\%$, com base na Equação 4.

$$G_{on} = G_{sc} (1 + 0,033 \cos \frac{360.n}{365})$$

Onde:

G_{on} é a radiação extraterrestre perpendicular;

G_{sc} é a constante de 1353w/m^2 e n é o dia do ano.

Equação 4 – Cálculo da variação de *radiação solar extraterrestre*.

2.5.3 Carta Bioclimática

A carta bioclimática é construída sobre um diagrama psicométrico, como o ilustrado na Figura 13 (p. 38). As variações de temperatura e umidade podem apresentar uma inter-relação com a temperatura de bulbo seco e úmido, a pressão atmosférica e o conteúdo de umidade relativa do ar. Esse gráfico permite vários exames do ambiente construído, pois diz respeito à temperatura e à umidade do ar, gerando análises do clima, do conforto e das estratégias bioclimáticas (KINSEL, 2009).

A carta escolhida é apropriada para fornecer estratégias bioclimáticas somente para projetos residenciais. Para prédios comerciais este método não é apropriado, pois não considera o aumento da geração de calor interno provocado pelos equipamentos instalados, pelo tipo de ocupação e uso do edifício. Na carta foi combinado o método de Watson e Labs, [1983], que usa os dados climáticos das 8760 horas de um ano típico (TRY). (LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA EM EDIFICAÇÕES, 2006).

Para a geração da carta bioclimática para a cidade de Santa Maria, será usado o *AnalysisBio*, programa de acesso livre desenvolvida pelo LabEEE. Nele é inserido o TRY que será encontrado a partir do tratamento dos dados. A ferramenta permite plotar as informações de temperatura e umidade sobre a carta, com a finalidade de visualizar a distribuição dos dados climáticos ao longo do ano TRY, além de calcular a porcentagem de horas do ano em

que cada estratégia bioclimática é mais apropriada. O programa também utiliza dados de Normais Climatológicas.

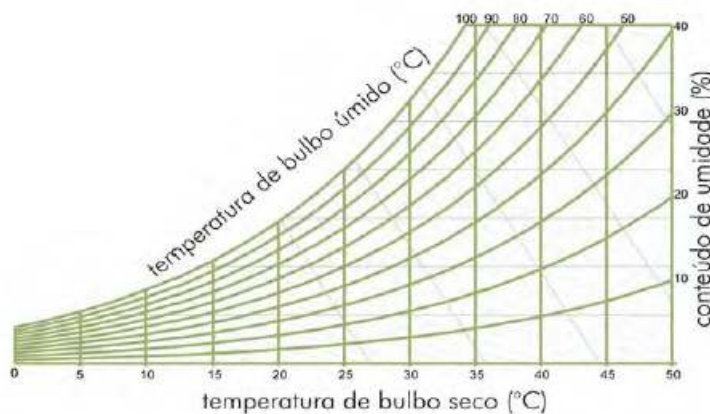


Figura 13 – Carta Psicométrica

Fonte: KINSEL (2009, p.7).

2.5.4 Dia Típico de Projeto

Esta é uma metodologia de tratamento de dados utilizada no Brasil por dois trabalhos: primeiramente, por Sattler (1989), para Porto Alegre, e, depois, pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), para São Paulo (AKUTSU; PEDROSO, 1987).

O método de Sattler é semelhante ao adotado por Van Deventer, para a África do Sul, e Forn e Lotersztain, para a Argentina. Ele compreende um conjunto de condições climáticas representativas de um local, obtendo a sua probabilidade de ocorrência, o que possibilita a verificação do risco de acontecer condições de desconforto. São caracterizados alguns dias típicos de verão e de inverno cujas ocorrências podem ser esperadas segundo níveis de probabilidade (2,5%, 5%, 10%). O dia típico é representado por dados horários de temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido (ou umidade relativa), radiação solar, direção e velocidade do vento (SATTLE, 1989).

Para se encontrar o dia típico, são encontradas as médias diárias da temperatura ao longo do período de dados disponível, as quais são colocadas em ordem crescente. Com os dados em ordem crescente, utilizam-se os extremos tanto para o frio como para o calor,

abrangendo, cada um, aproximadamente, 15% do total de dias estudados. Esses valores são reordenados e são determinados os níveis de probabilidade (2,5%, 5%, 10%), tanto para dias frios como para os quentes. É realizada a seleção dos dias para cada nível, com as temperaturas médias localizadas imediatamente abaixo e acima da temperatura do dia de referência, dentro de um intervalo de 1% do número de dias do conjunto. Ou seja, selecionam-se os dias de acordo com as temperaturas – 0,5% dos que têm médias abaixo e 0,5% dos que apresentam os valores logo acima (GOULART, 1993). Nesse método teórico, como destaca Picanço (1998), é importante o conhecimento da data de referência de cada dia típico para se estimar com precisão os valores de radiação solar. Essa data é calculada pelas declinações solares.

Segundo Akutsu e Pedroso (1987), que expõem a metodologia do IPT, o dia típico de projeto constitui-se a partir dos conjuntos de valores horários ao longo de um dia. Ele é determinado pelo critério pré-estabelecido para cada uma das variáveis climáticas que interferem no desenvolvimento térmico de uma edificação, como temperatura de bulbo seco, umidade relativa, radiação solar, direção e velocidade do vento.

Primeiramente, segundo Picanço (1998), são selecionados os períodos de registro. O verão é identificado pelo mês mais quente mais os meses que apresentarem uma diferença de até $\mu^{\circ}\text{C}$ em relação a ele, a qual é calculada da seguinte forma: $\mu = 0,10 \cdot T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$ (onde T_{max} e T_{min} representam, respectivamente, a média das temperaturas máximas e mínimas do mês). O mesmo processo ocorre para a época de inverno.

Após, são determinados valores máximos e mínimos diários de temperatura de bulbo seco, respectivamente para os períodos de verão e de inverno, os quais são ordenados, definindo-se as estimativas dos níveis de frequência de ocorrência ($N = 1, 2, 5, 5, 10$). Para cada valor, é determinado o intervalo de mais ou menos 0,5% (AKUTSU; PEDROSO, 1987).

Segundo Goulart e Lamberts (1993), uma das diferenças entre os dois métodos é que Sattler finaliza com um dia típico considerado teórico e o IPT gera um dia real, sendo que o primeiro consegue escolher, através das médias diárias de cada intervalo, o dia típico para cada nível com característica mais próxima aos valores médios. Outra distinção entre as metodologias é que, segundo o IPT, os períodos de verão e inverno são caracterizados pelos meses mais quentes e mais frios do ano. Já o trabalho de Sattler define os períodos a partir dos dias mais quentes e mais frios. Ambas as técnicas utilizam os dados de temperatura do ar como parâmetro básico para a caracterização de dias típicos.

Para Goulart (1993), o método de Sattler é mais adequado, pois resulta em dias com amplitude de temperatura próxima à média e dentro de uma faixa de maior frequência de ocorrência.

2.5.5 Velocidade e direção dos ventos

Com a finalidade de caracterizar melhor o comportamento dos ventos em Santa Maria, torna-se necessária a análise da velocidade associada à de direção do vento. A distribuição da orientação dos ventos é um dado importante para o projeto, possibilitando a previsão de proteção ao clima frio e de aproveitamento para épocas quentes. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), através de diagramas do tipo rosa dos ventos, o arquiteto pode conhecer as probabilidades de ocorrência de vento e as suas principais orientações e velocidade.

Como forma de permitir uma melhor representação dos dados de ventos, o programa de acesso livre *Analysis SOL-AR*, desenvolvido pelo LabEEE, oferece a possibilidade de obtenção da rosa dos ventos, que traz a frequência de ocorrência dos ventos e sua velocidade média em cada estação do ano em oito orientações (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO). Essas análises foram feitas para os arquivos de TRY e TMY2 gerados para cidade de Santa Maria.

2.5.6 Zoneamento bioclimático

A ABNT (2005b), através da NBR 15220-3, estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro (Figura 14, p. 41). Ele apresenta recomendações de diretrizes construtivas e o detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contornos fixos. O território brasileiro está dividido em oito zonas bioclimáticas. Para cada uma delas, há um conjunto de recomendações técnico-construtivas a fim de otimizar o desempenho térmico das edificações por meio de sua melhor adequação climática.

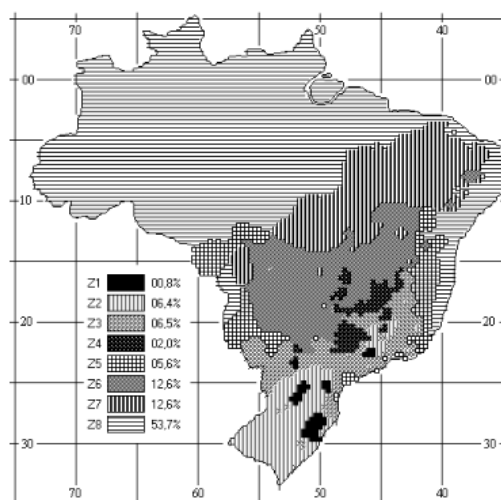


Figura 14 – Zoneamento bioclimático brasileiro.
Fonte: ABNT (2005b, p. 3).

A cidade de Santa Maria fica localizada na Zona Bioclimática 2. Para essa área, as recomendações incluem abertura para ventilação média, permitindo um sombreamento no verão. Para o inverno, sugerem-se a captação de radiação solar, as vedações externas com paredes de tipo leve e a cobertura leve isolada. Como estratégias de condicionamento térmico passivo, tem-se a ventilação cruzada, para o verão, e o aquecimento solar, no inverno, com partições internas pesadas para a obtenção da inércia térmica (Figura 15).

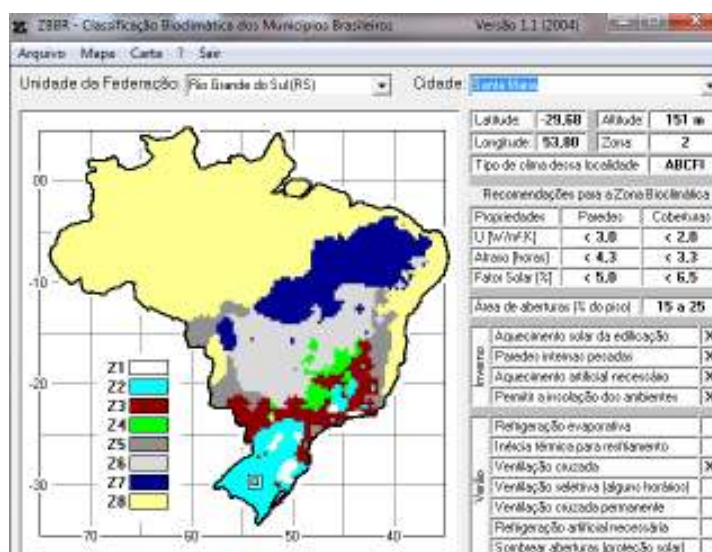


Figura 15 – Classificação bioclimática para a cidade de Santa Maria.
Fonte: Disponível em <<http://www.roriz.eng.br/>>. Acesso em: 10 out. 2012.

Atualmente, Roriz e colaboradores estão propondo a revisão do zoneamento bioclimático para o Brasil. Nessa proposta, o número de pontos com dados medidos são duplicados, de tal forma que o novo zoneamento represente melhor a diversidade climática das regiões brasileiras. Também há a compatibilização entre dados medidos em diferentes períodos, trabalho feito a partir de um método desenvolvido para identificar as taxas anuais de variação das temperaturas típicas de cada região do país, considerando o fenômeno de mudança climática global (RORIZ, 2012b).

A redistribuição prevê o aumento do número de zonas bioclimáticas de oito para dezesseis. Trata-se de uma tarefa complexa e que envolve aspectos ainda polêmicos entre os pesquisadores da área (RORIZ, 2012b). Como as zonas bioclimáticas ainda estão em estudos, é importante fazer uma comparação dos resultados que serão encontrados nesse trabalho com a Zona definida para Santa Maria.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta os métodos adotados na pesquisa. Primeiramente, foi realizada a sistematização de dados e sua análise, começando pelo tratamento de controle de qualidade. Posteriormente, partiu-se para o tratamento estatístico dos dados. Em seguida, foram feitas as caracterizações do Ano Climático De Referência (TRY) e do Ano Meteorológico Típico (TMY2) e a construção da carta bioclimática, com as estratégias indicadas para a cidade de Santa Maria, visando a identificar o número de horas anuais com maior e menor conforto/desconforto dos usuários das edificações. Também foram sistematizados os dados climáticos, gerando o dia típico de projeto e o estudo dos dados de velocidade e direção dos ventos. Ainda, foi formatado o arquivo climático para simulação termoenergética no *EnergyPlus*.

3.1 Fontes dos dados

Os dados para as metodologias de tratamento foram obtidos nas estações climáticas situadas em Santa Maria e registrados pelo INMET. Esses registros englobam as variáveis horárias no período compreendido entre o mês de janeiro de 2002 e o mês de Dezembro de 2013.

3.1.1 Dados do INMET

Os dados registrados pelo INMET foram coletados na Estação Meteorológica de Santa Maria, fundada em 1912 e, atualmente, situada no campus da UFSM (Camobi). Conforme a Figura 16 (p. 44), seus dados de localização são: altitude de 95m, latitude de -29,7 e longitude de -53,7. A partir da estação foi feita a captura dos dados, medidos de hora em hora, do período compreendido entre 1º de janeiro de 2002 e 31 de dezembro de 2013.

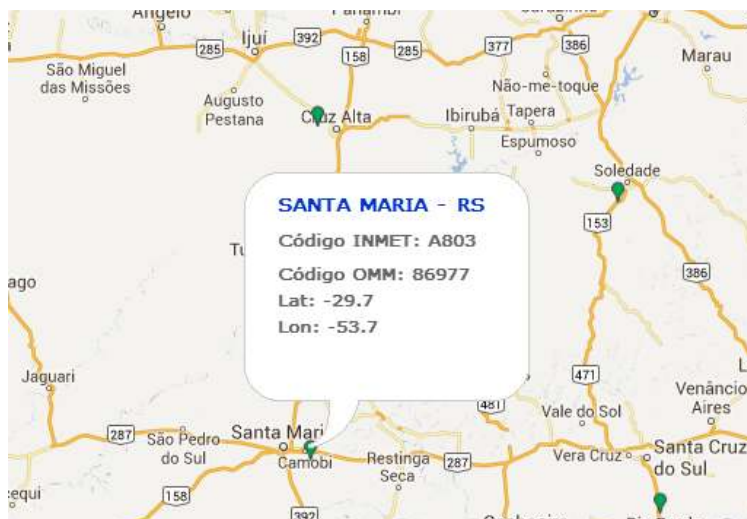


Figura 16 – Localização da Estação Meteorológica de Santa Maria.
Fonte: INMET (2013).

As variáveis horárias oriundas da estação são: temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa (UR), radiação solar global, pressão atmosférica, velocidade e direção dos ventos e precipitação. Os dados disponibilizados são brutos, e as informações são em horário UTC (para o horário oficial de Brasília, é preciso subtrair três horas). Falhas decorrentes de problemas nos sensores ou sinal de satélite (panes) estão identificadas pela palavra *NULL*. As colunas referentes à radiação solar global ficam em branco nos horários em que não há radiação (da 1h às 5h e das 19h às 24h).

As informações disponibilizadas possuem algumas limitações. É comum haver distorções em registros de dados históricos, possivelmente em função de problemas nos sensores ou sinal de satélite e também de falhas humanas. Além de alguns dados nulos durante todo o período, também se observou a falta de equipamento para medir algumas variáveis, por exemplo, a ausência da temperatura de bulbo úmido, e de parâmetros de radiação solar, como as radiações direta normal, difusa horizontal, extraterrestre global e extraterrestre direta normal. Essas dificuldades geraram lacunas no registro dos arquivos, os quais foram calculados conforme equações obtidas em Duffie e Beckman (1980). Visando à correção dessas limitações, foram usadas metodologias para controle de qualidade dos dados, conforme exposto na revisão bibliográfica, e, em seguida, realizou-se o tratamento para gerar os dados não registrados na estação.

3.2 Controle de qualidade dos dados

Para iniciar o tratamento de qualidade dos dados, foram utilizados dois testes citados no item 2.3 (p. 30), o *range* e o *step*, baseados em análises apresentadas por Pittigliani (2000), para a cidade de Curitiba, no Paraná. Conforme a Tabela 3, o teste *range* foi responsável pela verificação dos limites climatológicos máximos e mínimos de cada parâmetro. Na Tabela 4, o teste *step* corresponde à avaliação temporal da variação entre dados. Os parâmetros desses conceitos são importantes para o tratamento de controle de qualidade dos dados horários, com uma inspeção visual, selecionando-se e identificando-se os períodos mais regulares, substituindo-se valores obviamente absurdos e preenchendo-se as falhas desses dados.

Tabela 3 – Limites climatológicos adotados no teste de *range*

Parâmetros meteorológicos	Unidade	Limite climatológico mínimo	Limite climatológico máximo
Umidade relativa do ar	%	0	103
Temperatura média do ar	°C	-14	45
Velocidade do vento	m/s	0	35
Direção do vento	°	0	360
Precipitação	Mm	0	130
Radiação solar	W/m ²	-1	1355

Fonte: Adaptado de Pittigliani (2000, p. 1531).

Tabela 4 – Limites máximos adotados no teste *step*

Parâmetros meteorológicos	Unidade	Limite máximo para a diferença entre dois dados consecutivos
Umidade relativa do ar	%	30
Temperatura média do ar	°C	7

(continua)

Tabela 4 – Limites máximos adotados no teste *step*

Parâmetros meteorológicos	Unidade	(conclusão)	
		Limite máximo para a diferença entre dois dados consecutivos	
Velocidade dos ventos	m/s	40	
Direção dos ventos	Graus	360	
Precipitação	Mm	130	
Radiação Solar	W/m ²	600	

Fonte: Adaptado de Pittigliani (2000, p. 1530).

Outro problema nos arquivos históricos de dados são as unidades de medida diferentes dos arquivos finais, que foram convertidas para a adequação os dados. Dentre as variáveis transformadas estiveram a pressão atmosférica e a radiação solar. A primeira, originalmente em hectopascal (hPa), passou para pascal (Pa). A segunda foi convertida de kilojoule por metro quadrado (kJ/m²) para watt-hora por metro quadrado (Wh/m²), conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Tabela de conversão das unidades de medida

Pressão Atmosférica		Radiação Solar	
hPa	Pa	KJ/m ²	Wh/m ²
1	100	1	0.278

Fonte: Adaptado de Guimarães (2010, p. 15).

Para a série histórica dos dados foi realizada uma inspeção visual, conforme descrição acima, em busca de dados com problemas. Foi preciso eliminar as informações que não eram referentes às horas inteiras (confiáveis), com o auxílio de uma planilha eletrônica. Também foram verificados dados ausentes (Tabela 6, p. 47). A metodologia utilizada considerou o que foi apresentado no item 2.3 (p. 30). Ou seja, para o intervalo de dados ausentes maior do que cinco horas, viu-se a necessidade de análise de dias anteriores e posteriores. O objetivo, então,

foi completar os dados faltantes pelos referentes com mesmo horário e tendência das variações. Já para períodos maiores foi preferível adotar os dados de outro ano que fosse semelhante àquele que apresentou as faltas. Em casos de lacunas que se estendiam por vários dias consecutivos, os tratamentos foram considerados ineficientes, e os meses em questão foram descartados da compilação dos arquivos climáticos. O mês de julho de 2011, por exemplo, não foi considerado, pois todo o mês estava com dados nulos, conforme indica a Tabela 7.

Tabela 6 – Dados nulos selecionados para o tratamento

	21:00	22:00	23:00	24:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00
02-MAI-2002	16.3	16.2	16.9	16.4	16.2	16.2	15.7	15.5	15.6	15.7
03-MAI-2002	15.6	14.8	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	13.3
04-MAI-2002	15.7	14.8	14.1	13.7	13.6	12.8	12.6	12.1	11.8	11.3
.....										
14-MAI-2002	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
15-MAI-2002	24.5	26.7	26.4	29.5	29.1	29.3	28.8	28.3	27.8	27.9

Tabela 7 – Mês descartado da compilação dos arquivos climáticos

T (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2002	24,7	23,0	25,2	19,7	18,2	13,8	13,3	16,2	16,3	20,5	21,8	23,5
2003	24,9	24,8	22,2	18,6	16,6	15,7	13,6	13,4	15,8	19,8	21,2	21,4
2004	24,4	22,9	22,2	21,0	14,2	15,4	13,2	15,0	18,0	18,1	20,6	23,2
2005	25,3	23,7	23,2	18,8	17,6	17,7	15,1	16,6	14,3	17,9	21,7	22,8
2006	25,0	23,8	22,7	18,8	13,9	15,0	16,5	14,5	15,2	20,2	20,7	24,9
2007	24,2	24,1	23,6	20,6	14,2	13,9	11,0	13,1	18,7	20,2	20,3	23,4
2008	23,7	23,2	22,4	18,1	15,6	11,8	15,9	14,4	15,0	18,7	22,2	23,4
2009	23,1	23,8	22,2	19,1	16,5	11,8	10,5	16,2	15,8	18,4	22,8	23,5
2010	24,2	25,5	23,3	19,0	15,6	14,1	13,3	13,8	16,5	17,7	20,3	23,3
2011	25,4	24,0	22,0	19,2	15,3	14,1		15,4	16,5	19,0	22,1	23,0
2012	25,3	25,9	22,6	18,5	17,5	14,3	12,8	19,3	17,5	20,4	23,3	24,7
2013	23,4	23,6	20,6	19,2	15,4	13,5	13,5	13,2	17,4	19,3	22,5	25,2

3.3 Análise estatística dos dados

A análise estatística dos dados teve como objetivo transformar os dados climáticos disponíveis para o município de Santa Maria em informações de mais fácil interpretação, além de dar subsídios para estudos futuros. A análise estatística foi realizada com dados do período entre 2002 e 2013, conforme descrito anteriormente, para cada uma das variáveis climáticas – temperatura de bulbo seco, temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade dos ventos, radiação solar global e precipitação média (mm/hora).

Com o auxílio da planilha eletrônica foram elaborados resultados descritivos gerais e mensais das variáveis com as análises estatísticas indicadas nos itens a seguir:

- **N:** Número de observações da variável.
- **Média:** Valor da média aritmética da distribuição de dados.
- **Confiabilidade $\pm 95\%$ (conf. $\pm 95\%$):** Limites de 95% de confiança para as médias das observações da variável.
- **Mínimo e Máximo:** Valores mínimo e máximo observados.
- **Variância (Var.):** Variância da variável.
- **Desvio:** Desvio padrão da variável.
- **Coefficiente de Variação % (Coef. var.):** Coeficiente de variação obtido através da divisão do Desvio pela Média x 100.
- **Assimetria:** Indicador de tendência/distorção da distribuição de dados para a direita ou esquerda. A distribuição é assimétrica positiva quando ocorre uma maior concentração de observações no lado esquerdo; e assimétrica negativa quando ocorre maior concentração para o lado direito.
- **Curtose:** Indicador de altura ou achatamento da distribuição dos dados. A distribuição normal tem uma curtose igual a 0, caracterizando a distribuição como mesocúrtica. O valor positivo indica que os dados estão concentrados no centro e que a distribuição apresenta um forte pico/elevação, caracterizando a distribuição como leptocúrtica. O valor negativo indica que os dados estão dispersos e que a distribuição é mais achatada do que a curva, caracterizando a distribuição como platicúrtica.

O resultado descritivo geral e de comportamento mensal considerou, no período estudado de doze anos, 105.120 horas, gerando 4.382 médias diárias, para as quais foram feitas as análises.

3.4 Aplicação da metodologia de tratamento dos dados

3.4.1 Ano Climático de Referência (TRY)

Para a geração do TRY, foi usada a metodologia descrita por Goulart (1993), a qual se baseia na eliminação de anos com dados de temperaturas médias altas ou baixas extremas, como já foi exposto anteriormente. Os anos com médias mensais extremas vão sendo eliminados até que reste apenas um ano. Esse ano conterá os valores de temperatura e umidades das 8.760 horas que compõem o TRY, dentre outras variáveis.

A metodologia consistiu na manipulação de uma planilha eletrônica onde, primeiramente, geraram-se as médias mensais para o período de anos disponível. Depois, os meses foram classificados em ordem de importância, para o cálculo de energia, com anotação dos que apresentavam temperaturas do ar mais quente e mais fria. Após a análise dos doze meses, foi repetida a sequência, porém invertendo-se o sentido da análise. Ou seja, dos meses quentes passou-se aos frios e vice-versa, sucessivamente. O ano mais quente foi anotado e o mais frio também. O processo seguiu com anotações dos anos em que ocorreram os extremos, os quais foram eliminados. O método continuou a se repetir até que restasse somente um ano: o TRY. Assim, a partir dos dados cedidos pelo INMET, foi possível determinar o TRY para Santa Maria. As médias mensais desses anos estão representadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Temperaturas médias mensais com o mês descartado em azul

(continua)												
T (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2002	24,7	23,0	25,2	19,7	18,2	13,8	13,3	16,2	16,3	20,5	21,8	23,5
2003	24,9	24,8	22,2	18,6	16,6	15,7	13,6	13,4	15,8	19,8	21,2	21,4

Tabela 8 – Temperaturas médias mensais com o mês descartado em azul

T (°C)													(conclusão)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2003	24,9	24,8	22,2	18,6	16,6	15,7	13,6	13,4	15,8	19,8	21,2	21,4	
2004	24,4	22,9	22,2	21,0	14,2	15,4	13,2	15,0	18,0	18,1	20,6	23,2	
2005	25,3	23,7	23,2	18,8	17,6	17,7	15,1	16,6	14,3	17,9	21,7	22,8	
2006	25,0	23,8	22,7	18,8	13,9	15,0	16,5	14,5	15,2	20,2	20,7	24,9	
2007	24,2	24,1	23,6	20,6	14,2	13,9	11,0	13,1	18,7	20,2	20,3	23,4	
2008	23,7	23,2	22,4	18,1	15,6	11,8	15,9	14,4	15,0	18,7	22,2	23,4	
2009	23,1	23,8	22,2	19,1	16,5	11,8	10,5	16,2	15,8	18,4	22,8	23,5	
2010	24,2	25,5	23,3	19,0	15,6	14,1	13,3	13,8	16,5	17,7	20,3	23,3	
2011	25,4	24,0	22,0	19,2	15,3	14,1		15,4	16,5	19,0	22,1	23,0	
2012	25,3	25,9	22,6	18,5	17,5	14,3	12,8	19,3	17,5	20,4	23,3	24,7	
2013	23,4	23,6	20,6	19,2	15,4	13,5	13,5	13,2	17,4	19,3	22,5	25,2	

De acordo com metodologia já descrita, para a determinação do TRY, foi realizada uma sequência de meses com médias extremas. A Tabela 9 mostra a classificação dos anos de acordo com a metodologia.

Tabela 9 – Sequência dos meses em ordem de importância para o cálculo

						(continua)
Mês	Ano	T°C	Mês	Ano	T°C	
Fev mais quente	2012	25,9	Fev mais frio	2004	22,9	
Jul mais frio	2009	10,5	Jul mais quente	2006	16,5	
Jan mais quente	2011	25,4	Jan mais frio	2009	23,1	
Jun mais frio	2009/2008	11,8	Jun mais quente	2005	17,7	
Mar mais quente	2002	25,2	Mar mais frio	2009	22,2	
Ago mais frio	2007	13,1	Ago mais quente	2005	16,6	
Dez mais quente	2013	25,2	Dez mais frio	2005	22,8	
Mai mais frio	2006	13,9	Mai mais quente	2002	18,2	

Tabela 9 – Sequência dos meses em ordem de importância para o cálculo

			(conclusão)		
Mês	Ano	T°C	Mês	Ano	T°C
Nov mais quente	2012	23,3	Nov mais frio	2007	20,3
Set mais frio	2005	14,3	Set mais quente	2007	18,7
Abr mais quente	2004	21	Abr mais frio	2008	18,1
Out mais frio	2010	17,7	Out mais quente	2002	20,5

Os anos extremos anotados foram: 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2013. Portanto, nesse período de anos, o TRY é representado pelo ano de 2003, conforme indicado na Tabela 10. O TRY deste trabalho coincidiu com o mesmo ano já encontrado por Roriz (2012), porém para o período compreendido entre 2002 e 2010, ou seja, para o intervalo de 8 anos. Assim, 2003 continua sendo o ano sem extremos para a cidade de Santa Maria. Esse resultado pode demonstrar a estabilidade do comportamento climático dos intervalos de anos estudados.

Tabela 10 – TRY (verde), médias mais quentes (vermelho) e médias mais frias (amarelo)

T (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2002	24,7	23,0	25,2	19,7	18,2	14,6	13,6	16,2	16,3	20,5	21,8	23,5
2003	24,9	24,8	22,2	18,6	16,6	15,7	13,6	13,4	15,8	19,8	21,2	21,4
2004	24,4	22,9	22,2	21,0	14,2	15,4	13,2	15,0	18,0	18,1	20,6	23,2
2005	25,3	23,7	23,2	18,8	17,9	17,7	15,1	16,6	14,3	17,9	21,7	22,8
2006	25,0	23,8	22,7	18,8	13,5	15,0	16,5	14,5	15,2	20,2	20,7	24,9
2007	24,2	24,1	23,6	20,6	14,2	13,9	11,0	13,1	18,7	20,2	20,3	23,4
2008	23,7	23,2	22,4	18,1	15,6	11,8	15,9	14,4	15,0	18,7	22,2	23,4
2009	23,1	23,8	22,2	19,1	16,5	11,8	10,5	16,2	15,8	18,4	22,8	23,5
2010	24,2	25,5	23,3	19,0	15,6	14,1	13,3	13,8	16,5	17,7	20,3	23,3
2011	25,4	24,0	22,0	19,2	15,3	14,1		15,4	16,5	19,0	22,1	23,0
2012	25,3	25,9	22,6	18,5	17,5	14,3	12,8	19,3	17,5	20,4	23,3	24,7
2013	23,4	23,6	20,6	19,2	15,4	13,5	13,5	13,2	17,4	19,3	22,5	25,2

O TRY determinado pelo processo acima consiste em dados climáticos horários. Os registros foram compilados em um formato padronizado para adequarem-se aos programas de simulação de desempenho termoenergético de edificações. O TRY consiste em 8.760 horas, com as seguintes variáveis: temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e de ponto de orvalho, direção e velocidade do vento, pressão barométrica, quantidade e tipo de nuvens e radiação solar. Como já mencionado anteriormente, a ausência de alguns dados horários e de variáveis, tornou necessária a utilização de cálculos da termodinâmica para completar as informações referentes à temperatura de bulbo úmido e à radiação solar.

3.4.2 Ano Meteorológico Típico (TMY2)

Conforme referido anteriormente, o método do TMY2 consiste em 12 meses restantes da eliminação dos meses individuais com médias máximas e mínimas extremas. Para aferi-lo, neste trabalho, também foi manipulada uma planilha eletrônica, na qual, primeiramente, geraram-se as médias mensais para o período de anos disponível. Na seguida, obtiveram-se as médias das médias mensais. Depois, identificaram-se e classificaram-se os meses mais quentes e mais frios. Por fim, eliminaram-se os meses que possuíam as médias mensais maiores (mais quente) e menores (mais frio). Esse processo se repetiu até que restassem apenas 12 meses. As Tabelas 11 e 12 (p. 53) demonstram a obtenção do TMY2 a partir dos dados do INMET para o período estudado.

Tabela 11 – Aplicação do método TMY2 (em verde, estão os meses representativos)

(continua)

T (°C)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2002	24,7	23,0	25,2	19,7	18,2	14,6	13,6	16,2	16,3	20,5	21,8	23,5
2003	24,9	24,8	22,2	18,6	16,6	15,7	13,6	13,4	15,8	19,8	21,2	21,4
2004	24,4	22,9	22,2	21,0	14,2	15,4	13,2	15,0	18,0	18,1	20,6	23,2
2005	25,3	23,7	23,2	18,8	17,9	17,7	15,1	16,6	14,3	17,9	21,7	22,8
2006	25,0	23,8	22,7	18,8	13,5	15,0	16,5	14,5	15,2	20,2	20,7	24,9
2007	24,2	24,1	23,6	20,6	14,2	13,9	11,0	13,1	18,7	20,2	20,3	23,4

Tabela 11 – Aplicação do método TMY2 (em verde, estão os meses representativos)

T (°C)	(conclusão)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2008	23,7	23,2	22,4	18,1	15,6	11,8	15,9	14,4	15,0	18,7	22,2	23,4
2009	23,1	23,8	22,2	19,1	16,5	11,8	10,5	16,2	15,8	18,4	22,8	23,5
2010	24,2	25,5	23,3	19,0	15,6	14,1	13,3	13,8	16,5	17,7	20,3	23,3
2011	25,4	24,0	22,0	19,2	15,3	14,1		15,4	16,5	19,0	22,1	23,0
2012	25,3	25,9	22,6	18,5	17,5	14,3	12,8	19,3	17,5	20,4	23,3	24,7
2013	23,4	23,6	20,6	19,2	15,4	13,5	13,5	13,2	17,4	19,3	22,5	25,2

Tabela 12 – Meses representativos para formação do TMY2

MÊS	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TMY	2004	2005	2012	2010	2009	2002	2010	2006	2002	2011	2005	2010

A partir dos dados acima, observa-se que o TMY2 não é um ano real, mas construído a partir de meses de diversos anos.

3.4.3 Dia Típico de Projeto

Para a geração do dia típico de projeto, foi usado o método proposto por Sattler (1989). Essa proposta baseia-se no cálculo das temperaturas médias diárias, ordenadas crescentemente (Tabela 13, p. 54). Com esse processo, foi encontrado o conjunto de 15% do número total diário para dias com temperaturas mais altas. Da mesma forma, o processo também ocorreu com os dias de média diária mais baixa.

Tabela 13 – Tabela com as temperaturas médias ordenadas crescentemente

Data	TBS °C
08-JUN-2012	3,87
25-JUL-2009	3,91
29-JUL-2007	4,41
24-JUL-2009	4,42
.....	
10-MAR-2002	30,37
16-MAR-2002	30,86
19-FEV-2012	31,02
03-FEV-2010	32,76
25-DEZ-2012	33,20

Como, no caso, há doze anos (2002-2013) de dados disponíveis, em um total de 4.382 médias diárias, foram encontrados os conjuntos de 657 dias de temperatura média mais alta e 657 dias de temperatura média mais baixa. Para Santa Maria, os dias frios abrangem de 27 de abril a 22 de outubro, um período de 179 dias. Quanto aos dias quentes, achou-se que, exceto alguns dias com temperatura fora do padrão, nos meses de junho e julho, todos os outros dias quentes puderam ser incluídos em um período de 295 dias, começando em 1º de agosto e seguindo até 22 de maio do ano subsequente, esses dias frios e quentes são achados conforme metodologia de Sattler que utiliza as temperaturas extremas, por isso meses tipicamente de inverno possuem temperaturas extremas estando no período de dias quentes.

Segundo a descrição acima, ficaram caracterizados, num período de 12 anos, 3.400 (295x11+155) dias quentes e 2.148 (179x12) dias frios. Os 3.400 valores de dias quentes foram reordenados e os níveis de probabilidade de 2,5%, 5% e 10% se determinaram por quando as temperaturas médias se excederam ao longo de 85, 170 e 340 dias. Da mesma forma, os 2.148 dias frios também foram reordenados. Os níveis de probabilidade de 2,5%, 5% e 10% foram determinados por quando as temperaturas médias se excederam em 54, 108 e 215 dias.

Com isso, a partir do dia de referência achado para cada percentil, selecionou-se 0,5% dos dias cujas temperaturas médias foram logo acima e 0,5% dos que tiveram a média imediatamente abaixo, representando 1% do total de dias do período de verão. Por exemplo, se, para o período de 3.400 dias quentes, foram selecionados 34 dias, 17 estão acima do dia de

referência e 17 estão abaixo. O mesmo processo ocorreu com os dias frios. Para o período de 2148 dias frios, foram selecionados 20 dias, estando 10 deles acima do dia de referência e os outros 10 abaixo.

Para finalizar, foram calculadas as médias horárias dos parâmetros climáticos dos dias situados nos intervalos, para cada nível, definindo-se os dias típicos de verão e de inverno. Para cada dia típico foram listados os valores horários das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido (ou umidade relativa), radiação solar, direção e velocidade do vento.

3.4.4 Velocidade e direção dos ventos

Para permitir um estudo mais aprofundado dos dados de ventos será utilizado o programa *Analysis SOL-AR*, que oferece a possibilidade de obtenção da rosa dos ventos para frequência de ocorrência dos ventos e velocidade média para cada estação do ano em oito orientações (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO). Essas análises serão feitas para os arquivos de TRY e TMY gerados para cidade de Santa Maria.

3.4.5 Formatação de dados para tabelas de referência e organização dos dados

Os diferentes arquivos climáticos apresentam formatos distintos. Para organizá-los foram utilizadas planilhas eletrônicas fornecidas pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Viçosa (LATECAE).

O LATECAE trabalha com duas planilhas, uma na metodologia da ASHRAE (2001) e a outra na metodologia de Pereira (2004). Para a escolha da planilha analisou-se a temperatura de ponto de orvalho (TPO) calculada por ambas as opções, comparadas com a medida da Estação Meteorológica INMET, com os 5 primeiros dias de janeiro de 2004, referente ao TMY. Analisando a Figura 17 (p. 56), pode-se observar que as temperaturas de ponto de orvalho calculadas ficaram com resultados muito próximos das medidas na estação. Com base nesses resultados foi escolhida a planilha de ASHRAE, em função de ser uma metodologia mais consolidada. Para o cálculo da temperatura de bulbo úmido (TBU) foi utilizada a metodologia de Pereira (2004), conforme metodologia já descrita no item 2.5.2.1 (p. 34).

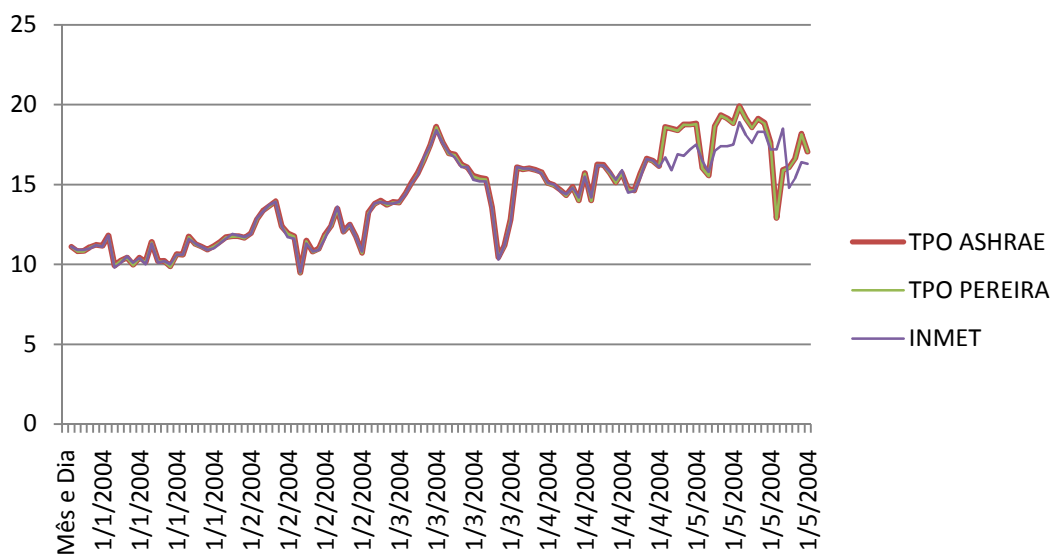


Figura 17 – Comparação da TPO entre o método ASHRAE e o de Pereira a partir da medida do INMET.

O Quadro 1 indica o formato da planilha para arquivo com extensão *.csv*, voltado para consulta de dados e compatível ao programa *Analysis SOL-AR*. Já o Quadro 2 (p. 57) mostra o formato da planilha para arquivo com extensão *.epw*, que é o formato compatível com o programa *EnergyPlus*. Nos dois casos, pode-se constatar a ordem de apresentação das variáveis no arquivo climático, com base nas variáveis mínimas exigidas.

Mês	Dia	Hora	TBS {°C}	TBU {°C}	Td {°C}	Pressão atmosférica {Pa}	Umidade relativa {%}
Densidade do ar	Entalpia	Velocidade dos ventos {m/s}	Direção do vento {Grau}	Cobertura total de nuvens {Wh/m ² }	Radiação global Horizontal Extraterrestre {Wh/m ² }		
Radiação Global Horizontal {Wh/m ² }		Radiação direta {Wh/m ² }	Radiação direta Normal {Wh/m ² }		Radiação difusa Horizontal {Wh/m ² }		

Quadro 1– Esquema de referência para os arquivos de extensão *.csv*.

Date	HH:MM	Data source	DryBulb {C}	DewPoint {C}	RelHum {%}	AtmosPressure {Pa}	ExtHorzRad {Wh/m2}
GloHorzRad {Wh/m2}	DirNormRad {Wh/m2}	DiffHorzRad {Wh/m2}	WindDir {deg}		WindSpd {m/s}	PrecipWtr {mm}	

Quadro 2 – Esquema de referência para os arquivos de extensão *.epw*.

3.5 Cálculo das variáveis sem registro

Conforme descrito no item 2.5.2 (p. 33), alguns registros mínimos para a criação do arquivo climático não são medidos nas estações, sendo necessário utilizar modelos analíticos para sua estimativa. Neste trabalho, foi preciso buscar conhecimento para verificar a temperatura de bulbo úmido e radiação solar. Visando a completar a planilha *.csv*, foram calculadas, além dessas duas variáveis citadas, a entalpia e a umidade e a densidade do ar.

3.5.1 Temperatura de bulbo úmido

A temperatura de bulbo úmido foi calculada com auxílio de uma planilha eletrônica, com base na metodologia utilizada por Pereira (2004). Para tanto, foi utilizada a Equação 5.

$$T_u = [(g \times T) + (d \times T_o)] / (g + d)$$

Onde:

$$g = 0,00066 \cdot P, \text{ onde } P \text{ é a pressão barométrica em kPa}$$

$$d = 4098 \cdot e / (T_o + 237,3)^2$$

T_o é a temperatura de ponto de orvalho

Equação 5 – Cálculo para medir a temperatura de bulbo úmido.

O Quadro 3 demonstra o cálculo da temperatura de bulbo úmido com o auxílio da planilha eletrônica.

To	$g = 0,00066$ $\times PA$		$d = 4098 \times$ $e/(To+273,3)^2$		$Tu = [(g \times T) +$ $(d \times To)]/(g + d)$
	<i>G</i>	<i>e</i>	<i>D</i>	$e/(To+273,3)^2$	<i>TBU_Final</i>
12.30	6.64	1.43	0.07	1.76E-05	13.09
11..90	6.64	1.39	0.07	1.71E-05	12.69
11.40	6.64	1.34	0.07	1.65E-05	12.09
11.20	6.63	1.34	0.07	1.65E-05	11.89
11.60	6.63	1.36	0.07	1.68E-05	12.19
11.70	6.63	1.37	0.07	1.69E-05	12.29
12.30	6.64	1.43	0.07	1.75E-05	12.89

Quadro 3 – Cálculo da temperatura de bulbo úmido.

3.5.2 Cálculos para completar a planilha .csv.

Para completar a planilha .csv foi necessário o cálculo da entalpia, demonstrado na Tabela 14 (p. 59). A entalpia de uma mistura de gases perfeitos é igual à soma das entalpias parciais individuais dos componentes. Portanto, a sua medida para o ar úmido é definida pela Equação 6.

$$h = h_{da} + Wh_g$$

Onde:

h_{da} é entalpia específica para ar seco – $h_{da} \approx 1.006t$

h_g é entalpia específica para ar úmido – $h_g \approx 2501 + 1.86t$,
sendo t a temperatura de bulbo seco em °C.

Equação 6 – Cálculo da entalpia.

Tabela 14 – Tabela com o cálculo da entalpia

T. Bulbo Seco	$h_{da}=1.006t$	$h_g=2501+ 1.805t$	wxh_g	$h_{da}+wh_g$	Entalpia KJ/KG (h)
13.10	13.18	2524.65	0.22		13.4
12.70	12.78	2523.92	0.22		13.0
12.10	12.17	2522.84	0.21		12.4
11.90	11.97	2522.48	0.21		12.2
12.20	12.27	2523.02	0.21		12.5

3.5.3 Radiação solar

Para a radiação solar foi utilizado o método descrito por Duffie e Beckmann (1980), com o auxílio de uma planilha eletrônica elaborada por Pitta (2001). Primeiramente, calcula-se a *hora solar*, o tempo que o Sol cruza o meridiano do observador e radiação solar incidente sobre o plano horizontal extraterrestre, conforme a descrição e as equações apresentadas no do item 2.5.2.2 (p. 34). Ainda, deve ser medida a radiação sobre um plano (G_o), calculando-se o ângulo de Zênite θ_z , que verifica a incidência da radiação direta sobre a superfície horizontal. Esse trabalho compreende a Equação 7.

$$G_o = G_n \cdot \cos\theta_z$$

Sendo:

θ_z

ângulo vertical

$$\cos\theta_z = \cos\phi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega + \sin\phi \cdot \sin\delta$$

linha do sol

Sendo:

ϕ – Latitude: posição angular norte ou sul em relação ao Equador;

ω – Ângulo horário: ângulo medido no polo celeste entre o meridiano do observador e o meridiano do sol;

δ – Declinação solar.

Equação 7 – Cálculo para medir a radiação sobre um plano (G_o).

A declinação solar (δ) é a posição do sol ao meio-dia solar, quando ele está no meridiano local, com relação ao plano Equador. O valor da declinação pode ser calculado pela Equação 8.

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \cdot \frac{284+n}{365} \right)$$

Onde:
n – dia do ano

Equação 8 – Cálculo da declinação solar.

A Tabela 15 demonstra a parte do cálculo da radiação com o auxílio da planilha eletrônica.

Tabela 15 – Planilha do cálculo de radiação

Mês (m)	Dia		Declinação (δ)	Hora Solar	Ângulo Horário (ω)	Ângulo Pôr do Sol (w_s)	Radiação	
	Dia (i)	ano (n)					Global Diária (H)	Radiação Horária I W.h/m ²
1	1	1	-23.01	4:22	-114.5	104.01	7279	Ainda não nasceu o Sol
1	1	1	-23.01	5:22	-99.5	104.01	7279	36.37
1	1	1	-23.01	6:22	-84.5	104.01	7279	179.94
1	1	1	-23.01	7:22	-69.5	104.01	7279	349.14

Já a radiação solar diária (H_o) é calculada por integração da radiação extraterrestre diária sobre a superfície horizontal, com base na Equação 9 (p. 61).

$$H_o = \left(\frac{12.3600}{\pi} G_{sc} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360.n}{365}\right) \cdot \left[\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \phi \sin \delta\right]\right)$$

Onde:

$$\cos \omega_s = -\tan \phi \cdot \tan \delta$$

$$\omega_1 = -\omega_s$$

$$\omega_2 = \omega_s$$

Equação 9 – Cálculo para medição da radiação solar diária (H_o).

Duffie e Beckmann (1980) definem a razão entre a radiação solar na superfície terrestre e a radiação solar extraterrestre como sendo um índice de cobertura de nuvens (KT) ou índice de claridade. Essa medição é correspondente ao cálculo da Equação 10.

$$KT = \frac{H}{H_o}$$

Onde:

H – Radiação do dia;

H_o – Radiação extraterrestre.

Equação 10 – Cálculo do índice de cobertura de nuvens (KT).

Na sequência, calcula-se a radiação solar difusa, conforme a Equação 11:

$$\frac{I_d}{I} = \begin{cases} 1.0 - 0.09kt & \text{se } kt \leq 0.22 \\ 0.9511 - 0.1604kt + 4.388kt^2 - 16.638kt^3 + 12.336kt^4 & \text{se } 0.22 < kt \leq 0.80 \\ 0.165 & \text{se } kt > 0.80 \end{cases}$$

Onde:

I_d – Radiação Difusa Horizontal;

I – Radiação Global Horizontal;

KT – Índice de cobertura de nuvens.

Equação 11 – Cálculo da radiação solar difusa.

Depois de se achar a radiação difusa, para definir a radiação direta horizontal, calcula-se a diferença entre radiação global e difusa. Conforme Carlo (2005), na Equação 12, a radiação solar direta normal é estimada a partir de dados de radiação direta horizontal.

$$I_{bn} = \frac{I_b}{\cos\theta}$$

Onde:
 I_{bn} – Radiação Direta Normal;
 I_b – Radiação Direta Horizontal
 θ – Altitude solar (graus ou radianos).

Equação 12 – Cálculo da radiação solar direta normal.

Segundo Duffie e Beckmann (1980), o $\cos \theta$ é calculado conforme a Equação 13:

$$\cos\theta = 1,0 - (\cos^2\delta \cdot \sin^2\omega)^{\frac{1}{2}}$$

Onde:
 δ – Declinação;
 ω – Ângulo horário

Equação 13 – Cálculo da radiação solar direta normal.

3.5.4 Análise de inconsistência e compilação nos dados

Depois dos cálculos prontos e antes da compilação dos dados, é necessária uma análise na inconsistência dos dados de temperatura de bulbo úmido (TBU) e da radiação. Nos dados calculados, analisou-se que a temperatura de bulbo úmido, em relação à de bulbo seco (TBS), não pode ser maior, e que os dados da radiação global horizontal não podem ser maiores do que os da radiação extraterrestre global horizontal. Segundo Guimarães e Carlo (2010), essas inconsistências devem ser tratadas. Em caso de a TBU ser maior do que a TBS, igualam-se os registros. Se a radiação global horizontal for maior do que a extraterrestre global horizontal, usa-se o mesmo tratamento, igualando as duas variáveis.

Após o tratamento, foi realizada a compilação dos dados. Para gerar o *.epw*, com o auxílio de uma planilha eletrônica, criou-se um arquivo *.csv*. Depois, conforme a Figura 18, com o aplicativo *Weather Statistics and Conversions*, programa auxiliar do pacote do *EnergyPlus*, inseriu-se o arquivo *.csv* para convertê-lo em *.epw*.

Outro arquivo gerado depois da compilação e checagem dos dados é o de extensão *.try*. Esse arquivo é convertido com o aplicativo *Psychros*, para uso no programa *Analysis Bio*, visando à geração da carta bioclimática.

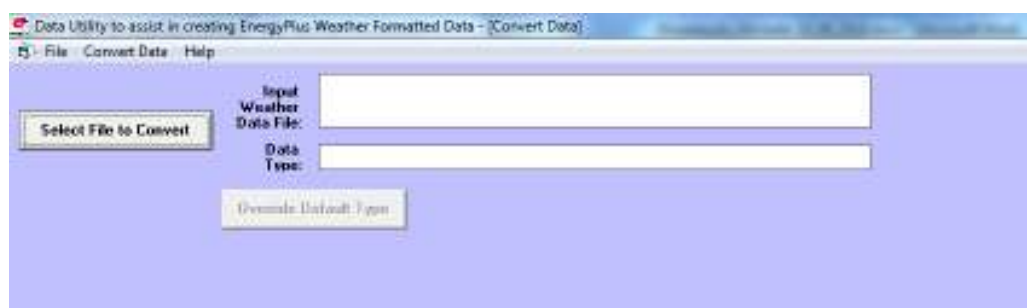


Figura 18 – *Aplicativo Weather Statistics and Conversions*
Fonte: Programa *EnergyPlus*.

3.6 Carta bioclimática para Santa Maria

Para a construção da carta bioclimática, o ideal são 30 anos de dados horários. No entanto, para Santa Maria, têm-se doze anos de registro, portanto, como um primeiro esforço para a sistematização de dados climáticos para a região, assume-se esse intervalo³. Os dados foram registrados pelo INMET da Estação Meteorológica de Santa Maria/RS.

Junto à estação, foram levantadas as variáveis referentes às temperaturas do ar, à velocidade e direção dos ventos, à umidade relativa do ar, à pressão atmosférica, à radiação global e à precipitação. As outras variáveis foram calculadas conforme descrito no item 3.2, para a qualificação climática do município.

³ Em consulta, via correio eletrônico, o pesquisador Roriz (em setembro de 2012) informou que era possível, num primeiro momento, sistematizar os dados com base apenas nesse tempo, uma vez que não se tem o período de dados completos sobre trinta anos.

Como descrito acima, gerou-se o *.try*. A partir dos dados desse ano, usando-se o programa *AnalysisBio* (Figura 19), é possível plotar, na carta psicrométrica, o conjunto das 8.760 horas do TRY. Essa ferramenta possibilita visualizar o comportamento climático do período, gerando as melhores estratégias para a cidade de Santa Maria.

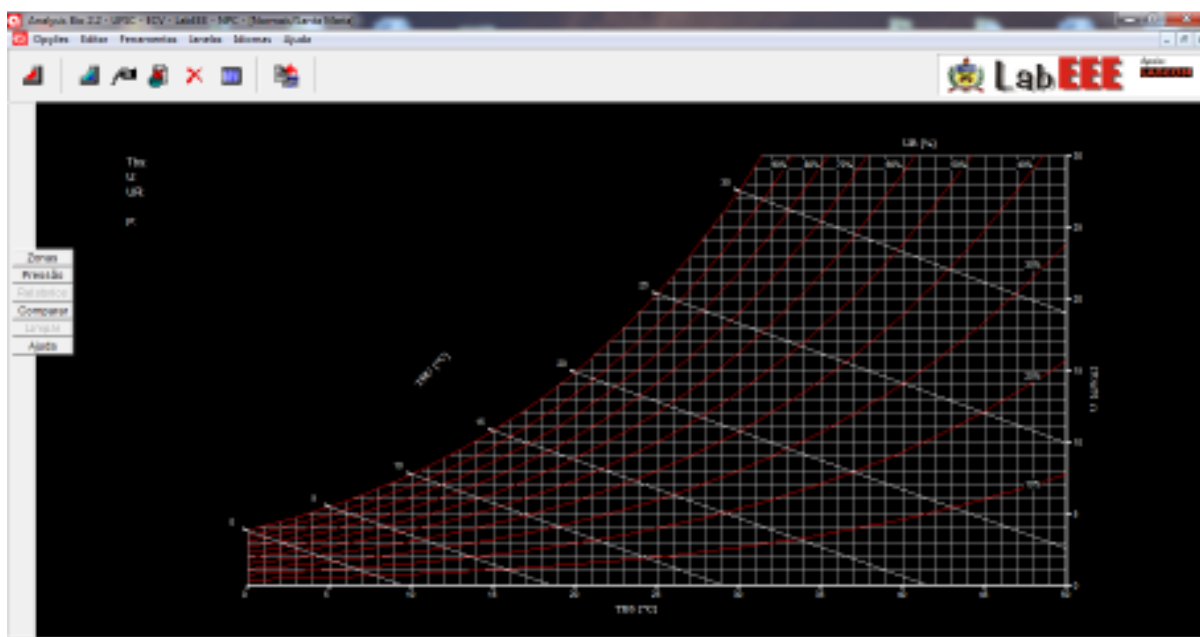


Figura 19 – Programa *Analysis Bio* em funcionamento.

Fonte: LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES (2006).

4 RESULTADOS

Nesta seção, a partir da discussão teórica e da apresentação da metodologia realizadas anteriormente, serão apresentados os resultados aferidos durante o estudo.

4.1 Resultados estatísticos das variáveis climáticas

4.1.1 Temperatura de Bulbo Seco

A Figura 20 apresenta o histograma da média diária da temperatura de bulbo seco, realizado a partir dos valores apontados na nota da imagem, demonstrando que a distribuição é moderadamente assimétrica. O sinal negativo indica assimetria para a direita e uma maior concentração de valores mais elevados de temperatura.

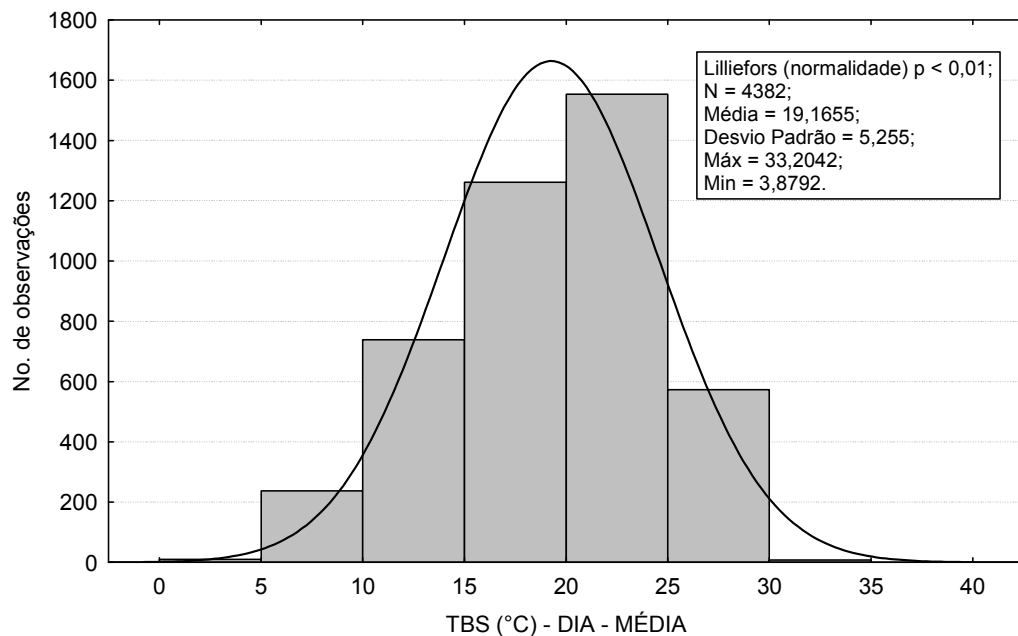


Figura 20 – Histograma da temperatura de bulbo seco média diária (°C)

Nota: Os valores utilizados para o histograma são N (4382); Média (19,16°C); Conf. – 95% (19,01°C); Conf. + 95% (19,32°C); Mínimo (3,87°C); Máximo (33,20°C); Var. (27,61); Desvio (5,25); Coef. Var. % (27,41); Assimetria (-0,41); Curtose (-0,50).

4.1.1.1 Comportamento mensal da temperatura de bulbo seco (°C)

Os resultados do comportamento mensal foram expostos em forma de tabela, para melhor análise dos dados. Observa-se, conforme a Tabela 16, que o coeficiente de variância, a variância e o desvio padrão foram menores no mês de janeiro. Deste modo, os valores de temperatura de bulbo seco ficaram mais próximos da média, sendo esse o mês de temperatura média mais elevada do período. Entretanto, a temperatura mais elevada do período foi no mês de dezembro, chegando a 33,2°C.

O menor valor de temperatura média foi no mês de julho, que representa o mês mais frio do período. Porém, foi no mês de junho que se obteve o menor valor, com 3,87°C. O mês de agosto teve os maiores valores de variância, desvio padrão, devido a uma grande dispersão da média.

A amplitude entre temperatura máxima e temperatura mínima foi relatada no mês de julho, que teve uma mínima de 3,91°C e chegou à máxima de 27,15°C. O mês de fevereiro apresentou os valores melhor distribuídos em relação à média, devido ao menor valor de assimetria.

Tabela 16 – Resultado mensal para a temperatura de bulbo seco (°C)

	N	Média	Conf. -95%	Conf. +95%	Mínimo	Máximo	Var.	Desvio	Coef.Var. %	Assimetria	Curtose
JAN	372	24,446	24,224	24,668	16,012	30,012	4,745	2,178	8,911	-0,428	0,252
FEV	338	24,020	23,754	24,287	15,621	32,763	6,213	2,493	10,377	0,056	0,265
MAR	372	22,689	22,421	22,958	14,542	30,867	6,929	2,632	11,601	0,181	0,252
ABR	360	19,226	18,883	19,570	9,604	29,154	10,992	3,315	17,244	-0,141	0,256
MAI	372	15,868	15,481	16,256	5,287	27,704	14,464	3,803	23,967	0,326	0,252
JUN	360	14,370	13,901	14,838	3,879	26,658	20,437	4,521	31,460	0,337	0,256
JUL	372	13,724	13,226	14,222	3,913	27,154	23,872	4,886	35,602	0,343	0,252
AGO	372	15,148	14,620	15,676	5,575	27,750	26,846	5,181	34,205	0,458	0,252
SET	360	16,422	15,989	16,854	6,642	29,504	17,395	4,171	25,398	0,457	0,256
OUT	372	19,183	18,898	19,468	12,304	29,287	7,826	2,797	14,583	0,210	0,252
NOV	360	21,628	21,321	21,935	13,804	29,033	8,774	2,962	13,695	-0,101	0,256
DEZ	372	23,542	23,279	23,805	16,096	33,204	6,653	2,579	10,956	0,104	0,252

Sabendo que o estudo da temperatura do ar é fundamental enquanto principal variável para as definições de arquivo climático, ela é comparada com os limites de conforto definidos por Givoni (1992), conforme descrito no item 2.2 (p. 20), para uma melhor análise das médias diárias de todo período (2002 a 2013). Observa-se, pela Figura 21, que a maior área de desconforto é a que abrange as temperaturas mais baixas.

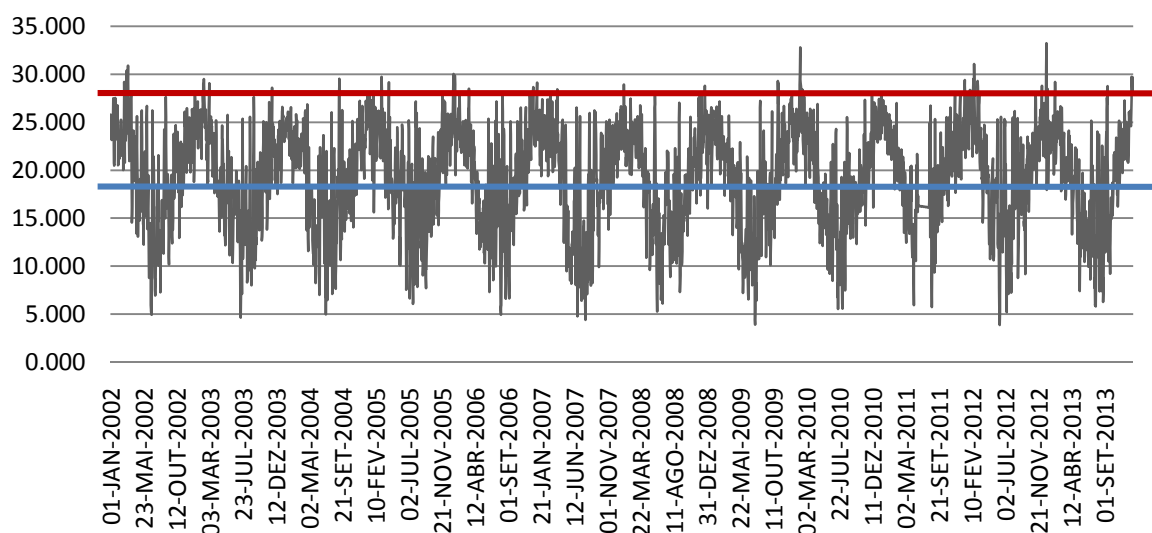


Figura 21 – Médias diárias da temperatura relacionada aos limites de conforto de Givoni no período de estudo.

4.1.2 Temperatura de Ponto de Orvalho

Os dados abaixo são os resultados gerais da temperatura de ponto de orvalho, os quais demonstram um achatamento (devido ao valor negativo da curtose). A distribuição é moderadamente assimétrica, com o sinal negativo indicando uma assimetria para a direita. Há, ainda, a indicação de uma maior concentração de valores mais elevados de temperatura. Os valores são:

- N: 4382
- Média: 14,478
- Conf. - 95%: 14,34°C
- Var.: 21,42
- Desvio: 4,63
- Coef. Var. %: 31,97

- Conf. + 95%: 14,61°C
- Assimetria: -0,539
- Mínimo: -1,38°C
- Curtose: -0,161
- Máximo: 23,95°C

4.1.2.1 Comportamento mensal da temperatura de ponto de orvalho (°C)

Conforme a Tabela 17, podemos analisar que a média mais elevada de temperatura de ponto de orvalho foi em fevereiro, com 18,80°C. Já a menor média de temperatura foi em julho, com valor de 9,92°C. Observa-se que o coeficiente de variância, a variância e o desvio padrão foram menores no mês de janeiro. Deste modo, os valores de temperatura de ponto de orvalho ficaram mais próximos à média. Entretanto, julho teve os maiores valores de coeficiente de variância, variância e desvio padrão, mostrando maior dispersão da média.

A temperatura mais elevada do período foi em fevereiro, mês da maior média, com 23,95°C. O mês com a menor temperatura foi junho, com -1,38°C. A maior variação térmica entre temperaturas máxima e mínima foi em junho, que apresentou uma mínima negativa de -1,38°C e chegou a uma máxima de 18,65°C, com variação térmica de 20,03°C.

Tabela 17 – Resultado mensal para a temperatura de ponto de orvalho (°C)

	N	Média	Conf. -95%	Conf. +95%	Mínimo	Máximo	Var.	Desvio	Coef.Var. %	Assimetria	Curtose
JAN	372	18,653	18,400	18,906	9,955	23,321	6,176	2,485	13,323	-0,833	0,559
FEV	338	18,801	18,513	19,089	10,904	23,958	7,256	2,694	14,327	-0,546	-0,162
MAR	372	17,990	17,713	18,267	6,304	22,636	7,397	2,720	15,118	-0,817	1,027
ABR	360	15,195	14,836	15,555	4,542	21,450	12,025	3,468	22,820	-0,510	-0,369
MAI	372	12,392	12,036	12,747	1,738	20,996	12,141	3,484	28,120	-0,419	-0,411
JUN	360	11,137	10,720	11,553	-1,388	18,654	16,152	4,019	36,086	-0,524	-0,354
JUL	372	9,922	9,471	10,374	-1,029	18,513	19,614	4,429	44,634	-0,356	-0,818
AGO	372	10,592	10,201	10,982	0,758	18,054	14,693	3,833	36,191	-0,399	-0,678
SET	360	11,941	11,544	12,339	1,060	18,663	14,710	3,835	32,118	-0,470	-0,529
OUT	372	14,484	14,148	14,821	4,738	21,004	10,881	3,299	22,774	-0,423	-0,516
NOV	360	15,572	15,228	15,915	6,101	22,654	11,010	3,318	21,309	-0,456	-0,139
DEZ	372	17,320	17,008	17,631	7,121	23,425	9,343	3,057	17,648	-0,422	0,109

4.1.3 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar está diretamente associada à temperatura. A umidade tende a aumentar com a diminuição da temperatura e a diminuir com o aumento da temperatura. É possível observar, a partir dos dados a seguir apresentados, que, em função da curtose positiva, há uma leve elevação no centro. A distribuição é moderadamente assimétrica, tendo o sinal negativo que indica essa assimetria para direita, indicando maior concentração de valores mais elevados de umidade.

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| ▪ N: 4382 | ▪ Var.: 101,714 |
| ▪ Média: 76,96% | ▪ Desvio: 10,085 |
| ▪ Conf. - 95%: 76,66% | ▪ Coef. Var. %: 13,104 |
| ▪ Conf. + 95%: 77,26% | ▪ Assimetria: -0,562 |
| ▪ Mínimo: 33,87% | ▪ Curtose: 0,353 |
| ▪ Máximo: 97,87% | |

4.1.3.1 Comportamento mensal da umidade relativa do ar (%)

Analisando a Tabela 18 (p. 70) pode-se perceber que a média mais baixa de umidade relativa do ar ocorreu no mês de dezembro, com 70,80%, sendo esse um dos meses com a média de temperatura mais elevada. Já a média de umidade relativa mais elevada foi apresentada no mês de junho.

A umidade relativa do ar mais elevada do período surgiu nos meses de julho e setembro com, 97,87%. O mês com a menor umidade foi setembro, com 33,87%, sendo esse o mês com a maior variação de umidade do período (64%). Percebe-se que a umidade relativa do ar não possui valores de desvio padrão e de coeficiente de variação significativos, o que demonstra que seus resultados encontram-se, em maioria, próximos à média.

Em locais com umidade relativa do ar elevada, a transmissão de radiação solar é reduzida, pois o vapor de água e as nuvens a absorvem e a redistribuem na atmosfera, diminuindo a temperatura. Já com o aumento da temperatura a umidade relativa diminui. Este comportamento foi verificado, como demonstrado na Figura 22 (p. 70).

Tabela 18 – Resultado mensal para a umidade relativa do ar

	N	Média	Conf. -95%	Conf. +95%	Mínimo	Máximo	Var.	Desvio	Coef.Var. %	Assimetria	Curtose
JAN	372	72,550	71,745	73,356	52,816	94,125	62,481	7,905	10,895	-0,031	-0,427
FEV	338	74,913	74,056	75,770	52,458	95,542	64,206	8,013	10,696	-0,135	-0,071
MAR	372	77,198	76,356	78,039	39,292	96,583	68,153	8,255	10,694	-0,861	1,734
ABR	360	79,831	79,094	80,568	57,875	96,125	50,561	7,111	8,907	-0,329	0,060
MAI	372	81,851	81,039	82,662	50,333	96,958	63,378	7,961	9,726	-0,937	1,366
JUN	360	83,231	82,202	84,260	45,625	96,833	98,537	9,927	11,927	-1,398	2,054
JUL	372	80,572	79,478	81,666	38,500	97,875	115,058	10,727	13,313	-1,212	1,774
AGO	372	77,096	75,814	78,379	37,750	96,375	158,160	12,576	16,312	-1,020	0,558
SET	360	77,485	76,363	78,607	33,875	97,875	117,214	10,827	13,972	-0,893	1,673
OUT	372	76,495	75,603	77,387	41,833	94,208	76,544	8,749	11,437	-0,386	0,225
NOV	360	71,524	70,510	72,538	42,986	96,542	95,666	9,781	13,675	0,109	-0,071
DEZ	372	70,798	69,915	71,680	42,458	93,375	74,880	8,653	12,223	-0,022	0,055

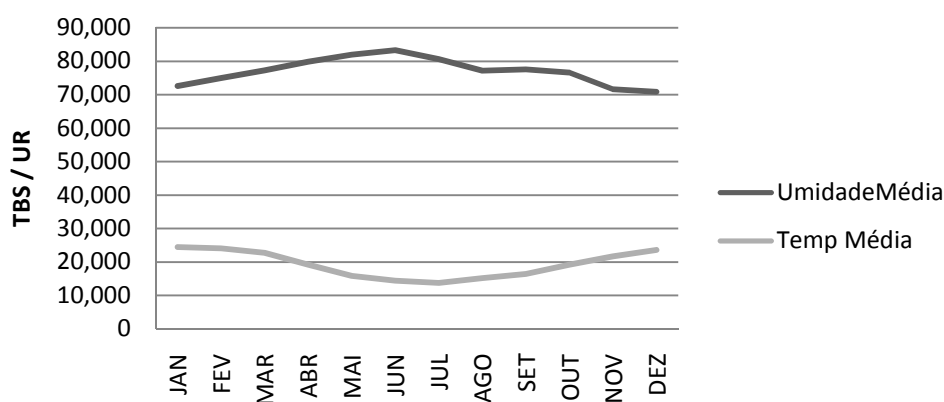


Figura 22 – Comparação das médias de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar.

4.1.4 Velocidade dos ventos

Para melhor caracterizar o comportamento dos ventos, foi realizada uma análise estatística da velocidade dos ventos do período de 2002 a 2013. A seguir, são apresentados os resultados gerais da velocidade dos ventos, que demonstram leve elevação no centro com a

curtose, em função do seu valor positivo. A distribuição é moderadamente assimétrica, sendo o sinal positivo o indicativo dessa assimetria para esquerda.

- N: 4382
- Média: 2,16 m/s
- Conf. - 95%: 2,14m/s
- Conf. + 95%: 2,19m/s
- Mínimo: 0,00 m/s
- Máximo: 7,38 m/s
- Var.: 0,724
- Desvio: 0,851
- Coef. Var. %: 39,252
- Assimetria: 0,810
- Curtose: 2,359

4.1.4.1 Comportamento mensal da Velocidade dos ventos (m/s)

Observando a Tabela 19, podemos perceber que as velocidades máxima e mínima dos ventos no período ocorreram ambas no mês de agosto, com a máxima de 7,38 m/s e a mínima de 0,00m/s. A média da velocidade dos ventos mais elevada do período foi relatada no mês de novembro, com 2,46m/s, e o mês com a menor velocidade foi abril, com 1,72m/s. Percebe-se que a velocidade dos ventos possui valores de desvio padrão e de coeficiente de variação altos e, portanto, significativos, mas isso é normal para ventos.

Tabela 19 – Resultado mensal para velocidade dos ventos

(continua)

	N	Média	Conf. -95%	Conf. +95%	Mínimo	Máximo	Var.	Desvio	Coef.Var. %	Assimetria	Curtose
JAN	372	2,223	2,152	2,294	0,383	4,183	0,482	0,694	31,234	0,260	-0,214
FEV	338	2,010	1,940	2,080	0,342	4,275	0,425	0,652	32,431	0,205	-0,327
MAR	372	1,914	1,845	1,983	0,154	5,119	0,455	0,674	35,230	0,330	1,121
ABR	360	1,727	1,651	1,802	0,063	5,704	0,532	0,729	42,228	0,698	1,913
MAI	372	1,777	1,700	1,854	0,150	5,154	0,576	0,759	42,703	0,540	0,697
JUN	360	1,959	1,854	2,064	0,075	7,267	1,023	1,011	51,622	1,331	3,695
JUL	372	2,233	2,130	2,336	0,496	6,946	1,017	1,009	45,171	1,288	3,249
AGO	372	2,425	2,314	2,535	0,000	7,383	1,170	1,082	44,620	1,083	2,832
SET	360	2,423	2,341	2,504	0,783	5,761	0,614	0,783	32,340	0,669	1,255

Tabela 19 – Resultado mensal para velocidade dos ventos

(conclusão)											
	N	Média	Conf. -95%	Conf. +95%	Mínimo	Máximo	Var.	Desvio	Coef.Var. %	Assimetria	Curtose
OUT	372	2,411	2,339	2,483	1,017	5,196	0,499	0,706	29,302	0,442	0,282
NOV	360	2,467	2,395	2,539	1,079	4,817	0,482	0,694	28,153	0,578	0,220
DEZ	372	2,427	2,350	2,505	0,671	4,679	0,577	0,760	31,303	0,494	-0,213

4.1.5 Radiação Solar Global

Devido à radiação solar ser a principal fonte de calor para o planeta Terra, o Sol é um elemento de extrema importância no estudo de eficiência energética. Como resultado geral, podemos observar que os dados de radiação solar global apresentam achatamento em função da curtose negativa. A distribuição é moderadamente assimétrica, e o sinal positivo indica assimetria para esquerda.

- N: 4382
- Média: 317,26 Wh/m²
- Conf. - 95%: 312,29 Wh/m²
- Conf. + 95%: 322,23 Wh/m²
- Mínimo: 5,610 Wh/m²
- Máximo: 665,23 Wh/m²
- Var.: 28201,980
- Desvio: 167,934
- Coef.Var. %: 52,932
- Assimetria: 0,086
- Curtose: -1,038

4.1.5.1 Comportamento mensal da Radiação Solar (Wh/m²)

Analisando a Tabela 20 (p. 73), observa-se que o valor da radiação global máxima foi registrado no mês de dezembro, com 665,23Wh/m², ocorrendo nesse mês, também, a temperatura do ar mais elevada do período, que chegou a 33,2°C. Esse resultado está coerente com o esperado. O registro do menor valor médio da radiação solar global aconteceu no mês

de junho, no qual houve o menor registro de temperatura do ar: 3,87°C. Em relação à assimetria, todos os meses tiveram valores negativos, indicando assimetria para direita.

Tabela 20 – Resultado mensal para Radiação Solar Global

	N	Média	Conf. -95%	Conf. +95%	Mínimo	Máximo	Var.	Desvio	Coef.Var. %	Assimetria	Curtose
JAN	372	472,568	458,654	486,483	32,437	658,681	18627,380	136,482	28,881	-1,189	0,740
FEV	338	416,718	402,971	430,466	51,768	606,218	16508,850	128,487	30,833	-0,874	0,034
MAR	372	346,389	334,192	358,586	25,914	539,439	14312,600	119,635	34,538	-0,734	-0,319
ABR	360	271,987	261,248	282,727	5,610	441,087	10736,140	103,615	38,096	-0,806	-0,368
MAI	372	198,787	190,184	207,390	8,989	337,819	7120,445	84,383	42,449	-0,486	-0,931
JUN	360	160,946	153,001	168,890	11,678	270,487	5874,911	76,648	47,623	-0,271	-1,318
JUL	372	178,334	169,315	187,353	14,099	303,090	7825,612	88,462	49,605	-0,355	-1,355
AGO	372	222,692	211,562	233,821	11,901	397,199	11916,660	109,164	49,020	-0,389	-1,167
SET	360	279,614	264,791	294,436	12,033	492,044	20450,580	143,006	51,144	-0,334	-1,256
OUT	372	348,954	332,228	365,681	8,419	582,360	26916,890	164,064	47,016	-0,415	-1,144
NOV	360	434,912	417,691	452,133	15,399	638,566	27605,420	166,149	38,203	-0,949	-0,240
DEZ	372	480,454	464,634	496,274	25,874	665,234	24076,970	155,168	32,296	-1,228	0,530

Podemos perceber que a radiação solar está diretamente relacionada à temperatura do ar, conforme indicado na Figura 23. Quanto maior a radiação solar, maior a temperatura, e quanto menor a radiação solar, menor a temperatura. Pode-se observar que os meses de inverno correspondem à menor radiação solar.

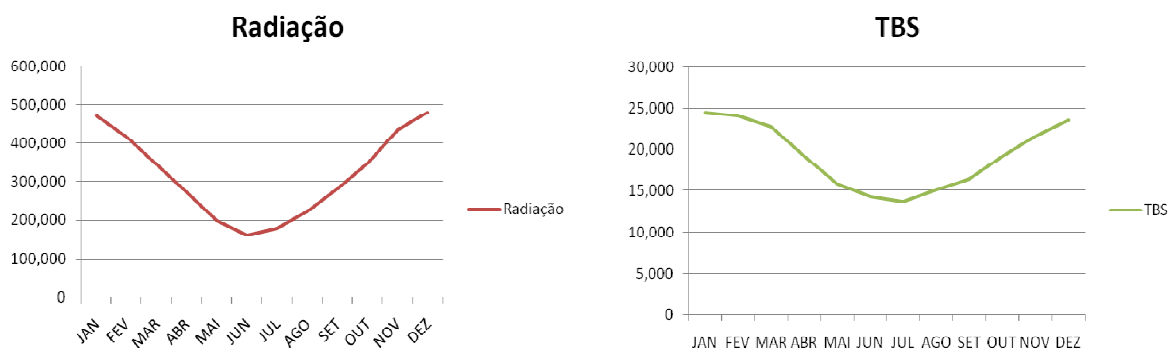


Figura 23 – Comparação das médias de temperatura de bulbo seco e radiação solar global.

4.1.6 Relações entre as variáveis – correlação de Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente varia entre os valores -1 e 1. O valor 0 (zero) significa que não há relação linear. O valor 1 indica uma relação linear perfeita, e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita, porém inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta, a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte será a associação linear entre as duas variáveis.

Tabela 21 – Correlações das variáveis de Pearson

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V1 – TBS (°c) - dia – média	1,000						
V2 – Temperatura do Ponto de Orvalho (°C) - dia – média	0,878***	1,000					
V3 – Umidade Relativa do Ar (%) - dia – média	-0,436***	0,034*	1,000				
V4 – Pressão Atmosférica (Pa) - dia – média	-0,736***	-0,724***	0,171***	1,000			
V5 – Vento Velocidade (m/s) - dia – média	0,185***	0,083***	-0,260***	-0,109***	1,000		
V6 – Radiação Global (wh/m ²) - dia – média	0,433***	0,151***	-0,645***	-0,156***	-0,001	1,000	
V7 – Precipitação (mm) - dia – média	0,028	0,174***	0,289***	-0,210***	0,105***	-0,338***	1,000

Nota: * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

Pode-se observar, conforme a Tabela 21, uma forte associação entre temperatura de bulbo seco e temperatura do ponto de orvalho, representada na Figura 24 (p. 75), e uma associação inversa entre pressão atmosférica e temperatura de bulbo seco e temperatura de ponto de orvalho.

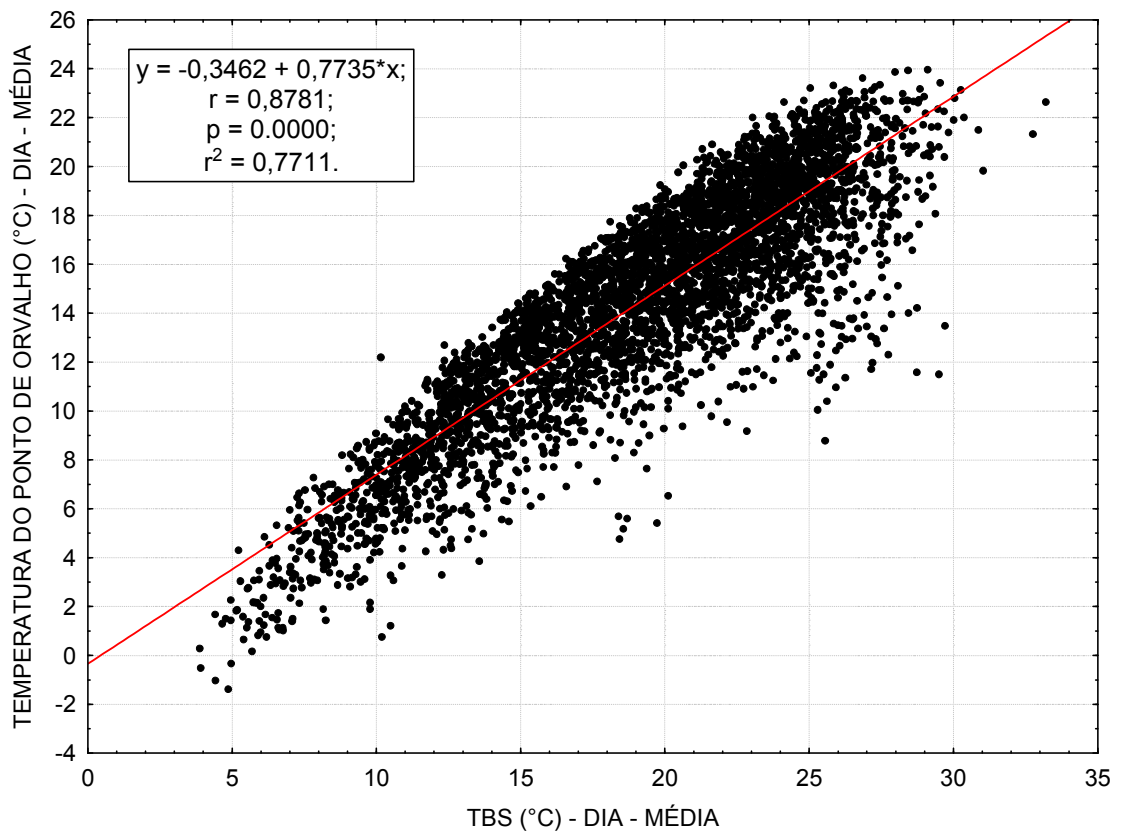


Figura 24 – Diagrama de Dispersão – TPO (°C) x TBS (°C)

Nota: r = coeficiente de correlação de Pearson; p = significância da correlação; r^2 = coeficiente de determinação da equação, ou seja, quanto da variável Y é explicada pela variável X.

Como uma relação forte é considerada com valores maiores de 0,6 a radiação solar tem uma associação inversa com a umidade relativa do ar em função do seu valor negativo e com a temperatura de bulbo seco com valor menor, mas uma associação significativa representada na Figura 25 (p. 76). Esses resultados demonstram a coerência das relações das variáveis que são usadas para cálculos das variáveis que não foram medidas na estação meteorológica.

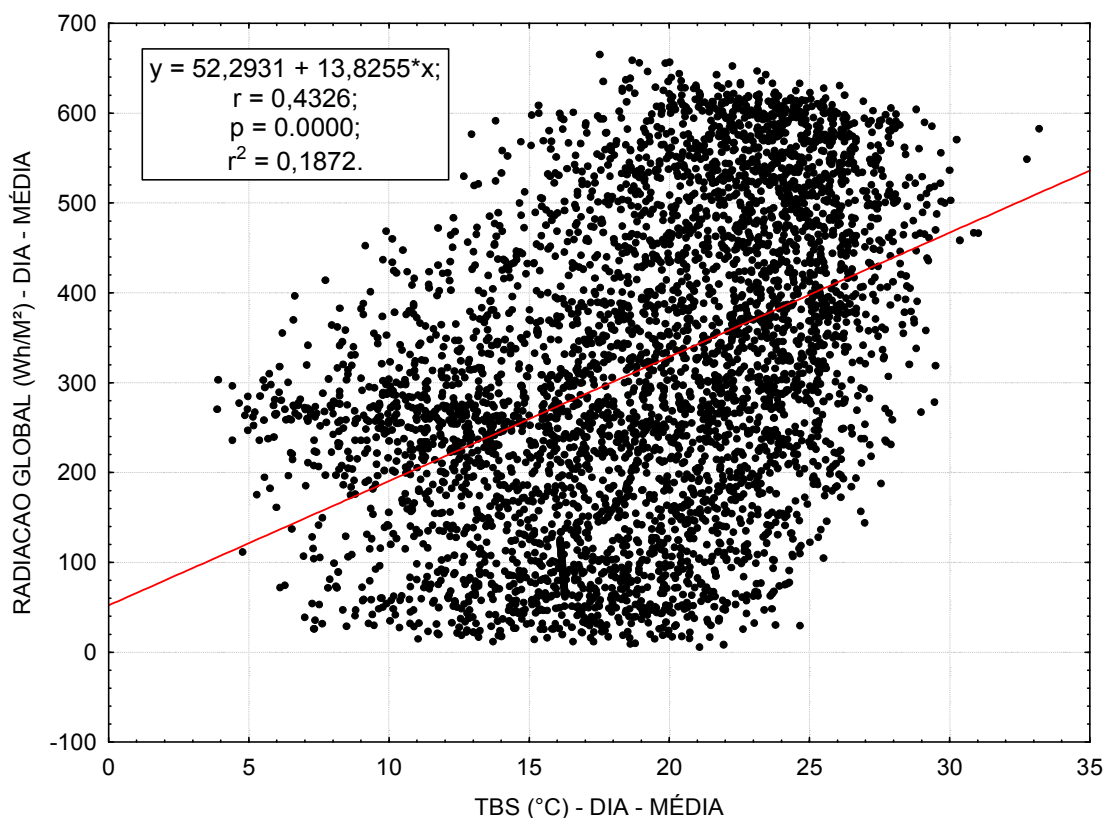


Figura 25 – Diagrama de Dispersão – Radiação Global x TBS (°C)

Nota: r = coeficiente de correlação de Pearson; p = significância da correlação; r^2 = coeficiente de determinação da equação, ou seja, quanto da variável Y é explicada pela variável X.

4.2 Resultados do ano climático de referência (TRY) de Santa Maria

4.2.1 Carta Bioclimática do TRY

Para a construção da carta bioclimática, com o ano climático de referência, utilizou-se o software *AnalysisBio*. Essa ferramenta possibilita visualizar o comportamento climático do período analisado, gerando as melhores estratégias para a cidade de Santa Maria.

A carta bioclimática mostrada na Figura 26 (p. 77), com os dados de temperatura e umidade relativa do ar, indica desconforto em 71,5% das horas do ano: 51,2% por frio e 20,3% por calor. As estratégias mais indicadas são inércia térmica com aquecimento solar (29,4% do ano), aquecimento solar passivo (13% do ano), aquecimento artificial (8,86% do ano) para o inverno e para o verão a ventilação natural (18,4% do ano), conforme o Quadro 4.

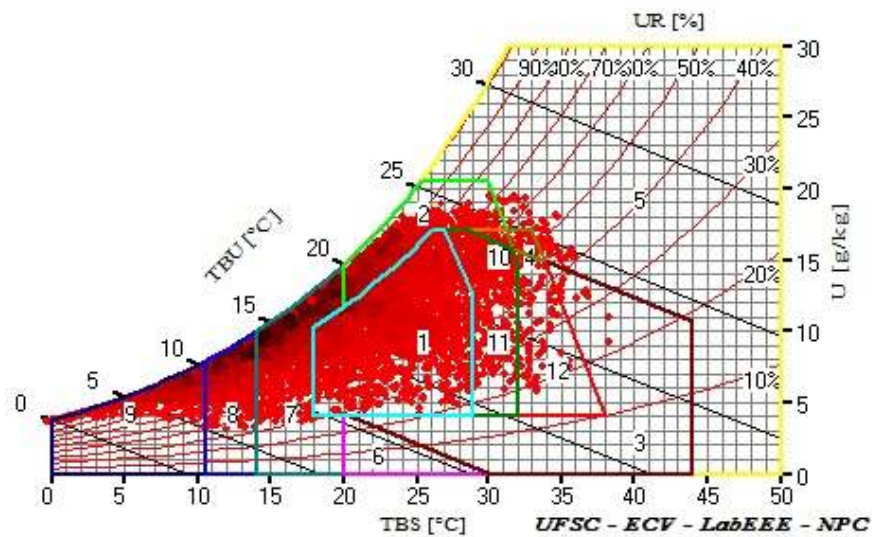


Figura 26 – Carta bioclimática com TRY da cidade de Santa Maria.

Dia e Mês Inicial: 01/01 - Dia e Mês Final: 31/12 - Total de Horas: 8.761 Pressão: 101.13 kPa	
Conforto	28,5%
Desconforto	71,5%
Calor	20,3%
Ventilação	18,4%
Alta Inércia p/ Resfriamento	0,589%
Resfr. Evaporativo	0,558%
Ar Condicionado	0,582%
Frio	51,26%
Aquecimento Solar/Inércia térmica	29,4%
Aquecimento Solar Passivo	13%
Aquecimento Artificial	8,86%
Umidificação	0%

Quadro 4 – Relatório geral das estratégias do TRY para Santa Maria.

Propostas arquitetônicas para Santa Maria que utilizem estratégias de ventilação, alta inércia para resfriamento e resfriamento evaporativo atenderão 19,5% das horas do ano. Também podemos observar que, explorando o calor solar, a proposta estará resolvendo o problema de desconforto por frio em pelo menos 42,4% das horas do ano.

4.2.2 Análises dos ventos do TRY

Com finalidade de caracterizar melhor o comportamento dos ventos em Santa Maria, foi necessário associar a velocidade com a direção dos ventos. Para isso, usou-se o programa *Analysis SOL-AR*, elaborado pelo LABEEE/UFSC, com os dados de ventos das 8.760 horas do TRY. Na Figura 27, a velocidade, em m/s, distribui-se em oito direções (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO), em uma escala de dez faixas, analisadas pelas estações do ano (primavera, verão, outono e inverno). Observa-se que a maior velocidade ocorre no inverno na direção norte, com mais de 4 m/s, e a menor velocidade ocorre nas fachadas oeste e sudeste, com menos de 2m/s durante o ano todo.

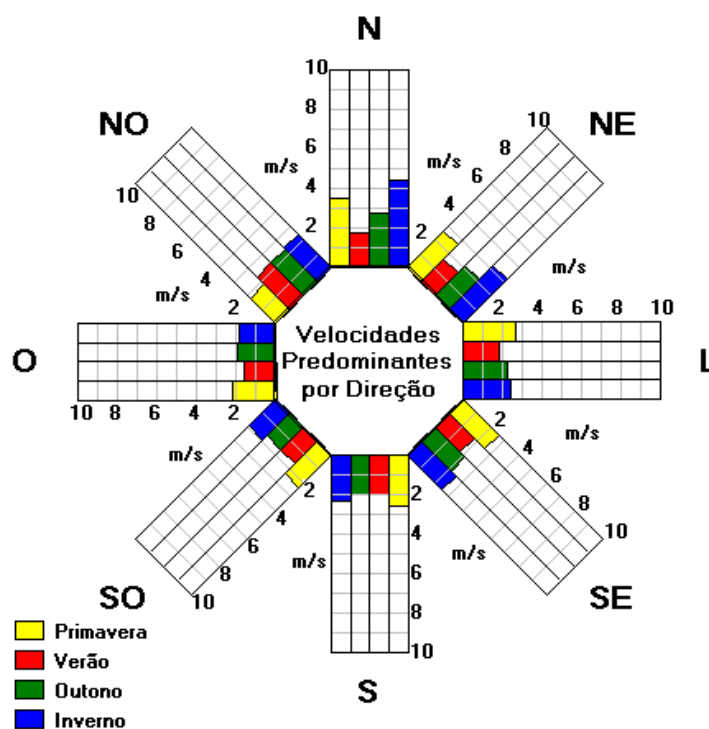


Figura 27 – Rosa dos ventos das velocidades predominantes por direção do TRY.

Na Figura 28 a frequência em porcentagem é também dividida em dez faixas, distribuídas em oito direções e analisadas pelas orientações. Percebe-se que a maior frequência de velocidade é para leste em todas as orientações no outono chegando a 35% e no verão 28% e a menos frequência no inverno é a fachada sudoeste com 10% no ano todo. Com isso as fachadas com maior ventilação no verão são as orientadas para leste e sudeste.

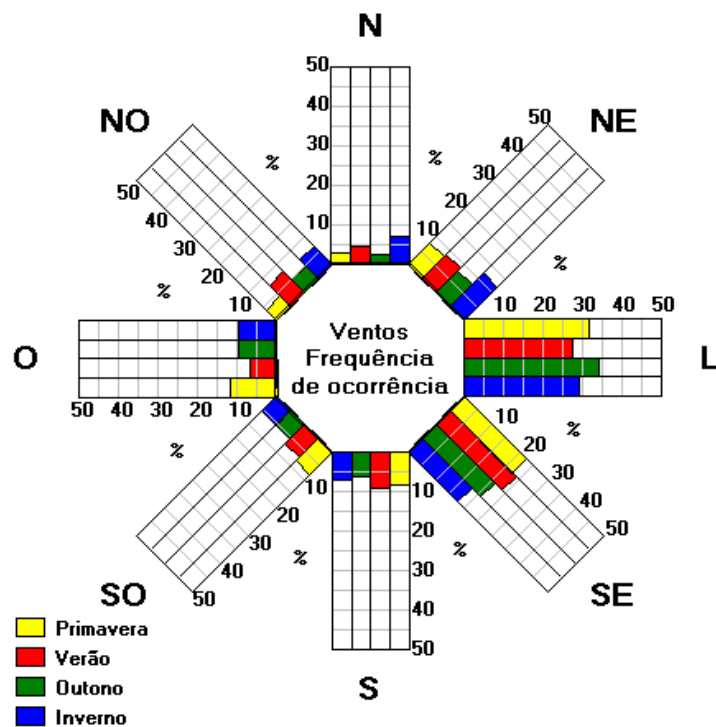


Figura 28 – Rosa dos ventos da frequência de ocorrências do TRY.

4.3 Resultados do ano metodológico típico (TMY) de Santa Maria

4.3.1 Carta Bioclimática do TMY2

Na Figura 29 (p. 80), a carta bioclimática mostra, com os dados de temperatura e umidade relativa do ar, desconforto em 69,13% das horas do ano: 49,1% por frio e 20,3% por calor. As estratégias mais indicadas são inércia térmica com aquecimento solar (27,1% do

Um projeto arquitetônico para Santa Maria precisa utilizar estratégias de ventilação, alta inércia para resfriamento e resfriamento evaporativo para atender 19,84% das horas do ano. Também podemos observar que, explorando o calor solar, a proposta estará resolvendo o problema de desconforto por frio em pelo menos 38,6% das horas do ano.

4.3.2 Análises dos ventos do TMY2

Com a finalidade de caracterizar melhor o comportamento dos ventos em Santa Maria, foi necessário associar a velocidade com a direção dos ventos. Para isso, usou-se o programa *Analysis SOL-AR*. Associamos a velocidade com a direção dos ventos com os dados de ventos das 8.760 horas do TMY. Na Figura 30, a velocidade, em m/s, distribui-se em oito direções (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO), em uma escala de dez faixas, analisadas pelas estações do ano (primavera, verão, outono e inverno). Observa-se que a maior velocidade ocorre no inverno, na direção norte, chegando a quase 5m/s, e as menores velocidades são para sudoeste, com velocidades de, no máximo, 2m/s durante o ano todo.

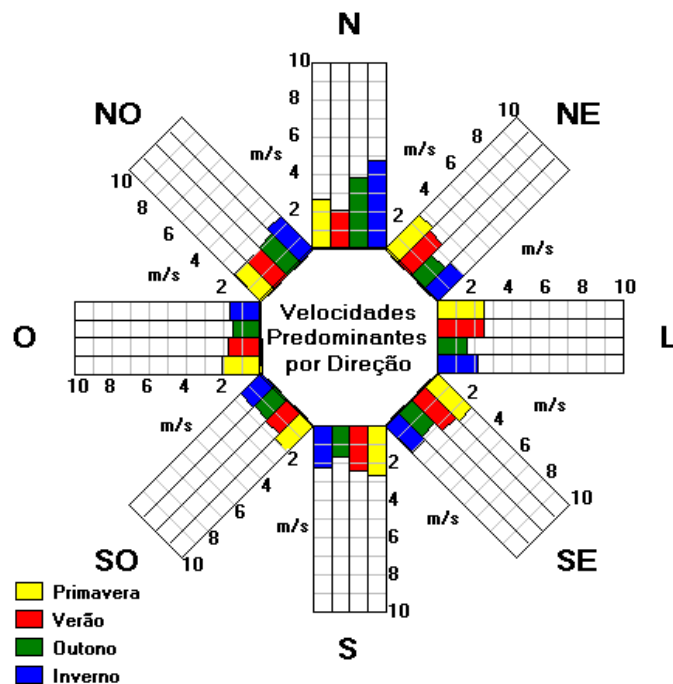


Figura 30 – Rosa dos ventos das velocidades predominantes por Direção do TMY2.

Na rosa dos ventos representada pela frequência de ocorrência dos ventos, conforme a Figura 31, a maior frequência de velocidade é para leste, no verão, com 42%, e a menor é para noroeste, sendo que, no verão e na primavera, chegam a, no máximo, 7%. Numa proposta arquitetônica para Santa Maria, sabendo que a ventilação é uma das estratégias principais geradas pela carta bioclimática, as fachadas direcionadas para leste e sudeste são as com mais vento no verão, e as fachadas com menos ventos no inverno são a sul e sudoeste.

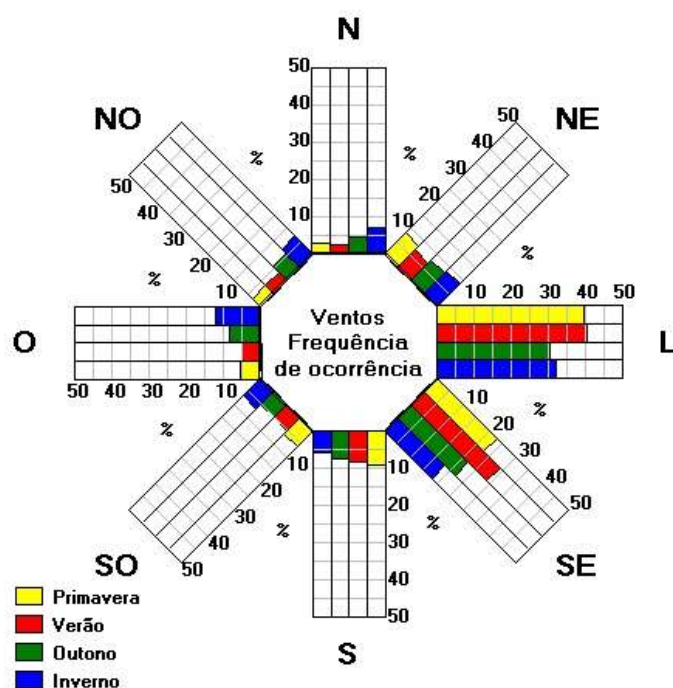


Figura 31 – Rosa dos ventos da frequência de ocorrências do TMY2

A Tabela 22 demonstra que as tardes são mais ventosas, e que as calmarias acontecem na madrugada, em todas as estações do ano.

Tabela 22 – Ventos ausentes (%) por estação

	Primavera	Verão	Outubro	Inverno
Madrugada	6.30	3.18	16.82	6.75

(continua)

Tabela 22 – Ventos ausentes (%) por estação

	(conclusão)			
	Primavera	Verão	Outubro	Inverno
Manhã	2.78	0.57	6.82	2.30
Tarde	0.19	0.19	3.23	0.53
Noite	5.00	1.87	16.31	3.05

4.4 Análise dos arquivos climáticos TRY, TMY2 e SWERA de Santa Maria

A análise da temperatura é muito importante. Sabendo que essa variável é usada para a definição de um arquivo climático, o TRY, determinado pelo processo descrito no item 3.4.1 (p. 49), consiste no ano de 2003, com dados climáticos e horários, e o TMY2, por não ser um ano real, foi determinado por vários anos, conforme processo no item 3.4.2 (p. 52). SWERA é um arquivo climático disponibilizado pelo site do LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA EM EDIFICAÇÕES, LABEEE/UFSC.

Na Figura 32 (p. 84), pode-se perceber uma comparação entre temperaturas do TRY, TMY2 e SWERA, no decorrer 8.760 horas dos anos, mostrando uma curva semelhante e alguns picos diferentes de temperaturas no decorrer do ano. O arquivo que tem curvas mais diferentes é o SWERA, com temperaturas mais distintas e dados com problemas, e, por isso, ele não foi utilizado em maiores detalhamentos.

Considerando o histograma de distribuição da temperatura ao longo de todo o ano (Figura 33, p. 84), tanto o TMY como o TRY mostram que as temperaturas com maior ocorrência estão entre 18°C e 22°C, que são as temperaturas consideradas na área de conforto de Givoni.

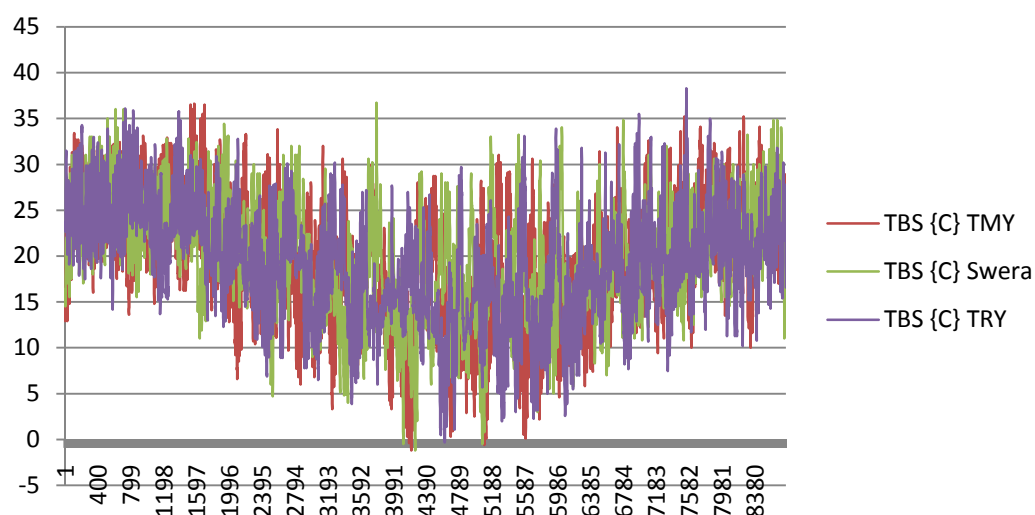


Figura 32 – Comparação das 8760 horas de temperatura de TRY, TMY2 e SWERA

Temperatura durante todo o ano TMY

Temperatura durante todo o ano TRY

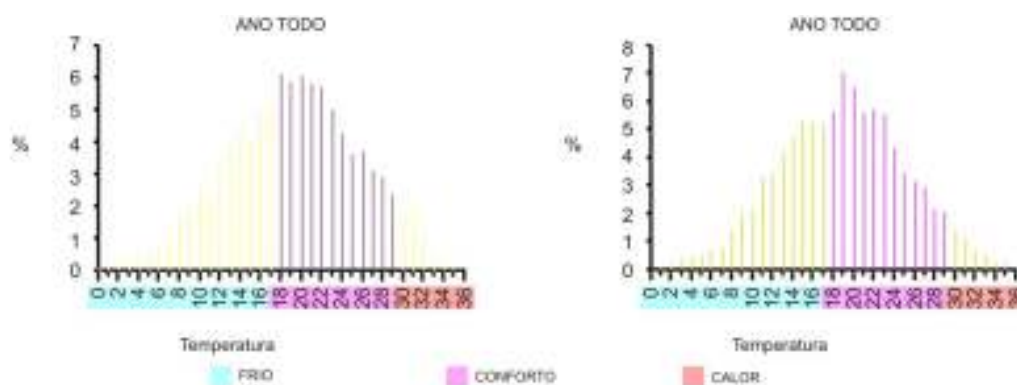


Figura 33 – Histograma das temperaturas do TRY e TMY2.

Analisando as cartas bioclimáticas geradas com o TRY e TMY estudadas nos itens 4.2.1 (p.76) e 4.3.1 (p.79), percebe-se que a mancha vermelha é alongada, construída por pontos que representam cada hora do ano. Isso mostra a grande variação climática pela qual Santa Maria passa ao longo do ano.

O TMY, por ser um método mais detalhado na escolha do ano representativo, apesar de não ser um ano real e não possuir uma continuidade, por isso tende a ser mais preciso na caracterização do clima. Com isso, o TMY2 foi escolhido para uma análise mais detalhada,

pois é um meio de visualizar as informações bioclimáticas e as tomadas de decisões relativas ao projeto arquitetônico, que irá facilitar o entendimento dos usuários sobre o clima local, além da elaboração do chamado painel bioclimático (Apêndice A), recentemente publicado na 3ª edição do livro *Eficiência energética na Arquitetura*, elaborado por Lamberts, Dutra e Pereira. Este painel, segundo Lamberts et.al. (2013), foi elaborado para as quatorze cidades com arquivo climático com as seguintes informações:

- Avaliação climática da cidade feita através do Ano Climático de Referência, com auxílio do programa *Analysis-Bio*;
- Avaliação das cartas solares com os dados de temperatura até junho e após junho, traçados com auxílio do programa *Analysis SOL-AR*;
- Avaliação das rosas dos ventos (*Analysis SOL-AR*) com os dados de frequência, de ocorrência e velocidade dos ventos predominantes;
- Fluxograma com a frequência de ocorrência das temperaturas;
- Gráfico com as umidades relativas anuais da cidade;
- Gráfico com as temperaturas anuais da cidade;
- Tabela com os percentuais de utilidade de cada estratégia bioclimática para um projeto arquitetônico a ser feito no local.

4.4.1 Temperatura do TMY2

Analisando os limites de conforto de Givoni ao longo de todo ano do TMY2, percebe-se que o maior desconforto é nos meses de inverno. A Figura 34 (p. 86) representa as médias mínimas e máximas das temperaturas de bulbo seco. As temperaturas de bulbo seco mínimas estão, em sua maioria, fora dos limites de conforto, e as temperaturas máximas estão mais próximas aos limites de conforto, mas com vários pontos fora dessa zona. A média de temperaturas mostra maior desconforto no inverno. Isso reafirma os resultados da carta bioclimática, que tem, em sua maior porcentagem, estratégias para o frio.

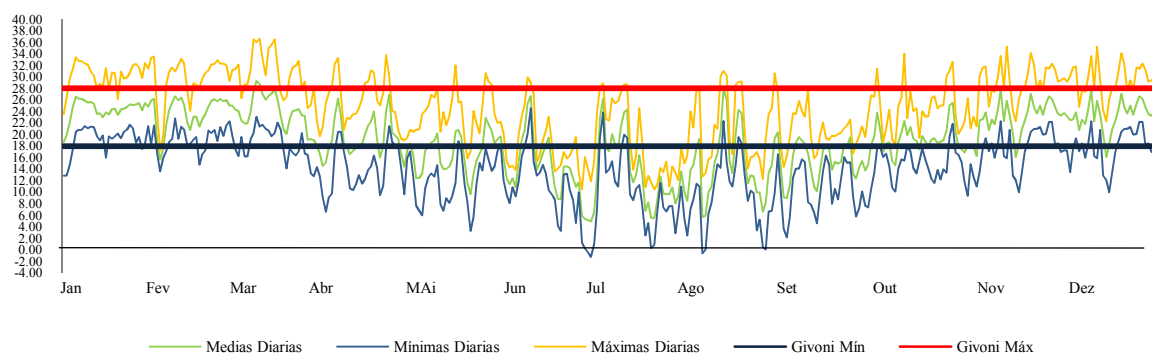


Figura 34 – Temperatura de bulbo seco relacionada aos limites de conforto de Givoni.

A Figura 35 demonstra a frequência de ocorrência das horas de temperatura de bulbo seco por zona de conforto durante todas as estações do ano. Percebe-se que a maior porcentagem é na zona de conforto, com temperatura mais elevadas no verão, com 72%, e a maior porcentagem de desconforto por frio ocorre no inverno, com 69% de frequência, e desconforto por calor tem menor porcentagem, com a maior atingindo 23% no verão.

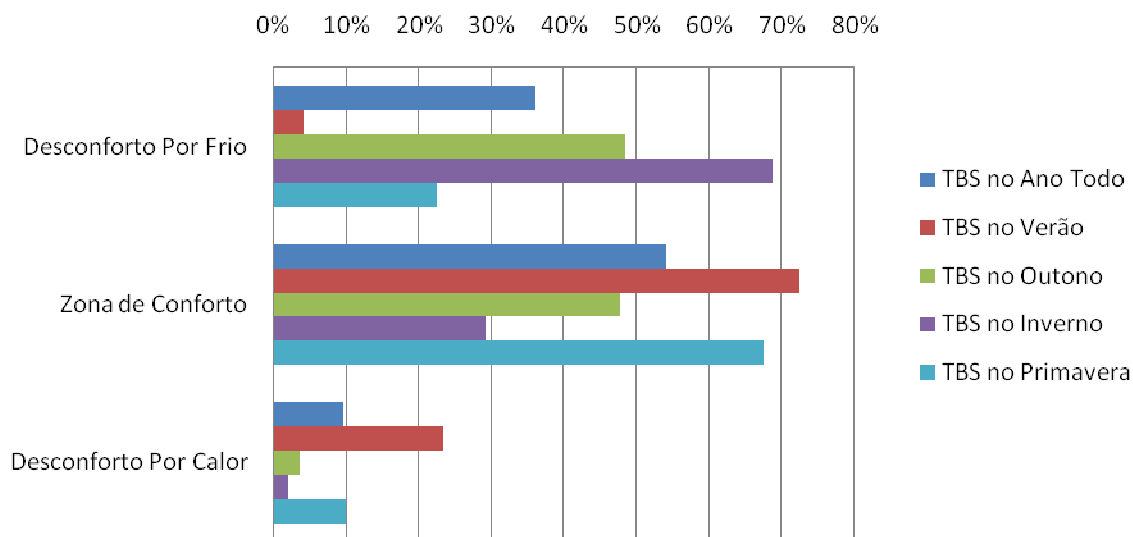


Figura 35 – Frequência de ocorrência da temperatura de bulbo seco durante todo o ano.

4.4.2 Radiação solar do TMY2

A radiação solar é uma das principais variáveis para caracterizar o aspecto climático de uma cidade. Na figura 36, é possível perceber que temos um verão bem característico, com radiações solares maiores, chegando a quase 6000Wh/m^2 , e invernos com menos radiação solar, sendo junho o mês com menor valor, abaixo de 2000Wh/m^2 . A radiação durante as manhãs e as tardes é bem distribuída, sendo a maior parte do ano com radiação solar maiores durante a tarde, exceto novembro e dezembro, em que a manhã demonstra maior radiação solar.

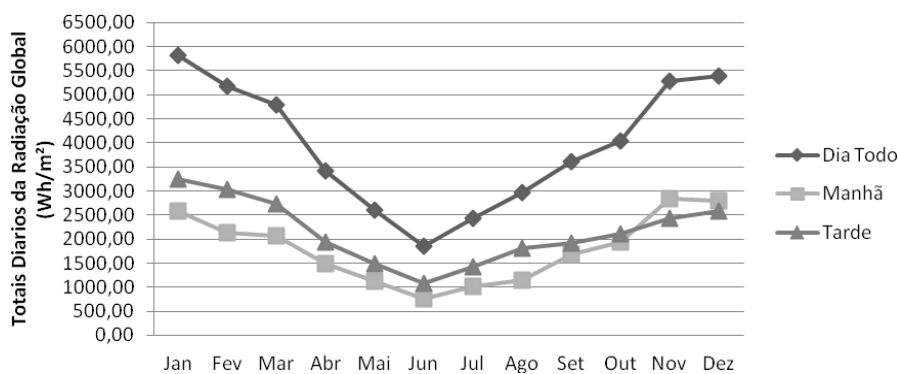


Figura 36 – Médias mensais dos totais diários da radiação global.

4.4.3 Velocidade e direção dos ventos do TMY2

Para uma análise mais detalhada foram elaborados gráficos relacionando as direções e as velocidades em cada estação do ano. Para o período de verão, a Figura 37 (p. 88) mostra que a maior frequência ocorre com uma velocidade de 1m/s , com o vento na direção norte. As Figuras 38, 39 e 40 mostram essa relação na primavera, no outono e no inverno, respectivamente.

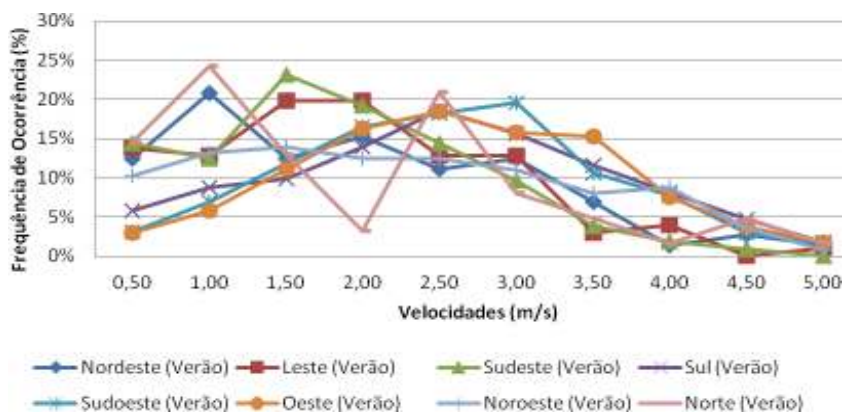


Figura 37 – Frequência de ocorrência da velocidade dos ventos no verão.

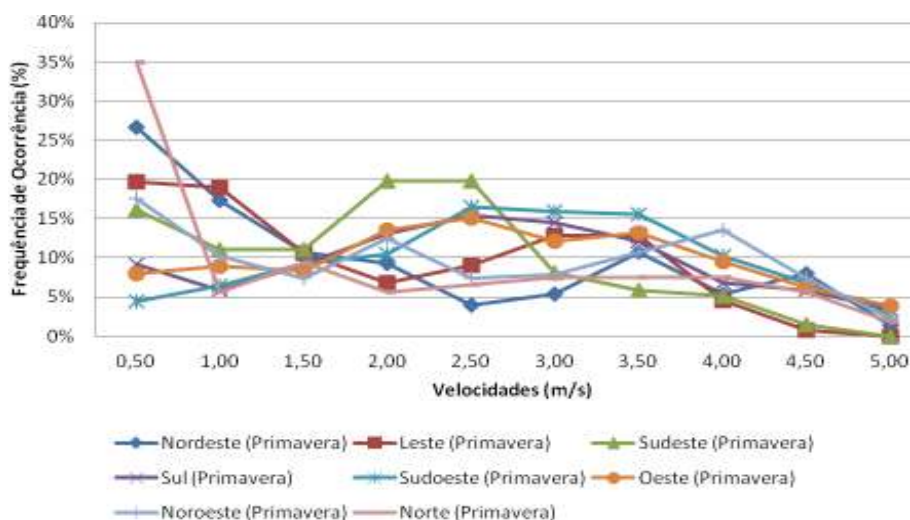


Figura 38 – Frequência de ocorrência da velocidade dos ventos na primavera.

Na primavera, entre os dias 21 de setembro e 20 de dezembro, conforme a Figura 38, a velocidade com mais frequência fica entre 0,5m/s e 1,00m/s, na orientação norte. No outono, entre os dias 21 de março e 20 de junho, conforme a Figura 39 (p. 89), a maior frequência é nas velocidades baixas, abaixo de 1 m/s. Na Figura 40 (p. 89), percebe-se que as velocidades entre 2m/s e 2,5m/s dos ventos têm maior frequência no inverno, entre 21 de junho e 20 de setembro, em todas as orientações.

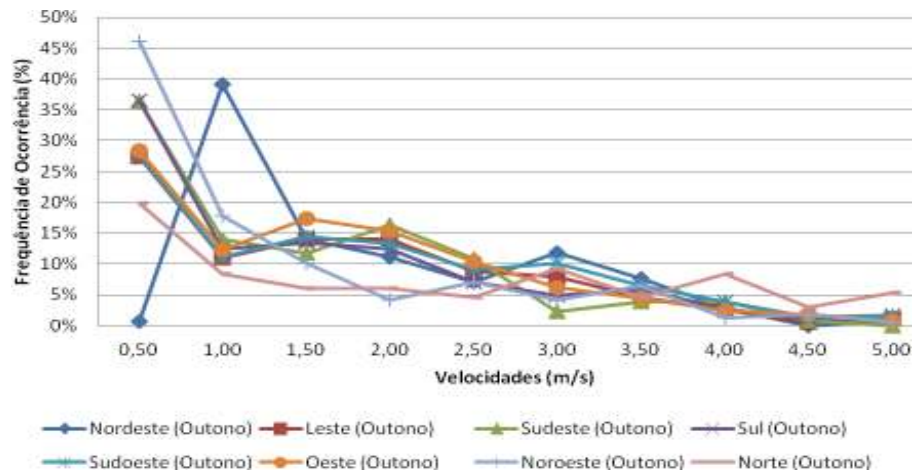


Figura 39 – Frequência de ocorrência da velocidade dos ventos no outono.

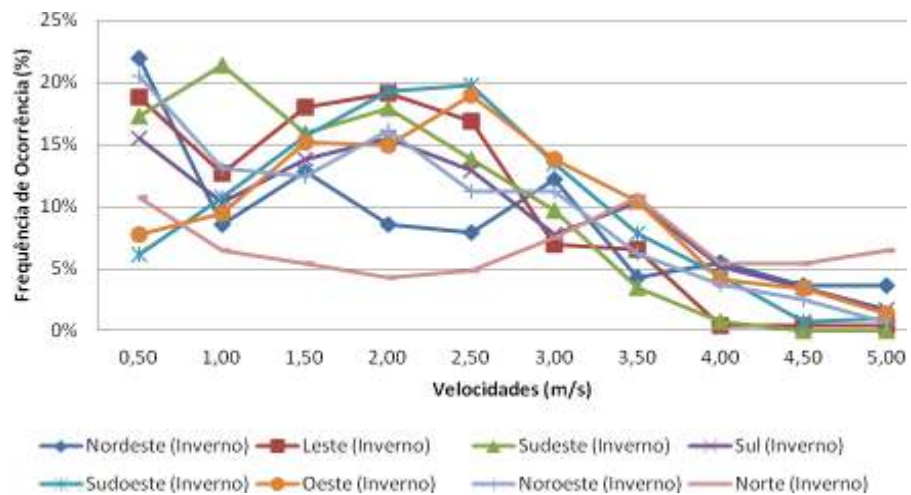


Figura 40 – Frequência de ocorrência da velocidade dos ventos no inverno.

A Figura 41 (p. 90) demonstra a frequência das direções dos ventos durante o dia. Podemos observar que, como nas rosas dos ventos, a direção leste ocorre com mais frequência.

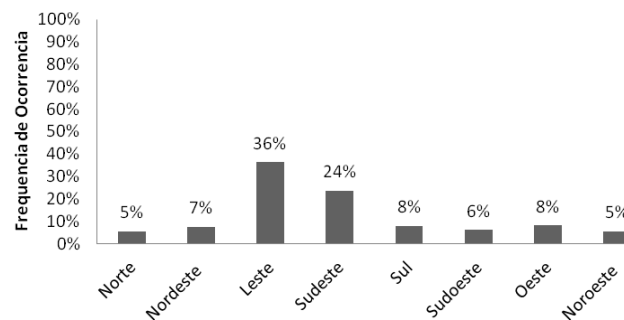


Figura 41 – Frequência de direção dos ventos no dia todo.

4.5 Resultados do dia típico de projeto

Segundo descrito no item 3.4.3 (p. 53), ficaram caracterizados, num período de 12 anos, 3400 ($295 \times 11 + 155$) dias quentes e 2148 (179×12) dias frios. Com isso, a partir do dia de referência de cada percentil, seleciona-se 0,5% dos dias cujas temperaturas médias sejam logo acima dele e 0,5% imediatamente abaixo, representando 1% do total de dias do período de verão. Por exemplo, se, para o período de 3400 dias quentes, foram selecionados 34 dias, 17 dias estão acima do dia de referência e 17 dias abaixo. O mesmo processo ocorre nos dias frios. Para o período de 2148 dias frios, foram selecionados 20 dias, sendo que 10 estão acima do dia de referência e os outros 10 abaixo.

Desse modo, para os dias quentes, as médias das temperaturas horárias dos 35 dias determinaram as temperaturas horárias de cada nível dos dias típicos de verão. Um procedimento similar foi aplicado para as outras variáveis meteorológicas. Com isso, determinaram-se as características gerais dos dias típicos de verão.

Para os dias frios, o procedimento foi o mesmo, mas, como o período foi de 2148 dias, as médias das temperaturas horárias dos 21 dias determinaram as temperaturas horárias de cada nível dos dias típicos de inverno. O mesmo procedimento foi aplicado para as outras variáveis meteorológicas (temperatura de ponto de orvalho, umidade relativa, radiação solar, direção e velocidade do vento). Com isso, determinaram-se as características gerais dos dias típicos de inverno.

As tabelas a seguir mostram as características dos dias típicos de verão e de inverno, adequados a cada um dos níveis de probabilidade de ocorrência referidos acima. Foram

incluídas no processo tabelas com as características dos dias mais quente e mais frio do período. O dia mais quente foi 25 de dezembro de 2012, com a média diária de 33.2°C (Tabela 27, p). O mais frio também foi em 2012, no dia 08 de junho, com média de 3.87°C (Tabela 23).

Na Tabela 23, com o dia mais frio do período, a amplitude da temperatura foi de 10.3°C, com uma temperatura máxima de 12.2°C e uma temperatura mínima de -1.8°C. A umidade relativa atingiu uma média de 81.1% e uma mínima às 17h de 42% e o valor máximo às 8h com 100%. A velocidade dos ventos oscilou entre 0 m/s e 2.2m/s.

Tabela 23 – Tabela com dados climáticos do dia mais frio do período

Dia mais frio do período - 08/06/2012										
Hora	TBS (°C)	UR	PA	R Ext. Glob. Hor.	R. Glob. Hor.	Direção (%)	Velocidade (m/s)	Precip.	Entalpia	TPO
1	0.1	98	101480	0	0	57	0.4	0.0	0.2	-0.1
2	-0.2	99	101470	0	0	231	0.0	0.0	-0.1	-0.4
3	-0.5	99	101400	0	0	52	0.7	0.0	-0.4	-0.7
4	-1.1	99	101390	0	0	131	0.2	0.0	-1.0	-1.2
5	-1.5	99	101400	0	0	120	0.8	0.0	-1.4	-1.6
6	-1.5	99	101460	0	0	100	0.7	0.0	-1.4	-1.6
7	-1.8	99	101480	0	0	95	0.1	0.0	-1.7	-1.8
8	-0.9	100	101530	76	36	90	0.0	0.0	-0.8	-1
9	1.7	98	101580	247	235	119	1.2	0.0	1.8	1.4
10	4.8	79	101650	421	326	114	1.9	0.2	4.9	1.5
11	6.7	69	101660	564	441	113	1.8	0.0	6.8	1.5
12	8.9	61	101620	647	542	113	1.7	0.0	9.1	1.8
13	10.1	52	101520	652	587	129	2.2	0.0	10.3	0.6
14	11	48	101410	579	575	117	1.9	0.0	11.2	0.5
15	12.1	44	101350	442	493	121	1.4	0.0	12.3	0.3
16	12	45	101340	270	355	120	1.4	0.0	12.2	0.3
17	12	42	101350	97	181	119	0.4	0.0	12.2	-0.5
18	7.9	69	101360	0	14	107	0.4	0.0	8.1	2.6
19	5.9	77	101370	0	0	93	1.1	0.0	6.0	2.1
20	3.4	90	101390	0	0	104	1.1	0.0	3.5	1.9
21	2	91	101440	0	0	294	1.0	0.0	2.1	0.6
22	1.2	95	101440	0	0	78	0.5	0.0	1.3	0.5
23	0.6	97	101470	0	0	269	0.6	0.0	0.7	0.1
24	0.2	98	101500	0	0	75	0.0	0.0	0.3	-0.1
Méd.	3.9	81.	10146	166	158	123	0.9	0.0	4.0	0.3

Na Tabela 24, com o dia típico de inverno no nível 2.5%, a temperatura mínima foi às 7h, com 2.4°C, e a máxima às 16h, com 12.2°C. A umidade relativa atingiu uma média de 78% e uma mínima, às 16h, de 56%. O valor máximo foi às 7h, com 92%. A amplitude da temperatura foi de 9.8°C e a média 6.8°C. A velocidade dos ventos oscilou entre 0.86m/s e 3.15m/s.

Tabela 24 – Tabela de dia típico de inverno (nível 2,5%)

Dia típico de inverno - nível 2,5% - Data referência - 09/Jul/2004										
Média de:	26/06/2009, 26/06/2002, 23/07/2009, 16/07/2007, 21/08/2006, 30/05/2008, 05/09/2006, 06/06/2005, 11/07/2003, 13/07/2010, 09/07/2004, 17/07/2004, 11/07/2002, 13/07/2003, 10/06/2012, 13/06/2004, 31/06/2009, 05/08/2007, 04/09/2006, 15/07/2012, 16/07/2008.									
Hora	TBS (°C)	UR (%)	PA (Pa)	R Ext. Glob. Hor. (Wh/m ²)	R. Glob. Hor. (Wh/m ²)	Direção (°)	Vel (m/s)	Precip. (mm)	Entalpia KJ/KG (h)	TPO (°C)
1	4.4	86	101198	0.00	0.00	206	1.2	0.00	4.58	3.25
2	4.1	87	101164	0.00	0.00	243	1.3	0.01	4.24	3.23
3	3.8	88	101132	0.00	0.00	189	1.0	0.00	3.91	2.98
4	3.4	90	101173	0.00	0.00	203	0.9	0.00	3.52	2.74
5	3.0	90	101166	0.00	0.00	180	1.0	0.00	3.10	2.72
6	2.7	91	101192	0.00	0.09	212	0.9	0.00	2.83	2.50
7	2.4	92	101233	2.53	0.08	150	1.0	0.01	2.54	2.37
8	3.1	89	101271	75.21	20.49	186	1.1	0.01	3.21	2.56
9	5.4	82	101383	225.96	140.57	181	1.8	0.03	5.58	3.52
10	7.1	74	101430	379.94	287.17	175	2.4	0.00	7.28	3.61
11	8.5	69	101423	508.13	399.53	190	2.8	0.00	8.63	3.79
12	9.7	65	101363	585.11	498.94	172	2.9	0.00	9.84	3.72
13	10.8	61	101275	595.16	547.86	193	2.9	0.00	11.01	3.58
14	11.6	59	101172	536.20	535.13	180	3.2	0.02	11.78	3.99
15	12.1	58	101142	420.32	461.26	184	2.8	0.01	12.32	3.94
16	12.2	56	101109	270.72	351.32	176	2.8	0.02	12.41	3.76
17	11.7	59	101112	116.09	201.25	177	2.3	0.00	11.93	4.05
18	9.7	69	101080	5.48	42.02	187	1.5	0.04	9.89	4.54
19	7.9	78	101139	0.00	0.44	147	1.2	0.01	8.13	4.95
20	7.1	82	101138	0.00	0.00	152	1.4	0.01	7.25	4.73
21	6.6	82	101140	0.00	0.00	187	1.2	0.00	6.80	4.41
22	6.1	85	101167	0.00	0.00	192	1.3	0.00	6.30	4.50
23	5.3	84	101200	0.00	0.00	182	1.1	0.00	5.44	3.54
24	4.9	85	101195	0.00	0.00	219	1.2	0.00	5.04	3.46
Méd.	6.8	78	101208	155.04	145.26	186	1.7	0.01	6.98	3.60

Na Tabela 25, com o dia típico de inverno no nível 5%, a média das temperaturas foi de 9.6°C, sendo a mínima às 6h (6.3°C), e a máxima às 15h (14.6°C). A umidade relativa atingiu a média de 83% e a mínima de 61%. O valor máximo foi às 3h (95%). A amplitude da temperatura foi de 8.2°C. A velocidade dos ventos oscilou entre 0.9m/s e 2.6m/s.

Tabela 25 – Tabela dia típico de inverno (nível 5%)

Dia típico de inverno - nível 5% - Data de referência - 07/set/2008										
Média de:	30/06/2007, 26/07/2012, 12/07/2002, 10/07/2004, 21/08/2007, 12/07/2009, 28/08/2003, 23/07/2010, 17/06/2007, 27/07/2005, 07/09/2008, 15/07/2009, 23/08/2013, 22/08/2006, 27/08/2003, 11/07/2008, 29/05/2007, 05/08/2010, 28/07/2009, 04/06/2009, 05/06/2012.									
Hora	TBS (°C)	UR (%)	PA (Pa)	R Ext. Glob. Hor. (Wh/m²)	R. Glob. Hor. (Wh/m²)	Direção (°)	Vel (m/s)	Precip. (mm)	Entalpia KJ/KG (h)	TPO (°C)
1	7.3	93	100965	0.00	0.00	176	1.2	0.00	7.52	5.57
2	7.2	94	100930	0.00	0.00	169	1.1	0.00	7.36	5.58
3	6.7	95	100925	0.00	0.00	168	1.0	0.02	6.93	5.24
4	6.7	94	100878	0.00	0.00	168	1.1	0.06	6.85	4.97
5	6.5	93	100877	0.00	0.00	144	1.2	0.01	6.70	4.63
6	6.3	93	100916	0.21	0.07	172	1.3	0.02	6.53	4.48
7	6.5	93	100971	9.65	0.09	161	1.4	0.03	6.69	4.64
8	6.8	93	101028	95.23	18.75	185	1.5	0.04	6.98	4.89
9	8.1	91	101119	242.59	113.09	149	1.7	0.02	8.32	5.77
10	9.8	85	101134	390.33	233.82	172	2.1	0.01	10.05	6.33
11	11.1	81	101145	511.06	374.84	165	2.2	0.01	11.36	6.75
12	12.0	76	101100	581.15	446.11	166	2.1	0.02	12.26	6.81
13	13.1	69	101036	586.50	497.84	182	2.3	0.01	13.32	6.66
14	14.3	64	100948	525.97	483.48	176	2.4	0.00	14.57	6.58
15	14.6	61	100897	411.68	403.35	174	2.6	0.02	14.82	6.21
16	14.4	62	100880	266.04	297.42	174	2.5	0.05	14.68	6.33
17	14.1	62	100888	116.30	179.01	176	1.9	0.12	14.38	5.95
18	12.1	73	100914	8.32	40.94	183	1.5	0.05	12.35	6.64
19	10.8	80	100957	0.00	0.98	148	1.2	0.06	11.05	6.92
20	10.0	85	100979	0.00	0.00	135	1.4	0.05	10.18	6.84
21	8.6	89	100983	0.00	0.00	169	1.1	0.07	8.79	6.22
22	8.0	91	100990	0.00	0.00	189	0.9	0.05	8.16	6.03
23	7.4	92	101008	0.00	0.00	157	1.1	0.01	7.61	5.60
24	7.3	93	100970	0.00	0.00	152	1.2	0.01	7.55	5.74
Méd.	9.6	83	100977	156.04	128.74	167	1.6	0.03	9.79	5.89

Na Tabela 26, com o dia típico de inverno no nível 10%, a temperatura teve uma amplitude de 8.3°C e a média das temperaturas foi de 10.3°C, sendo a mínima às 7h, com 6.7°C e a máxima às 16h, com 15°C. A umidade relativa atingiu uma média de 81.5% e uma mínima, às 15h, de 61%. O valor máximo foi às 8h, com 94%. A velocidade dos ventos oscilou entre 1.2 m/s e 2.7m/s.

Tabela 26 – Tabela dia típico de inverno (nível 10%)

Dia típico de inverno - nível 10% - Data de referência- 16/maio/2009										
Média de:	17/08/2003, 03/07/2009, 20/06/2005, 27 /07/2007, 30/04/2008, 13/06/2008, 01/06/2010, 21/07/2010, 20/07/2010, 21/06/2008, 16/05/2009, 15/09/2005, 06/06/2009, 14/09/2005, 06/08/2010, 10/08/2010, 12/06/2008, 01/09/2005, 29/08/2007, 19/07/2010, 25/07/2012.									
Hora	TBS (°C)	UR (%)	PA (Pa)	R Ext. Glob. Hor. (Wh/m²)	R. Glob. Hor. (Wh/m²)	Direção (°)	Vel (m/s)	Precip. (mm)	Entalpia KJ/KG (h)	TPO (°C)
1	8.4	90	100991	0.00	0.00	177	1.3	0.00	8.59	5.95
2	7.8	91	100978	0.00	0.00	213	1.4	0.00	8.03	5.57
3	7.6	91	100983	0.00	0.00	172	1.2	0.03	7.81	5.38
4	7.3	92	100933	0.00	0.00	210	1.3	0.07	7.46	5.24
5	7.0	92	100944	0.00	0.00	231	1.3	0.26	7.20	5.01
6	6.8	94	100961	0.00	0.02	189	1.4	0.18	6.97	4.80
7	6.7	94	101002	5.39	0.27	193	1.3	0.21	6.90	4.76
8	6.9	94	101065	96.98	23.15	163	1.2	0.16	7.11	5.05
9	8.9	89	101115	255.14	127.87	175	1.9	0.43	9.10	6.32
10	10.4	82	101151	414.64	256.37	183	2.2	0.35	10.67	6.63
11	12.1	75	101131	546.01	363.96	169	2.2	0.26	12.33	6.97
12	13.3	69	101077	623.63	453.56	157	2.6	0.13	13.54	6.72
13	14.1	64	100991	631.94	501.24	160	2.7	0.34	14.34	6.48
14	14.6	62	100912	569.25	473.82	164	2.6	0.39	14.88	6.40
15	15.0	61	100865	448.14	410.99	162	2.7	0.34	15.22	6.18
16	15.0	61	100840	292.42	294.76	175	2.6	0.35	15.25	6.41
17	14.4	64	100848	131.31	162.81	164	2.2	0.36	14.62	6.74
18	12.6	74	100858	10.39	37.73	182	1.6	0.14	12.80	7.26
19	11.0	80	100890	0.00	0.39	160	1.5	0.08	11.26	7.18
20	10.1	84	100928	0.00	0.00	152	1.6	0.10	10.33	6.95
21	9.8	85	100961	0.00	0.00	167	1.5	0.20	10.00	6.78
22	9.2	88	100987	0.00	0.00	224	1.3	0.17	9.44	6.71
23	8.9	89	101010	0.00	0.00	175	1.5	0.02	9.07	6.45
24	8.7	89	101000	0.00	0.00	183	1.4	0.03	8.87	6.10
Méd.	10.3	81.5	100976	167.72	129.46	179	1.8	0.19	10.49	6.17

A Tabela 27, abaixo, mostra o dia mais quente do período. A umidade relativa atingiu uma média de 54.6% e uma mínima, às 17h, de 47%, correspondente à máxima temperatura de 36.7°C. O valor máximo foi às 4h, com 64%, correspondente à temperatura mínima, que foi 30°C. A amplitude da temperatura foi de 6.7°C. A velocidade dos ventos oscilou entre 2m/s e 7.6m/s.

Tabela 27 – Tabela com o dia mais quente do período

(continua)

Dia mais quente do período - 25/12/2012										
Hora	TBS (°C)	UR %	PA	R Ext. Glob.	R. Glob. Hor.	Direção (%)	Vel (m/s)	Precip.	Entalpia	TP O
1	30.5	64	99040	0	0	339	2.6	0.0	31.1	22.9
2	30.2	64	99010	0	0	343	3.0	0.0	30.8	22.8
3	30.6	62	99010	0	0	339	4.0	0.0	31.2	22.5
4	30	64	98990	0	0	343	3.6	0.0	30.6	22.5
5	30.2	63	98970	0	0	337	4.6	0.0	30.8	22.4
6	30.1	63	99010	59	3	332	5.7	0.0	30.7	22.3
7	30.6	63	99020	151	124	338	4.6	0.0	31.2	22.7
8	31.9	60	99080	252	318	330	5.6	0.0	32.5	23.1
9	33.4	55	99160	350	521	322	5.6	0.0	34.0	23.2
10	34.2	54	99160	431	716	323	5.8	0.0	34.8	23.4
11	34.9	51	99150	483	877	328	6.4	0.0	35.5	23.2
12	35.5	48	99100	497	976	320	6.8	0.0	36.1	22.8
13	35.9	47	99070	471	1018	332	7.6	0.0	36.5	22.7
14	36.4	45	99030	410	979	329	6.3	0.0	37.0	22.5
15	36.7	45	99000	322	841	317	6.1	0.0	37.3	22.6
16	36.7	44	98960	222	744	326	5.8	0.0	37.3	22.3
17	36.7	43	98950	122	559	321	4.4	0.0	37.3	22.2
18	35.9	46	98970	35	328	323	4.6	0.0	36.5	22.6
19	34.8	46	99030	0	153	321	4.0	0.0	35.4	21.5
20	33.9	48	99130	0	0	323	3.0	0.0	34.5	21.3
21	31.9	61	99070	0	0	356	2.0	0.0	32.5	23.3
22	32.3	58	99110	0	0	350	3.5	0.0	32.9	22.9

Tabela 27 – Tabela com o dia mais quente do período

(conclusão)

Dia mais quente do período - 25/12/2012										
Hora	TBS (°C)	UR (%)	PA	R Ext. Glob. Hor.	R. Glob. Hor.	Direção (%)	Vel (m/s)	Precip.	Entalpia	TP O
23	32	58	99090	0	0	351	3.3	0.0	32.6	22.8
24	31.6	59	99070	0	0	341	2.6	0.00	32.2	22.6
Méd.	33.2	54.6	99049	159	340	332.7	4.6	0.0	33.8	22.6

A Tabela 28, a seguir, apresenta os dados climáticos para o dia típico de verão no nível 2.5% onde a temperatura média foi de 27.5°C, sendo a mínima às 6h, com 23.1°C, e a máxima às 16h, com 33.2°C. A umidade relativa atingiu uma média de 63% e uma mínima, às 16h, de 43%. O valor máximo foi às 3h, com 78%. A amplitude da temperatura foi de 10.1°C. A velocidade dos ventos oscilou entre 1.4m/s e 2.8m/s.

Tabela 28 – Dia típico de verão (nível 2,5%)

(continua)

Dia típico de verão - nível 2.5% - Data de referência - 20/fev/2012										
Médias de:	12/02/2010, 18/12/2002, 31/01/2005, 01/01/2007, 07/01/2005, 04/02/2006, 12/03/2012, 16/01/2011, 23/01/2012, 28/12/2013, 06/03/2005, 08/12/2008, 11/01/2002, 12/01/2006, 13/12/2006, 29/11/2011, 30/12/2009, 20/02/2012, 08/08/2006, 08/12/2010, 31/01/2003, 05/09/2004, 18/02/2012, 22/05/2008, 05/02/2006, 20/02/2010, 30/01/2010, 25/08/2002, 06/09/2003, 26/02/2003, 14/02/2012, 28/11/2008, 24/01/2012, 25/11/2008, 11/09/2013.									
Hora	TBS (°C)	UR (%)	PA (Pa)	R Ext. Glob. Hor. (Wh/m ²)	R. Glob. Hor. (Wh/m ²)	Dir (°)	Vel (m/s)	Precip. (mm)	Entalpia KJ/KG (h)	TPO (°C)
1	24.2	76	99883	0.00	0.00	127	1.9	0.29	24.67	19.45
2	23.8	76	99849	0.00	0.00	144	1.7	0.00	24.32	18.99
3	23.3	78	99831	0.00	0.00	157	1.8	0.25	23.83	18.90
4	23.2	78	99826	0.00	0.00	147	1.9	0.15	23.67	18.71
5	23.1	78	99871	0.00	0.00	131	2.3	0.04	23.56	18.53
6	23.1	77	99922	33.56	1.81	138	2.4	0.04	23.55	18.38
7	23.9	75	99974	138.63	47.90	148	2.4	0.01	24.37	18.71

Tabela 28 – Dia típico de verão (nível 2,5%)

(conclusão)

Dia típico de verão - nível 2.5% - Data de referência - 20/fev/2012										
Médias de: 12/02/2010, 18/12/2002, 31/01/2005, 01/01/2007, 07/01/2005, 04/02/2006, 12/03/2012, 16/01/2011, 23/01/2012, 28/12/2013, 06/03/2005, 08/12/2008, 11/01/2002, 12/01/2006, 13/12/2006, 29/11/2011, 30/12/2009, 20/02/2012, 08/08/2006, 08/12/2010, 31/01/2003, 05/09/2004, 18/02/2012, 22/05/2008, 05/02/2006, 20/02/2010, 30/01/2010, 25/08/2002, 06/09/2003, 26/02/2003, 14/02/2012, 28/11/2008, 24/01/2012, 25/11/2008, 11/09/2013.										
Hora	TBS (°C)	UR (%)	PA (Pa)	R Ext. Glob. Hor. (Wh/m ²)	R. Glob. Hor. (Wh/m ²)	Dir (°)	Vel (m/s)	Precip. (mm)	Entalpia KJ/KG (h)	TPO (°C)
8	25.5	69	100014	298.70	188.87	128	2.8	0.00	26.00	18.92
9	27.2	63	100037	471.46	360.79	131	2.7	0.00	27.72	19.00
10	29.0	57	100027	631.38	561.04	132	2.7	0.00	29.58	19.24
11	30.3	53	100004	754.23	685.87	172	2.7	0.01	30.87	19.16
12	31.5	50	99963	820.16	771.61	189	2.6	0.00	32.06	19.36
13	32.3	47	99911	818.14	787.74	210	2.8	0.00	32.89	18.99
14	32.8	45	99852	748.44	776.37	211	2.8	0.47	33.38	18.65
15	33.0	44	99787	622.63	681.03	190	2.7	0.11	33.55	18.30
16	33.2	43	99729	460.89	579.90	191	2.8	0.01	33.70	18.01
17	32.6	45	99703	287.58	424.37	178	2.4	0.37	33.09	17.97
18	31.3	50	99689	126.98	229.62	121	2.1	0.09	31.86	18.57
19	29.4	57	99724	28.99	83.08	121	1.7	0.02	29.92	19.18
20	27.4	64	99765	0.00	0.00	104	1.4	0.01	27.98	19.50
21	25.9	71	99870	0.00	0.00	107	1.8	0.01	26.42	19.93
22	25.3	73	99909	0.00	0.00	120	1.7	0.05	25.86	19.88
23	25.1	74	99922	0.00	0.00	132	2.1	0.05	25.62	19.77
24	24.6	75	99915	0.00	0.00	146	1.9	0.01	25.07	19.64
Méd.	27.5	63	99874	260.07	257.50	149	2.3	0.08	28.06	18.99

Na Tabela 29 (p. 98), o dia típico de verão no nível 5%, a temperatura média foi de 26.8°C, sendo a mínima às 6h, com 22.4°C, e a máxima às 13h, com 31.7°C. A umidade relativa atingiu a média de 69% e a mínima, às 15h, de 53%. O valor máximo foi às 6h, com 84%. A amplitude da temperatura foi de 9.3°C. A velocidade dos ventos oscilou entre 1.7 m/s e 3.4m/s.

Tabela 29 – Tabela dia típico de verão (nível 5%)

Dia típico de verão - nível 5% - Data de referência - 30/dez/2002										
Médias de:	16/12/2012, 05/02/2012, 07/02/2003, 05/01/2005, 06/02/2012, 20/12/2009, 30/01/2012, 12/09/2013, 01/11/2009, 19/04/2010, 21/02/2010, 21/05/2008, 20/01/2012, 22/12/2011, 28/03/2007, 20/03/2008, 20/12/2002, 16/08/2011, 10/03/2012, 25/11/2009, 14/01/2006, 15/12/2004, 29/01/2011, 29/01/2006, 28/12/2007, 24/02/2013, 25/02/2013, 19/12/2009, 15/01/2008, 07/01/2006, 26/11/2008, 26/11/2008, 11/02/2009, 24/12/2010, 09/01/2006.									
Hora	TBS (°C)	UR (%)	PA (Pa)	R Ext. Glob. Hor. (Wh/m²)	R. Glob. Hor. (Wh/m²)	Dir (°)	Vel (m/s)	Precip. (mm)	Entalpia/ KJ/KG (h)	TPO (°C)
1	23.6	80	99848	0.00	0.00	112	2.2	0.00	24.16	20.01
2	23.4	81	99807	0.00	0.00	155	2.0	0.01	23.92	19.95
3	23.2	82	99787	0.00	0.00	153	2.2	0.00	23.71	19.82
4	22.8	83	99795	0.00	0.00	136	2.1	0.14	23.27	19.63
5	22.7	83	99814	0.00	0.00	150	2.1	0.49	23.15	19.47
6	22.4	84	99852	38.14	1.76	141	1.9	0.16	22.91	19.47
7	23.5	80	99900	146.13	52.05	127	2.3	0.09	24.00	19.81
8	25.2	74	99935	306.91	203.49	134	2.7	0.01	25.77	20.14
9	27.1	67	99944	479.07	396.78	163	2.8	0.00	27.69	20.47
10	28.8	62	99931	637.20	554.87	183	3.0	0.00	29.40	20.77
11	30.1	58	99918	757.25	650.92	218	3.1	0.01	30.72	20.93
12	30.9	56	99884	819.79	720.69	218	3.4	0.00	31.50	20.95
13	31.7	54	99820	814.34	779.78	218	3.2	0.01	32.32	20.85
14	31.5	54	99765	741.76	723.82	223	3.3	0.22	32.04	20.53
15	31.5	53	99690	614.03	624.12	204	3.1	0.16	32.04	20.23
16	31.1	54	99641	451.60	526.18	217	3.1	0.37	31.62	20.14
17	30.3	57	99624	278.80	348.30	205	2.9	0.20	30.87	20.27
18	29.3	60	99645	119.69	190.26	164	3.0	0.73	29.81	20.07
19	27.7	66	99678	26.39	69.17	159	2.0	0.70	28.28	20.42
20	26.5	71	99736	0.00	0.00	141	2.0	0.69	27.06	20.52
21	25.5	73	99837	0.00	0.00	103	1.7	0.03	26.02	20.31
22	24.9	76	99881	0.00	0.00	120	2.0	0.02	25.42	20.33
23	24.3	78	99898	0.00	0.00	133	2.1	0.06	24.84	20.28
24	24.0	79	99889	0.00	0.00	146	2.2	0.00	24.54	20.12
Méd.	26.8	69	99813	259.63	243.42	163	2.5	0.17	27.29	20.23

De acordo com a Tabela 30 (p. 99), no dia típico de verão no nível 10%, a temperatura média foi de 25.8°C, com mínima de 21.5°C, às 5h, e máxima de 31.2°C, às 13h. A umidade relativa atingiu a média de 69% e a mínima, às 13h, de 50%. O valor máximo foi às 5h, com

88%. A amplitude da temperatura foi de 10.7°C. A velocidade dos ventos oscilou entre 1.2 m/s e 2.8m/s.

Tabela 30 – Tabela Dia típico de verão (nível 10%)

Dia típico de verão - nível 10% - Data de referência - 21/dez/2013										
Média de:	30/12/2005, 10/12/210, 20/02/2011, 15/01/2003, 02/12/2004, 23/02/2010,12/01/2007, 26/01/2010, 02/02/2004, 18/12/2013, 06/03/2004, 26/03/2008, 18/12/2012, 20/12/2008, 19/02/2005, 30/01/2003, 07/12/2011, 21/12/2013, 22/12/2005, 17/05/2003, 12/01/2012, 27/11/2013, 21/02/2005, 15/01/2011, 07/09/2003, 30/01/2011, 07/01/2009, 05/01/2004, 29/01/2006, 28/12/2008, 03/02/2007, 23/02/2005, 25/02/2007, 29/11/2008, 04/02/2012.									
Hora	TBS (°C)	UR (%)	PA (Pa)	R Ext. Glob. Hor. (Wh/m²)	R. Glob. Hor. (Wh/m²)	Dir (°)	Vel (m/s)	Precip. (mm)	Entalpia/ KJ/KG (h)	TPO (°C)
1	21.9	82	99925	0.00	0.00	108	1.9	0.06	22.39	18.61
2	21.5	84	99889	0.00	0.00	125	1.6	0.01	21.93	18.45
3	21.0	86	99863	0.00	0.00	153	1.5	0.00	21.43	18.38
4	20.7	87	99862	0.00	0.00	126	1.2	0.00	21.20	18.35
5	20.5	88	99883	0.00	0.00	140	1.3	0.00	20.98	18.35
6	20.9	86	99924	44.39	2.83	134	1.5	0.00	21.41	18.21
7	22.2	81	99975	164.32	56.89	150	2.0	0.00	22.69	18.54
8	23.8	76	100022	327.81	198.65	159	2.1	0.01	24.33	18.99
9	25.6	70	100036	499.56	393.23	138	2.4	0.00	26.14	19.33
10	27.3	64	100023	655.72	599.76	131	2.7	0.01	27.87	19.55
13	31.2	50	99899	825.72	894.44	177	2.8	0.00	31.76	19.27
14	30.8	52	99854	752.39	777.80	164	2.7	0.57	31.33	19.32
15	30.9	52	99794	624.89	690.57	161	2.8	0.18	31.43	19.10
16	30.8	52	99736	463.14	559.22	170	2.8	0.15	31.33	19.09
17	30.3	53	99704	290.77	417.69	162	2.5	0.19	30.84	18.69
18	29.8	54	99688	130.88	264.47	134	2.4	0.00	30.32	18.63
19	28.4	59	99701	28.93	101.93	131	1.6	0.00	28.90	19.17
20	26.5	67	99735	0.00	0.00	122	1.7	0.01	27.00	19.51
21	24.8	71	99897	0.00	0.00	114	2.0	0.04	25.33	18.89
22	24.1	74	99951	0.00	0.00	93	2.1	0.02	24.60	18.80
23	23.4	77	99966	0.00	0.00	120	2.1	0.02	23.86	18.81
24	22.7	79	99955	0.00	0.00	129	2.1	0.00	23.16	18.74
Méd.	25.8	69	99885	267.27	274.00	140	2.1	0.05	26.27	18.92

4.6 Resultado do arquivo formato .epw

Para conferir se o arquivo .epw estava funcionando, o arquivo *minimal.idf* foi simulado no *EnergyPlusV8*. É um arquivo com o mínimo de objetos necessários para a simulação de um modelo no *EnergyPlus*. Conforme a Figura 42, o arquivo climático TMY de Santa Maria foi carregado no EP-Launch. A Tabela 31 é o resultado da simulação do TMY de Santa Maria no *minimal .idf*. A partir dessa tabela foi gerada o gráfico da figura 43.

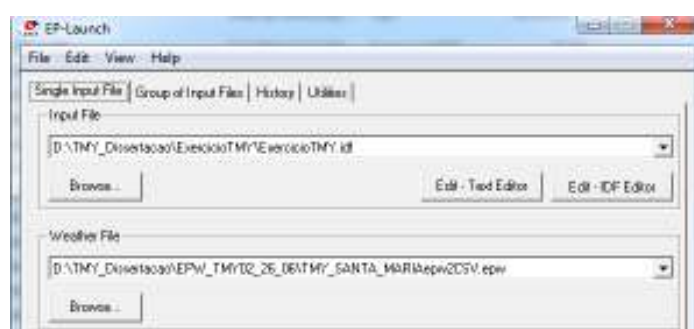


Figura 42 – Entrada dos dados climáticos no *EnergyPlus*.

A Tabela 31 é resultado da simulação do TMY de Santa Maria no *minimal .idf*. A partir dessa Tabela foi gerada a Figura 43 apresentada na sequência (p. 101).

Tabela 31 – Tabela com o resultado do *minimal .idf*

Date	Drybulb Temp [C]	Dewpoint Temp [C]	Wetbulb Temp [C]	Diffuse Solar Radiation [W/m2]	Direct Solar Radiation [W/m2]	Solar Azimuth Angle [deg]	Solar Altitude Angle [deg]
01/0101:00	16.0	11.1	13.1	0	0	175.7	-37.1
01/0102:00	15.3	11.0	12.7	0	0	163.4	-35.2
01/0103:00	14.8	10.9	12.5	0	0	148.3	-29.9
01/0104:00	14.2	11.0	12.3	0	0	135.8	-21.9
01/0105:00	13.7	11.1	12.2	0	0	125.7	-12.0
01/0106:00	13.1	11.1	12.0	8.19	38.06	117.5	-0.9

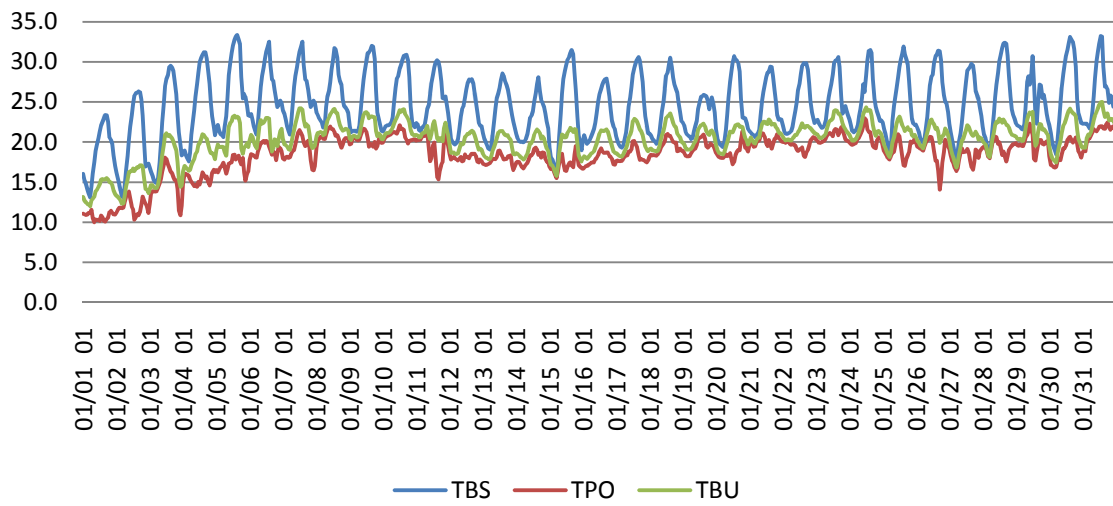


Figura 43 – Comparação das temperaturas TBS, TBU e TPO no mês de janeiro do TMY gerado pelo *EnergyPlus*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido às dificuldades encontradas na coleta dos dados climáticos, para todas as variáveis (temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade/direção de ventos, pressão atmosférica, radiação global) foram necessárias a adequação dos dados às características do estudo e uma série de tratamentos para dados espúrios. Partindo das informações cedidas pelo INMET, com o histórico de 12 anos de dados horários, contabilizaram-se, aproximadamente, 850 mil dados. Alguns deles tiveram problema na qualidade, com valores obviamente absurdos ou falhas na medição (por falta de aparelho ou problema no preenchimento). Por isso, foi preciso analisar a qualidade do material e fazer ajustes necessários para completar o banco de dados.

A sistematização dos dados estatísticos permitiu melhor visualização e caracterização do comportamento do clima da cidade de Santa Maria. Trabalhou-se com o período entre 2002 e 2013, verificando-se as descrições estatísticas das variáveis climáticas de temperatura de bulbo seco e de ponto de orvalho, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos e radiação global. Nos resultados da descrição estatística das variáveis climáticas desse período, foi possível perceber que, para o município de Santa Maria, o maior desconforto, em relação à temperatura de bulbo seco, é devido às temperaturas mais baixas, conforme parâmetros definidos pelo Givoni (1992).

Outra importante conclusão dessa descrição está nas relações entre temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar e ponto de orvalho e a radiação solar, demonstrando coerência das conexões entre as variáveis que são usadas para cálculos que não foram medidas pela estação meteorológica.

Para os tratamentos dos dados, o recomendado é trabalhar com um histórico de 30 anos de dados horários. No entanto, o Ano Climático de Referência (TRY), o Ano Meteorológico Típico (TMY2) e o Dia Típico de Projeto para Santa Maria consideraram o período entre 2002 e 2013, com as informações disponibilizadas pelo INMET.

O Ano Climático de Referência (TRY) do trabalho (2003) coincidiu com o mesmo ano achado por Roriz (2012), porém em um período compreendido entre 2002 e 2010, ou seja, para o intervalo de 8 anos. Assim, o ano de 2003 mantém-se sendo a época sem extremos para a cidade de Santa Maria. Esse resultado pode demonstrar a estabilidade do comportamento climático dos intervalos de anos estudados. É válido lembrar, novamente, que o TRY consiste

em 8.760 horas de dados climáticos em formato padronizado adequado aos programas de simulação de desempenho termoenergético de edificações. Já o TMY2 considera os 12 meses restantes da eliminação dos meses individuais com médias máximas e mínimas extremas. No entanto, mesmo que essa medida consista em um ano não real, conta com 8.760 horas de dados climáticos e também com formato padrão adequado aos programas de simulação de desempenho termoenergético de edificações.

Ao longo do estudo, houve a necessidade de revisar os dados e convertê-los segundo os diferentes usos. Esse trabalho resultou na aplicação da extensão *.csv*, para que fosse possível a entrada no programa *Analysis SolAR* (que usa o formato *.epw*), visando à simulação energética. A extensão também foi utilizada no *EnergyPlus* e no *AnalysisBio* (via formato *.try*). Com os resultados gerados por essas ferramentas, foi possível perceber que os arquivos de Ano Climático de Referência (TRY) e Ano Meteorológico Típico (TMY2) são muito parecidos. Analisando as temperaturas por meio dos dois tipos ao longo de todo o ano, tanto um como o outro mostrou que as temperaturas com maior ocorrência são de 18°C a 22°C, consideradas na área de conforto de Givoni (1992). Verificando-se as cartas bioclimáticas geradas para os dois arquivos, tem-se, aproximadamente, 30% de conforto e 70% de desconforto em cada, o que demonstra, novamente, a estabilidade do comportamento climático no intervalo de anos trabalhados. Nessa análise, a mancha vermelha mais alongada é a indicação da grande variação climática que a cidade de Santa Maria atravessa no período de um ano.

Como o TMY2 é um método mais detalhado na escolha do ano representativo e tende a ser mais preciso na caracterização do clima, recomenda-se o seu uso em um projeto arquitetônico na cidade de Santa Maria. Com relação às estratégias, algumas delas são: a ventilação natural, no verão, com a sugestão de que as edificações tenham suas fachadas de aberturas maiores direcionadas a leste e sudeste. Para o inverno, sugere-se o aquecimento solar/inércia térmica, que pode ser feita através de técnicas como a orientação solar adequada, a cor dos fechamentos, o emprego de painéis refletores externos e parede trombe. Ainda, se destaca também o uso de isolamento térmico, com materiais como cortiça, isopor, lã de vidro e o concreto celular, os quais possuem a capacidade de reduzir a transferência de calor e, com a inércia térmica advinda do calor retido nas paredes da edificação, podem auxiliar na climatização do ambiente nos horários mais frios.

Com relação ao zoneamento bioclimático, atualmente, Santa Maria, está na Zona 2. Para essa área, recomenda-se incluir abertura para ventilação média, permitindo um sombreamento no verão e a captação de radiação solar durante no inverno, com uso de

vedações externas com paredes tipo leve e cobertura leve isolada. Comparando-se esses pontos com os resultados do trabalho, podemos perceber que as estratégias coincidem com o estudo teórico da carta bioclimática. Apenas apresentou-se uma discordância quanto ao tipo de parede externa leve. Pelos resultados do TMY2, percebe-se que, nas paredes, devem ser empregados materiais com condutividade térmica mais baixa (isolantes térmicos) ou com múltiplas camadas (uma delas de ar). Com isso, as paredes devem ser mais espessas e também mais pesadas, tanto para evitar a saída de calor no inverno como a sua entrada no verão.

Quanto aos resultados do dia típico de projeto, a metodologia aplicada considerou doze anos de informações meteorológicas da cidade pesquisada. Como o período de anos foi maior do que o utilizado por Sattler (1989), o cálculo gerou uma série de dias típicos de inverno e de verão, os quais foram trabalhados com as médias para cada nível (2.5%, 5% e 10%). Observou-se que os dias típicos de inverno, em todos os níveis, têm, como características, temperaturas baixas, com a mínima de 2.4°C e a máxima de 15°C. Já os dias típicos de verão apresentam temperaturas altas, com máxima de 33.1°C e mínima de 21.5°C. Ainda, a partir da análise do dia mais quente com o dia mais frio do período, calculou-se uma amplitude térmica de 38.5°C, considerando os valores de -1,8°C (mínima) e de 36,7°C (máxima). Os dados dessa avaliação foram registrados ao longo do período de um ano específico (no caso, 2012), o que comprova a grande amplitude térmica na cidade de Santa Maria.

A partir dessas considerações é possível observar a importância da climatologia aplicada à arquitetura. A geração da carta bioclimática possibilita análises mais profundas de estratégias para o conforto e climatização das edificações. A partir desse estudo, é possível adquirir mais conhecimentos para aferir condições climatológicas. Um exemplo disso é o uso da rosa dos ventos, comentado neste trabalho, para simplificar a medição da velocidade e direção dos ventos.

Com o tratamento dos dados climáticos para a cidade de Santa Maria proposto nesta pesquisa, será possível complementar uma base de informações fundamentais para o projeto bioclimático, gerando um banco de dados com fácil acesso, além de arquivos climáticos compatíveis com programas como o *EnergyPlus* e *Design Builder*. Além disso, poderá ser aplicada uma análise mais profunda dos ventos na cidade, com o diagrama gerado pelo software *Analysis SOL-AR*. Nesse sentido, considera-se que a importância do estudo está nos conhecimentos de diretrizes bioclimáticas e de formatação de arquivos de simulação energética. Buscou-se, desse modo, contribuir com a geração de propostas arquitetônicas adequadas ao clima local, dentro da perspectiva de melhor eficiência energética.

Recomendações para futuros trabalhos

Em consequência deste trabalho, almeja-se que mais pesquisas sejam realizadas na área. Dentre as sugestões, está a de aplicação da metodologia desenvolvida para especificação e avaliação de desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares para municípios da região.

Outra possibilidade é a aplicação dos arquivos climáticos para simulação térmica, através da comparação da expectativa de consumo dos dois arquivos climáticos (TRY e TMY), considerando diferentes tipos de edificações.

Por fim, também se sugere um estudo de edificação que atinja todas as estratégias bioclimáticas para Santa Maria por meio da avaliação de diferentes orientações solares.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005a. 71 p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-3 – Desempenho – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005b. 30 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1-Edificações Habitacionais — Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013. 30 p.

AKUTSU, M; PEDROSO, N. G. Dia típico de projeto para desenvolvimento de projeto arquitetônico, **Construção São Paulo**, v. 2079, 1987.

ANDRADE, S. F. de. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis**. UFSC, 1996, 147p.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta: ASHRAE, 2004. 27 p.

ASHRAE. **ASHRAE Fundamentals Handbook**. Atlanta: ASHRAE, 2001.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.

BARBETTA, P. A. et al. **Estatística: para cursos de engenharia e informática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 410 p.

BARBIRATO, G. M. et al. Diretrizes Bioclimáticas Para O Planejamento Urbano A Partir Da Aplicação De Metodologias De Análise Do Clima Local. **Revista Engenharia Civil**, Braga, n. 40, p. 75-86, maio 2011.

BARBOSA, M. J. **Uma Metodologia Para Especificar e Avaliar o Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares**. 1997. 307 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção)–Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2010**: Ano base 2009. Brasília, DF, 2010.

CARLO, J; LAMBERTS, R. **Processamento de Arquivos Climáticos para Simulação do Desempenho Energético de Edificações**. In: ARQUIVOS Climáticos. Florianópolis: UFSC/LabEEE. 2005. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

CRUZ, E. M. G. **Selección de materiales en la concepción arquitectónica bioclimática**. [19--?]. Maracaibo: Universidad del Zulia, [19--?]. 20 p. Disponível em: <<http://www.anes.org/anes/formularios/RedesConocimiento/2003-03.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2013.

CUNHA, E. G. (Org). **Elementos de arquitetura de climatização natural**: método projetual buscando a eficiência nas edificações. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006. 188 p.

CURCIO, D. R. **Desempenho termo-energético de habitações de interesse social produzidas pelo programa de arrendamento residência-Par, na cidade de Pelotas/RS**. 2011. 180 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)–Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

DUFFIE, J. A.; BECKMANN, W. A. **Solar Engineering of Thermal Processes**, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1980. 919 p.

FRACALOSSI, I. **Clássicos da Arquitetura**: Hospital Sarah Kubitschek Salvador/ João Figueiras Lima (Lelé). Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/36653>> . Acesso em: 31 dez. 2012.

FANGER, P. O. **Thermal comfort**. Nova York: McGraw-Hill Book, 1972. 244 p.

FERREIRA, F. C. **Procedimento de avaliação de conforto ambiental e eficiência energética aplicado a um caso típico da Rede Estadual de Escolas Públicas de Minas Gerais**. 2006. 256 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura)–Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998. 480 p.

GOULART, S. V. G. **Dados Climáticos Para Avaliação De Desempenho Térmico De Edificações**. 1993. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

GOULART, S.; LAMBERTS, R. Dados Climáticos para avaliação de desempenho Térmico de Edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2, 1993, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENCAC, 1993. p. 209-215.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. 345 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 20 set. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

GUIMARÃES, I.; CARLO, J. Desenvolvimento do arquivo climático de Viçosa para simulação computacional de desempenho termo-energético. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 1., 2010, Viçosa. **Anais eletrônicos...** Viçosa: UFV (DAU). Disponível em: <http://www.dau.ufv.br/simpex.au/?area=simpex_au>. Acesso em: 20 set. 2012.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentals of Integrated Design for Sustainable Building**. New Jersey: Wiley, 2009. 360 p.

KINSEL, L. S. **Avaliação do conforto e da energia em edifícios residenciais de Porto Alegre**. 2009. 194 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA EM EDIFICAÇÕES. ANALYSIS-BIO. Versão 2.1. Florianópolis: UFSC, 2006. Programa para a adequação climática local de edificações. Disponível em: < <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-bio>>. Acesso em: 6 dez. 2013.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA EM EDIFICAÇÕES. ANALYSIS-SOL-AR. Florianópolis: UFSC, 2012. Programa que confecciona cartas solares para qualquer latitude e rosa dos ventos para as cidades que possuem arquivo climático horário. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>>. Acesso em: 15 set. 2013.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico**. Florianópolis : UFSC/LabEEE, 2010. 123 p.

LAMBERTS, R. et al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: UFSC, 1994. 80 p. (Relatório Interno, 02/94).

LAMBERTS, R.; BOGO, A.; PIETROBON, C.; BARBOSA, M.; GOULART, S.; PITTA, T. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: UFSC, 1994. 80 p. (Relatório Interno, 02/94).

LAMBERTS, R.; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192 p.

LAMBERTS, R; TRIANA, M. A. **Levantamento do Estado da Arte: Energia**. São Paulo: USP, 2007. 94 p. (Documento de Projeto). Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/16.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2012.

LAPPONI, J. C. **Estatística usando Excel**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 476 p.

LOUREIRO, K. C. G. **Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências da cidade de Manaus**. 2003. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MACIEL, A. A. **Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico**. 2006. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MARTINAZZO, C. A. **Modelos de estimativas de radiação solar para elaboração de mapas solarimétricos**. 2004. 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MASCARÓ, L. **Luz, Clima e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1983. 189 p.

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. **Incidência das Variáveis Projetivas e de Construção no Consumo Energético dos Edifícios**. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1992. 134 p.

MOSCATI, M et.al. **Estudo Climatológico Sobre A Costa Sul-Sudeste Do Brasil**. Parte I: Levantamento Da Disponibilidade De Dados Meteorológicos; Parte II: Organização E

Tratamento Dos Dados Meteorológicos; Parte III: Preenchimento De Falhas Nas Séries Temporais De Precipitação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11. 2000, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: SBMET. Disponível em: <<http://www.cbmet.com>>. Acesso em: 05 set. 2012

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1989.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. 203 p.

PAPST, A. L. **Uso de Inércia térmica no clima subtropical** – Estudo de caso em Florianópolis - SC. 1999. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PEREIRA, I. **Novas metodologias para simulação energética de edificações: Estudo de Caso**. 2004. 174p. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

PEREIRA, I; ALVES, T; PINHEIRO, R; ASSIS, E. Metodologia de Tratamento de Dados Climáticos para Inserção em Softwares de Simulação Energética de Edifícios. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL e X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1 e 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004.

PICANÇO, F. V. et al. Elaboração do arquivo climático de Londrina em formato próprio para o uso na ferramenta de simulação térmica para edificações - CLA (clima, lugar e arquitetura). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 20, n. 4, p.523-530, 1998.

PITTIGLIANI, M. Controle De Qualidade De Dados Hidrometeorológicos Do Simepar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: SBMET. Disponível em: <<http://www.cbmet.com>> Acesso em: 15 ago. 2012.

PITTA, T. O. **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. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

POUEY, J. A. **Projeto de Edificação Residencial Unifamiliar para a Zona Bioclimática 2 com Avaliação Termo Energética por Simulação Computacional**. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)–Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

ROAF, S; CRICHTON, David; NICOL, Fergus. **Adapting Buildings and Cities for Climate Change: a 21st Century Survival Guide**. Oxford: Elsevier, 2005. 363 p.

ROMERO, M. A. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001. 226 p.

RORIZ, M. Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros. In: ARQUIVOS Climáticos. Florianópolis: UFSC/LabEEE. 2012a. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

RORIZ, M. Segunda proposta de revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro. In: PROJETOS. Florianópolis: UFSC/LabEEE. 2012b. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/>>. Acesso em: 30 ago. 2012.

RORIZ Bioclimática: Conforto térmico e Eficiência energética. Disponível em: <<http://www.roriz.eng.br>>. Acesso em: 10 out. 2012.

RORIZ, M. **Tratamento dos dados** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <m.roriz@terra.com.br> em 11 set. 2012.

SATTLER, M. **Dias típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre**. Porto Alegre: CIENTEC, 1989. 38 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Centro de Tecnologia. Disciplina ECV 5161. Florianópolis, 2007. 196 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Curso Técnico de Petróleo. **Estatística descritiva**. Curitiba. [200-] p. 49. Disponível em: <http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apoio_didatico.htm>. Acesso: 18 nov. 2012.

APÊNDICE