

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**DADOS CLIMÁTICOS PARA AVALIAÇÃO DE
DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES EM
FLORIANÓPOLIS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.

Solange V. G. Goulart

Florianópolis
Setembro de 1993

**DADOS CLIMÁTICOS PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO DE
EDIFICAÇÕES EM FLORIANÓPOLIS**

Solange V. G. Goulart

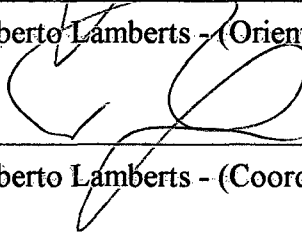
Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de

Mestre em Engenharia

Especialidade **Engenharia Civil** e aprovada em sua forma final pelo programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil

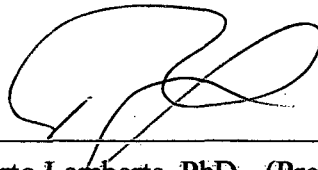


Roberto Lamberts - (Orientador)



Roberto Lamberts - (Coordenador do Curso)

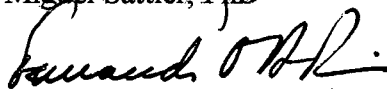
Banca Examinadora



Roberto Lamberts, PhD - (Presidente)



Miguel Sattler, PhD



Fernando Oscar Ruttkay Pereira, PhD

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível sem a ajuda das pessoas e instituições abaixo relacionadas:

- ✓ Wilson Wronsk do NPD - pelo apoio dispensado na programação e utilização do computador IBM.
- ✓ Paulo Narciso Filho e Luis Marcelo Schuch do SITERPA - pela ajuda na interpretação de algoritmos e pelo trabalho de estimativa de radiação solar.
- ✓ Paulo J. Ogliari e Edla M. F. Ramos, professores do Departamento de Estatística - pelos esclarecimentos prestados.
- ✓ Roberto Lamberts - pela orientação do trabalho, apoio e sugestões.
- ✓ Luciano Dutra - pela ajuda e companheirismo na realização da arte final.
- ✓ ABRAVA / IBF - pelo fornecimento da fita magnética com os dados meteorológicos de Florianópolis.
- ✓ EPAGRI - pelo fornecimento de dados meteorológicos e informações prestadas.
- ✓ CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) - pela bolsa de estudos fornecida durante o período de março de 1991 a agosto de 1993.

SUMÁRIO GERAL

Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas	vii
Resumo	x
Abstract	xi
Capítulo 1: Introdução	1
1.1. Considerações Iniciais	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Fonte de Dados e Equipamentos Utilizados para o Processamento	4
1.4. Clima de Florianópolis	5
1.5. Estrutura da Dissertação	5
Capítulo 2: Revisão Bibliográfica	7
2.1. Importância da Climatologia Aplicada	8
2.1.1. Impacto à nível regional	9
2.1.2. Impacto à nível local	9
2.1.3. Impacto na edificação	10
2.2. Dados Climáticos - alguns exemplos de aplicação	11
2.3. Metodologias de Tratamento de Dados Climáticos	15
2.3.1. Método Americano e Canadense (ASHRAE)	15
2.3.2. Método Britânico	16
2.3.3. Método adotado por Van Deventer na África do Sul	17
2.3.4. Método adotado por Lotersztain na Argentina	18
2.3.5. Graus-dia e Graus-hora	18
2.3.6. Ano Climático de Referência	19
2.3.7. Estimativa da Radiação Solar a partir da Nebulosidade	20
2.4. Metodologias de Tratamento de Dados Climáticos utilizadas no Brasil	22
2.4.1. Método adotado por Miguel Sattler em Porto Alegre	22
2.4.2. Método adotado pelo IPT em São Paulo	23

Capítulo 3: Descrição Estatística das Variáveis Climáticas.....	25
3.1. Temperatura de Bulbo Seco	27
3.1.1. Comportamento para todo o Período	27
3.1.2. Comportamento Mensal	27
3.1.3. Amplitude Diária de Temperatura	29
3.1.3.1. Comportamento para todo o período	30
3.1.3.2. Comportamento Mensal	30
3.1.4. Temperatura Média das Máximas e Temperatura Média das Mínimas.....	31
3.1.4.1. Comportamento para todo o período.....	32
3.1.4.2. Comportamento Mensal	33
3.2. Temperatura de Bulbo Úmido	35
3.2.1. Comportamento para todo o Período	35
3.2.2. Comportamento Mensal	35
3.3. Velocidade e Direção do Vento	38
3.3.1. Comportamento da Velocidade do Vento para todo o Período	38
3.3.2. Comportamento Mensal da Velocidade do Vento	39
3.3.3. Frequência dos Ventos	41
3.4. Nebulosidade	49
3.4.1. Comportamento para todo o Período	49
3.4.2. Comportamento Mensal	50
3.5. Umidade Relativa	50
3.5.1. Comportamento para todo o período.....	52
3.5.2. Comportamento Mensal	53
3.5.3. Conteúdo de Umidade	54
3.6. Normais Climatológicas	56
3.7. Discussão	65

Capítulo 4: Aplicação de Metodologias de Tratamento de Dados Climáticos em Registros da Cidade de Florianópolis..... 67

4.1. Temperatura de Projeto - Metodologia ASHRAE	68
4.2. Dia Típico de Projeto	68
4.2.1. Metodologia de Miguel Sattler	69
4.2.2. Metodologia do IPT	78
4.2.3. Comparação dos Resultados	88
4.2.4. Discussão e Conclusão.....	92
4.3. Dia Mensal Típico	94
4.4. Ano Climático de Referência	97
4.5. Graus-dia e Graus-hora	99
4.6. Discussão	101

Capítulo 5: Conclusões e Recomendações	104
Referências Bibliográficas	107

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 3

3.1 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de janeiro e fevereiro)	43
3.2 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de março e abril)	44
3.3 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de maio e junho)	45
3.4 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de julho e agosto)	46
3.5 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de setembro e outubro)	47
3.6 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de novembro e dezembro)	48
3.7 - Frequência mensal de direções do vento.	49
3.8 - Carta Psicrométrica - processo de estimação de umidade relativa considerando o conteúdo de umidade constante.....	55
3.9 - Carta Psicrométrica - processo de estimação de umidade relativa considerando a variação no conteúdo de umidade.....	56

Capítulo 4

4.1 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 1% para o período de verão.	88
4.2 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 2,5% para o período de verão.	89
4.3 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 5% para o período de verão.	89
4.4 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 10% para o período de verão.	90
4.5 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 1% para o período de inverno.	90
4.6 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 2,5% para o período de inverno.	91

4.7 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 5% para o período de inverno.	91
4.8 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 10% para o período de inverno.	92
4.9 - Curvas de temperaturas médias mensais para obtenção do dia mensal típico.	95
4.10 - Curva de temperaturas médias mensais típicas.	96

LISTA DE TABELAS

Capítulo 3

3.1 - Comportamento mensal para a temperatura de bulbo seco.	28
3.2 - Comportamento mensal para a amplitude de temperatura.	30
3.3 - Comportamento mensal para a temperatura média das máximas.	33
3.4 - Comportamento mensal para a temperatura média das mínimas.	33
3.5 - Horário de ocorrência das temperaturas máximas e mínimas diárias.	34
3.6 - Comportamento mensal para a temperatura de bulbo úmido.	36
3.7 - Comportamento mensal para a velocidade do vento.	39
3.8 - Comportamento mensal para a nebulosidade.	50
3.9 - Comportamento mensal para a umidade relativa.	53
3.10 - Comportamento mensal para o conteúdo de umidade.	54
3.11 - Normais de temperatura média.	58
3.12 - Normais de temperatura média das máximas.	58
3.13 - Normais de temperatura média das mínimas.	59
3.14 - Temperaturas máximas absolutas.	59
3.15 - Temperaturas mínimas absolutas.	60
3.16 - Normais de nebulosidade média.	60
3.17 - Normais de umidade relativa média.	61
3.18 - Normais de velocidade média do vento.	61
3.19 - Normais de direção do vento (1ª).	62
3.20 - Normais de direção do vento (2ª).	62
3.21 - Teste de Igualdade entre as normais de 1961 - 1990 com 1961 - 1970.....	63
3.22 - Teste de Igualdade entre as normais de 1931 - 1960 com 1961 - 1970.....	64
3.23 - Teste de Igualdade para Velocidade do Vento Média - (Normais da EPAGRI com 1961 - 1970).	65

Capítulo 4

4.1 - Temperaturas de Projeto para o período de Verão.	68
4.2 - Temperaturas de Projeto para o período de Inverno.	68
4.3 - Valores horários das características do dia típico de nível 1% para o período de Verão (SATTler).	70
4.4 - Valores horários das características do dia típico de nível 2,5% para o período de Verão (SATTler).	71

4.5 - Valores horários das características do dia típico de nível 5% para o período de Verão (SATTLER).	72
4.6 - Valores horários das características do dia típico de nível 10% para o período de Verão (SATTLER).	73
4.7 - Valores horários das características do dia típico de nível 1% para o período de Inverno (SATTLER).	74
4.8 - Valores horários das características do dia típico de nível 2,5% para o período de Inverno (SATTLER).	75
4.9 - Valores horários das características do dia típico de nível 5% para o período de Inverno (SATTLER).	76
4.10 - Valores horários das características do dia típico de nível 10% para o período de Inverno (SATTLER).	77
4.11 - Temperaturas médias das máximas e das mínimas mensais.	78
4.12 - Valores horários das características do dia típico de nível 1% para o período de Verão (IPT).	80
4.13 - Valores horários das características do dia típico de nível 2,5% para o período de Verão (IPT).	81
4.14 - Valores horários das características do dia típico de nível 5% para o período de Verão (IPT).	82
4.15 - Valores horários das características do dia típico de nível 10% para o período de Verão (IPT).	83
4.16 - Valores horários das características do dia típico de nível 1% para período de Inverno (IPT).	84
4.17 - Valores horários das características do dia típico de nível 2,5% para o período de Inverno (IPT).	85
4.18 - Valores horários das características do dia típico de nível 5% para o período de Inverno (IPT).	86
4.19 - Valores horários das características do dia típico de nível 10% para o período de Inverno (IPT).	87
4.20 - Datas pertencentes a intervalos que geraram diferentes dias típicos (Período de Verão).	93
4.21 - Datas pertencentes a intervalos que geraram diferentes dias típicos (Período de Inverno).	93
4.22 - Seqüência dos meses em ordem de importância para cálculos de consumo de energia.	97
4.23 - Valores médios mensais das características do Ano Típico.	98
4.24 - Teste de Igualdade para as médias mensais do ano climático.	98
4.25 - Graus-dia mensais e anuais para aquecimento.	99
4.26 - Graus-hora mensais e anuais para aquecimento.	99
4.27 - Graus-dia mensais e anuais para refrigeração.	100
4.28 - Graus-hora mensais e anuais para refrigeração.	100

4.29 - Comparação dos resultados entre as metodologias de Sattler e da ASHRAE no período de verão.	101
4.30 - Comparação dos resultados entre as metodologias de Sattler e da ASHRAE no período de inverno.	101
4.31 - Comparação dos resultados entre a metodologia da ASHRAE e probabilidades de ocorrência de temperaturas (verão).	101
4.32 - Comparação dos resultados entre a metodologia da ASHRAE e probabilidades de ocorrência de temperaturas (inverno).	102

RESUMO

A necessidade da aplicação de dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações tem se tornado cada vez mais importante. Para isso, precisa-se dispor de dados meteorológicos e transformar estes registros em informações de fácil aplicação para análises térmicas. Algumas metodologias de tratamento de dados climáticos foram desenvolvidas com esta finalidade.

O presente trabalho é dividido em dois processos de tratamento, aplicados em dados meteorológicos horários da cidade de Florianópolis. Inicialmente, é apresentada a descrição estatística das variáveis climáticas onde são mostrados os valores de média, desvio padrão, coeficiente de variação, variância, curtose, assimetria, valores máximos e mínimos, moda, além de probabilidades de ocorrência para alguns parâmetros. Na segunda parte, faz-se a aplicação das metodologias de tratamento de dados climáticos, onde são obtidas informações de: Temperatura de Projeto (ASHRAE), Dia Típico de Projeto de Verão e Inverno, Dia Mensal Típico, Ano Climático de Referência, Graus-dia e Graus-hora. Os métodos são comparados e discutidos, sendo feita uma avaliação dos resultados alcançados.

Os dados obtidos são muito úteis para arquitetos e engenheiros, ajudando-os na concepção de projetos mais eficientes do ponto de vista do consumo de energia.

ABSTRACT

The use of climatic data to evaluate the thermal performance of buildings has become more important. Meteorological data has to be available in a form easy to be used in thermal analysis. Some methodologies were developed with this purpose. This work is applied to Florianópolis weather data and is divided in two parts.

First, a statistical description of the weather data is presented: values of mean, standard deviation, coefficient of variation, variance, kurtosis, skewness, maximum value, minimum value, mode and probabilities.

In the second part, methodologies for climatic data treatment are applied. Informations about: Design Temperatures (ASHRAE), Typical Design Day, Typical Monthly Day, Climatic Reference Year, Degree-day and Degree-hour are obtained. The methodologies are compared and evaluated according to the results.

The data obtained is useful for architects and engineers, aiding them in the conception of more efficient designs regarding energy consumption.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Fonte de Dados e Equipamentos Utilizados para o Processamento	4
1.4. Clima de Florianópolis	5
1.5. Estrutura da Dissertação	5

1.1. Considerações Iniciais

A influência das condições climáticas sobre as diversas atividades do homem, e sobre seu abrigo, pode ser verificada ao longo do tempo. Há evidências históricas claras em vários países de que as edificações do passado eram melhor adequadas ao clima do que as edificações de hoje. Nossos ancestrais, através das experiências de várias gerações, aprenderam a adaptar suas residências ao clima local. Em áreas desérticas e secas, costumava-se construir as edificações muito compactas, com paredes espessas e janelas estreitas. Em outras regiões quentes e secas, construíam-se as casas com pátios internos, para os quais todos os cômodos se voltavam. Este espaço geralmente continha uma fonte, rodeada por um pequeno lago e árvores, criando então, um microclima artificial. Nos trópicos úmidos, ao contrário, as edificações eram implantadas mais espaçadamente. As casas eram colocadas sobre colunas, bem ventiladas e protegidas de chuvas fortes. Nas regiões subpolares, os exemplos mais conhecidos são os iglus dos esquimós [BITAN, 1988].

Porém, numa determinada época, certas correntes de arquitetura começaram a influenciar todo o mundo. Edifícios envidraçados foram construídos nos mais diversos lugares, indiferente às condições do clima. Entretanto, principalmente após a crise de energia de 1973, tornou-se importante estabelecer critérios de projeto que garantam à arquitetura uma identificação maior com o lugar, partindo do ponto de vista do bem-estar do indivíduo.

Nos últimos anos, a importância da climatologia aplicada em projeto e construção vem aumentando significativamente. COLUMBA et al [1991], comentam que arquitetos e engenheiros vêm sentindo a necessidade do conhecimento de dados climáticos com a finalidade de produzir análises mais sofisticadas e detalhadas da edificação. Segundo os autores, o maior problema é que grupos confiáveis de dados meteorológicos estão disponíveis somente para um número muito limitado de lugares, principalmente pertencentes a países industrializados. Nos países em desenvolvimento, a climatologia tem se desenvolvido mais em função da aviação e da agricultura. Isto explica a localização das estações meteorológicas e a natureza dos parâmetros medidos. Porém, visando integrar os diferentes elementos climatológicos em todos os níveis de projeto, exige-se um tratamento específico destes elementos, voltado para o uso dos profissionais.

Segundo OLGAY [1973], o processo de construir uma edificação adaptada ao clima, pode ser dividido em quatro passos, dos quais o último é a expressão arquitetônica. O primeiro passo em direção ao ajuste ambiental é o levantamento de elementos climáticos de um dado local e a análise destes dados meteorológicos. Sendo o homem a medida fundamental na arquitetura e o abrigo, projetado para satisfazer suas necessidades biológicas, o segundo passo é avaliar cada impacto do clima em termos psico-fisiológicos. Como terceiro passo, uma solução tecnológica deve ser aplicada para cada problema conforto-clima. Estas soluções podem ser obtidas por métodos de cálculo, onde se analisariam a orientação, necessidade ou não de sombra, forma da edificação, movimento de ar, e ainda, balanço de temperatura interna que pode ser conseguido com o uso cuidadoso de materiais. No estágio final, estas soluções combinadas de acordo com sua importância, resultariam em harmonia arquitetônica.

Na busca de suprir o primeiro estágio deste processo, vários trabalhos, a nível mundial, vêm se desenvolvendo no que se refere a metodologias de tratamento de dados climáticos com a finalidade de aplicação à construção civil e arquitetura. No Brasil, a resposta que a edificação dará às condições climáticas do local onde será implantada, ainda é relegada a um plano secundário. Isto se deve, principalmente a falta de uma normalização adequada e à dificuldade de obtenção de dados climáticos para serem trabalhados. Os dados que se dispõem mais facilmente são as normais climatológicas, publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia, que fornecem informações do tipo: média, média das máximas, média das mínimas, máxima e mínima absoluta para cada mês da variável temperatura do ar, e valores médios mensais da umidade relativa, precipitação, nebulosidade e número de horas de sol. Estes dados não são adequados para uma análise mais precisa do clima. O ideal é dispor-se de dados horários destas variáveis, a fim de alcançar-se resultados estatisticamente mais significativos, caracterizando, de modo mais confiável, o clima local. É importante salientar que, ressalva feita a alguns estudos isolados, o Brasil carece de informações deste tipo, estando aquém de muitos países. Na América Latina, por exemplo, a Argentina já dispõe de uma Normalização de Habitabilidade: Normas IRAM 11.604, 11.605 e 11.625 [EVANS, 1991], além da Norma IRAM 11.603, que estabelece o zoneamento bioambiental daquele país.

No presente trabalho, o estudo foi direcionado somente para a geração e avaliação de dados climáticos para projeto e mais especificamente para aspectos relacionados com o desempenho térmico/energético de edificações. Os esforços iniciais concentraram-se na busca de dados climáticos a serem utilizados por arquitetos e engenheiros.

1.2. Objetivos

O objetivo principal do estudo é tratar dados climáticos da cidade de Florianópolis através da aplicação de metodologias e análises destas, fornecendo informações necessárias á projetos de edificações adequadas ao clima e com baixo consumo de energia. São obtidos dados de: Temperatura de Projeto (ASHRAE), Dia Típico de Projeto de Verão e Inverno, Dia Mensal Típico, Ano Climático de Referência, Graus-dia e Graus-hora.

Além disso, o trabalho fornece subsídios para a concepção de uma normalização ligada à área.

1.3. Fonte de Dados e Equipamentos Utilizados para o Processamento

Este trabalho foi possível graças a obtenção de fitas magnéticas com dados meteorológicos através da ABRAVA/IBF (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento / Instituto Brasileiro do Frio), junto ao CTA/IAE (Centro Técnico Aeroespacial / Instituto de Aeronáutica e Espaço). As fitas magnéticas contêm dados climáticos horários de vinte cidades brasileiras, registrados em aeroportos. Os dados contidos na fita constam das seguintes observações:

- bloco (número do bloco composto de dois dígitos que compõem o número sinótico),
- estação (número da estação composto de três dígitos, complementando o número sinótico),
- ano (corresponde ao ano da observação),
- mês (número do mês),
- dia (número do dia),
- hora (corresponde à hora local),
- total de nuvens (registro de nebulosidade),
- direção do vento (corresponde à direção do vento registrada em graus em relação ao norte verdadeiro),
- intensidade do vento (registro de velocidade do vento),
- visibilidade horizontal (registro de visibilidade),
- tempo presente (corresponde à condição do tempo como: névoa, fumaça, poeira ou nevoeiro),
- quantidade, tipo e altura das nuvens nas camadas 1, 2, 3 e 4 (registros das informações de nuvens por camadas),
- ponto de orvalho (corresponde aos valores da temperatura de ponto de orvalho),
- pressão ao nível do mar (registro da pressão atmosférica ao nível do mar),
- pressão ao nível da pista (registro da pressão atmosférica ao nível da pista),
- direção das nuvens (registro da direção das nuvens em relação aos oito pontos cardeais),
- temperatura de bulbo seco (registro da temperatura de bulbo seco),
- temperatura de bulbo úmido (registro da temperatura de bulbo úmido),
- precipitação (registro de precipitação),
- umidade relativa (registro de umidade relativa).

As duas últimas observações, no período analisado, eram registradas de seis em seis horas.

As metodologias e análises estatísticas aqui apresentadas foram aplicadas para dados climáticos da cidade de Florianópolis. Estes dados foram registrados no Aeroporto Hercílio Luz, dispondo-se de registros horários para um período de dez anos (1961-1970).

Dentre as variáveis registradas no aeroporto, foram analisadas as seguintes: temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), velocidade do vento (VV), direção do vento (DV) e nebulosidade (TN). Observa-se que não existem medições de radiação solar ou de número de horas de sol.

Para realizar a análise estatística foi utilizado o software SAS (*Statistical Analysis System*) e os dados foram processados utilizando-se um computador IBM 3090.

Posteriormente, as metodologias de tratamento de dados climáticos serão aplicadas em registros das demais cidades disponíveis nas fitas, fazendo parte de um projeto que está sendo desenvolvido pelo Grupo de Análise Térmica de Ambientes (SITERPA), na Universidade Federal de Santa Catarina em conjunto com a ABRAVA e o IBF.

1.4. Clima de Florianópolis

De acordo com o 8º Distrito de Meteorologia [1984], o clima de Florianópolis, segundo a classificação de Köppen, pertence ao tipo fundamental Cf e a variedade específica Cfa, ou seja, ao clima mesotérmico úmido, com chuvas bem distribuídas todo o ano. A temperatura média anual é de 20,3°C, sendo fevereiro o mês mais quente, com a média mensal de 24,3°C e julho o mês mais frio, com uma média de 16,5°C. Quanto à umidade, a média anual fica em torno de 82%. A média mensal mínima é de 80% em novembro e dezembro e a máxima de 84% em julho. Os ventos mais frequentes, segundo descrição no Atlas de Santa Catarina, GAPLAN [1986], são o nordeste e o norte, porém o sul tem mais repercussão, pois é portador de súbita mudança de temperatura. A ilha de Santa Catarina está localizada entre os paralelos de 27° 10' e 27° 50' de latitude sul e entre os meridianos de 48° 25' e 48° 35' de longitude oeste.

1.5. Estrutura da Dissertação

No segundo capítulo, é apresentada uma revisão bibliográfica do assunto, onde se vê a importância da climatologia aplicada na melhoria da qualidade de vida dentro da edificação. Diversos trabalhos de aplicação de dados climáticos são comentados, bem como a descrição das metodologias de tratamento desses dados adotadas por outros países e das adotadas pelo Brasil.

No terceiro capítulo, caracteriza-se o clima da cidade de Florianópolis através de uma descrição estatística dos dados climáticos. O comportamento para todo o período de 1961 a 1970, assim como o comportamento mensal das variáveis climáticas no mesmo período são apresentados. Além disso, é realizada uma comparação das normais climatológicas publicadas com os respectivos valores calculados a partir dos dados disponíveis.

As metodologias de tratamento de dados climáticos são aplicadas a registros da cidade de Florianópolis, no quarto capítulo, obtendo-se informações para serem utilizadas na análise de edificações. Dados como: Temperatura de Projeto - ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*), Dias Típicos de Projeto de Verão e Inverno, Dia Mensal Típico, Ano Climático de Referência, Graus-dia e Graus-hora são apresentados. Os Dias Típicos de Projeto são determinados segundo duas metodologias diferentes, submetidas a um

estudo comparativo e à análise dos resultados obtidos. No final deste capítulo, é apresentada uma discussão das metodologias aplicadas de acordo com os resultados alcançados.

No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho e propostas para estudos futuros. □

Capítulo 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância da Climatologia Aplicada	8
2.1.1. Impacto à nível regional	9
2.1.2. Impacto à nível local	9
2.1.3. Impacto na edificação	10
2.2. Dados Climáticos - alguns exemplos de aplicação	11
2.3. Metodologias de Tratamento de Dados Climáticos	15
2.3.1. Método Americano e Canadense (ASHRAE)	15
2.3.2. Método Britânico	16
2.3.3. Método adotado por Van Deventer na África do Sul	17
2.3.4. Método adotado por Lotersztain na Argentina	18
2.3.5. Graus-dia e Graus-hora	18
2.3.6. Ano Climático de Referência	19
2.3.7. Estimativa da Radiação Solar a partir da Nebulosidade	20
2.4. Metodologias de Tratamento de Dados Climáticos utilizadas no Brasil	22
2.4.1. Método adotado por Miguel Sattler em Porto Alegre	22
2.4.2. Método adotado pelo IPT em São Paulo	23

2.1. Importância da Climatologia Aplicada

Por diversas razões, a climatologia da construção vem adquirindo grande importância. Nas últimas décadas observa-se a tendência de projetar edificações sem considerar adequadamente os fatores ambientais. Os países pobres sofrem com esta situação, enquanto que nos países ricos há um grande desperdício de energia para climatizar o ambiente interior mediante calefação e refrigeração artificiais.

O clima afeta a execução, a segurança, o conforto e o desempenho de edificações. Portanto, o estudo da climatologia aplicada à construção é imprescindível em todas as fases do projeto arquitetônico, além disso, envolve um processo interativo, onde devem ser levados em conta a influência do clima na edificação e a influência da edificação sobre o clima do entorno. UBER [1992] faz um amplo comentário dos campos de aplicação da climatologia no ambiente construído, dando exemplos de casos e experiências internacionais.

O objetivo básico em apresentar dados meteorológicos para projetistas de edificações é possibilitar o entendimento físico dos vários processos climáticos relacionados à construção. Assim, melhores decisões poderão ser tomadas ainda na fase de projeto. Entretanto, estes dados meteorológicos geralmente não são direcionados para a solução dos problemas de projeto de edificações, fazendo com que os profissionais da área os ignorem. Como resultado, os aspectos climáticos do projeto pouco têm sido levados em conta, mesmo em lugares onde os dados básicos são disponíveis. PAGE [1976] salienta que lamentar a ignorância dos projetistas não proporciona nenhuma solução de valor prático. Segundo ele, existem três razões fundamentais para rejeitar informações científicas em qualquer campo de atividade humana. A primeira é de que a informação fornecida é considerada irrelevante pelo usuário em potencial. A segunda diz que a forma como a informação é apresentada é considerada inaplicável pelo usuário em potencial. Por último, a informação é considerada incompreensível pelo usuário. Estas questões implicam em conhecimento dos problemas, tanto pelo pesquisador da área, como pelo projetista e, principalmente, a comunicação entre os dois. PAGE conclui que qualquer discussão prática da relevância de climatologia aplicada à construção deve ser baseada em responder questões do tipo: – "Como estas informações são usadas na prática? Por que é importante usá-las?"

Segundo GRIFFITHS [1976], quando um arquiteto é colocado frente ao problema de projetar uma determinada construção, ele geralmente tem consciência de fatores fundamentais como o tipo de construção requerida, a localização da edificação e a limitação de custos. Infelizmente, ele não dispõe de conhecimentos equivalentes quanto ao clima onde vai ser implantado o projeto.

Além de dispor de dados de caracterização do clima, também é importante ao profissional o conhecimento do impacto desses elementos climáticos sobre os diferentes fases do projeto. No trabalho de BITAN [1988], que apresenta um método de climatologia aplicada em planejamento e construção, fica claro que a integração dos elementos climatológicos no projeto pode ser feita pelo menos em três níveis:

- No planejamento regional (impacto a nível regional);
- Na implantação do projeto a nível local (impacto a nível local);

- No planejamento de edificações individuais (impacto na edificação).

2.1.1. Impacto a Nível Regional

No planejamento regional, os elementos climáticos podem influenciar na definição e implantação de determinadas áreas. Por exemplo, áreas de recreação, localização de parques industriais e determinação de tipos de indústrias a serem implantadas. Pelo conhecimento do clima da região pode-se evitar, ou ao menos minimizar, riscos ambientais como ventos fortes, tempestades de terra, nevascas, geadas e poluição do ar. Um planejamento paisagístico de acordo com os problemas climáticos pode ser apropriado para evitar as características indesejáveis e, simultaneamente, explorar as características desejáveis do clima local e regional.

2.1.2. Impacto a Nível Local

A integração de elementos climatológicos pode ser aplicada para áreas rurais, mas certamente tem maior importância em áreas urbanas. O efeito dos elementos climáticos na área urbana, e o efeito da área edificada sobre o clima são bastante significativos, o que motivou a criação de um ramo especial de climatologia aplicada tratando de seus efeitos e problemas, chamado Climatologia Urbana.

Em primeiro lugar, deve-se avaliar a influência do clima na seleção exata do local do assentamento e na escolha do *layout* deste. Em diferentes tipos de climas, modelos de assentamentos distintos devem ser aceitos. Em regiões áridas, é recomendado um modelo mais denso, enquanto que em áreas quentes e úmidas um tipo mais aberto e melhor ventilado é preferível.

As diferentes funções e uso da terra podem ser afetadas pelos parâmetros climatológicos. Entretanto, implantações localizadas indevidamente podem também afetar o clima local e, em casos mais extremos, parte do clima regional. Portanto, zonas industriais ou residenciais, parques, centros comerciais e rotas principais de tráfego podem ser afetados pelas características do clima, mas também podem alterar o clima local, criando as chamadas "ilhas de calor". Entendendo-se o sistema de ventos da área pode-se planejar o *layout* mais adequado, como por exemplo, a direção das ruas principais, que determinará as possibilidades de ventilação do local.

Outros elementos devem ser levados em consideração pelo projetista. As larguras de passeios de acordo com regiões quentes ou frias, o aumento de áreas sombreadas para reduzir a incidência de radiação solar durante o verão e a distribuição das edificações na área, de maneira a aproveitar o máximo de radiação durante o inverno.

O planejamento de espaços abertos exerce um papel importante na melhoria do clima local e pode reduzir os efeitos indesejáveis do clima como ventos fortes, radiação excessiva e altas temperaturas. Recursos como colunas de árvores podem ser utilizados para bloquear ventos fortes. Árvores produzem áreas sombreadas no verão. Áreas gramadas minimizam a absorção da

radiação solar e aumentam a umidade. Fontes de água e pequenos lagos artificiais podem ser usados para aumentar a evaporação e, com isso, reduzir o efeito da temperatura. Se todas estas soluções forem empregadas apropriadamente no processo de planejamento urbano, pode-se conseguir um melhoramento no clima local.

2.1.3. Impacto na Edificação

Um melhor aproveitamento do clima pode ser obtido pelo planejamento apropriado de detalhes da edificação. A escolha do tipo da edificação e *layout* adequados é muito importante, assim como a orientação certa. Algumas decisões quanto à localização de aberturas, por exemplo, podem melhorar a ventilação cruzada de um ambiente e o ganho de calor solar no inverno. Os dispositivos de sombreamento devem ser usados de maneira a evitar a penetração de radiação solar durante o verão e permitir a entrada da radiação, aquecendo passivamente as salas, no inverno.

As paredes e o telhado também devem ser cuidadosamente planejados. O uso de isolamento ou proteção das paredes, correta orientação e inclinação do telhado e a possibilidade de ventilação no ático devem ser estudados a fim de obter-se melhoria nas condições de conforto do interior.

Durante o projeto é importante decidir sobre a natureza dos materiais utilizados na edificação. As propriedades destes materiais têm uma forte influência sobre a condução de calor para o ambiente interno. Decisões sobre superfícies envidraçadas são especialmente críticas, pois aumentam o ganho térmico no interior da edificação, causando o efeito estufa. Portanto, devem ser consideradas junto com o projeto de qualquer equipamento de refrigeração artificial, devido a aumentar consideravelmente o consumo de energia necessário para regular os ganhos de calor através de janelas. Algumas limitações de desempenho dos materiais são conhecidas somente a partir de experiência local, não existindo informações em normas ou regulamentos. Existe uma série de fatores que devem ser considerados, dentre eles a durabilidade dos materiais diante das condições de exposição previstas.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a cor. As cores das paredes externas da edificação e do telhado podem influenciar a condução de calor através destes elementos. Cores claras, principalmente a branca, tem uma alta refletividade, diminuindo a transmissão de calor. Recomenda-se o uso desta cor em climas quentes, onde existe um grande ganho de calor pela radiação solar.

Por outro lado, se deseja-se absorver radiação solar durante o inverno por sistemas de aquecimento passivo, deve-se usar cores escuras nas paredes e telhados. A radiação solar é absorvida nestes elementos e convertida em calor, que é emitido para o interior das salas, aquecendo-as durante a noite.

Não somente a nível regional, mas também no projeto da edificação, o planejamento paisagístico pode ter um impacto positivo no clima interno ou no micro-clima ao redor da

edificação. O plantio de árvores, por exemplo, pode reduzir a penetração de radiação solar para o interior da edificação no verão ou criar grandes áreas de sombra.

Por último, deve-se verificar o impacto do clima durante o processo de construção do edifício. Temperaturas extremas (muito altas ou muito baixas), ventos fortes e chuvas são os principais fatores que influenciam no processo construtivo. Com o uso adequado de dados climáticos é possível prever as condições climáticas mais prováveis de serem encontradas no local em diferentes fases do processo de construção. O trabalho de LACY [1972] no CIB (*Conseil International du Bâtiment*) lista os dados meteorológicos básicos, úteis a vários aspectos relacionados ao ambiente construído, definindo informações climatológicas requeridas para planejamento, processos construtivos e custos de manutenção.

Todas as possibilidades de integrar considerações climatológicas nos diferentes estágios e níveis de planejamento e as vantagens resultantes, ressaltam a importância da climatologia aplicada na construção civil.

2.2. Dados Climáticos - alguns exemplos de aplicação

Conforme já comentado, a análise dos dados climáticos constitui a primeira etapa do projeto bioclimático. Somente quando as características do meio são conhecidas pode-se avaliá-las em relação às condições de conforto. Nesta parte do trabalho, alguns estudos relacionados com aplicação de dados climáticos na avaliação de desempenho térmico de edificações são discutidos.

O trabalho desenvolvido por EVANS [1988] junto à Universidade de Buenos Aires mostra a aplicação de dados climáticos na determinação de zonas bioclimáticas na Argentina. Este zoneamento do país é baseado na relação *homem-edifício-clima* e estabelecido na norma IRAM 11.603. A partir da relação entre as variáveis meteorológicas e as condições desejáveis de conforto térmico em diferentes localidades da Argentina, foram definidas zonas de acordo com o clima, onde diferentes estratégias de projeto podem ser aplicadas para alcançar conforto e uso racional de energia nas edificações. A norma elaborada estabeleceu seis zonas principais cujos limites se relacionam com os índices de graus-dias para o inverno e temperatura efetiva para o verão. Para o inverno, a energia necessária para alcançar e manter as condições interiores de conforto foi relacionada com o índice de graus-dia anuais. Graus-dia de um período determinado de tempo é o somatório da diferença entre uma temperatura fixa ou base e a temperatura média do dia, quando essa temperatura média diária for inferior a temperatura base. Este índice indica a duração e severidade do inverno e permite calcular a demanda de energia nos edifícios, segundo suas características térmicas. Na Argentina, os graus-dias foram estabelecidos tomando como temperatura base 14°C para temperaturas médias. Os dados de temperatura e umidade relativa permitiram determinar o grau de desconforto nos dias mais quentes de verão. Para isto foi utilizado o índice de temperatura efetiva para delimitar as zonas bioclimáticas, tomando como referência o dia típico de projeto de verão. A temperatura efetiva é definida como um índice

subjetivo, que considera a combinação da umidade relativa e temperatura de bulbo seco o qual produz a mesma sensação térmica de um ambiente saturado à mesma temperatura. A Norma IRAM 11.603 indica as características climáticas das zonas, seus limites geográficos e as recomendações de projeto correspondentes a cada região.

SZOKOLAY [1986] utiliza dados climáticos para análise de projeto em suas diversas fases. Em seu trabalho, é apresentada uma metodologia para projeto térmico de edificações, que permite um melhoramento gradual do projeto a partir da idéia inicial. Começa com uma análise bioclimática a partir do ante-projeto, onde a carta psicrométrica é usada como ferramenta básica, permitindo determinar a natureza do problema climático a ser enfrentado. Num segundo estágio de análise, realizado quando os croquis já estão sendo produzidos, SZOKOLAY faz o cálculo dos fluxos de calor, onde as características térmicas do projeto são examinadas pelo método do balanço de calor, baseado na hipótese de estado estacionário. A proposta deste estágio é examinar um grande número de alternativas, as quais podem ser modificadas com alterações em qualquer elemento (valores de transmitância térmica) ou tamanho de janelas, razão de trocas de ar, etc. Com isso, pode-se recalculá-las cada alteração no projeto, mostrando as consequências de cada troca em termos de requerimento de aquecimento mensal. Na etapa conclusiva, o comportamento térmico do edifício será examinado através de simulação. Os efeitos de várias modificações na proposta original podem, ainda, ser avaliados e, finalmente adotados. Nesta metodologia, o processo de análise é baseado em um grupo de dados climáticos muito simplificados.

GIVONI [1992] discute modelos de conforto existentes, incluindo a zona de conforto determinada pela ASHRAE e técnicas gráficas de análises de dados climáticos, bem como o uso de cartas bioclimáticas na formulação de guias de projeto de edificações. O autor avalia os problemas na aplicabilidade da zona de conforto da ASHRAE e da carta bioclimática de Olgyay para edificações que não são climatizadas artificialmente em países em desenvolvimento e de clima quente. Segundo GIVONI, a diferença deve-se ao fato de que o clima interno destas edificações responde às variações no clima externo e os habitantes experimentam uma amplitude térmica diurna maior do que em edificações com ar condicionado, situação para a qual a zona de conforto da ASHRAE foi desenvolvida. Essa diferença entre as condições internas aceitáveis em edificações climatizadas e não climatizadas também seria refletida nas cartas bioclimáticas. A carta bioclimática de Olgyay determina limites de conforto baseados em condições do clima externo, não considerando o efeito da massa da edificação (não climatizada). Entretanto, a temperatura interna em edificações de grande massa, muito comum em regiões quentes-secas, pode ser muito diferente das condições do ambiente externo. Outro problema levantado pelo autor, diz respeito à aclimatização das pessoas que vivem em países em desenvolvimento e de clima quente. A maioria destas pessoas habitam edificações não climatizadas. Deve ser levado em conta que pessoas acostumadas em tais lugares, podem tolerar temperaturas e umidades mais elevadas. GIVONI apresenta uma carta bioclimática baseada na temperatura interna de edificações, onde são definidas duas diferentes zonas de conforto: uma para climas temperados (países desenvolvidos) e outra para climas quentes (países em desenvolvimento).

GONZÁLEZ e CAMACHO [1991] apresenta um método para determinar o grupo de elementos climáticos estatisticamente independentes. O objetivo deste trabalho é, através do

método, verificar a relação entre pares de elementos climáticos que poderiam afetar climas urbanos. Os autores utilizam a técnica de correlação de Spearman, aplicando o método para 44 estações urbanas na Espanha. Segundo o estudo, as variáveis consideradas independentes são: radiação solar, precipitação e umidade relativa. Uma vez conhecidas, estas variáveis permitem a seleção mais adequada de elementos do clima para estabelecer-se zonas climáticas, guias de projeto e para desenvolver algoritmos úteis na arquitetura urbana.

A energia que a edificação consumirá tem se tornado um forte determinante na decisão dos sistemas de controle ambiental utilizados. A análise do consumo de energia de uma edificação é tão importante para o processo de projeto quanto qualquer das outras ferramentas usadas comumente pelos projetistas, não somente do ponto de vista econômico, mas também pelos modelos de análise de energia, que podem ser impostos sobre as edificações futuras.

DEGELMAN [1976], apresenta um modelo de simulação climática para análise de energia em edificação. Este modelo pode ser aplicado principalmente em duas áreas: simulação de variáveis climáticas hora por hora, fornecendo a carga necessária para sistemas de ar condicionado em edificações, e simulação de insolação em superfícies coletoras, para capacitar o projetista de prever disponibilidade ou não de energia, ao avaliar sistemas dependentes de energia solar.

Por sua vez, COLUMBA et al [1991], desenvolve um grupo de dados climáticos reduzidos para ser utilizado no cálculo de requerimento de energia de edificações. Os dados reduzidos são constituídos por uma distribuição periódica de temperatura e dados de radiação solar computados como função da média mensal do "índice de claridade" (*clearness index*).

Ainda em relação a aplicação de dados climáticos na avaliação de desempenho térmico de edificações, alguns estudos mostram que estas análises podem ser influenciadas pelas mudanças climáticas possíveis de ocorrer em períodos mais longos. WALSH [1976] avalia o efeito desta variabilidade climática pelo uso de um método que incorpora simultâneas variações de parâmetros climáticos. Seu trabalho se baseia no fato de que significantes mudanças climáticas de causas naturais podem ter escalas de tempo maior que o número de anos de registros climáticos disponíveis e, ainda, menor do que o tempo de vida previsto para muitos edifícios domésticos e comerciais.

No Brasil, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos no que diz respeito à aplicação de dados climáticos. A maioria se concentra no Estado de São Paulo onde, atualmente, as informações relativas à distribuição de todas as redes de estações do Estado estão sendo organizadas dentro do projeto Banco de Dados Climáticos, desenvolvido no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). Outros trabalhos de armazenamento de dados climáticos estão sendo implantados também para a cidade de Porto Alegre e Estado do Paraná. A CIENTEC (Fundação de Ciência e Tecnologia) está elaborando um banco de dados climáticos, relativos à Porto Alegre, onde dispõe de cinco anos (1977-1981) de dados [SATTler, 1991]. A necessidade de maiores informações sobre dados meteorológicos no Estado do Paraná motivou o trabalho conjunto do Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM) e da Companhia Paranaense de Energia (COPEL), no intuito de formar um banco de dados horários relativos a este Estado [FREITAS, 1991]. Este tipo de trabalho, segundo os autores, é de relevante importância, já que a

geração de informações climáticas para uso em projetos e pesquisas relacionadas à construção civil e arquitetura proporciona melhoria na qualidade, além da redução dos custos.

ALUCCI [1981], considerando os aspectos relativos ao comportamento térmico de edificações, determina um conjunto de recomendações aplicáveis a unidades habitacionais no Estado de São Paulo, as quais atendem às exigências higrotérmicas do usuário. Primeiramente foram identificadas tais exigências e as características climáticas de verão e inverno das diferentes regiões do Estado de São Paulo. Para o zoneamento climático do Estado, foram identificadas as regiões onde algumas variáveis climáticas apresentassem valores praticamente iguais, ou pelo menos valores que para a caracterização do desempenho térmico da edificação, fossem considerados da mesma ordem de grandeza. Nestas variáveis estão incluídas temperatura, radiação solar, umidade relativa e ventos. Depois de conhecidas as exigências que devem ser atendidas na edificação e as características climáticas de cada uma das zonas, foram elaboradas as recomendações relativas às propriedades térmicas dos componentes da edificação e ao dimensionamento das aberturas. No desenvolvimento do trabalho mencionado, deve-se ressaltar que não houve um tratamento estatístico dos dados meteorológicos, sendo baseado em dados pouco precisos para determinação dos dias típicos (verão e inverno). As variáveis horárias de temperatura e umidade relativa não eram conhecidas, somente estando disponíveis a média das temperaturas máximas e a média das temperaturas mínimas para cada zona climática do Estado. Portanto, para determinar o dia típico de verão, por exemplo, foram consultadas as planilhas diárias do mês de janeiro, no posto meteorológico da zona em questão, no período de 1971 a 1975. Foi localizado o dia com aquelas temperaturas máxima e mínima já definidas para cada zona climática, tirando-se então, os valores horários daquele dia.

Dentro da mesma linha de tratamento de dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações, MELO et al [1991] apresenta um trabalho que tem como objetivo a definição de uma metodologia para a caracterização das condições típicas de exposição de uma edificação ao clima na cidade de Natal (RN). Os dias típicos também são determinados para aquela cidade, com base em 5 anos de dados meteorológicos, sendo feita uma análise do comportamento da temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção do vento ao longo do dia.

O dia típico de projeto é importante na determinação das exigências higrotérmicas de verão e inverno. É com base nas características climáticas deste dia que o projeto pode ser elaborado para melhor responder ao conforto térmico do indivíduo, adaptando a edificação ao clima local. Portanto, a determinação de dias típicos deve ser baseada na frequência de ocorrência de dados climáticos horários em um determinado período de tempo, o que vai caracterizar os níveis de exigências na avaliação do projeto.

Cabe aqui chamar a atenção para o termo que define este dia, comumente chamado de "típico". Segundo a própria definição, as características climáticas deste dia representam um determinado nível de significância de projeto, ou seja, o nível crítico de risco que o projetista deseja correr. Portanto, a escolha do termo para designá-lo pode não estar adequado, já que os níveis geralmente adotados, de 1%, 2,5%, 5% e 10%, representam características climáticas "críticas" e não "típicas" de um determinado local.

No presente trabalho, utilizou-se o termo "típico" para caracterizar estes dias por razões de compatibilidade com a bibliografia encontrada.

2.3. Metodologias de Tratamento de Dados Climáticos

Segundo VAN DEVENTER [1965], o desempenho térmico de uma edificação depende, basicamente de dois processos:

- ✓ da transferência de calor através dos diferentes componentes da estrutura e,
- ✓ do fluxo de ar por ventilação e/ou infiltração.

A razão do fluxo de calor através da estrutura é determinada pelas propriedades térmicas e físicas dos seus componentes e pelos elementos climáticos aos quais estão expostos, principalmente temperatura do ar, radiação solar, umidade e vento. No que diz respeito à ventilação, os fatores determinantes são a orientação, tamanho e posição das aberturas, temperatura do ar e regime de ventos.

Porém, a aplicação de dados climáticos na construção civil requer um prévio tratamento estatístico ou métodos que transformem uma grande quantidade de registros em ferramentas práticas de trabalho. Em função disto, algumas metodologias são adotadas, conforme descrito a seguir.

2.3.1. Método Americano e Canadense (ASHRAE)

A ASHRAE apresenta no "Handbook of Fundamentals", cap. 24 [1985], informações de condições climáticas referentes às estações nos Estados Unidos e Canadá e para algumas cidades dos demais países, inclusive para o Brasil.

Neste capítulo, é apresentado um critério geral de seleção de dados baseados na temperatura de bulbo seco. As temperaturas são medidas a cada hora nas estações meteorológicas. Os valores foram estatisticamente analisados para um período de quinze anos.

O método de selecionar temperatura de projeto é baseado na suposição de que o nível de frequência de uma temperatura específica em um determinado período de tempo se repetirá no futuro. As frequências de 1%, 2,5% e 5% foram selecionadas para um intervalo de múltiplos riscos. Isto capacita o engenheiro a fazer um julgamento e decidir o nível de risco do seu projeto. Para o período de inverno são apresentados, para cada estação meteorológica, dois níveis de frequência de ocorrência. Estes níveis representam temperaturas (bulbo seco) que são iguais ou excedidas por 99% ou 97,5% dos valores correspondentes ao número total de horas dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (um total de 2.160 horas) no hemisfério Norte e dos meses de junho, julho e agosto (um total de 2.208 horas) no hemisfério Sul. Para estações canadenses, os valores de projeto são baseados somente no mês de janeiro. Isto se deve a sua distribuição de temperatura ser característica de um mês extremamente frio comparado com os demais meses do

inverno. Para o verão, são apresentados três níveis de frequência de ocorrência. Estes níveis representam temperaturas (bulbo seco) que são igualadas ou excedidas por 1%, 2,5% e 5% dos valores correspondentes ao número total de horas dos meses de junho a setembro (um total de 2.928 horas) no hemisfério Norte, e dos meses de dezembro a março no hemisfério Sul (um total de 2.904 horas). Para cada temperatura de bulbo seco de projeto de verão, deve ser encontrada a temperatura de bulbo úmido coincidente, ou seja, determina-se a média de todas as temperaturas de bulbo úmido ocorridas com a específica temperatura de bulbo seco. Nas estações canadenses os níveis 1%, 2,5% e 5% são baseados somente sobre o mês de julho, por este apresentar a distribuição de temperatura característica de um mês extremamente quente comparado com os demais meses de verão. Também são encontradas as temperaturas de bulbo úmido que representam valores que são igualados ou excedidos por 1%, 2,5% e 5% das horas durante os meses de verão. Estes valores de temperatura de bulbo úmido são computados independentemente dos valores de temperatura de bulbo seco de projeto. Segundo a ASHRAE, as temperaturas de bulbo seco de projeto com a temperatura de bulbo úmido coincidente devem ser usadas para calcular cargas de refrigeração em edificações. Já as temperaturas de bulbo úmido de projeto são determinadas, a princípio, para uso em processos de esfriamento evaporativo, mas também podem ser usadas para calcular cargas de ventilação.

Para o Brasil, a ASHRAE apresenta algumas características climáticas para as cidades de: Belém, Belo Horizonte, Brasília, Curitiba, Fortaleza, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo. Para as condições de inverno são apresentadas, para cada uma das cidades, a média dos extremos anuais de temperatura e as temperaturas de projeto para os níveis de frequência de ocorrência de 99% e 97,5%. Para as condições de verão, são apresentadas as temperaturas de projeto de bulbo seco e bulbo úmido para os níveis de frequência de ocorrência de 1%, 2,5% e 5%. Os valores de temperatura de projeto de bulbo úmido não são coincidentes com os valores de temperatura de bulbo seco de projeto. As temperaturas de bulbo úmido coincidentes não são disponíveis nas informações.

2.3.2. Método Britânico

Conforme descrito em VAN DEVENTER [1965], basicamente, os dados climáticos para o período frio são selecionados da seguinte maneira:

São determinados os períodos de inverno, consistindo de um ou vários dias consecutivos com temperatura média horária abaixo de uma sucessão de valores a partir de zero graus Celsius. Esta seleção é feita para as oito áreas mais populosas, cobrindo um período de 25 anos. Depois, são obtidos a frequência e distribuição de grupos de dias frios e o número máximo de dias com temperatura média abaixo de valores específicos.

Além disso, são listados os seguintes valores estatísticos, caracterizando a severidade e frequência de ocorrência de períodos de inverno:

- número de dias dentro de períodos de um ou vários dias consecutivos, com temperaturas médias diárias abaixo de certos valores específicos;

- a frequência média de ocorrência de tais dias;
- número de dias dentro de períodos de dois ou mais dias consecutivos com temperaturas médias diárias abaixo de certos valores específicos;
- a frequência média de ocorrência desses dias;
- o número máximo de dias consecutivos com temperaturas médias diárias abaixo de certos valores específicos;
- frequência de temperaturas médias para o período diurno e noturno;
- frequência de ocorrência de várias condições simultâneas de vento e temperatura, bem como uma indicação da direção do vento;
- graus-dias (são definidos para períodos mensais).

Para o período de verão são relacionados os seguintes valores estatísticos:

- é selecionado o mês com maior valor para a média das temperaturas de bulbo seco máximas;
- para o mesmo mês é definida uma pressão de vapor a partir da média das temperaturas de bulbo seco máximas diárias e, a média das umidades relativas diárias mínimas;
- esta pressão de vapor é associada com a temperatura de bulbo seco de projeto para produzir uma temperatura de bulbo úmido de projeto.

2.3.3. Método adotado por Van Deventer na África do sul

Segundo VAN DEVENTER [1971], a seleção dos dados climáticos para projeto deveria ser baseada em efeitos integrados ou combinados dos elementos climáticos sobre o desempenho térmico da estrutura como um todo. O autor afirma que, normalmente, isto não acontece nas metodologias existentes onde os vários elementos climáticos são selecionados independentemente. Por isso, esta metodologia proposta para avaliar dados climáticos é baseada em análises de probabilidade.

Diferentes grupos de dados de projeto de verão e inverno podem ser definidos em termos de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, radiação solar e regime de ventos, servindo como critério para caracterizar dias típicos quentes e dias típicos frios. A metodologia estabelece que a seleção de dados climáticos para projeto deve ser feita de acordo com a probabilidade que condições climáticas piores ou similares ocorrerão em poucas ocasiões durante o verão e o inverno, o que justificará os critérios de projeto.

Os seguintes níveis de probabilidade são propostos para dias quentes e dias frios:

- para as condições de verão, são determinados os dias nos quais as temperaturas sol-ar máximas são igualadas ou excedidas pelos níveis de probabilidade de 10%, 5% e 2,5% dos dias. A temperatura sol-ar é definida como aquela temperatura do ar exterior a qual, em contato com as superfícies sombreadas de qualquer material de construção, daria a mesma razão de transferência de calor e a mesma distribuição de temperatura através do material a qual existe com a temperatura do ar externa atual e radiação solar incidente sobre a superfície.

- para as condições de inverno, são determinados os dias nos quais as temperaturas mínimas diárias são iguais ou menores que os níveis de probabilidade de 10%, 5% e 2,5%.

Os dados de projeto dos dias selecionados consistem em valores horários da temperatura de bulbo seco, umidade relativa, vento e radiação solar.

2.3.4. Método adotado por Forn e Lotersztain na Argentina

Na metodologia de FORN e LOTERSZTAIN [1973], a temperatura do ar é usada como parâmetro básico na escolha dos dias típicos de projeto, pois este registro é o que melhor se apresentava para cada localidade.

Para a determinação dos dias típicos de projeto para edificações, é utilizado o seguinte processo:

- São encontradas as temperaturas médias diárias do total de anos de dados disponíveis;
- São encontrados os níveis de frequência de 2,5%, 5% e 10% para os dias típicos frios e de 90%, 95%, 97,5% e 99% para os dias típicos quentes;
- Para cada nível, são encontrados os dez dias imediatamente acima e imediatamente abaixo daquele dia específico;
- Nestes intervalos de 21 dias, para cada nível, são determinados: as frequências relativas de valores médios de temperatura, umidade e insolação; as temperaturas horárias médias; as umidades relativas horárias médias; a frequência dos ventos em oito direções e a frequência de ventos calmos, também hora por hora.
- São determinadas também, as probabilidades de sequências de dois, três... N sucessivos dias típicos frios.

2.3.5. Graus-dia e Graus-hora

A demanda anual de energia requerida para calefação, assegurando níveis habitáveis de conforto pode ser calculada através da quantidade de graus-dia durante o ano. Segundo SZOKOLAY [1987], graus-dia é um parâmetro climático que pode ser definido como o somatório das diferenças de temperatura, quando esta encontra-se abaixo de uma temperatura base (T_b). Por exemplo, se a temperatura base é tomada como 18°C, verifica-se a temperatura média diária ($T_{méd}$) durante todo o ano. Quando este valor for menor que T_b , calcula-se a diferença ($T_b - T_{méd}$), somando-se estas diferenças, dia a dia, para todo o ano.

Portanto:

$$GD = \sum (T_b - T_{méd}) \quad (2.1)$$

Pode-se calcular o somatório separadamente, para cada mês, obtendo-se os graus-dias mensais.

Graus-hora pode ser estimado de maneira similar ao descrito acima, porém tomando-se as temperaturas horárias ao invés de temperaturas médias diárias. Neste caso, deve-se verificar os valores de temperatura hora por hora, durante todo o ano. Pode ser calculado, também, separadamente para cada mês.

$$GH = \sum (T_b - T_h) \quad (2.2)$$

O conceito de graus-dia (ou graus-hora) pode ser utilizado para estimar a energia requerida para refrigeração. É calculado de maneira similar ao anterior, porém são consideradas as temperaturas que excedem a temperatura base.

Portanto:

$$GD_{\text{refr}} = \sum (T_{\text{méd}} - T_b) \quad (2.3)$$

2.3.6. Ano Climático de Referência

Alguns dos programas de simulação de desempenho térmico de edificações como ESP, DOE e CONFIE utilizam os dados climáticos de um ano típico para o cálculo de energia térmica.

Segundo a ASHRAE [1985], cap. 24, existem duas fontes de ano climático desenvolvidas para cálculos de energia utilizados no Estados Unidos: o Test Reference Year (TRY), que foi preparado pelo National Climatic Center e o Typical Meteorological Year (TMY) que foi preparado pelo Sandia Laboratories na cidade de Albuquerque.

STAMPER [1977] descreve o procedimento utilizado para determinar o chamado Test Reference Year (TRY). O autor esclarece que o TRY deve ser usado para comparar o uso de energia para diferentes sistemas de ar condicionado dentro de uma mesma edificação ou para testar o efeito da mudança de orientação das fachadas.

O procedimento utilizado para selecionar o ano climático para um local específico, é baseado na eliminação de anos de dados, os quais contêm temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até permanecer um ano, somente. Para isto, os meses são classificados em ordem de importância para cálculo de energia. Então, o mês mais quente e o mês mais frio do local analisado são considerados os mais importantes, seguidos dos demais meses, listados em ordem de prioridade.

As temperaturas médias mensais, para o período de registros disponível, são examinadas de acordo com a sequência listada. O ano com o mês mais quente é anotado. Depois, o ano que contém o mês mais frio. O processo continua, anotando-se os anos nos quais ocorrem os extremos. Estes anos são, então, eliminados e o procedimento é repetido até restar somente um. Este ano é designado como Ano Climático de Referência.

O Test Reference Year (TRY), determinado por este processo, consiste em dados climáticos horários apresentados em um formato padronizado, conforme necessário para simulação de desempenho térmico de edificações. No TRY constam as seguintes informações climáticas para as 8.760 horas do ano:

- Temperatura de Bulbo Seco (TBS);
- Temperatura de Bulbo Úmido (TBU);
- Temperatura de Ponto de Orvalho;
- Direção do Vento;
- Velocidade do Vento;
- Pressão Barométrica;
- Tempo (consistindo de precipitação, névoa, poeira, etc.);
- Quantidade de Nuvem, Tipo de Nuvem, Altura de Nuvem;
- Radiação Solar (não incluído correntemente nos anos climáticos).

2.3.7. Estimativa da Radiação Solar a partir da Nebulosidade

Nem sempre dados de radiação solar são registrados nas estações meteorológicas. Por isso, torna-se necessário o uso de técnicas para estimar esta variável, a partir de outros parâmetros meteorológicos. Segundo RANGARAJAN et al [1984], o parâmetro mais freqüentemente utilizado para computar radiação solar global e difusa, o qual tem fornecido os melhores resultados é a média diária de duração de luz do sol ou número de horas de sol. No estudo realizado, foi desenvolvida uma aproximação empírica para obter a relação precisa entre nebulosidade registrada por observadores e número de horas de sol obtidos pelo equipamento de Campbell-Stokes. A relação inversa entre o número de horas de sol e nebulosidade resulta do fato que as interrupções nos registros de luz do sol são normalmente causadas pelo sol sendo obstruído por nuvens de certa opacidade. Uma vez tal relação estabelecida, é possível derivar os valores médios mensais de números de horas de sol a partir da quantidade média de nuvens e, então, calcular a radiação solar global e difusa, através de equações.

NARCISO FILHO [1993], aplicou a metodologia desenvolvida por RANGARAJAN et al, a fim de estabelecer esta relação e estimar a radiação solar para a cidade de Florianópolis. O processo utilizado e os resultados obtidos são resumidamente descritos a seguir:

Os dados de número de horas de sol foram obtidos junto à EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina), juntamente com os registros de nebulosidade para o período de janeiro de 1990 a fevereiro de 1993, período este em que os dados de radiação solar medidos com grande precisão no Laboratório de Energia Solar da UFSC eram disponíveis.

• A relação mais adequada, de acordo com RANGARAJAN et al, para medições de nebulosidade realizadas por observadores em terra, como é o caso de Florianópolis, é do tipo:

$$1 - n / N' = p C_m + q C_m^2 + r C_m^3 \quad (2.4)$$

onde: C_m = fração média do céu coberta por nuvens, em décimos;
 n = horas de sol;
 N' = máximo número de horas de sol possível;
 p, q, r = coeficientes estatisticamente determinados.

- A partir dos dados de nebulosidade e número de horas de sol, foram definidos os coeficientes polinomiais.

- Para estimar-se a radiação solar global total diária é utilizada a equação de Ångstrom na forma:

$$G' / ETR = a + b (n / N') \quad (2.5)$$

onde: G' = radiação global total diária sem reflexões solo-nuvens-atmosfera;
 ETR = radiação extraterrestre total diária;
 a, b = coeficientes estatisticamente determinados.

- Os coeficientes de Ångstrom (a e b) foram determinados para cada mês. Para isso, foram utilizados os dados de radiação solar medidos no Laboratório de Energia Solar, juntamente com os dados de número de horas de sol fornecidos pela EPAGRI, para o mesmo período.

- Finalmente, foram estimados os valores de radiação global total diária, a partir da nebulosidade para o período em que os dados de radiação solar medidos no Laboratório estavam disponíveis, através da equação:

$$G - G' = G \times R [0,25 (n / N') + 0,60 (1 - n / N')] \quad (2.6)$$

onde: G = radiação global total diária;
 R = albedo.

Os resultados foram comparados, apresentando um erro médio, tomado em módulo, de 29,0% e um erro médio, considerando-se os sinais, de 15,6%. Porém, os erros maiores foram observados para dias com radiação total baixa. Para os dias com radiação total diária maior ou igual a 2000 Wh/m², os erros médios resultaram muito menores, sendo que 84,1% dos dias do período analisado apresentaram radiação total diária maior que 2000 Wh/m².

2.4. Metodologias de Tratamento de Dados Climáticos utilizadas no Brasil

A seguir, são descritos os procedimentos para determinação de dia típico adotados em dois trabalhos de tratamento de dados climáticos aplicados no Brasil. O primeiro foi desenvolvido por SATTLER [1989] e aplicado em dados climáticos de Porto Alegre. O segundo foi desenvolvido pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), aplicado em dados climáticos de São Paulo [AKUTSU e VITTORINO, 1991].

2.4.1. Método adotado por Miguel Sattler em Porto Alegre

Neste trabalho, foi adotada uma metodologia similar às empregadas por VAN DEVENTER [1971], na África do Sul, e por FORN e LOTERSZTAIN [1973], na Argentina. Estas metodologias foram descritas em 2.3.3 e 2.3.4. SATTLER [1989] trabalhou com dados climáticos da cidade de Porto Alegre, dispondo de um total de cinco anos de registros. A metodologia desenvolve-se como descrito a seguir:

Em primeiro lugar, para cada um dos dias do período de dados disponíveis, é calculada a temperatura média diária, as quais são ordenadas, em ordem crescente. São encontradas, então, o conjunto de 250 dias de temperaturas médias mais elevadas, caracterizando, aproximadamente, 15% do número total de dias. Da mesma forma, são selecionados os 250 dias de temperaturas médias mais baixas no período.

Deste conjunto, são verificadas as datas limites, a fim de determinar-se a abrangência dos períodos quentes e frios. Os dias incluídos no período quente, denomina-se dias quentes e aqueles incluídos no período frio são chamados dias frios. Estes valores são, então, reordenados e determinados os níveis de 1%; 2,5%; 5% e 10% tanto para os dias quentes, como para os dias frios. Portanto, o nível de 2,5%, relativo a dias quentes, por exemplo, caracteriza o dia cuja temperatura média é excedida somente por 2,5% do total de dias quentes. Para cada nível, são selecionados os dias cujas temperaturas médias se situam imediatamente acima e abaixo da temperatura média do dia de referência e dentro de um intervalo representando 1% do número de dias do conjunto. Como a metodologia trabalha com um dia teórico, são calculadas as médias das características dos dias situados nestes intervalos, definindo-se, assim, os dias típicos de verão e dias típicos de inverno. Para cada dia típico, são listados os valores horários de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido ou umidade relativa, nebulosidade (ou radiação solar), direção e velocidade do vento. SATTLER salienta que é importante conhecer-se a data de referência de cada dia típico, para que se estimem, com precisão, os valores de irradiância solar nos diferentes componentes externos da edificação. Segundo a metodologia, esta data deve ser definida pelo cálculo das declinações solares, ou seja, corresponde ao dia cuja declinação solar mais se aproxime da média das declinações solares dos dias considerados na definição dos dias típicos.

2.4.2. Método adotado pelo IPT em São Paulo

O tratamento dos dados climáticos compreende basicamente duas etapas. Inicialmente, definem-se, a partir do período disponível de dados, os meses caracterizados como mais quentes e mais frios, denominados períodos de verão e de inverno respectivamente. A seguir, é feito, então, o tratamento detalhado dos dados, correspondentes apenas aos períodos de verão e de inverno, a partir do qual são definidos os dias típicos de projeto. AKUTSO e VITTORINO [1991] propõem dois critérios para seleção dos períodos de verão e inverno, porém somente será descrito aquele que foi adotado neste trabalho.

Para determinar os períodos de verão e de inverno, pode-se adotar o seguinte critério: Para o caso do verão, é identificado o mês mais quente do ano, ou seja, aquele que apresentar o maior valor para a média das temperaturas máximas diárias. Os outros meses que apresentarem, para a mesma grandeza, valores com uma diferença de até $\mu^{\circ}\text{C}$ em relação ao mês mais quente, são selecionados como período de verão. O valor de μ é determinado por:

$$\mu = 0,10 \times (T_{\text{MÁX}} - T_{\text{MÍN}}) \quad (2.7)$$

onde: $T_{\text{MÁX}}$ = média das temperaturas máximas diárias do mês mais quente

$T_{\text{MÍN}}$ = média das temperaturas mínimas diárias do mês mais quente

De maneira análoga, é definido o período de inverno com base no mês mais frio do ano. Os meses que apresentarem para a média das temperaturas mínimas diárias, valores com uma diferença de até $\mu^{\circ}\text{C}$ em relação ao mês mais frio, são selecionados para o período de inverno. Sendo, neste caso:

✓ $T_{\text{MÁX}}$ = média das temperaturas máximas diárias do mês mais frio

✓ $T_{\text{MÍN}}$ = média das temperaturas mínimas diárias do mês mais frio

Para cada período considerado, os dados são tratados da seguinte forma:

- Período de verão: são determinados os valores máximos diários da temperatura de bulbo seco ($TBS_{\text{máx}}$), os quais são ordenados, definindo-se, então os níveis de frequência de ocorrência ($N = 1; 2,5; 5$ e 10). Isto significa que, para cada valor de N , $N\%$ dos dias analisados devem apresentar valores de $TBS_{\text{máx}}$ maiores ou iguais a $TBS_{\text{máx}}$ daquele nível.

- Período de inverno: são determinados os valores mínimos diários da temperatura de bulbo seco ($TBS_{\text{mín}}$), os quais são ordenados, definindo-se os níveis de frequência de ocorrência de maneira análoga ao período de verão.

Para cada valor de frequência de ocorrência definido, é determinado um intervalo de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, em torno da temperatura do dia de referência. São encontrados, então, os dias com temperaturas dentro deste intervalo e listados, para estes dias, os valores horários das grandezas: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido ou umidade relativa, nebulosidade (ou

radiação solar), velocidade e direção do vento. Como a metodologia trabalha com um dia real, o dia típico de projeto é escolhido da seguinte forma: são efetuadas as médias das características dos dias situados dentro de cada intervalo. Neste intervalo, é procurado, então, o dia real com as características mais próximas dos valores médios, definindo-se, assim, o dia típico para cada nível. Estes dias típicos são caracterizados, segundo a metodologia, pelos valores horários da temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido ou umidade relativa, nebulosidade (ou radiação solar), velocidade e direção do vento predominante.

No capítulo seguinte é realizada uma descrição estatística dos dados climáticos obtidos para Florianópolis, caracterizando o comportamento do clima local. □

Capítulo 3

DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

3.1. Temperatura de Bulbo Seco	27
3.1.1. Comportamento para todo o Período	27
3.1.2. Comportamento Mensal	27
3.1.3. Amplitude Diária de Temperatura	29
3.1.3.1. Comportamento para todo o período	30
3.1.3.2. Comportamento Mensal	30
3.1.4. Temperatura Média das Máximas e Temperatura Média das Mínimas.....	31
3.1.4.1. Comportamento para todo o período.....	32
3.1.4.2. Comportamento Mensal	33
3.2. Temperatura de Bulbo Úmido	35
3.2.1. Comportamento para todo o Período	35
3.2.2. Comportamento Mensal	35
3.3. Velocidade e Direção do Vento	38
3.3.1. Comportamento da Velocidade do Vento para todo o Período	38
3.3.2. Comportamento Mensal da Velocidade do Vento	39
3.3.3. Freqüência dos Ventos	41
3.4. Nebulosidade	49
3.4.1. Comportamento para todo o Período	49
3.4.2. Comportamento Mensal	50
3.5. Umidade Relativa	50
3.5.1. Comportamento para todo o período.....	52
3.5.2. Comportamento Mensal	53
3.5.3. Conteúdo de Umidade	54
3.6. Normais Climatológicas	56
3.7. Discussão	65

A descrição estatística aqui apresentada, tem o objetivo de transformar os dados climáticos disponíveis para Florianópolis em informações de mais fácil leitura e interpretação. Além disso, pretende dar subsídios para estudos subseqüentes.

Através do software SAS (*Statistical Analysis System*) foram determinadas as estatísticas descritas a seguir, utilizando-se o procedimento denominado UNIVARIATE, para as variáveis: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, velocidade do vento, umidade relativa e nebulosidade. Análises estatísticas mais simplificadas, com a utilização somente do procedimento MEANS, foram determinadas para as variáveis: amplitude térmica de temperatura e razão de umidade.

O significado dos principais termos e abreviaturas empregadas no capítulo encontra-se listado abaixo.

- N = número de observações;
- Mín. = valor mínimo;
- Máx. = valor máximo;
- Média = média aritmética;
- Desvio Padrão = grau ao qual os dados tendem a dispersar-se em torno de um valor médio;
- Variância = quadrado do desvio padrão;
- Coeficiente de Variação = fornece a dispersão dos dados em relação à média, em valor percentual;
- Assimetria = grau de desvio, ou afastamento da simetria. Se o valor do coeficiente de assimetria é significativamente positivo, a distribuição é assimétrica à direita e se é significativamente negativo, ela é assimétrica à esquerda. Para a distribuição normal, o coeficiente é igual a zero;
- Curtose = grau de achatamento de uma distribuição. A medida de curtose para dados normalmente distribuídos é igual a zero. Valores positivos caracterizam uma distribuição acentuada no meio e valores negativos, uma distribuição achatada no meio;
- Moda = valor que ocorre com maior frequência;
- Valores Extremos = os cinco valores maiores e os cinco valores menores;
- Probabilidades = frequência de ocorrência de valores iguais ou menores que aquele encontrado. Foram calculados os níveis de: 99%, 95%, 90%, 10%, 5% e 1%.

Inicialmente, foi realizada a análise estatística descritiva para o total de dados do período (1961 a 1970) ou seja, para as 87.600 horas ($365 \times 24 \times 10$), para cada uma das variáveis mencionadas. Numa segunda etapa, o comportamento mensal dos dados foi analisado.

3.1. Temperatura de Bulbo Seco

3.1.1. Comportamento para todo o Período

A partir do uso do programa SAS obteve-se:

N = 87.600	Mín = 2,0°C
Média = 20,5°C	Máx = 36,4°C
Desvio Padrão = 4,42	Variância = 19,56
Coef. de Variação = 21,58	Assimetria = - 0,13
Curtose = 0,24	Moda = 20,0°C
Valores Extremos: (°C)	Mais Baixos Mais Altos

2,0	36,0
2,0	36,0
2,7	36,0
2,9	36,0
3,0	36,4

Probabilidades:	99% ≤ 30,7°C	95% ≤ 27,8°C	90% ≤ 26,0°C
	10% ≤ 15,0°C	5% ≤ 13,0°C	1% ≤ 9,2°C

Uma análise preliminar dos dados mostra que o coeficiente de assimetria não apresentou valor significativo. O sinal negativo indica que a distribuição apresentou assimetria à esquerda, isto é, maior concentração de valores mais elevados de temperatura. O achatamento aproximou-se da normal. A variável temperatura de bulbo seco apresentou um comportamento bem distribuído, próximo à normalidade.

3.1.2. Comportamento Mensal

Analisando a tabela 3.1 observa-se que o mês de fevereiro apresentou a temperatura média mais elevada, porém o maior valor de temperatura máxima foi apresentado pelo mês de janeiro. O coeficiente de variação, variância e desvio padrão do mês de fevereiro apresentaram os menores valores de todos os meses, ou seja, os valores de temperatura de bulbo seco mantiveram-se mais próximos à média.

Já o mês de junho apresentou os maiores valores para desvio padrão, variância e coeficiente de variação, isto demonstrou um comportamento mais disperso em relação à média.

O menor valor para a média mensal de temperatura foi apresentado pelo mês de julho, porém o valor de temperatura mínima neste mês foi superior a dos meses de junho e agosto, que apresentaram os menores registros.

TABELA 3.1 - Comportamento mensal para a temperatura de bulbo seco (°C).

	N	Méd.	Desv. Padr.	Mín	Máx	Var.	Coef. Var.	Ass.	Curt.	Moda
JAN	7.440	24,3	3,21	16,0	36,4	10,28	13,21	0,43	-0,01	23,0
FEV	6.768	24,5	3,14	15,2	35,9	9,86	12,80	0,46	0,09	23,0
MAR	7.440	23,6	3,31	12,4	35,3	10,99	14,05	0,33	-0,11	22,0
ABR	7.200	21,2	3,29	9,7	33,8	10,80	15,48	0,16	0,09	20,0
MAI	7.440	18,8	3,80	6,2	30,2	14,43	20,16	-0,28	0,05	19,0
JUN	7.200	17,1	3,99	2,0	29,5	15,91	23,27	-0,31	0,22	17,0
JUL	7.440	16,6	3,84	2,7	28,8	14,73	23,11	-0,20	0,29	18,0
AGO	7.440	17,3	3,52	2,0	33,8	12,42	20,37	-0,27	0,86	17,0
SET	7.200	18,2	3,23	3,8	28,5	10,44	17,73	-0,28	0,59	19,0
OUT	7.440	19,8	3,29	8,1	32,4	10,81	16,58	0,09	0,16	20,0
NOV	7.153	21,5	3,24	9,8	33,5	10,51	15,07	0,23	0,40	20,0
DEZ	7.439	23,1	3,20	12,1	36,0	10,27	13,88	0,16	0,19	23,0

O mês de agosto caracterizou-se pela maior variação térmica do ano (máx - mín), pois apresentou o menor valor de temperatura mínima (2°C), juntamente com o mês de junho e um valor bastante elevado de temperatura máxima (33,8°C), chegando próximo aos valores máximos dos meses de verão.

O mês de outubro possui o menor coeficiente de assimetria, ou seja, foi o mês que apresentou os valores melhor distribuídos em relação à média.

A seguir, são apresentados os valores extremos de temperatura, assim como as probabilidades para cada mês, sendo listados em graus Celsius:

JANEIRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
16,0	35,8	99% ≤ 32,4
16,2	36,0	95% ≤ 30,0
16,4	36,0	90% ≤ 28,8
16,4	36,0	10% ≤ 20,4
16,4	36,4	5% ≤ 19,5
		1% ≤ 17,8

FEVEREIRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
15,2	35,0	99% ≤ 33,0
15,3	35,3	95% ≤ 30,4
15,6	35,5	90% ≤ 29,0
16,0	35,5	10% ≤ 20,7
16,2	35,9	5% ≤ 19,8
		1% ≤ 18,3

MARÇO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
12,4	34,3	99% ≤ 31,8
13,1	34,9	95% ≤ 29,7
14,0	35,0	90% ≤ 28,3
14,0	35,0	10% ≤ 19,5
14,5	35,3	5% ≤ 18,5
		1% ≤ 16,9

ABRIL

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
9,7	32,0	99% ≤ 29,0
10,0	32,0	95% ≤ 27,0
10,0	32,2	90% ≤ 25,8
10,0	32,2	10% ≤ 17,2
10,1	33,8	5% ≤ 16,1
		1% ≤ 13,7

MAIO			JUNHO		
Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades	Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
6,2	29,8	99% ≤ 26,7	2,0	28,5	99% ≤ 25,9
6,3	29,9	95% ≤ 24,9	3,0	28,7	95% ≤ 23,4
6,4	30,0	90% ≤ 23,8	4,0	29,0	90% ≤ 22,0
6,4	30,2	10% ≤ 13,7	4,0	29,0	10% ≤ 11,7
6,5	30,2	5% ≤ 12,0	4,0	29,5	5% ≤ 9,7
		1% ≤ 9,0			1% ≤ 7,0
JULHO			AGOSTO		
Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades	Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
2,7	28,1	99% ≤ 25,5	2,0	29,7	99% ≤ 25,0
2,9	28,2	95% ≤ 22,8	4,8	31,5	95% ≤ 23,0
3,0	28,3	90% ≤ 21,3	5,0	32,5	90% ≤ 21,7
3,7	28,4	10% ≤ 11,5	5,0	33,6	10% ≤ 13,0
3,7	28,8	5% ≤ 10,0	5,1	33,8	5% ≤ 11,3
		1% ≤ 6,9			1% ≤ 7,4
SETEMBRO			OUTUBRO		
Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades	Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
3,8	28,0	99% ≤ 25,5	8,1	30,2	99% ≤ 27,9
4,1	28,0	95% ≤ 23,5	8,8	30,4	95% ≤ 25,5
5,2	28,0	90% ≤ 22,3	9,0	30,5	90% ≤ 24,0
6,0	28,0	10% ≤ 14,1	9,4	30,8	10% ≤ 15,7
6,3	28,5	5% ≤ 12,4	9,6	32,4	5% ≤ 14,6
		1% ≤ 9,8			1% ≤ 12,0
NOVEMBRO			DEZEMBRO		
Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades	Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
9,8	33,2	99% ≤ 29,8	12,1	34,0	99% ≤ 31,0
10,7	33,4	95% ≤ 27,1	12,2	34,0	95% ≤ 28,6
11,0	33,5	90% ≤ 25,8	12,2	34,2	90% ≤ 27,3
11,2	33,5	10% ≤ 17,7	13,1	35,0	10% ≤ 19,0
11,3	33,5	5% ≤ 16,4	13,2	36,0	5% ≤ 18,0
		1% ≤ 14,0			1% ≤ 15,6

3.1.3. Amplitude Diária de Temperatura

Outro dado importante na caracterização climática se relaciona com a variação diária de temperatura. A partir dos dados de temperatura de bulbo seco máximas e mínimas diárias,

calculou-se as amplitudes diárias para o período, fazendo-se análises estatísticas mais simplificadas, conforme descrito a seguir.

3.1.3.1. Comportamento para todo o período

N = 3.651	Mín = 0,0 °C	
Média = 7,8 °C	Máx = 18,0 °C	
Desvio Padrão = 2,73	Variância = 7,44	
Coef. Variação = 34,93	Moda = 8,0 °C	
Valores Extremos: (°C)	Mais Baixos	Mais Altos
	0,0	16,0
	1,1	16,5
	1,2	16,6
	1,2	17,1
	1,3	18,0

Probabilidades:	99% ≤ 14,4 °C	95% ≤ 12,4 °C	90% ≤ 11,4 °C
	10% ≤ 4,2 °C	5% ≤ 3,3 °C	1% ≤ 2,1 °C

3.1.3.2. Comportamento Mensal

As características mensais de amplitude podem ser observadas na tabela 3.2.

TABELA 3.2 - Comportamento mensal para a amplitude de temperatura (°C).

	N	Média	Mín	Máx	Dev. Padr.	Var.	C. V.
JAN	310	8,0	2,5	14,4	2,13	4,56	26,60
FEV	282	7,9	2,2	15,3	2,30	5,30	29,20
MAR	310	7,7	1,7	14,1	2,33	5,45	30,12
ABR	300	7,9	1,5	16,5	2,68	7,20	34,09
MAI	310	8,9	1,1	15,8	3,12	9,76	35,14
JUN	300	8,3	1,2	16,0	3,05	9,31	36,78
JUL	310	8,1	1,8	18,0	2,86	8,17	35,19
AGO	310	7,7	1,3	17,1	2,89	8,37	37,66
SET	300	6,9	1,3	14,6	2,97	8,82	43,15
OUT	310	7,1	2,2	14,3	2,74	7,49	38,34
NOV	299	7,4	0	13,9	2,61	6,83	35,14
DEZ	310	7,7	2,5	14,4	2,27	5,17	29,54

Pelos valores de média, pode-se observar que as menores amplitudes diárias aconteceram no mês de setembro e os maiores valores no mês de maio. Este último também apresentou as

amplitudes mais dispersas em relação à média, o que pode ser comprovado pelo maior valor de desvio padrão.

O mês de novembro apresentou amplitude mínima igual a zero, já em julho aconteceu o maior valor máximo de amplitude (18°C).

Os valores de probabilidade para cada mês, são mostradas a seguir (em graus Celcius):

Probabilidades:

JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL
99% ≤ 12,9	99% ≤ 13,7	99% ≤ 13,4	99% ≤ 13,6
95% ≤ 11,8	95% ≤ 11,7	95% ≤ 11,5	95% ≤ 12,1
90% ≤ 10,7	90% ≤ 10,8	90% ≤ 10,9	90% ≤ 11,3
10% ≤ 5,2	10% ≤ 4,8	10% ≤ 4,4	10% ≤ 4,2
5% ≤ 4,5	5% ≤ 4,1	5% ≤ 3,5	5% ≤ 3,3
1% ≤ 3,1	1% ≤ 2,4	1% ≤ 2,1	1% ≤ 2,0
MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
99% ≤ 15,4	99% ≤ 15,6	99% ≤ 14,6	99% ≤ 15,0
95% ≤ 14,0	95% ≤ 13,6	95% ≤ 12,8	95% ≤ 12,6
90% ≤ 12,9	90% ≤ 12,4	90% ≤ 11,9	90% ≤ 11,9
10% ≤ 4,7	10% ≤ 3,9	10% ≤ 4,4	10% ≤ 4,0
5% ≤ 3,0	5% ≤ 3,0	5% ≤ 3,5	5% ≤ 3,4
1% ≤ 1,9	1% ≤ 2,0	1% ≤ 2,5	1% ≤ 2,5
SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
99% ≤ 14,6	99% ≤ 13,8	99% ≤ 13,8	99% ≤ 13,0
95% ≤ 12,7	95% ≤ 11,9	95% ≤ 11,9	95% ≤ 11,4
90% ≤ 11,0	90% ≤ 10,9	90% ≤ 11,2	90% ≤ 10,8
10% ≤ 3,0	10% ≤ 3,6	10% ≤ 4,2	10% ≤ 4,8
5% ≤ 2,6	5% ≤ 3,0	5% ≤ 3,2	5% ≤ 3,6
1% ≤ 1,6	1% ≤ 2,3	1% ≤ 1,9	1% ≤ 2,6

3.1.4. Temperatura Média das Máximas e Temperatura Média das Mínimas

O valor médio das temperaturas máximas de todos os dias durante o período, representa a temperatura que normalmente ocorre entre as 13 e as 14 horas, quando as temperaturas alcançam os níveis mais elevados de cada dia.

Da mesma forma, o valor médio das temperaturas mínimas ocorridas durante todos os dias registradas no período, representa a temperatura que ocorre antes da saída do sol, quando as temperaturas normalmente alcançam os níveis mais baixos de cada dia.

3.1.4.1. Comportamento para todo o período

TBS_{MÁX}

N = 3.651	Min = 12,2°C
Média = 24,8°C	Máx = 36,4°C
Desvio Padrão = 3,98	Variância = 15,85
Coef. de Variação = 16,02	Assimetria = - 0,05
Curtose = - 0,24	Moda = 24,0°C
Valores Extremos: (°C)	Mais Baixos Mais Altos
	12,2 35,9
	12,4 36,0
	12,6 36,0
	13,0 36,0
	13,0 36,4

Probabilidades:	99% ≤ 33,5°C	95% ≤ 31,4°C	90% ≤ 30,0°C
	10% ≤ 19,6°C	5% ≤ 18,2°C	1% ≤ 15,5°C

TBS_{MÍN}

N = 3.651	Min = 2,0°C
Média = 17,0°C	Máx = 25,3°C
Desvio Padrão = 3,97	Variância = 15,79
Coef. de Variação = 23,32	Assimetria = - 0,63
Curtose = 0,21	Moda = 18,0°C
Valores Extremos: (°C)	Mais Baixos Mais Altos
	2,0 25,0
	2,0 25,0
	2,7 25,0
	3,0 25,2
	3,7 25,3

Probabilidades:	99% ≤ 24,0°C	95% ≤ 22,7°C	90% ≤ 22,0°C
	10% ≤ 11,4°C	5% ≤ 9,8°C	1% ≤ 6,0°C

A análise estatística geral dos dados mostrou que os valores de desvio padrão para ambas variáveis apresentaram-se semelhantes. O índice de assimetria apresentou-se mais significativo

para a média das temperaturas mínimas, indicando que a distribuição é assimétrica à esquerda, isto é, possui maior concentração de valores mais elevados.

3.1.4.2. Comportamento Mensal

TABELA 3.3 - Comportamento mensal para a temperatura média das máximas (°C).

	N	Méd.	Desv. Padr.	Mín	Máx	Var.	Coef. Var.	Ass.	Curt.	Moda
JAN	310	28,8	2,71	21,5	36,4	7,33	9,40	0,12	0,00	28,0
FEV	282	29,0	2,67	21,4	35,9	7,13	9,20	0,05	-0,25	30,0
MAR	310	28,0	2,84	18,3	35,3	8,08	10,16	-0,19	-0,20	27,0
ABR	300	25,7	2,74	17,8	33,8	7,49	10,66	-0,15	0,06	27,0
MAI	310	23,8	2,47	15,2	30,2	6,13	10,41	-0,37	0,05	25,5
JUN	300	21,7	3,11	13,0	29,5	9,65	14,28	-0,25	0,03	22,0
JUL	310	21,1	3,14	12,2	28,8	9,89	14,89	-0,14	-0,11	21,0
AGO	310	21,5	2,87	13,0	33,8	8,26	13,33	0,15	0,76	20,0
SET	300	22,0	2,75	13,1	28,5	7,55	12,49	-0,31	-0,10	23,0
OUT	310	23,8	2,98	15,2	32,4	8,89	12,53	-0,02	-0,12	23,0
NOV	299	25,6	2,91	16,0	33,5	8,49	11,36	0,09	0,28	26,0
DEZ	310	27,3	2,68	19,0	36,0	7,16	9,81	0,14	0,26	26,0

A média das temperaturas máximas apresentou-se maior para o mês de fevereiro, comprovando ser este o mês mais quente do ano.

Julho, por sua vez, caracterizou-se com a menor média das temperaturas máximas.

Agosto, apesar de possuir características de mês com temperaturas baixas, apresentou valor de máxima absoluta bastante elevado.

As distribuições mensais apresentaram, de maneira geral, comportamentos semelhantes. A maioria dos meses apresentou assimetria à esquerda, ou seja, maior concentração de valores mais elevados.

Quanto ao grau de achatamento, não foram apresentados valores significativos, sendo que o mês de janeiro apresentou curtose igual a zero, isto é, dados normalmente distribuídos.

TABELA 3.4 - Comportamento mensal para a temperatura média das mínimas (°C).

	N	Méd.	Desv. Padr.	Mín	Máx	Var.	Coef. Var.	Ass.	Curt.	Moda
JAN	310	20,8	1,95	16,0	25,0	3,79	9,37	-0,14	-0,55	21,0
FEV	282	21,1	1,93	15,2	25,3	3,73	9,14	-0,43	-0,19	22,0
MAR	310	20,2	2,18	12,4	25,2	4,78	10,80	-0,25	0,07	20,0
ABR	300	17,8	2,48	9,7	23,4	6,14	13,93	-0,64	0,57	18,0
MAI	310	14,9	3,31	6,2	22,0	10,93	22,20	-0,50	-0,31	17,0
JUN	300	13,5	3,76	2,0	20,0	14,12	27,92	-0,59	-0,44	17,0
JUL	310	13,0	3,40	2,7	19,7	11,54	26,12	-0,67	-0,04	15,0
AGO	310	13,9	3,22	2,0	21,5	10,39	23,24	-0,86	0,61	17,0
SET	300	15,1	2,95	3,8	19,8	8,72	19,53	-0,92	0,52	15,0
OUT	310	16,7	2,71	8,1	22,2	7,34	16,26	-0,54	-0,22	15,0
NOV	299	18,2	2,41	9,8	23,0	5,83	13,30	-0,63	0,26	18,0
DEZ	310	19,6	2,35	12,1	25,0	5,54	12,01	-0,61	-0,08	19,0

O mês de julho apresentou o menor valor de média das temperaturas mínimas diárias, indicando, mais uma vez, ser o mês mais frio do ano. Já fevereiro apresentou o maior valor.

Junho apresentou média de temperaturas mínimas com maior grau de dispersão em torno da média e fevereiro, valores menos dispersos, indicados com maior e menor valor para o desvio padrão, respectivamente.

Quanto à assimetria, todos os meses apresentaram valores negativos, o que indica distribuições assimétricas à esquerda, ou seja, maiores concentrações de valores mais elevados de temperaturas média das mínimas.

A tabela 3.5 mostra informações quanto ao horário de ocorrência das temperaturas máximas e mínimas diárias, em cada mês do ano. São mostrados os valores médios e medianos das horas onde ocorreram as temperaturas extremas diárias.

TABELA 3.5 - Horário de ocorrência das temperaturas máximas e mínimas diárias (h).

	Hora Média das Temp. Máximas	Hora Média das Temp. Mínimas	Hora Mediana das Temp. Máximas	Hora Mediana das Temp. Mínimas
JAN	13,2	8,4	13,0	6,0
FEV	13,1	8,5	13,0	6,0
MAR	13,4	9,3	13,0	6,0
ABR	13,3	9,6	13,0	6,0
MAI	13,4	8,8	14,0	7,0
JUN	13,6	9,8	14,0	7,0
JUL	13,7	9,1	14,0	7,0
AGO	13,4	9,4	14,0	6,5
SET	13,2	10,0	13,0	6,0
OUT	12,8	9,1	13,0	6,0
NOV	13,0	9,2	13,0	5,0
DEZ	12,9	9,2	13,0	5,0

Como pode ser observado, existe uma diferença nos resultados, principalmente quanto aos horários de ocorrência das temperaturas mínimas diárias. Isto acontece, devido ao registro de algumas temperaturas baixas em horários bastante diferentes daquele que normalmente ocorre, proporcionando valores médios distorcidos.

Neste caso, a mediana é mais significativa, já que representa o valor central da amostra, desconsiderando algum valor distante que possa ter ocorrido.

A hora de ocorrência das temperaturas máximas diárias varia entre as 13 e as 14 horas e as temperaturas mínimas diárias ocorrem entre as 5 e as 7 horas da manhã.

3.2. Temperatura de Bulbo Úmido

3.2.1. Comportamento para todo o Período

A partir do SAS obteve-se:

N = 87.589	Mín = 1,5°C
Média = 18,4°C	Máx = 33,5°C
Desvio Padrão = 3,81	Variância = 14,51
Coef. de Variação = 20,75	Assimetria = - 0,46
Curtose = 0,38	Moda = 18°C

Valores Extremos: (°C)	Mais Baixos	Mais altos
	1,5	32,5
	1,6	32,5
	2,4	32,5
	2,5	33,4
	2,5	33,5

Probabilidades:	99% ≤ 26,0°C	95% ≤ 24,0°C	90% ≤ 23,0°C
	10% ≤ 13,4°C	5% ≤ 11,4°C	1% ≤ 8,0°C

A estatística geral dos dados mostra que o coeficiente de assimetria e grau de achatamento não apresentaram-se significativos. A distribuição possui assimetria à esquerda, indicando maior quantidade de valores de temperatura de bulbo úmido mais elevados.

3.2.2. Comportamento Mensal

Conforme a tabela 3.6, o mês de fevereiro apresentou os maiores valores para temperatura de bulbo úmido média, mínima e máxima. Os valores de desvio padrão, coeficiente de variação e variância foram os menores apresentados, caracterizando um menor grau de dispersão em relação ao valor médio.

Para o mês de junho, os valores de desvio padrão, coeficiente de variação e variância foram maiores que dos outros meses do ano. Isto significa que os dados de temperatura de bulbo úmido aconteceram de maneira mais dispersa em relação à média, do mesmo modo como aconteceu para a temperatura de bulbo seco. Este mês apresentou, ainda, o menor valor de temperatura de bulbo úmido mínima.

TABELA 3.6 - Comportamento mensal para a temperatura de bulbo úmido (°C).

	N	Méd.	Dev. Padr.	Mín	Máx	Var.	Coef. Var.	Ass.	Cur.	Moda
JAN	7.440	21,6	2,43	12,0	32,5	5,90	11,22	0,08	0,74	22,5
FEV	6.768	22,1	2,30	14,4	33,5	5,30	10,42	-0,05	0,21	23,0
MAR	7.440	21,2	2,54	11,4	31,5	6,46	11,96	-0,15	0,17	22,0
ABR	7.200	19,1	2,62	8,7	27,2	6,86	13,74	-0,48	0,38	20,0
MAI	7.440	16,8	3,18	5,1	25,5	10,10	18,87	-0,75	0,38	18,0
JUN	7.200	15,3	3,52	1,5	24,0	12,41	22,99	-0,69	0,03	17,5
JUL	7.440	14,8	3,31	2,7	24,5	10,99	22,37	-0,69	0,04	17,0
AGO	7.440	15,4	3,11	1,6	25,0	9,65	20,19	-0,78	0,61	18,0
SET	7.200	16,5	2,83	3,6	24,0	8,04	17,21	-0,84	0,74	18,0
OUT	7.429	17,8	2,90	7,7	27,0	8,40	16,27	-0,31	-0,08	18,0
NOV	7.153	19,3	2,69	8,8	32,0	7,24	13,94	-0,06	0,58	19,0
DEZ	7.439	20,5	2,62	11,0	29,5	6,89	12,77	-0,12	-0,16	20,0

O mês de julho apresentou o menor valor de temperatura de bulbo úmido média, porém o valor mínimo foi superior a dos meses de junho e agosto.

Já o mês de agosto, apresentou uma variação maior (Máx - Mín), do mesmo modo que se comportou a variação da temperatura de bulbo seco para este mesmo mês.

Para cada mês, são listados a seguir (em °C), os valores extremos e as probabilidades:

JANEIRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
12,0	31,7	99% ≤ 27,8
13,3	31,7	95% ≤ 25,5
13,6	32,0	90% ≤ 24,5
13,6	32,5	10% ≤ 18,5
13,7	32,5	5% ≤ 17,6
		1% ≤ 15,6

FEVEREIRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
14,4	31,2	99% ≤ 27,4
14,8	32,0	95% ≤ 25,7
14,9	32,5	90% ≤ 25,0
15,0	33,4	10% ≤ 19,0
15,0	33,5	5% ≤ 18,1
		1% ≤ 16,8

MARÇO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
11,4	30,0	99% ≤ 27,0
11,5	31,0	95% ≤ 25,2
12,0	31,1	90% ≤ 24,5
12,0	31,3	10% ≤ 18,0
12,0	31,5	5% ≤ 17,0
		1% ≤ 15,0

ABRIL

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
8,7	26,0	99% ≤ 24,3
9,0	26,0	95% ≤ 23,0
9,4	26,2	90% ≤ 22,2
9,5	27,0	10% ≤ 15,5
9,5	27,2	5% ≤ 14,4
		1% ≤ 12,0

MAIO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
5,1	24,4	99% ≤ 22,5
5,2	24,4	95% ≤ 21,1
5,5	24,5	90% ≤ 20,5
5,7	24,7	10% ≤ 12,5
5,8	25,5	5% ≤ 10,6
		1% ≤ 8,0

JUNHO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
1,5	23,0	99% ≤ 21,2
2,4	23,0	95% ≤ 20,0
2,5	23,0	90% ≤ 19,4
2,5	23,0	10% ≤ 10,1
3,0	24,0	5% ≤ 8,5
		1% ≤ 6,0

JULHO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
2,7	23,0	99% ≤ 20,5
2,9	23,0	95% ≤ 19,2
3,0	23,0	90% ≤ 18,5
3,5	23,7	10% ≤ 10,0
3,5	24,5	5% ≤ 8,5
		1% ≤ 6,0

AGOSTO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
1,6	23,7	99% ≤ 21,0
3,6	24,1	95% ≤ 19,5
3,6	24,8	90% ≤ 18,8
3,6	25,0	10% ≤ 11,0
4,0	25,0	5% ≤ 9,5
		1% ≤ 6,3

SETEMBRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
3,6	23,5	99% ≤ 21,5
4,0	23,5	95% ≤ 20,2
4,5	23,7	90% ≤ 19,5
4,6	24,0	10% ≤ 12,5
4,7	24,0	5% ≤ 11,0
		1% ≤ 8,2

OUTUBRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
7,7	26,7	99% ≤ 24,0
8,1	26,8	95% ≤ 22,0
8,1	26,8	90% ≤ 21,3
8,3	26,9	10% ≤ 13,8
8,5	27,0	5% ≤ 12,7
		1% ≤ 10,5

NOVEMBRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
8,8	30,5	99% ≤ 26,0
9,4	30,5	95% ≤ 23,5
9,5	31,0	90% ≤ 22,5
9,8	31,2	10% ≤ 16,0
9,9	32,0	5% ≤ 14,8
		1% ≤ 12,5

DEZEMBRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
11,0	28,3	99% ≤ 26,5
12,0	28,6	95% ≤ 24,7
12,0	28,8	90% ≤ 23,9
12,0	29,5	10% ≤ 17,0
12,5	29,5	5% ≤ 16,0
		1% ≤ 14,5

3.3. Velocidade e Direção do Vento

Normalmente, a velocidade do vento se mede a uma altura de 10 m sobre o nível do solo para reduzir a influência da rugosidade e possíveis obstáculos.

Neste caso, a variável velocidade do vento encontrava-se expressa em nós, medida a uma altura de 12 m (telhado da antiga torre de controle de vôo), segundo informação obtida junto ao aeroporto Hercílio Luz. Em vista disto, duas correções foram necessárias, a fim de torná-la compatível com os padrões meteorológicos.

Na primeira, foi realizada a conversão da unidade de velocidade de nós para metros por segundo, onde:

$$1 \text{ nó} = 0,5144 \text{ m/s} \quad (3.1)$$

A correção dos registros de velocidade do vento para uma altura de 10 m foi realizada de acordo com a norma britânica BS 5925, LIDDAMENT [1986]:

$$V / V_{10} = k \times z^a \quad (3.2)$$

onde: V = velocidade do vento na altura z

V_{10} = velocidade do vento a 10 m

$z = 12 \text{ m}$

$k = 0,52$

p/ campo aberto com

$a = 0,20$

algumas barreiras

então:

$$V_{10} = V / k \times z^a \quad (3.3)$$

Os valores foram corrigidos hora a hora, sendo armazenados em um novo campo acrescentado no arquivo dos dados.

A direção do vento registrada no aeroporto foi medida em graus, no sentido horário em relação ao norte verdadeiro.

3.3.1. Comportamento da Velocidade do Vento para todo o período

$N = 87.600$

Mín. = 0,0 m/s

Média = 4,1 m/s

Máx. = 27,1 m/s

Desvio Padrão = 3,10

Variância = 9,61

Coef. de Variação = 76,27

Assimetria = 0,58

Curtose = - 0,04

Moda = 0 m/s

Valores Extremos: (m/s)	Mais Baixos	Mais Altos
	0,0	21,1
	0,0	21,1
	0,0	21,1
	0,0	21,1
	0,0	27,1

Probabilidades: 99% ≤ 12,0 m/s 95% ≤ 9,6 m/s 90% ≤ 7,8 m/s

O comportamento da velocidade do vento apresentou-se bastante variável, como pode ser observado pelo valor de coeficiente de variação elevado.

A máxima velocidade atingida no período analisado foi de 27,1 m/s e a velocidade média foi de 4,1 m/s.

Nota-se que a distribuição é diferente da normal.

3.3.2. Comportamento Mensal da Velocidade do Vento

TABELA 3.7 - Comportamento mensal para a velocidade do vento (m/s).

	N	Méd.	Desv. Padr.	Mín.	Máx.	Var.	Coef. Var.	Ass.	Curt.	Moda
JAN	7.440	4,1	2,97	0	16,2	8,86	71,91	0,42	-0,30	0
FEV	6.768	3,9	3,00	0	21,1	9,02	77,09	0,61	0,10	0
MAR	7.440	3,8	3,04	0	18,0	9,23	80,16	0,59	-0,11	0
ABR	7.200	3,5	2,89	0	18,0	8,33	82,36	0,65	-0,03	0
MAI	7.440	3,4	2,81	0	16,2	7,92	83,51	0,73	0,18	0
JUN	7.200	3,8	2,99	0	19,2	8,92	78,77	0,60	-0,05	0
JUL	7.440	3,8	2,98	0	21,1	8,88	78,55	0,73	0,46	0
AGO	7.440	4,4	3,21	0	16,2	10,29	73,22	0,47	-0,39	0
SET	7.200	4,4	3,36	0	18,0	11,28	76,61	0,51	-0,36	0
OUT	7.440	4,7	3,29	0	27,1	10,83	70,09	0,50	0,06	0
NOV	7.153	4,5	3,08	0	21,1	9,47	68,99	0,45	-0,03	0
DEZ	7.439	4,6	3,20	0	19,2	10,25	70,20	0,50	-0,05	0

Os meses de janeiro, maio e agosto apresentaram os valores de velocidade máxima menores que dos outros meses. O mês de maio ainda apresentou o menor valor para a velocidade média e desvio padrão, caracterizando-se como o mês de ventos mais fracos e valores de velocidade menos dispersos em relação à média.

A época que caracterizou-se com ventos mais fortes foi o mês de outubro, pois apresentou valores de velocidade média e máxima mais elevados que dos outros meses.

O maior valor de desvio padrão foi apresentado pelo mês de setembro, o que denota uma variação maior nos valores de velocidade do vento em relação à média.

A seguir, são apresentados os valores extremos de velocidade do vento e probabilidades para cada mês (m/s):

JANEIRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	15,0	99% ≤ 12,0
0,0	15,0	95% ≤ 9,6
0,0	15,0	90% ≤ 7,8
0,0	16,2	
0,0	16,2	

FEVEREIRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	15,0	99% ≤ 12,0
0,0	15,0	95% ≤ 9,6
0,0	18,0	90% ≤ 7,8
0,0	19,2	
0,0	21,0	

MARÇO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	15,0	99% ≤ 11,4
0,0	15,6	95% ≤ 9,6
0,0	17,4	90% ≤ 7,8
0,0	18,0	
0,0	18,0	

ABRIL

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	13,2	99% ≤ 11,4
0,0	13,8	95% ≤ 9,0
0,0	13,8	90% ≤ 7,8
0,0	15,6	
0,0	18,0	

MAIO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	15,0	99% ≤ 10,8
0,0	16,2	95% ≤ 8,4
0,0	16,2	90% ≤ 7,8
0,0	16,2	
0,0	16,2	

JUNHO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	15,6	99% ≤ 11,4
0,0	16,2	95% ≤ 9,0
0,0	16,2	90% ≤ 7,8
0,0	18,0	
0,0	19,2	

JULHO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	18,0	99% ≤ 12,0
0,0	18,0	95% ≤ 9,6
0,0	18,0	90% ≤ 7,8
0,0	18,0	
0,0	21,1	

AGOSTO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	15,0	99% ≤ 12,6
0,0	15,0	95% ≤ 9,6
0,0	15,0	90% ≤ 9,0
0,0	15,6	
0,0	16,2	

SETEMBRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	16,2	99% ≤ 13,2
0,0	16,2	95% ≤ 9,6
0,0	16,2	90% ≤ 9,0
0,0	16,2	
0,0	18,0	

OUTUBRO

Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	16,2	99% ≤ 13,2
0,0	16,2	95% ≤ 10,2
0,0	16,2	90% ≤ 9,0
0,0	21,0	
0,0	27,0	

NOVEMBRO			DEZEMBRO		
Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades	Mais Baixos	Mais Altos	Probabilidades
0,0	16,2	99% ≤ 12,0	0,0	18,0	99% ≤ 13,2
0,0	18,0	95% ≤ 9,6	0,0	18,0	95% ≤ 9,6
0,0	18,0	90% ≤ 8,4	0,0	18,0	90% ≤ 9,0
0,0	18,0		0,0	18,6	
0,0	21,1		0,0	19,2	

3.3.3. Freqüência dos Ventos

Com a finalidade de melhor caracterizar o comportamento dos ventos em Florianópolis, torna-se necessário a análise das velocidades associadas com a direção do vento. Para isso, as freqüências de ocorrência de alguns intervalos de velocidades foram computadas, mensalmente, para cada direção. Também são mostradas as freqüências de ocorrência de cada direção, através dos meses.

A freqüência mensal foi obtida para dez faixas de velocidades, distribuídas em oito faixas de direções, abrangendo cinquenta graus para as direções NE, SE, SO e NO e quarenta graus para as direções L, S, O e N. Esta variação na subdivisão das faixas de direção, ocorreu devido a impossibilidade de dividi-las em intervalos de cinco graus, já que os registros desta variável é realizado de dez em dez graus.

Para facilitar a visualização, os registros de direção foram transformados em siglas características dos pontos cardeais.

Pôde-se constatar junto às instruções para a decodificação e interpretação dos registros que a menor velocidade medida corresponde a 1 nó, ou 0,51 m/s. Velocidades inferiores estão incluídas em ventos calmos e, portanto, não se identifica a direção.

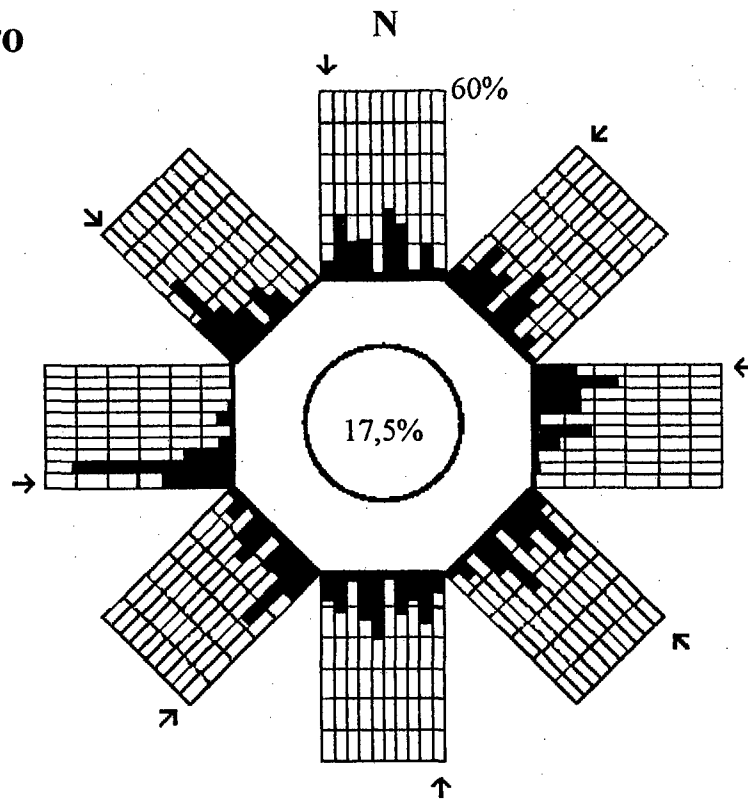
A distribuição da orientação dos ventos é um dado importante de projeto pois permite decisões tanto de incorporar proteção nas épocas frias, ou de aproveitamento nos meses quentes com umidades relativas altas. A rosa dos ventos permite a graficação dos dados de vento, mostradas mensalmente. Estas figuras foram concebidas da seguinte forma:

- Cada orientação possui um gráfico de dez colunas, uma para cada intervalo de velocidades de vento medidas.
- A seta indica a coluna onde a velocidade do vento varia de 1 a 2 m/s. As colunas subseqüentes representam os intervalos de velocidades de 2 a 3 m/s, 3 a 4 m/s, 4 a 5 m/s, 5 a 6 m/s, 6 a 7 m/s, 7 a 8 m/s, 8 a 9 m/s, 9 a 10 m/s e acima de 10 m/s, respectivamente.
- Existem seis subdivisões em cada coluna. Cada uma das subdivisões indica 10% de freqüência de ocorrência.
- No centro do gráfico lê-se a freqüência de ocorrência de ventos calmos.
- Apenas a orientação Norte aparece indicada. As demais orientações são conseqüentes desta.

As figuras 3.1 a 3.6 mostram as rosas dos ventos para os meses de janeiro a dezembro.

Percebe-se que para todos os meses, os ventos mais fortes (acima de 9 m/s) ocorreram com maior frequência na direção sul.

Janeiro



Fevereiro

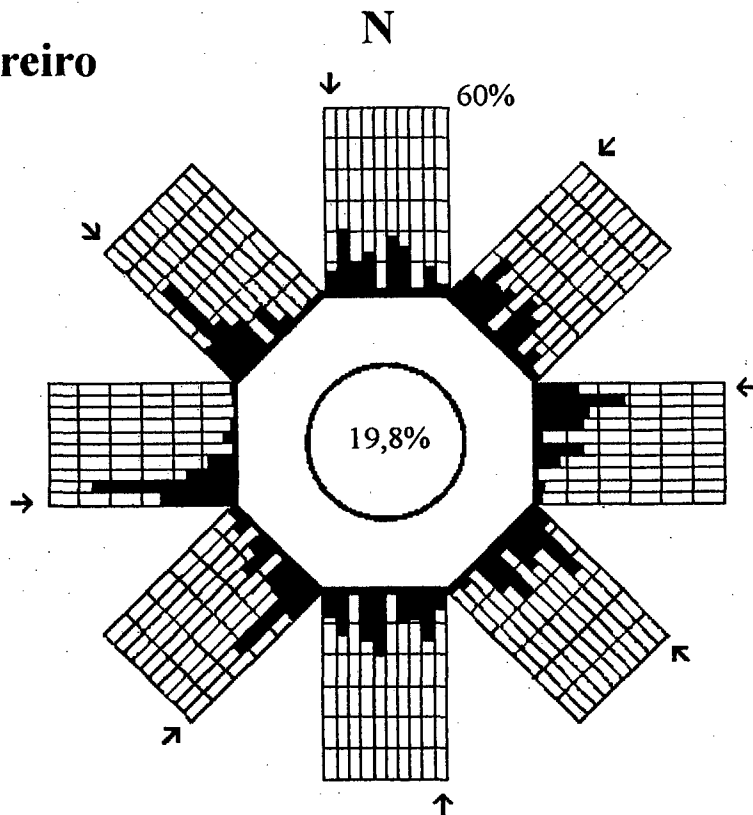
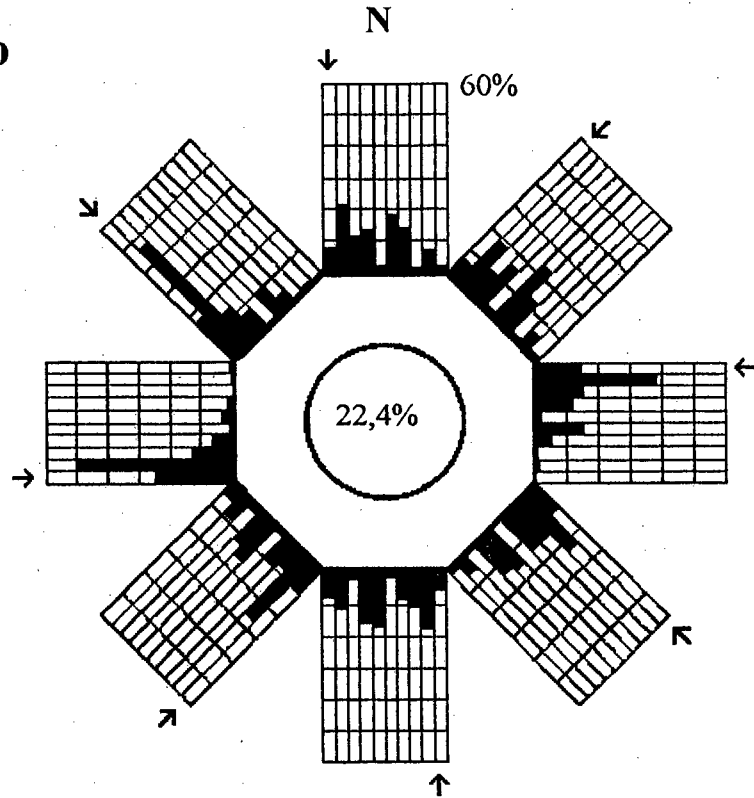


FIGURA 3.1 - Rosa dos ventos com freqüência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de janeiro e fevereiro)

Março



Abril

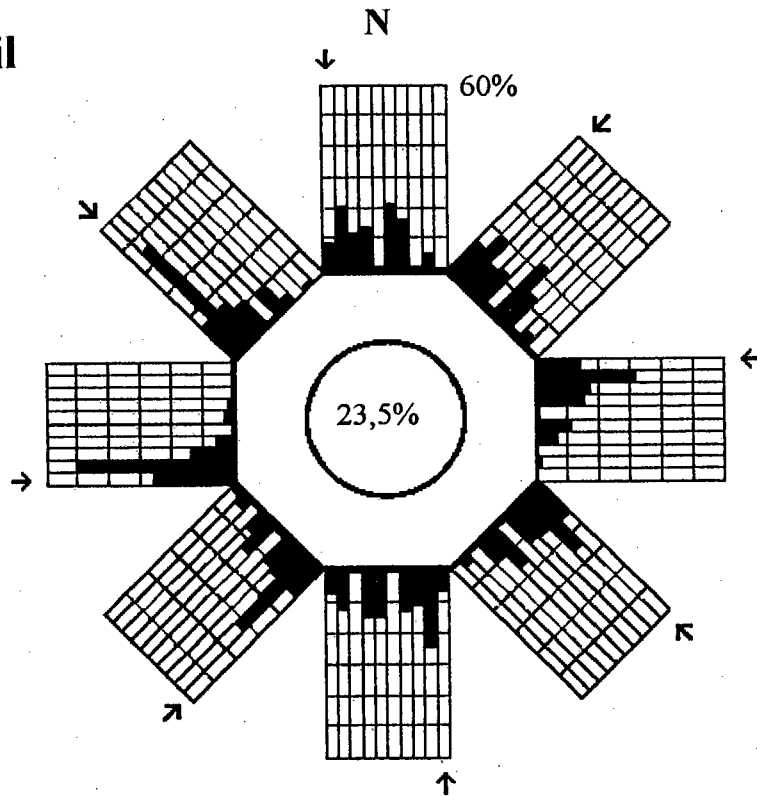


FIGURA 3.2 - Rosa dos ventos com freqüência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de março e abril)

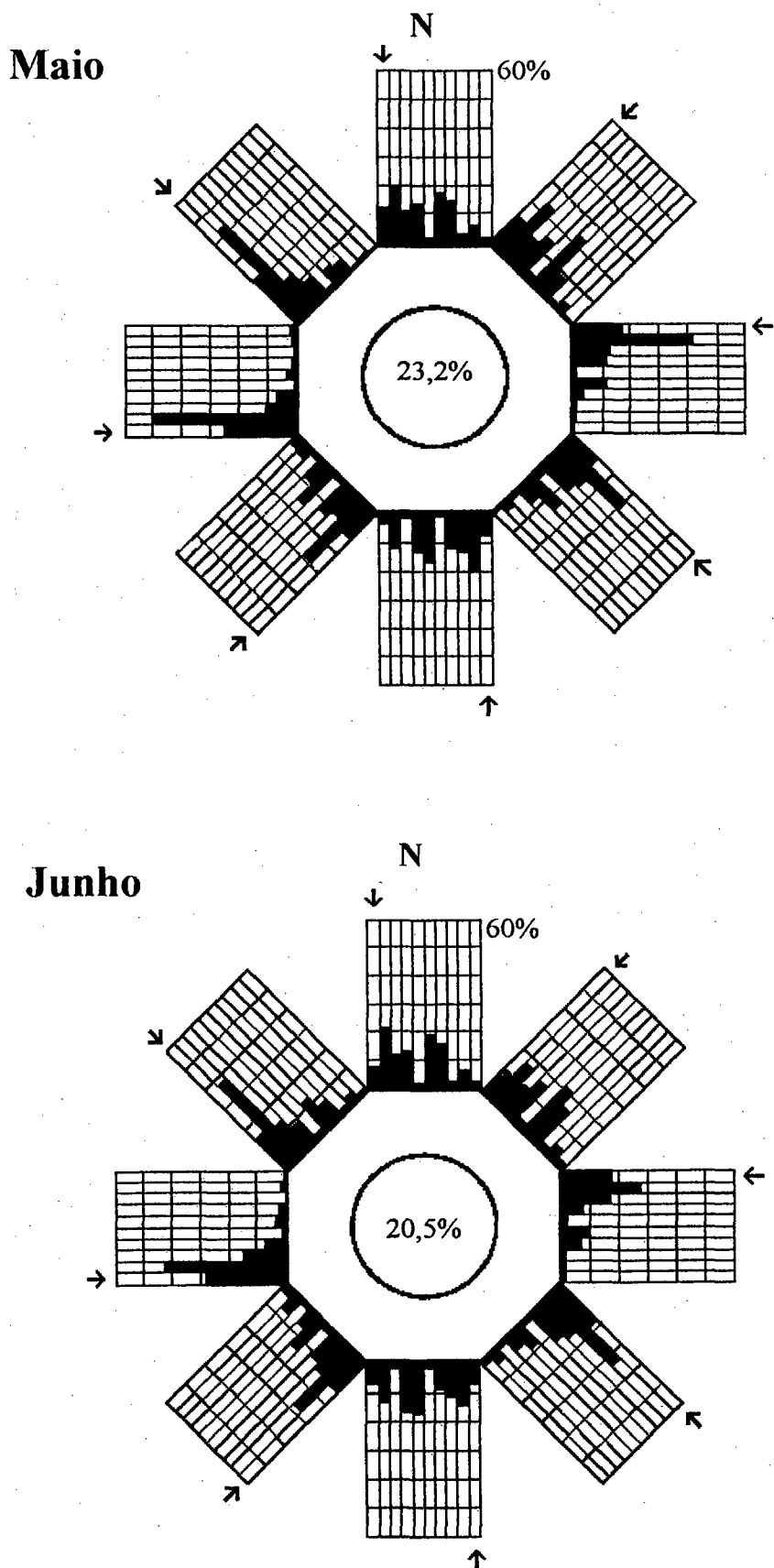


FIGURA 3.3 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de maio e junho)

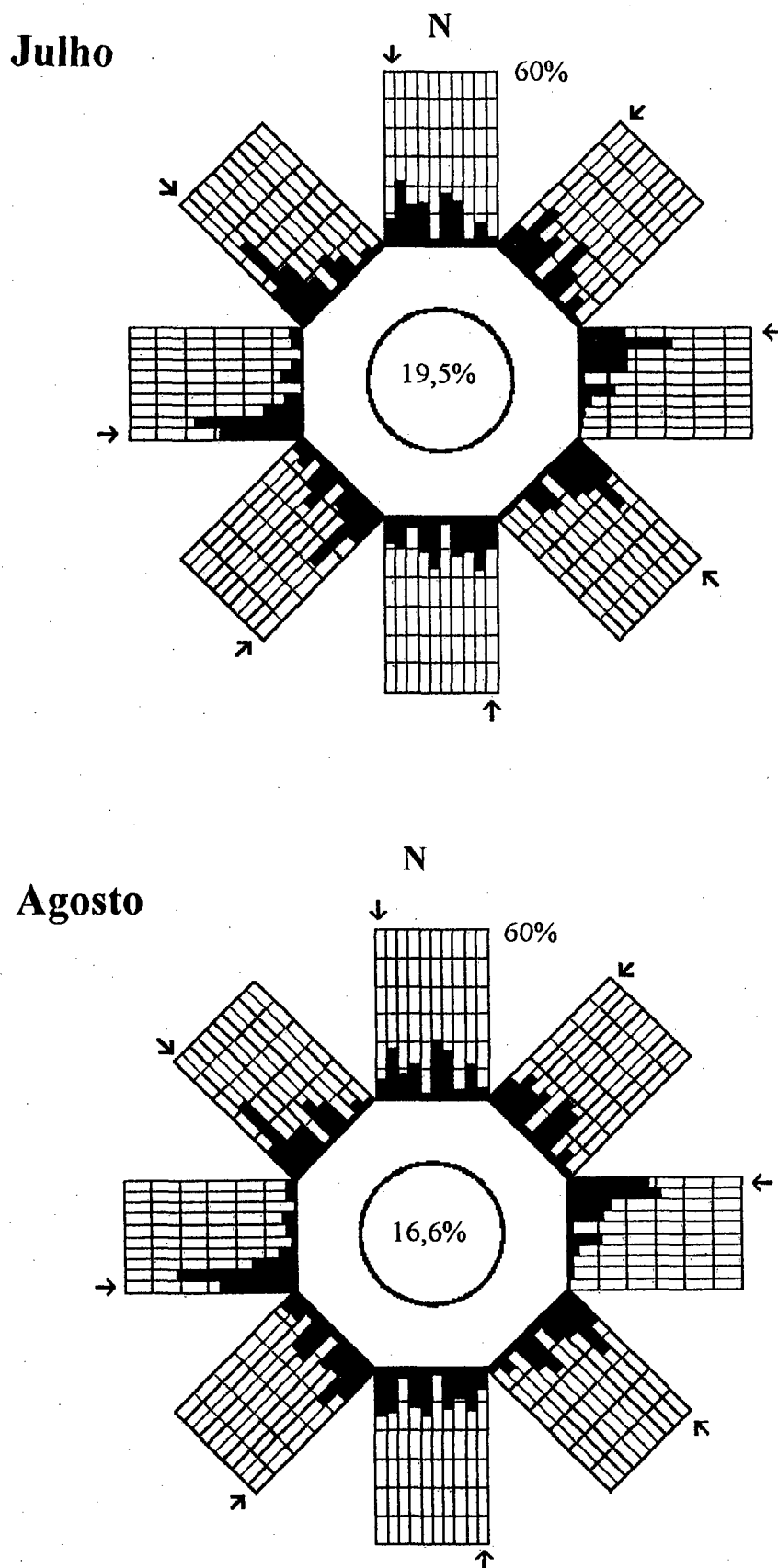


FIGURA 3.4 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de julho e agosto)

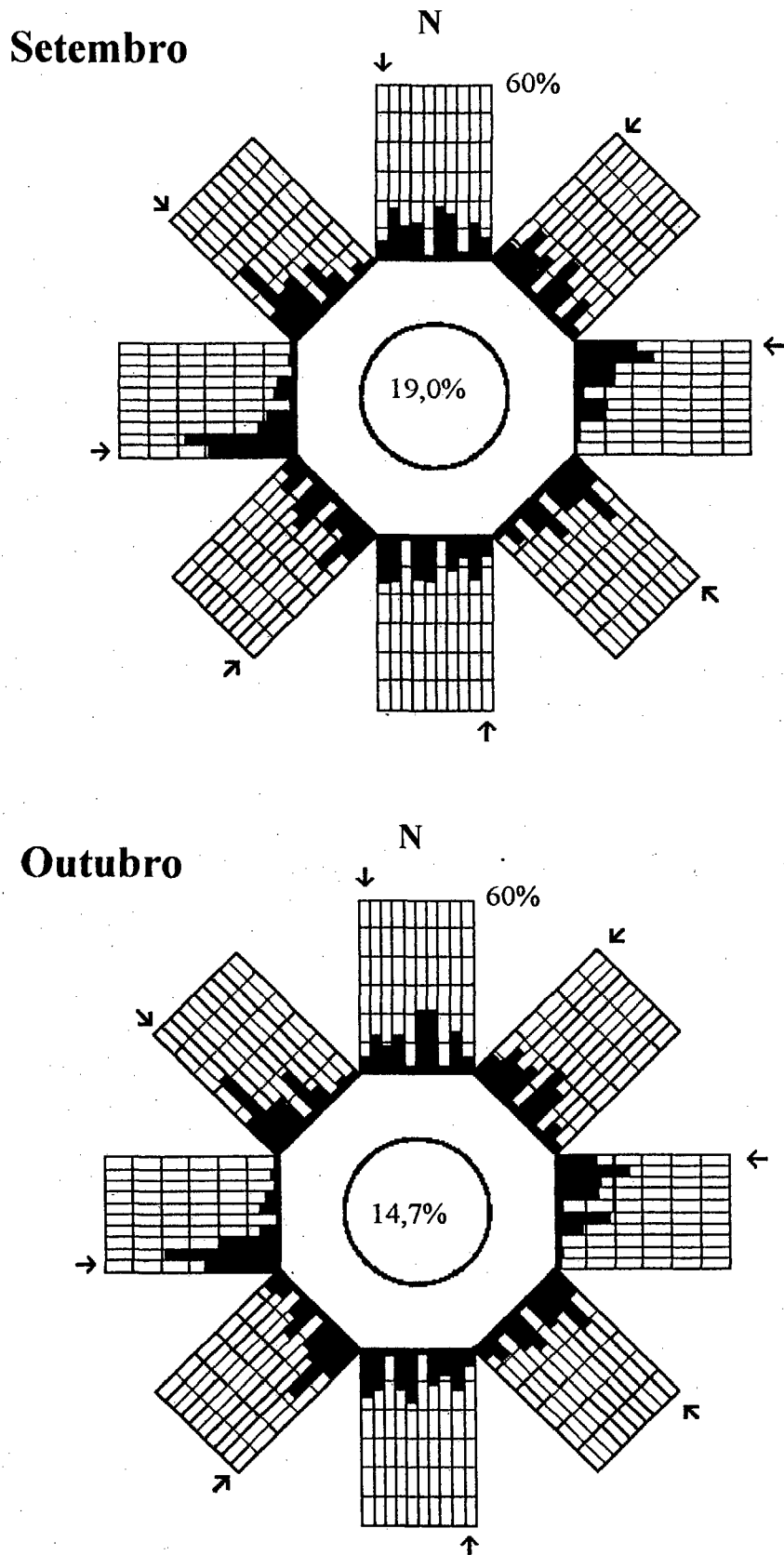


FIGURA 3.5 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de setembro e outubro)

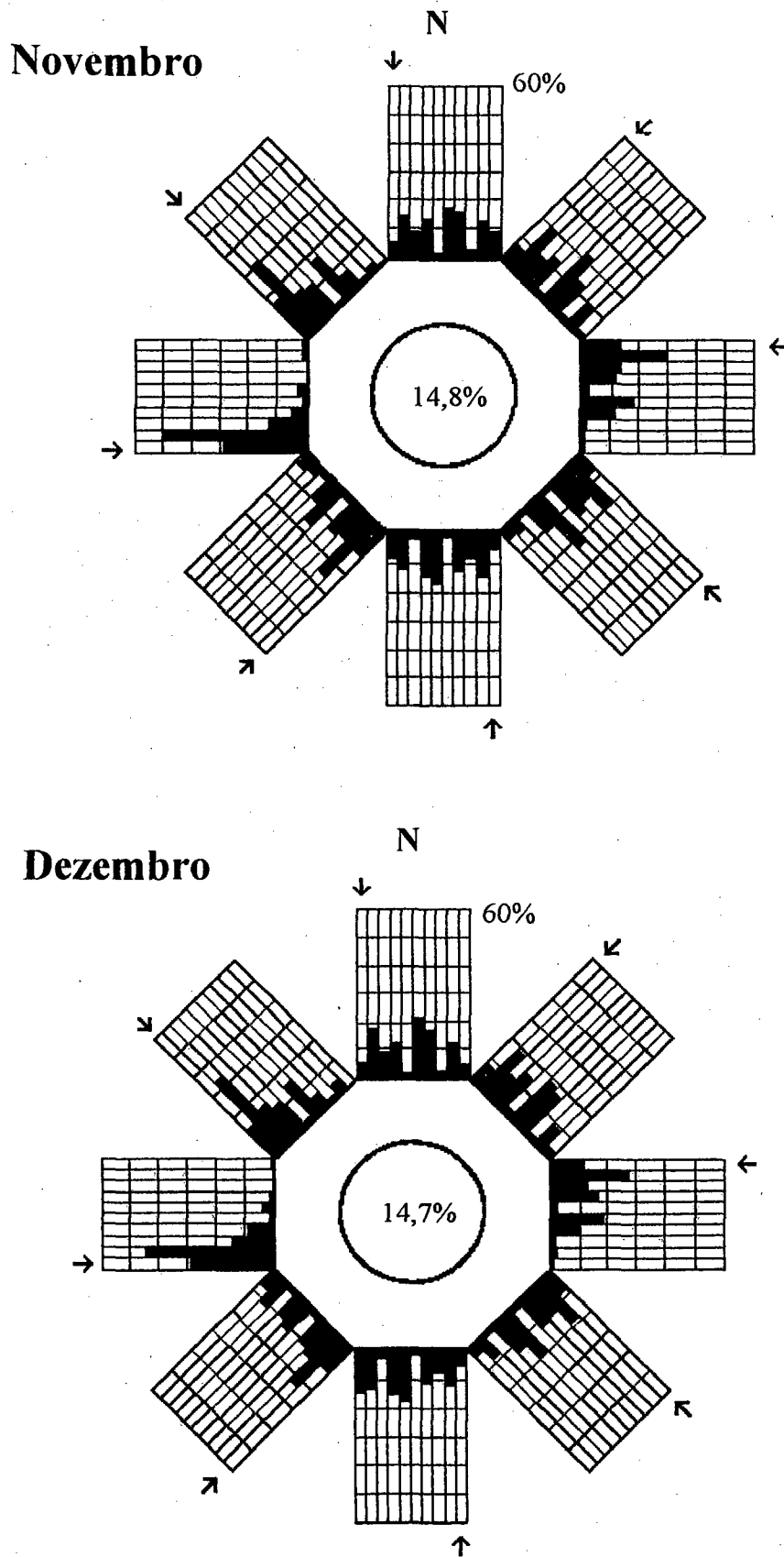


FIGURA 3.6 - Rosa dos ventos com frequência de intervalos de velocidades para cada direção (meses de novembro e dezembro)

Pela figura 3.7, que mostra as distribuições de freqüências de direções do vento, pode-se observar que a direção norte é predominante para todos os meses do ano. A direção sul aparece como segunda na maioria dos meses, com exceção de março, julho e dezembro. Ventos calmos acontecem com maior freqüência nos meses de abril e maio.

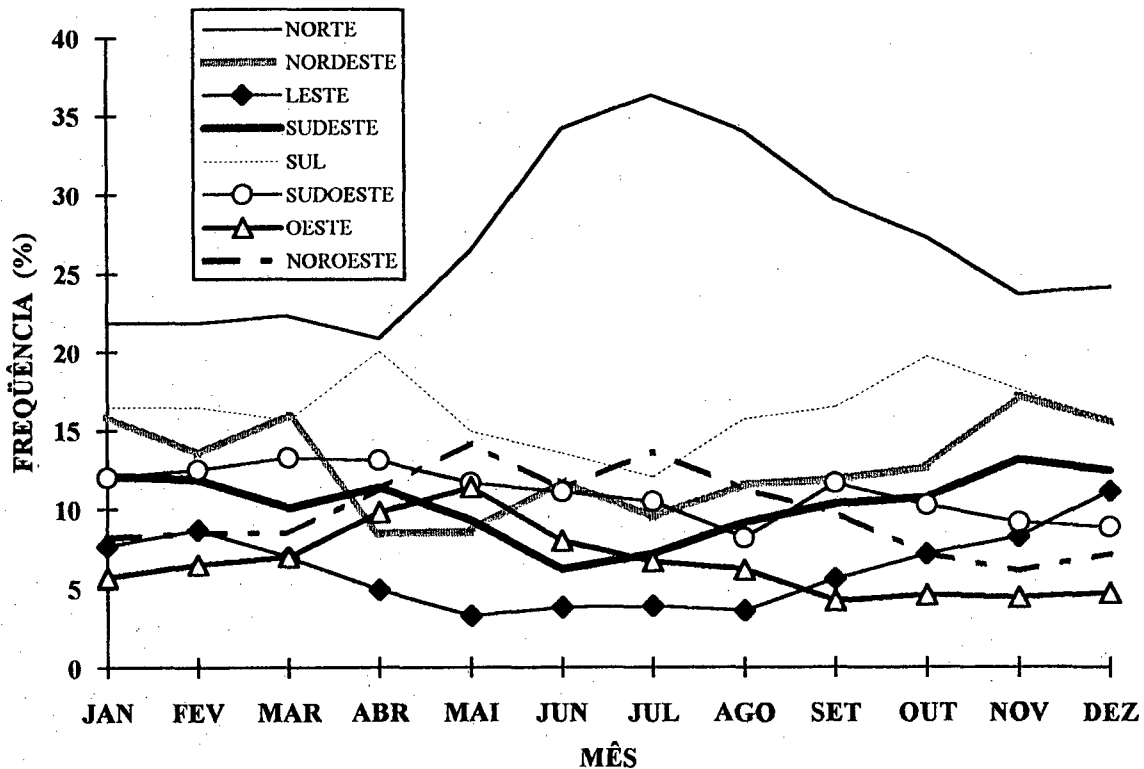


FIGURA 3.7 - Freqüência mensal de direções do vento.

3.4. Nebulosidade

3.4.1. Comportamento para todo o período

Os registros originais encontravam-se expressos em oitavas, tendo sido convertidos para valores de zero a dez para melhor visualização.

Os resultados obtidos foram os seguintes:

N = 87.535	Mín = 0
Média = 6,2	Máx = 10
Desvio Padrão = 3,92	Variância = 15,39
Coef. de Variação = 63,44	Assimetria = - 0,51
Curtose = - 1,35	Moda = 10

Os valores extremos não são mostrados por resultarem óbvios: (0 e 10)

A análise geral mostra que a nebulosidade média encontrada foi maior que 50%. Como pode ser verificado pelos valores obtidos de desvio padrão e coeficiente de variação, a dispersão dos registros foi muito grande

3.4.2. Comportamento Mensal

TABELA 3.8 - Comportamento mensal para a nebulosidade (0-10).

	N	Méd.	Dev. Padr.	Mín.	Máx.	Var.	Coef. Var.	Ass.	Curt.	Moda
JAN	7.440	6,6	3,42	0	10	11,71	51,73	-0,64	-0,98	10
FEV	6.768	6,6	3,51	0	10	12,32	52,85	-0,72	-0,91	10
MAR	7.440	6,4	3,62	0	10	13,14	56,41	-0,58	-1,13	10
ABR	7.199	5,7	3,97	0	10	15,73	70,00	-0,29	-1,52	10
MAI	7.426	4,6	4,12	0	10	17,01	90,31	0,13	-1,66	0
JUN	7.189	5,2	4,22	0	10	17,85	80,80	-0,11	-1,70	10
JUL	7.431	5,3	4,19	0	10	17,54	78,41	-0,17	-1,67	10
AGO	7.436	5,9	4,15	0	10	17,22	70,32	-0,38	-1,54	10
SET	7.177	7,0	3,96	0	10	15,67	56,22	-0,91	-0,87	10
OUT	7.440	7,1	3,72	0	10	13,83	52,45	-0,93	-0,71	10
NOV	7.151	7,0	3,57	0	10	12,77	50,75	-0,88	-0,71	10
DEZ	7.438	6,7	3,48	0	10	12,15	52,08	-0,70	-0,90	10

Observou-se que os meses de setembro a novembro apresentaram nebulosidade média mais elevada, ou seja, tendem a ter o céu mais encoberto que os demais meses do ano.

Somente o mês de maio apresentou nebulosidade média inferior a 50%, caracterizando-se como mês de menor nebulosidade. Além disso, foi o único que apresentou nebulosidade igual a zero para a moda, isto é, o valor que aconteceu com maior frequência.

Janeiro apresentou o menor desvio padrão, ou seja, os valores de nebulosidade apresentaram menor grau de dispersão em torno da média, seguido pelos meses de fevereiro e dezembro.

Os meses de inverno apresentaram, valores de desvio padrão superiores aos dos meses de verão, sendo maiores nos meses de junho e julho. Os valores de coeficiente de variação resultaram bastante significativos, sendo maior para o mês de maio e menor para o mês de novembro.

3.5. Umidade Relativa

Conforme dito anteriormente, os registros de umidade relativa no período disponível, eram realizadas de seis em seis horas. Para uma análise mais completa dos dados necessita-se de registros horários, o que fornece resultados mais confiáveis do comportamento da variável.

Com esta finalidade, este item do trabalho mostra o processo de obtenção da umidade relativa e conteúdo de umidade a partir de outras variáveis registradas hora a hora, e a descrição do comportamento destas, completando a caracterização climática local.

A ASHRAE [1985], no cap. 6, apresenta uma série de expressões para o cálculo de propriedades do ar úmido, as quais utilizamos para este procedimento. Somente para o cálculo da pressão de vapor de saturação (P_{WS}) não foi utilizada a equação fornecida pela ASHRAE, devido a obtenção de resultados não satisfatórios. A equação fornecida por [ASLOM et al, 1986] foi utilizada para o cálculo desta variável.

A partir de dados de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e pressão atmosférica, calculou-se a umidade relativa do ar e conteúdo de umidade da seguinte maneira:

- Como primeiro passo, calculou-se a pressão de vapor de saturação (P_{WS}), através da expressão:

$$P_{WS} = B_{WS} \times P_C \quad (3.4)$$

onde: $P_C = 22.120.000 \text{ Pa}$

$$B_{WS} = \exp \left[\frac{1}{\theta} \times \frac{\sum_{n=1}^5 C_n (1-\theta)^n}{1 + C_6(1-\theta) + C_7(1-\theta)^2} - \frac{(1-\theta)}{C_8(1-\theta)^2 + C_9} \right] \quad (3.5)$$

onde: $C_1 = -7,691234564$

$C_2 = -26,08023696$

$C_3 = -168,1706546$

$C_4 = 64,23285504$

$C_5 = -118,9646225$

$C_6 = 4,16711732$

$C_7 = 20,9750676$

$C_8 = 10^9$

$C_9 = 6,0$

e:

$$\theta = T / T_C \quad (3.6)$$

onde: $T_C = 647,3 \text{ K}$

$T =$ temperatura de bulbo seco em Kelvin

- A seguir foi encontrado o conteúdo de umidade do ar saturado (W_s), através da equação:

$$W_s = 0,62198 \times P_{ws} / (P - P_{ws}) \quad (3.7)$$

onde: P = pressão atmosférica em Pa

Obs.: Os dados de pressão atmosférica registrados no aeroporto encontravam-se expressos em milibares, necessitando realizar-se a conversão:

$$1 \text{ milibar} = 10^2 \text{ Pa}$$

• O conteúdo de umidade do ar (ou razão de umidade) W é definida, segundo a ASHRAE, como a razão da massa de vapor d'água em relação a massa de ar seco contida no ar, sendo calculada pela equação 3.8.

$$W = \frac{(2501 - 2,381 \times t_{bu}) \times W_s - (t_{bs} - t_{bu})}{2501 + 1,805 \times t_{bs} - 4,186 \times t_{bu}} \quad (3.8)$$

onde: t_{bs} = temp. de bulbo seco em °C

t_{bu} = temp. de bulbo úmido em °C

• O grau de saturação μ é definido como a razão do conteúdo de umidade W , pelo conteúdo de umidade do ar saturado W_s . Então:

$$\mu = W / W_s \quad (3.9)$$

• Finalmente, a umidade relativa (Φ) foi encontrada por:

$$\Phi = \frac{\mu}{1 - (1 - \mu) \times (P_{ws} / P)} \quad (3.10)$$

Os valores de umidade relativa e conteúdo de umidade definidos por estas equações foram calculados, hora a hora, e inseridos em um novo campo, no arquivo de dados.

3.5.1. Comportamento para todo o período

$N = 87.589$

Média = 82,7%

Desvio Padrão = 12,6

Coef. de Variação = 15,25

Mín = 11,6%

Máx = 100%

Variância = 159,3

Assimetria = - 0,81

Curtose = 0,07

Moda = 100%

Probabilidades: (%) 99% ≤ 100 95% ≤ 98,9 90% ≤ 96,2
 10% ≤ 64,3 5% ≤ 58,8 1% ≤ 48,9

Pôde-se observar que o resultado de umidade relativa média obtida por cálculo, aproximou-se das informações do 8º Distrito de Meteorologia sobre o clima de Florianópolis, na qual a umidade média anual é de 82%.

Os valores de desvio padrão e coeficiente de variação não foram significativos, o que mostra que os resultados de umidade relativa encontraram-se, na maioria, distribuídos próximos à média. O valor negativo de assimetria indica que a distribuição apresentou-se assimétrica à esquerda, caracterizando valores de alta umidade relativa.

3.5.2. Comportamento Mensal

As características mensais com relação a umidade relativa, são mostradas a seguir:

TABELA 3.9 - Comportamento mensal para a umidade relativa (%).

	N	Média	Min	Max	Desv. Padr.	Var.	C. V.
JAN	7.440	80,6	34,7	100	12,3	150,4	15,22
FEB	6.768	82,0	28,4	100	12,1	146,0	14,73
MAR	7.440	82,4	34,0	100	12,2	149,3	14,82
ABR	7.200	82,9	37,3	100	12,6	160,3	15,28
MAI	7.440	83,2	29,9	100	13,5	182,0	16,21
JUN	7.200	83,8	11,6	100	13,1	171,5	15,62
JUL	7.440	83,9	14,5	100	13,2	173,6	15,71
AGO	7.440	83,0	24,7	100	12,9	166,7	15,55
SET	7.200	84,9	27,9	100	12,4	153,7	14,59
OUT	7.429	83,1	29,5	100	11,9	143,9	14,43
NOV	7.153	82,4	30,8	100	12,1	147,2	14,71
DEZ	7.439	80,7	36,0	100	12,2	148,2	15,09

Janeiro e dezembro apresentaram as menores umidades relativas médias mensais, embora os demais meses resultaram em valores relativamente próximos.

O mês de setembro caracterizou-se como o de maior umidade relativa média. Pôde-se observar no item 3.1.3.2. que este mesmo mês apresentou a menor amplitude média de temperatura. Isto mostra a coerência nos resultados, pois a umidade relativa elevada, ameniza a variação de temperatura, bloqueando tanto a radiação solar, quanto a emissão de calor em onda longa da terra para a atmosfera.

O valor mínimo de umidade relativa foi apresentado pelo mês de junho, seguido por julho.

Os valores de desvio padrão e coeficiente de variação mantiveram-se semelhantes, mês a mês, mostrando que as distribuições mensais apresentaram comportamentos parecidos.

3.5.3. Conteúdo de Umidade

Muitas metodologias partem do princípio de que não existem variações significativas na quantidade de vapor de água no ar durante as horas do dia. Com isso, permitem a estimação das umidades relativas máximas e mínimas, a partir dos valores de umidade relativa média e temperatura (bulbo seco) média, mantendo o conteúdo de umidade constante.

Com a finalidade de verificar o comportamento do conteúdo de umidade, foram calculadas as variações diárias desta variável (máx – mín), e posteriormente as análises estatísticas mensais mostradas a seguir.

Os valores de conteúdo de umidade foram definidos em gramas por quilo de ar seco.

TABELA 3.10 - Comportamento mensal da variação do conteúdo de umidade (g/kg).

	N	Média	Mín	Máx	Desv. Padr.	Var.	C. V.
JAN	310	4,3	1,0	16,5	2,10	4,42	49,36
FEV	282	4,1	1,4	16,7	1,77	3,14	42,85
MAR	310	3,9	1,4	13,9	1,58	2,50	40,53
ABR	300	3,5	1,0	8,5	1,35	1,82	37,94
MAI	310	3,4	0,9	8,9	1,29	1,66	37,61
JUN	300	3,2	0,9	7,5	1,18	1,39	37,09
JUL	310	3,0	0,7	10,9	1,31	1,73	43,43
AGO	310	3,2	0,7	9,6	1,39	1,95	43,95
SET	300	3,1	1,0	10,1	1,38	1,89	44,60
OUT	310	3,6	1,0	12,0	1,76	3,09	49,23
NOV	299	3,9	0	15,8	1,96	3,84	50,34
DEZ	310	4,0	1,2	10,1	1,66	2,76	40,83

Pôde-se observar que existe uma variação média mensal de 3,0 a 4,3 g / kg no conteúdo de umidade diário. O mês de janeiro apresentou a maior variação média e maior valor de desvio padrão, indicando valores mais dispersos em torno da média.

A menor variação média no conteúdo de umidade foi apresentada pelo mês de julho, seguido por setembro. O mês de novembro apresentou valor mínimo igual a zero, indicando que neste dia não ocorreu variação no conteúdo de umidade. Pôde-se verificar que o mês de novembro também apresentou valor mínimo igual a zero para a amplitude de temperatura (item 3.1.3.2), tratando-se, provavelmente, da mesma ocasião.

Considerando a variação do conteúdo de umidade no processo de obtenção de umidades relativas máximas e mínimas, os resultados encontrados são diferentes daqueles obtidos ao se considerar o conteúdo de umidade constante.

Isto pode ser verificado pela aplicação do processo comumente utilizado de estimação de umidades relativas descrito em EVANS [1988], tendo-se os resultados comparados com aqueles obtidos considerando-se a variação média no conteúdo de umidade.

Para estimar-se as umidades relativas máxima e mínima que correspondem às temperaturas médias das mínimas e máximas respectivamente, o procedimento utilizado emprega a carta psicrométrica. Como exemplo, tomou-se os valores médios de temperatura e umidade relativa

correspondentes aos meses que apresentaram a maior e a menor variação no conteúdo de umidade, ou seja, janeiro e julho, respectivamente:

- Traçou-se uma linha vertical correspondente a temperatura média até atingir a curva correspondente a umidade relativa média. O ponto de intersecção indica a quantidade de vapor de água no ar.

- Quando considera-se a quantidade de vapor constante (fig. 3.8), as intersecções da linha horizontal (conteúdo de umidade) com as linhas verticais correspondentes às temperaturas máxima e mínima, indicam as umidades relativas mínima e máxima de acordo com as curvas de umidades correspondentes. Os resultados encontrados para o mês de janeiro foram de 100% para a umidade relativa máxima e de 61% para a mínima. Para o mês de julho, foram encontrados os valores 100% para a umidade máxima e 62% para a mínima.

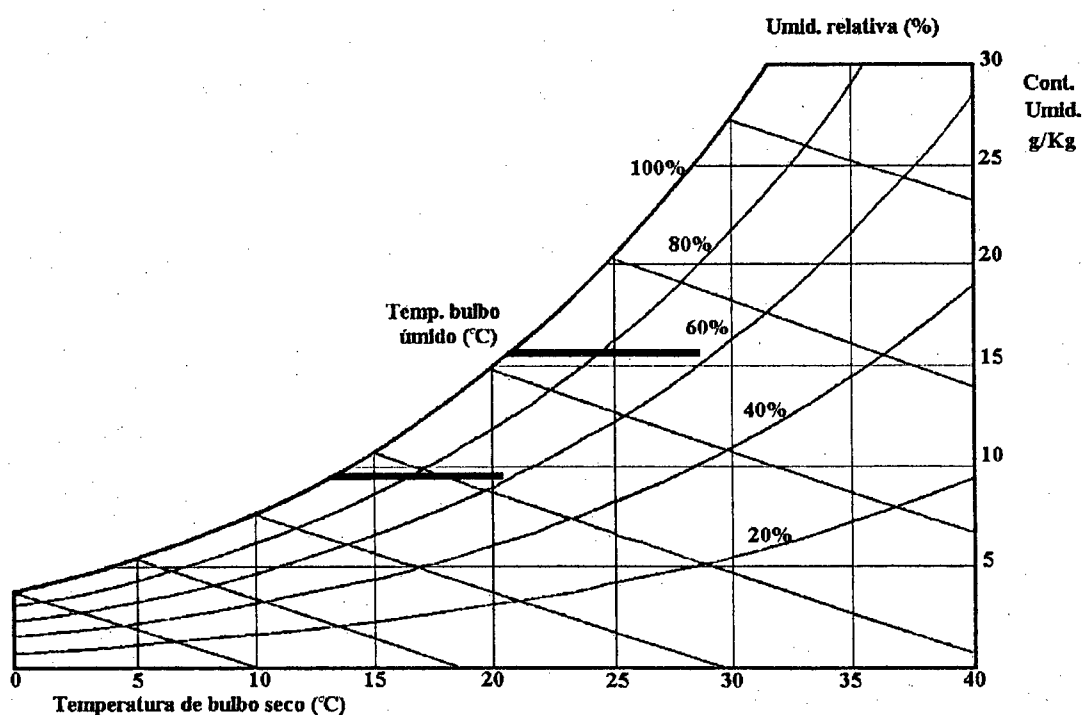


FIGURA 3.8 - Carta Psicrométrica - processo de estimação de umidade relativa considerando o conteúdo de umidade constante.

- Repetiu-se o procedimento considerando-se a variação do conteúdo de umidade (fig. 3.9). A linha correspondente a quantidade de vapor foi tomada inclinada, acompanhando a variação média do mês. Os pontos de intersecção desta linha com as linhas verticais das temperaturas máxima e mínima, forneceram os valores extremos de umidade relativa. Para janeiro, a umidade máxima encontrada foi de 87% e a mínima de 70% e para o mês de julho 89% e 72%, respectivamente.

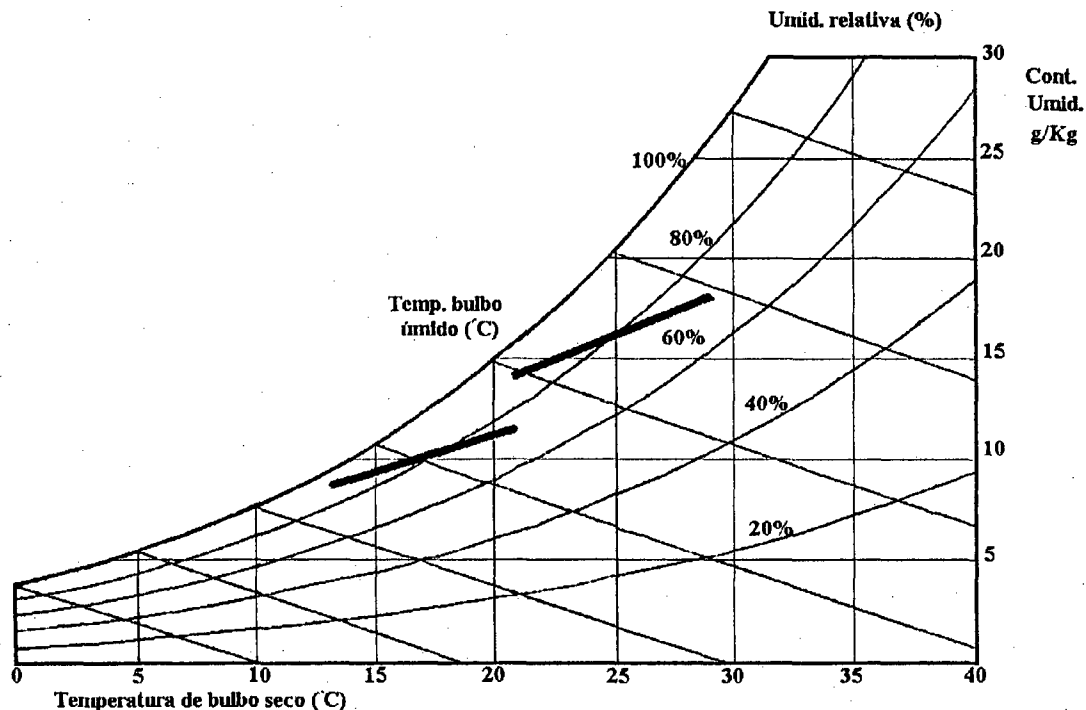


FIGURA 3.9 - Carta Psicrométrica - processo de estimação de umidade relativa considerando a variação no conteúdo de umidade.

Pode-se observar que ocorreu diferença entre os valores encontrados. Quando considera-se a variação média mensal no conteúdo de vapor, as umidades relativas estimadas apresentam resultados com menor amplitude. Pelo processo anterior obtém-se valores mais extremos de umidades, e pode-se estar superestimando a variação da umidade relativa diária.

3.6. Normais Climatológicas

Muitas vezes, somente dispõe-se de dados das normais climatológicas publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia, para realizar algum tipo de avaliação térmica na edificação. Porém os resultados obtidos podem não ser satisfatórios, dependendo do tipo de análise.

Nesta parte do trabalho, faz-se uma comparação das informações das Normais Climatológicas publicadas, com as mesmas variáveis calculadas a partir dos dados horários para o período disponível. Este tipo de informação tem como objetivo verificar a influência do microclima nos resultados das medições. Normalmente, os dados meteorológicos registrados nos aeroportos indicam as condições em zonas abertas, e não são necessariamente representativos das condições na cidade. Já as normais publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia correspondem a registros realizados na Estação Meteorológica de Florianópolis (Classificação: Agrometeorológica Principal e Sinótica), a qual localiza-se em área urbana, representando um microclima diferente.

As normais publicadas correspondem a dois períodos: 1931 - 1960 [1979] e 1961 - 1990 [1992]. Convém ressaltar que o local desta estação foi alterado dentro destes períodos, o que pode ter provocado alguma influência nos resultados das medições. A estação antiga localizava-se no centro da cidade de Florianópolis, no alto do Edifício Ipase e atualmente encontra-se no município de São José, na grande Florianópolis.

Dados como velocidade e direção do vento não são incluídas nas normais publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Estas informações foram conseguidas junto à EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S. A.) que também possui dados de normais da Estação Meteorológica de Florianópolis. Os dados das normais fornecidas pela Epagri, correspondem a um período de 63 anos de observações para a velocidade do vento e dezessete anos, para a direção do vento.

Descrição das Estações:

Aeroporto Hercílio Luz -	Latitude: 27° 40'	Longitude: 48° 33'
	Altitude: 7 m	Período disponível: 1961-1970

Estação Meteorológica de Florianópolis

Antiga:	Latitude: 27° 35'	Longitude: 48° 35'
	Altitude: 45,74 m	Período: 1921 até 1967
	Endereço: Rua Marechal Guilherme, 13 - Fpolis (Publicação de 1931 - 1960)	

Atual:	Latitude: 27° 35'	Longitude: 48° 34'
	Altitude: 1,84 m	Período: 1968 até agora
	Endereço: Rua Joaquim Vaz, 1661 - São José (Publicação de 1961 - 1990)	

A seguir, são mostrados os dados de normais publicados, juntamente com aqueles obtidos do período analisado:

TABELA 3.11 - Normais de temperatura média (°C).

MÊS	1931-1960	1961-1990	1961-1970
Janeiro	24,4	24,3	24,3
Fevereiro	24,3	24,7	24,5
Março	23,8	23,7	23,6
Abril	21,3	21,4	21,2
Mai	19,3	18,5	18,8
Junho	17,6	16,7	17,1
Julho	16,5	16,3	16,6
Agosto	16,8	16,9	17,3
Setembro	17,8	17,5	18,2
Outubro	19,3	19,6	19,8
Novembro	20,8	21,5	21,5
Dezembro	22,8	22,5	23,1

TABELA 3.12 - Normais de temperatura média das máximas (°C).

MÊS	1931-1960	1961-1990	1961-1970
Janeiro	28,2	28,0	28,8
Fevereiro	28,1	28,4	29,0
Março	27,1	27,5	28,0
Abril	25,1	25,4	25,7
Mai	23,0	23,0	23,8
Junho	21,3	20,9	21,7
Julho	20,1	20,4	21,1
Agosto	20,6	20,7	21,5
Setembro	21,1	21,2	22,0
Outubro	22,5	22,9	23,8
Novembro	24,3	24,8	25,6
Dezembro	26,5	26,6	27,3

Como pode-se observar (tabela 3.11), as temperaturas médias mensais sofrem diferenças, na ordem de, no máximo 0,7°C. Ocorrem, inclusive, alguns valores coincidentes entre as normais do período 1961 - 1990 com as normais do aeroporto, no qual os dados pertencem à mesma época.

Para os valores de temperaturas média das máximas (tabela 3.12), as diferenças são um pouco maiores. Nota-se que as temperaturas média das máximas mensais correspondentes ao aeroporto resultaram mais elevadas que as publicadas. A máxima diferença é de 1,3°C, porém só ocorrendo entre as normais calculadas e a correspondente ao período de 1931 - 1960. Com relação as normais do período de 1961 - 1990, a máxima diferença ocorrida foi de 0,9°C.

TABELA 3.13 - Normais de temperatura média das mínimas (°C).

MÊS	1931-1960	1961-1990	1961-1970
Janeiro	21,7	21,4	20,8
Fevereiro	21,8	21,8	21,1
Março	21,3	20,7	20,2
Abril	18,7	18,3	17,8
Maió	16,6	15,6	14,9
Junho	15,1	13,4	13,5
Julho	13,7	13,3	13,0
Agosto	14,3	14,0	13,9
Setembro	15,5	15,1	15,1
Outubro	17,0	16,9	16,7
Novembro	18,4	18,6	18,2
Dezembro	20,2	20,3	19,6

TABELA 3.14 - Temperaturas máximas absolutas (°C).

MÊS	1931-1960	1961-1990	1961-1970
Janeiro	38,2	38,2	36,4
Fevereiro	37,2	38,8	35,9
Março	34,8	36,9	35,3
Abril	33,3	32,8	33,8
Maió	32,3	30,7	30,2
Junho	30,6	30,7	29,5
Julho	29,4	31,8	28,8
Agosto	32,5	31,8	33,8
Setembro	32,9	29,9	28,5
Outubro	30,8	30,1	32,4
Novembro	32,6	34,8	33,5
Dezembro	37,3	35,6	36,0

Quanto as temperaturas médias das mínimas (tabela 3.13), os valores calculados são, na maioria, menores que os publicados. A diferença máxima é de 1,7°C, em relação ao período de 1931 - 1960 e de 0,7°C em relação ao período de 1961 - 1990, ocorrendo, neste último caso, um valor coincidente.

Pode-se observar que os valores de temperatura média das máximas e temperatura média das mínimas mensais registradas no aeroporto, resultaram em valores mais extremos, ou seja, as temperaturas médias das máximas apresentaram-se maiores e as temperaturas médias das mínimas, menores que as registradas na Estação de Florianópolis.

As temperaturas máximas absolutas (tabela 3.14) ocorridas no período analisado são ora maiores, ora menores que as publicadas nas normais. No entanto, ocorrem valores com diferenças de até 4,4°C em relação ao período de 1931 - 1960. Para o período de 1961 - 1990, a diferença máxima alcançada foi de 3,0°C. Isto pode ser explicado pelo fato de diferentes períodos serem

avaliados. Mesmo os dados do aeroporto sendo pertencentes a um dos períodos das normais publicadas, este último abrange um período maior, podendo ocorrer valores diferentes de máxima, proporcionando uma variação maior. Nota-se, inclusive, diferenças de até 3,0°C entre as duas normais publicadas.

TABELA 3.15 - Temperaturas mínimas absolutas (°C).

MÊS	1931-1960	1961-1990	1961-1970
Janeiro	16,0	14,6	16,0
Fevereiro	14,0	15,4	15,2
Março	14,8	10,2	12,4
Abril	11,0	7,7	9,7
Mai	7,6	3,3	6,2
Junho	4,8	3,0	2,0
Julho	4,0	1,5	2,7
Agosto	0,9	1,3	2,0
Setembro	7,3	4,9	3,8
Outubro	10,1	8,2	8,1
Novembro	11,0	9,4	9,8
Dezembro	12,7	12,5	12,1

O mesmo ocorre para as temperaturas mínimas absolutas (tabela 3.15), porém, as diferenças ocorridas foram menores, atingindo no máximo, 2,9°C em relação ao período 1961 - 1990 e 2,8°C em relação ao de 1931 - 1960, possuindo um valor coincidente com este último.

Diferenças bem menores foram constatadas entre os valores de nebulosidade média (tabela 3.16). A diferença máxima encontrada foi de 1,2 em relação as normais de 1931 - 1960 com duas observações coincidentes. Já para as normais correspondente ao período de 1961 - 1990, a diferença máxima atingida foi de 0,5, possuindo três observações que coincidiram.

TABELA 3.16 - Normais de nebulosidade média (0-10).

MÊS	1931-1960	1961-1990	1961-1970
Janeiro	6,8	6,7	6,6
Fevereiro	6,8	6,6	6,6
Março	6,4	6,1	6,4
Abril	5,9	5,7	5,7
Mai	5,8	5,1	4,6
Junho	5,8	5,2	5,2
Julho	5,5	5,4	5,3
Agosto	5,9	6,1	5,9
Setembro	7,1	6,7	7,0
Outubro	7,4	6,9	7,1
Novembro	6,9	6,8	7,0
Dezembro	6,6	6,8	6,7

TABELA 3.17 - Normais de umidade relativa média (%).

MÊS	1931-1960	1961-1990	1961-1970
Janeiro	82,5	81,0	80,6
Fevereiro	83,4	82,0	82,0
Março	83,1	82,0	82,4
Abril	82,5	82,0	82,9
Maió	84,3	83,0	83,2
Junho	85,0	83,0	83,8
Julho	84,4	84,0	83,9
Agosto	84,2	83,0	83,0
Setembro	83,9	83,0	84,9
Outubro	82,9	81,0	83,1
Novembro	80,9	80,0	82,4
Dezembro	80,6	80,0	80,7

Os valores de umidade relativa média (tabela 3.17) também apresentaram-se bem semelhantes. Na maioria das vezes, as diferenças maiores foram encontradas em relação às normais de 1931 - 1960, onde ocorreu a diferença máxima de 1,9%. Em contrapartida, a maior diferença em relação as normais de 1961 - 1990 é mais elevada, correspondendo a 2,4%.

As velocidades do vento (tabela 3.18) medidas na Estação de Florianópolis resultaram em valores médios menores para todos os meses do ano. As diferenças variaram de 0,2 m/s no mês de novembro a 0,8 m/s no mês de junho.

TABELA 3.18 - Normais de velocidade média do vento (m/s).

MÊS	EPAGRI	1961-1970
Janeiro	3,5	4,1
Fevereiro	3,6	3,9
Março	3,4	3,8
Abril	3,2	3,5
Maió	2,9	3,4
Junho	3,0	3,8
Julho	3,1	3,8
Agosto	3,7	4,4
Setembro	3,8	4,4
Outubro	4,1	4,7
Novembro	4,3	4,5
Dezembro	4,1	4,6

TABELA 3.19 - Normais de direção do vento (1ª).

MÊS	EPAGRI	1961-1970
Janeiro	N	N
Fevereiro	N	N
Março	SE	N
Abril	N	N
Maior	N	N
Junho	N	N
Julho	N	N
Agosto	N	N
Setembro	N	N
Outubro	N	N
Novembro	N	N
Dezembro	N	N

Quanto às direções predominantes (tabela 3.19), as duas estações obtiveram os mesmos resultados, ou seja, direção norte, com exceção do mês de março. Neste mês, a direção predominante das normais fornecidas pela Epagri apareceu como sudeste. Já quanto à segunda direção (tabela 3.20), não ocorreu nenhuma coincidência. Neste caso, cabe ressaltar que as diferenças ocorridas deve-se ao fato dos registros serem coletados em estações de diferentes localizações. Qualquer barreira física próxima (edificações, vegetação e acidentes topográficos) pode acarretar mudanças radicais, tanto na direção, quanto na velocidade do vento.

TABELA 3.20 - Normais de direção do vento (2ª).

MÊS	EPAGRI	1961-1970
Janeiro	NE	S
Fevereiro	SE	S
Março	N	NE
Abril	SE	S
Maior	EW	S
Junho	NE	S
Julho	SE	S
Agosto	SE	S
Setembro	SE	S
Outubro	NE	S
Novembro	SE	S
Dezembro	SE	NE

Para melhor interpretação das comparações, realizou-se um teste estatístico denominado "Teste para a Igualdade das Médias", utilizado quando as observações são aos pares.

Consiste em calcular a diferença média (Dif.) entre os valores, e através de um teste estatístico (T), fornece a probabilidade para a hipótese H_0 de que o valor da diferença é igual a

zero. Quanto maior o valor de T, maior a ocorrência de fatores aleatórios e não previsíveis que proporcionaram diferenças significativas entre os valores comparados.

Se o valor da probabilidade for menor ou igual a 5%, a hipótese H_0 é rejeitada, ou seja, ocorreram diferenças significativas entre os valores comparados. Caso contrário, se a probabilidade for maior do que 5%, aceita-se a hipótese H_0 . Neste caso, as diferenças ocorridas são insignificantes.

Nas tabelas 3.21 a 3.23, são mostrados os resultados do teste estatístico para as normais comparadas:

TABELA 3.21 - Teste de Igualdade entre as normais de 1961 - 1990 com 1961 - 1970.

VARIÁVEL	DIEMÉDIA	T	PROB > T
TBS	-0,20	-2,30	0,04
TMax	-0,71	-14,64	0,0001
TMin	0,38	4,70	0,0006
Máx. Absol	0,67	1,32	0,21
Mín. Absol	-0,67	-1,79	0,10
TN	0,00	0,00	1,00
UR	-0,74	-2,77	0,02

O sinal negativo da diferença média indica que os valores das temperaturas médias de 61 - 70 foram, na maioria, maiores que as de 61 - 90. A probabilidade de acontecer valores maiores que T devido a fatores aleatórios é de 4%, portanto, rejeita-se H_0 .

Os valores de temperatura média das máximas das normais de 61 - 70 resultaram, na maioria, maiores que das normais de 61 - 90, indicado pelo valor negativo da diferença média. Neste caso, rejeita-se H_0 e as diferenças são bem significativas.

Para as temperaturas média das mínimas, a média das diferenças resultou um valor positivo, isto indica que a maior parte dos valores de 61 - 90 resultaram maiores que os de 61 - 70. As diferenças são significativas e rejeita-se H_0 .

Quanto às temperaturas máximas absolutas, as diferenças ocorridas não são significativas, aceita-se a hipótese H_0 . As temperaturas máximas absolutas registradas nas normais de 61 - 90 foram maiores que as de 61 - 70.

As diferenças entre as temperaturas mínimas absolutas das duas normais não são significativas, portanto aceita-se H_0 . Os valores de temperaturas mínimas absolutas das normais do aeroporto (61 - 70) resultaram maiores que das normais de 61 - 90.

Para a nebulosidade, a probabilidade de ocorrer valores maiores que T é de 100%. Isto significa que a diferença média entre as normais de nebulosidade é igual a zero, isto é, os valores registrados pelas duas estações foram praticamente iguais.

As normais de umidade relativa de 61 - 70 resultaram em valores maiores que as de 61 - 90. Neste caso, rejeita-se a hipótese H_0 , pois as diferenças são significativas.

TABELA 3.22 - Teste de Igualdade entre as normais de 1931 - 1960 com 1961 - 1970.

VARIÁVEL	DIFMÉDIA	T	PROB > T
TBS	-0,11	-0,95	0,36
TMáx	-0,87	-11,37	0,0001
TMin	0,79	5,7	0,0001
Máx. Absol	0,65	1,31	0,22
Mín. Absol	1,18	2,84	0,02
TN	0,23	2,24	0,05
UR	0,40	1,33	0,21

Para as temperaturas médias, as diferenças encontradas não são significativas. A probabilidade de acontecer valores maiores que T é de 36%. Aceita-se H_0 .

As temperaturas média das máximas de 61 - 70 foram maiores que as de 31 - 60. A hipótese H_0 é rejeitada, pois as diferenças são bastante significativas.

Rejeita-se a hipótese H_0 para as temperaturas média das mínimas, pois as diferenças são bastante significativas. O valor positivo da diferença média indica que as temperaturas média das mínimas das normais de 31 - 60 aconteceram, em grande parte, maiores que as de 61 - 70.

As temperaturas máximas absolutas das normais de 31 - 60 resultaram, na maioria das vezes, maiores que as de 61 - 70. Aceita-se a hipótese H_0 , pois as diferenças não são significativas.

No caso das normais de temperatura mínima absoluta, rejeita-se H_0 , pois as diferenças são bem significativas. Os registros de 31 - 60 apresentaram valores de temperaturas mínimas absolutas maiores que os de 61 - 70.

Os valores de nebulosidade das normais de 31 - 60 foram maiores do que os das normais de 61 - 70. A hipótese de que a diferença é igual a zero é rejeitada.

Já para as normais de umidade relativa, as diferenças foram insignificantes. Aceita-se H_0 .

TABELA 3.23 - Teste de Igualdade para Velocidade do Vento Média -
(Normais da EPAGRI com 1961 - 1970).

VARIÁVEL	DIFMÉDIA	T	PROB > T
VV	-0,52	-9,67	0,0001

Os valores de velocidade do vento apresentaram diferenças significativas. Os registros do aeroporto apresentaram-se maiores que os realizados na Estação de Florianópolis, o que pode ser constatado pelo sinal negativo da diferença média.

3.7. Discussão

A descrição estatística das variáveis climáticas permitiu melhor visualização e caracterização do comportamento do clima local. Os resultados alcançados são, resumidamente, mostrados abaixo:

- Os valores de amplitudes médias mensais encontrados correspondem àqueles obtidos pela diferença entre a temperatura média das máximas e a temperatura média das mínimas mensais, normalmente utilizados.
- No cálculo do horário de ocorrência das temperaturas máximas e mínimas diárias verificou-se que a mediana é mais significativa, sendo que os valores médios resultam distorcidos da realidade.
- Considerando a variação média mensal no conteúdo de umidade diário, os resultados obtidos de umidades relativas máxima e mínima foram diferentes daqueles obtidos ao se considerar o conteúdo de umidade constante. Neste último caso, obtém-se valores mais extremos de umidades, correndo-se o risco de superestimar a variação da umidade relativa média.
- A comparação dos dados de normais climatológicas proporcionou verificar a influência do microclima nos registros das variáveis, já que os dados comparados provinham de diferentes estações. As variáveis que não apresentaram diferenças significativas em relação às normais calculadas dos registros do aeroporto (1961 - 1970), estão listadas a seguir:
 - Temperaturas Médias das normais publicadas do período correspondente a 1931 - 1960.
 - Temperaturas Máximas Absolutas das normais publicadas do período de 1961 - 1990.

- Temperaturas Máximas Absolutas das normais publicadas do período de 1931 - 1960.
- Temperaturas Mínimas Absolutas das normais publicadas de 1961 - 1990.
- Nebulosidades Médias das normais publicadas de 1961 - 1990.
- Umidades Relativas Médias das normais publicadas de 1931 - 1960.

Muitas informações obtidas através da análise estatística são empregadas nas metodologias de tratamento de dados climáticos, servindo de base para os dados apresentados no capítulo seguinte. □

Capítulo 4

APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS DE TRATAMENTO DE DADOS CLIMÁTICOS EM REGISTROS DA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS

4.1. Temperatura de Projeto - Metodologia ASHRAE	68
4.2. Dia Típico de Projeto	68
4.2.1. Metodologia de Miguel Sattler	69
4.2.2. Metodologia do IPT	78
4.2.3. Comparação dos Resultados	88
4.2.4. Discussão e Conclusão.....	92
4.3. Dia Mensal Típico	94
4.4. Ano Climático de Referência	97
4.5. Graus-dia e Graus-hora	99
4.6. Discussão	101

4.1. Temperatura de Projeto - Metodologia ASHRAE

O método adotado pela ASHRAE para selecionar temperatura de projeto foi aplicado conforme descrito no item 2.3.1.

Para o período de inverno, foram definidos os níveis de frequência de ocorrência de 99% e 97,5%, os quais representam temperaturas (bulbo seco) que são igualadas ou excedidas pelos níveis em questão. Os níveis foram calculados em relação ao número total de horas dos meses de junho, julho e agosto $[(30 + 31 + 31) \times 24 \times 10]$.

Para o verão, foram definidos três níveis de frequência de ocorrência: 1%, 2,5% e 5%, representando temperaturas (bulbo seco) que são igualadas ou excedidas por estes respectivos níveis, calculados sobre o total de horas dos meses de dezembro a março $[(31 + 31 + 28 + 31) \times 24 \times 10]$.

Para cada temperatura de bulbo seco de projeto de verão, foi encontrada a temperatura de bulbo úmido coincidente, ou seja, determinou-se as médias de todas temperaturas de bulbo úmido ocorridas com a específica temperatura de bulbo seco. Também foram definidas, conforme indica a metodologia, as temperaturas de bulbo úmido de projeto para o período de verão. Foram calculados os níveis de 1%, 2,5% e 5%.

Os resultados são apresentados nas tabelas 4.1 e 4.2.

TABELA 4.1 - Temperaturas de Projeto para o período de Verão.

Nível de Frequência	TBS de Projeto (°C)	TBU Coincidente (°C)	TBU de Projeto (°C)
1%	32,0	26,4	27,1
2,5%	30,8	25,7	26,0
5%	29,8	24,6	25,4

TABELA 4.2 - Temperaturas de Projeto para o período de Inverno.

Nível de Frequência	TBS de Projeto (°C)
99%	7,0
97,5%	8,5

4.2. Dia Típico de Projeto

A seguir, as duas metodologias adotadas no Brasil foram aplicadas em dados de Florianópolis e seus resultados comparados.

4.2.1. Metodologia de Miguel Sattler

Conforme descrito no item 2.4.1., para cada um dos dias do período de dados disponíveis, foi calculada a temperatura média diária, que foram ordenadas em ordem crescente. Segundo a metodologia, deve-se selecionar aproximadamente 15% do número total de dias, tanto para os dias de temperaturas médias mais elevadas, como para os dias de temperaturas médias mais baixas, a fim de encontrar os períodos que compreendem os dias quentes e frios, respectivamente. Como, no caso, dez anos de dados eram disponíveis, foram encontrados os conjuntos de 500 dias de temperaturas médias mais altas e 500 dias de temperaturas médias mais baixas. Para Florianópolis, os dias quentes abrangeram o período de 15 de outubro a 02 de maio e os dias frios abrangeram o período de 21 de abril a 29 de novembro. No total foram 2000 dias quentes (200×10) e 2230 dias frios (223×10), para o período de dez anos.

Depois de reordenadas as temperaturas médias correspondentes aos dias dos períodos definidos acima, foram determinados os níveis de 1%; 2,5%; 5% e 10%, tanto para os dias quentes, como para os dias frios. Para cada nível, foram selecionados os dias cujas temperaturas médias se encontravam imediatamente acima e abaixo da temperatura média do dia de referência e dentro de um intervalo representando 1% do número de dias do conjunto. Ou seja, para o período quente, por exemplo, foram selecionados vinte dias ($2000 \times 0,01$), sendo dez dias acima do dia de referência e dez dias abaixo. Para o período frio foram selecionados 22 dias ($2230 \times 0,01$), portanto, onze dias acima e onze dias abaixo do dia de referência.

Por fim, foram calculadas as médias horárias das características dos dias situados nestes intervalos, para cada nível, sendo definidos os dias típicos de verão e dias típicos de inverno.

Nas tabelas 4.3 a 4.10 estão listados os valores horários da temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), umidade relativa (UR), conteúdo de umidade (Cont. U), nebulosidade (TN), direção (DV) e velocidade (VV) dos ventos para cada dia típico, além da radiação solar estimada (Re).

A data de referência representa o dia que apresentou declinação solar mais próxima da declinação solar média dos dias contidos no intervalo que gerou cada dia típico.

Os dados de radiação global total diária foram estimados a partir da nebulosidade média diária, segundo o processo descrito no item 2.3.7. Do total diário de radiação solar, calculou-se os valores horários segundo DUFFIE e BECKMAN [1980].

A direção do vento foi representada pela direção predominante expressa em graus no sentido horário em relação ao norte verdadeiro e pelo respectivo valor de frequência de ocorrência em porcentagem. A ausência de direção é representada por hífen, caracterizando ventos calmos.

TABELA 4.3 - Valores horários das características do dia típico de nível 1% para o período de Verão (SATTLER).

Período de Verão - Nível: 1% - Data de Referência: 14 / 02

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV / FREQ (graus/%)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	25,4	24,3	92	3,9	- / 19,0	6,5	18,8	0
1	25,2	24,1	92	4,7	330 / 23,8	5,5	18,6	0
2	25,0	23,9	92	4,5	360 / 19,0	4,9	18,5	0
3	24,9	23,9	92	4,2	360 / 23,8	4,9	18,5	0
4	24,8	23,8	92	4,7	360 / 19,0	4,6	18,3	0
5	24,5	23,6	93	4,0	360 / 23,8	4,5	18,1	0
6	24,7	23,8	93	4,3	360 / 19,0	6,6	18,3	1
7	25,6	24,2	89	4,2	360 / 38,1	6,8	18,6	126
8	27,0	24,9	84	4,7	360 / 19,0	6,4	19,1	273
9	28,4	24,9	76	4,8	360 / 33,3	6,2	18,7	424
10	30,2	26,1	73	5,0	360 / 42,9	5,9	19,9	556
11	31,2	26,7	71	5,8	360 / 42,9	5,4	20,6	645
12	31,9	26,9	68	5,7	360 / 38,1	5,5	20,6	677
13	32,6	27,4	68	6,1	30 / 33,3	5,5	21,2	645
14	32,6	27,4	67	7,0	30 / 23,8	5,5	21,2	556
15	32,4	27,3	68	6,4	20 / 23,8	5,9	21,1	424
16	31,3	27,1	73	6,6	10 / 23,8	6,0	21,3	273
17	29,7	26,4	77	5,9	20 / 28,6	6,5	20,6	126
18	27,9	25,4	82	5,0	10 / 14,3	6,9	19,7	1
19	26,8	24,6	84	4,9	30 / 19,0	7,1	18,8	0
20	26,3	24,4	86	5,2	30 / 19,0	7,6	18,6	0
21	26,1	24,3	87	4,7	360 / 23,8	7,1	18,5	0
22	25,8	24,2	88	4,5	360 / 14,3	7,2	18,5	0
23	25,7	24,0	87	4,0	340 / 19,0	7,4	18,3	0
Média Diária	27,7	25,1	82	5,0	-	6,1	19,3	197

A amplitude diária de temperatura foi de 8,1°C, com valor máximo de temperatura atingindo 32,6°C e valor mínimo correspondente a 24,5°C. A umidade relativa atingiu o valor mínimo (67%) às 14 horas, correspondendo à máxima temperatura diária, e o valor máximo (93%) às 5 horas, correspondendo à menor temperatura do dia. A direção predominante do vento resultou em 360° (direção norte).

TABELA 4.4 - Valores horários das características do dia típico de nível 2,5% para o período de Verão (SATTLER).

Período de Verão - Nível: 2,5% - Data de Referência: 18 / 02

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	D.R. (%)	VV (m/s)	DV / FREQ (graus/%)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	24,8	23,6	91	3,3	- / 28,6	6,7	18,0	0
1	24,7	23,6	91	3,6	30 / 23,8	6,2	17,8	0
2	24,7	23,6	91	3,9	30 / 23,8	7,1	18,0	0
3	24,5	23,6	93	4,1	360 / 23,8	6,1	18,1	0
4	24,4	23,5	92	4,2	360 / 19,0	5,3	17,8	0
5	24,3	23,2	91	4,1	30 / 19,0	4,8	17,5	0
6	24,3	23,3	92	4,3	30 / 28,6	5,6	17,8	1
7	25,3	23,8	89	4,7	360 / 23,8	5,8	18,1	125
8	26,6	24,3	83	5,1	30 / 28,6	5,8	18,3	271
9	27,8	24,9	79	5,7	30 / 23,8	4,6	18,8	421
10	29,3	25,3	73	6,5	30 / 28,6	4,5	18,9	552
11	30,5	25,7	69	6,3	20 / 19,0	4,8	19,1	640
12	31,4	26,4	68	6,1	20 / 19,0	4,5	19,8	672
13	31,8	26,6	68	6,5	360 / 23,8	4,5	20,1	640
14	31,7	26,7	69	6,0	20 / 23,8	4,7	20,4	552
15	31,2	26,5	70	6,6	30 / 23,8	4,9	20,2	421
16	29,7	26,0	75	6,8	360 / 14,3	5,7	19,9	271
17	28,6	25,5	78	5,8	20 / 14,3	6,4	19,5	125
18	27,2	24,6	82	5,4	360 / 23,8	7,2	18,6	1
19	25,8	23,8	85	4,5	30 / 19,0	7,6	17,9	0
20	25,5	23,7	86	4,9	30 / 23,8	7,7	17,9	0
21	25,3	23,7	88	3,9	- / 19,0	8,1	17,9	0
22	25,1	23,6	88	4,3	30 / 23,8	8,2	17,8	0
23	24,9	23,4	89	3,5	- / 28,6	7,2	17,7	0
Média Diária	27,1	24,5	82	5,0	-	6,0	18,6	195

A amplitude de temperatura do dia de nível 2,5% foi de 7,5°C, com valor de temperatura máxima de 31,8°C e temperatura mínima chegando aos 24,3°C. Quanto à umidade relativa, o valor máximo (92%) ocorreu às 6 horas juntamente com a mínima temperatura e o valor mínimo (68%) às 13 horas, com a temperatura máxima. A direção predominante do vento foi nordeste (30°).

TABELA 4.5 - Valores horários das características do dia típico de nível 5% para o período de Verão (SATTLE).

Período de Verão - Nível: 5% - Data de Referência: 11 / 02

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV / FREQ (graus/%)	TN (0-10)	Cont. H (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	23,5	22,2	89	3,8	- / 19,0	4,9	16,3	0
1	23,4	22,1	90	4,1	- / 19,0	4,7	16,3	0
2	23,3	22,0	90	3,4	- / 33,3	4,4	16,2	0
3	23,2	22,0	90	3,6	- / 28,6	4,2	16,2	0
4	23,1	21,9	90	3,5	- / 23,6	4,0	16,2	0
5	22,9	21,8	90	4,1	360 / 33,3	4,7	16,0	0
6	23,0	21,9	91	3,8	360 / 23,8	5,2	16,2	1
7	23,9	22,5	89	3,7	360 / 23,8	4,5	16,7	112
8	25,6	23,3	83	4,5	360 / 19,0	4,9	17,2	243
9	26,9	23,9	78	4,7	360 / 42,9	4,6	17,6	378
10	28,5	24,9	76	5,2	360 / 28,6	4,6	18,6	495
11	30,4	25,4	68	5,6	360 / 38,1	4,2	18,6	575
12	31,3	25,9	66	5,5	360 / 28,6	4,4	19,1	603
13	31,6	26,0	65	6,4	360 / 23,8	4,5	19,2	575
14	31,9	26,4	66	6,5	360 / 23,8	4,0	19,8	495
15	31,3	26,1	67	6,4	360 / 28,6	3,4	19,4	378
16	29,9	25,5	72	5,9	30 / 19,0	4,5	19,1	243
17	28,9	24,9	73	6,9	30 / 33,3	5,6	18,3	112
18	27,5	24,3	77	5,6	30 / 19,0	6,4	17,9	1
19	26,4	23,9	82	5,0	40 / 19,0	6,9	17,8	0
20	25,8	23,5	83	5,1	360 / 23,8	7,0	17,4	0
21	25,3	23,5	86	5,1	30 / 23,8	7,3	17,6	0
22	25,0	23,5	88	3,7	- / 19,0	7,0	17,7	0
23	24,7	23,3	89	3,8	- / 19,0	6,8	17,6	0
Média Diária	26,6	23,8	81	4,8	-	5,1	17,6	175

O dia de nível 5% apresentou amplitude diária de 9,0°C, com a máxima temperatura atingindo 31,9°C e a temperatura mínima, 22,9°C. Neste caso, a máxima umidade relativa foi de 91% ocorrida às 6 horas com temperatura correspondente próxima da mínima diária. A umidade relativa mínima chegou a 65% às 13 horas, também não coincidindo com a temperatura máxima que ocorreu às 14 horas. A direção predominante do vento resultou em 360° (direção norte). Ventos calmos tiveram maior frequência durante o período da noite.

TABELA 4.6 - Valores horários das características do dia típico de nível 10% para o período de Verão (SATTLER).

Período de Verão - Nível: 10% - Data de Referência: 12 / 02

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV / FREQ (graus)	TN (0-10)	Cont. II (g/kg)	Re (Wh/m²)
0	23,7	22,2	88	4,0	20 / 33,8	6,7	16,3	0
1	23,6	22,2	89	3,6	- / 19,0	5,6	16,3	0
2	23,6	22,1	89	3,7	- / 23,8	5,3	16,3	0
3	23,4	22,0	89	3,5	- / 19,0	5,2	16,2	0
4	23,2	21,9	89	3,0	- / 23,8	5,5	16,1	0
5	23,1	21,9	90	3,3	- / 28,6	5,6	16,2	0
6	23,1	21,9	90	3,6	330 / 19,0	6,2	16,1	1
7	23,8	22,3	89	4,1	330 / 28,6	6,3	16,5	131
8	25,2	23,1	84	3,9	330 / 14,3	6,2	17,0	285
9	26,7	23,6	77	5,6	360 / 23,8	6,1	17,1	443
10	28,0	23,8	71	5,2	360 / 19,0	6,3	16,9	580
11	29,3	24,5	68	5,5	360 / 33,3	5,5	17,5	673
12	30,2	24,9	66	5,7	360 / 28,6	5,5	17,9	706
13	30,7	25,3	66	5,7	30 / 23,8	5,8	18,3	673
14	30,3	25,3	68	6,5	20 / 19,0	6,1	18,5	580
15	29,8	24,9	68	5,9	30 / 19,0	6,7	18,1	443
16	28,8	24,4	70	5,2	30 / 14,3	7,5	17,6	285
17	27,8	24,0	74	5,6	360 / 14,3	7,7	17,5	131
18	26,5	23,6	79	5,0	360 / 23,8	8,4	17,2	1
19	25,0	22,8	84	4,4	- / 14,3	8,2	16,8	0
20	24,2	22,5	87	4,0	40 / 14,3	7,6	16,6	0
21	23,7	22,1	87	4,0	- / 14,3	7,2	16,2	0
22	23,5	22,1	89	3,4	- / 19,0	7,4	16,3	0
23	23,2	21,9	90	3,6	- / 14,3	7,2	16,2	0
Média Diária	25,8	23,2	81	4,5	-	6,5	16,9	205

A máxima temperatura deste dia foi de 30,7°C e a mínima chegou aos 23,1°C, portanto, a amplitude diária foi igual a 7,6°C. A umidade relativa mínima ocorreu entre 12 e 13 horas com o valor de 66%, coincidindo com a hora de ocorrência da máxima temperatura. O valor de umidade relativa máxima foi de 90%, ocorrendo às 6 horas, juntamente com a temperatura mínima diária. Como direção predominante neste dia, temos a norte. Ocorrência de ventos calmos durante as horas da noite.

TABELA 4.7 - Valores horários das características do dia típico de nível 1% para o período de Inverno (SATTLER).

Período de Inverno - Nível: 1% - Data de Referência: 28 / 07

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV / FREQ (graua/%)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	9,3	8,1	86	3,2	- / 39,1	3,2	6,2	0
1	8,9	7,7	86	3,1	- / 34,8	3,2	6,0	0
2	8,8	7,6	86	3,1	- / 39,1	3,4	6,0	0
3	8,4	7,4	88	2,9	- / 30,4	3,5	6,0	0
4	8,0	7,2	90	3,5	- / 26,1	3,5	6,0	0
5	7,6	7,0	92	3,3	270 / 26,1	3,1	5,9	0
6	7,2	6,6	91	3,2	- / 26,1	2,9	5,8	1
7	7,0	6,3	91	2,4	- / 47,8	3,3	5,7	73
8	8,1	7,1	87	3,4	- / 21,7	3,7	5,8	159
9	10,4	8,5	78	3,2	- / 17,4	3,1	6,1	247
10	12,3	9,4	69	3,2	- / 34,8	3,2	6,1	323
11	14,0	10,3	64	3,7	- / 21,7	3,5	6,3	375
12	15,1	10,8	60	3,6	- / 26,1	3,5	6,3	393
13	15,7	11,2	59	3,6	- / 21,7	3,8	6,4	375
14	15,9	11,3	59	4,3	100 / 13,0	4,1	6,4	323
15	15,5	11,2	61	5,1	210 / 21,7	4,1	6,5	247
16	14,8	11,3	67	5,0	180 / 17,4	3,7	6,9	159
17	14,0	11,0	70	4,4	170 / 13,0	3,4	6,9	73
18	12,3	10,2	77	3,7	210 / 21,7	3,0	6,8	1
19	11,1	9,4	82	3,1	- / 26,1	2,6	6,6	0
20	10,3	8,8	83	3,0	- / 39,1	2,3	6,4	0
21	9,8	8,4	84	3,1	- / 34,8	2,6	6,2	0
22	9,7	8,4	85	2,9	- / 30,4	2,5	6,2	0
23	9,4	8,2	86	2,9	- / 30,4	2,4	6,3	0
Média Diária	11,0	8,9	79	3,4	-	3,2	6,2	114

O dia típico de nível 1% apresentou temperatura mínima igual a 7,0°C e temperatura máxima de 15,9°C. A amplitude diária foi de 8,9°C. A máxima umidade relativa ocorreu às 6 horas, atingindo o valor de 91% e correspondendo a uma temperatura próxima da mínima. O menor valor de umidade relativa foi de 59%, ocorrendo às 13 horas, com valor de temperatura correspondente próxima da máxima diária. Neste caso, a predominância foi de ventos calmos, com a direção sudoeste (210°) em segundo lugar.

TABELA 4.8 - Valores horários das características do dia típico de nível 2,5% para o período de Inverno (SATTLE).

Período de Inverno - Nível: 2,5% - Data de Referência: 24 / 07

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	D.R. (%)	VV (m/s)	DV / FREQ (grams/%)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	10,4	9,1	84	3,4	- / 21,7	2,3	6,6	0
1	10,0	8,8	86	3,1	- / 26,1	2,4	6,5	0
2	9,9	8,6	85	2,7	- / 34,8	2,4	6,4	0
3	9,3	8,1	86	2,6	- / 43,5	2,1	6,2	0
4	8,9	7,8	87	2,8	- / 26,1	2,1	6,1	0
5	8,8	7,9	88	3,2	- / 21,7	2,2	6,2	0
6	8,7	7,6	86	2,5	- / 30,4	2,3	6,0	1
7	8,4	7,2	85	3,4	- / 21,7	2,3	5,8	65
8	9,8	8,1	81	3,3	270 / 21,7	2,5	6,0	141
9	12,3	9,4	71	3,2	270 / 17,4	2,3	6,1	219
10	13,7	10,4	67	3,4	- / 21,7	2,8	6,4	287
11	15,3	11,0	60	3,9	360 / 17,4	2,9	6,4	333
12	16,2	11,6	58	3,4	220 / 13,0	3,1	6,5	349
13	16,8	11,9	56	3,8	- / 17,4	2,9	6,6	333
14	16,9	12,1	58	4,7	120 / 13,0	3,0	6,8	287
15	16,7	11,9	57	5,2	120 / 17,4	2,8	6,7	219
16	16,1	11,7	60	5,0	120 / 21,7	2,9	6,7	141
17	15,2	11,7	67	4,5	130 / 17,4	2,8	7,1	65
18	13,2	10,6	74	3,6	110 / 8,7	2,6	6,9	1
19	12,0	10,0	78	3,4	- / 21,7	1,7	6,8	0
20	11,2	9,5	82	3,5	- / 26,1	1,8	6,7	0
21	10,9	9,3	82	3,1	- / 34,8	2,1	6,6	0
22	10,5	9,1	84	2,5	- / 39,1	1,8	6,6	0
23	10,0	8,8	86	2,5	- / 39,1	1,7	6,5	0
Média Diária	12,2	9,7	75	3,4	-	2,4	6,5	102

A temperatura máxima do dia do nível 2,5% atingiu 16,9°C e a mínima foi de 8,4°C. A amplitude de temperatura deste dia, portanto, foi igual a 8,5°C. A umidade relativa máxima foi de 88% ocorrida às 5 horas, não coincidindo com a temperatura mínima que aconteceu às 7 horas. O valor mínimo de umidade relativa chegou a 56% às 13 horas com temperatura próxima da máxima diária. A predominância foi de ventos calmos e em segundo lugar, a direção sudeste (120° - 130°).

TABELA 4.9 - Valores horários das características do dia típico de nível 5% para o período de Inverno (SATTLER).

Período de Inverno - Nível: 5,0% - Data de Referência: 29 / 07

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV / FREQ (grams/%)	IN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	11,8	10,4	85	4,9	270 / 13,0	4,2	7,3	0
1	11,5	10,2	86	4,3	- / 13,0	4,2	7,2	0
2	11,3	10,1	87	3,4	- / 26,1	3,9	7,2	0
3	10,8	9,6	86	3,6	- / 17,4	3,7	6,9	0
4	10,5	9,4	88	3,4	- / 26,1	3,6	6,9	0
5	10,1	9,1	89	3,7	- / 21,7	4,6	6,8	0
6	10,3	9,3	88	3,6	- / 26,1	4,8	6,9	1
7	10,3	9,4	89	3,4	- / 13,0	4,8	6,9	90
8	11,2	9,8	84	3,2	250 / 17,4	4,4	6,9	196
9	12,7	10,7	78	3,9	- / 17,4	4,4	7,1	305
10	14,5	11,7	72	4,4	- / 26,1	4,5	7,3	399
11	15,7	12,4	69	3,4	- / 39,1	4,9	7,6	463
12	16,8	13,1	67	4,7	- / 17,4	4,9	7,8	486
13	17,3	13,8	69	4,3	- / 17,4	5,2	8,4	463
14	17,2	13,8	70	4,6	120 / 21,7	6,0	8,4	399
15	16,9	13,6	70	5,3	120 / 13,0	6,0	8,3	305
16	16,0	13,2	74	5,4	120 / 26,1	5,9	8,3	196
17	15,3	12,9	76	4,7	150 / 13,0	5,9	8,2	90
18	14,0	12,2	81	3,9	- / 17,4	5,5	8,0	1
19	13,1	11,6	85	3,0	- / 26,1	5,0	7,9	0
20	12,6	11,3	86	2,9	- / 39,1	4,8	7,8	0
21	12,3	11,1	87	2,2	- / 30,4	4,5	7,7	0
22	12,2	10,9	86	3,2	- / 21,7	4,3	7,6	0
23	12,2	11,0	87	3,4	- / 21,7	4,0	7,7	0
Média Diária	13,2	11,3	81	3,9	-	4,7	7,5	141

A amplitude diária do nível 5% foi de 7,2°C, com temperatura máxima de 17,3°C e temperatura mínima igual a 10,1°C. As umidades relativas atingiram os valores extremos de 89% para a máxima e 67% para a mínima, ocorridas às 7 horas e 12 horas, respectivamente. Estes valores não coincidiram com as horas de ocorrência das temperaturas mínima e máxima diárias, que aconteceram às 5 horas e 13 horas, respectivamente. Ventos calmos ocorreram com maior frequência, sendo que a direção sudeste (120° - 150°) obteve o segundo maior valor de ocorrência.

TABELA 4.10 - Valores horários das características do dia típico de nível 10% para o período de Inverno (SATTLER).

Período de Inverno - Nível: 10% - Data de Referência: 14 / 08

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV / FREQ (graus/%)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	13,7	11,9	82	4,4	210 / 13,0	4,7	8,0	0
1	13,4	11,8	83	4,4	210 / 17,4	4,5	7,9	0
2	13,0	11,3	83	4,5	- / 21,7	3,6	7,7	0
3	12,5	10,9	84	4,2	- / 21,7	3,4	7,5	0
4	12,1	10,7	85	4,3	- / 30,4	3,8	7,4	0
5	11,7	10,2	84	4,3	- / 34,8	3,5	7,1	0
6	11,5	9,9	83	4,1	- / 26,1	4,1	6,9	1
7	11,4	9,8	82	4,1	- / 17,4	4,3	6,8	91
8	12,6	10,5	78	4,8	180 / 13,0	4,1	6,9	199
9	14,7	11,5	69	5,1	180 / 26,1	3,7	7,1	309
10	16,5	12,4	63	5,4	- / 17,4	4,2	7,2	404
11	17,7	13,0	59	5,5	190 / 21,7	4,3	7,4	469
12	18,3	13,7	61	5,3	360 / 17,4	4,1	7,8	492
13	18,6	13,8	59	5,0	150 / 21,7	4,7	7,8	469
14	18,6	13,9	61	5,9	150 / 26,1	4,7	8,0	404
15	18,3	14,0	64	7,1	130 / 17,4	4,5	8,2	309
16	17,8	13,6	64	6,5	130 / 17,4	3,8	8,0	199
17	16,8	13,2	68	6,2	150 / 30,4	3,7	7,9	91
18	15,5	12,6	72	6,2	170 / 17,4	4,1	7,8	1
19	14,3	11,9	76	5,0	180 / 21,7	3,6	7,7	0
20	13,8	11,7	78	5,1	- / 21,7	4,2	7,6	0
21	13,4	11,5	81	4,2	180 / 26,1	4,2	7,7	0
22	13,2	11,4	81	4,1	180 / 26,1	4,1	7,6	0
23	12,8	11,2	83	3,8	- / 17,4	3,6	7,6	0
Média Diária	14,7	12,0	74	5,0	-	4,1	7,6	143

A temperatura máxima deste dia foi igual a 18,6°C e a temperatura mínima chegou aos 11,4°C. O valor de amplitude diária correspondeu a 7,2°C. A umidade relativa mínima foi de 59% ocorrida às 13 horas, juntamente com a temperatura máxima. Já a umidade relativa máxima atingiu 85% às 4 horas, não havendo coincidência com a mínima temperatura que aconteceu às 7 horas. A maior frequência foi de ventos calmos, sendo que a direção sul (170° - 190°) apareceu em segundo.

4.2.2. Metodologia do IPT

Aplicando-se a metodologia de acordo com o que foi descrito no item 2.4.2., inicialmente foram definidos os períodos de verão e inverno.

Para isso, foram utilizadas as médias das temperaturas máximas e mínimas diárias, para cada mês, mostradas na tabela 4.11.

TABELA 4.11 - Temperaturas médias das máximas e das mínimas mensais.

MED	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MAX	28,8	29,0	28,0	25,7	23,8	21,7	21,1	21,5	22,0	23,8	25,6	27,3
MIN	20,8	21,1	20,2	17,8	14,9	13,5	13,0	13,9	15,1	16,7	18,2	19,6

Período de Verão:

Conforme tabela 4.11, o mês que apresentou o maior valor para a média das temperaturas máximas diárias foi o mês de fevereiro.

$$\checkmark T_{\text{máx}} \text{ fev.} = 29,0^{\circ}\text{C}$$

$$\checkmark T_{\text{mín}} \text{ fev.} = 21,1^{\circ}\text{C}$$

O valor de μ foi, então, determinado:

$$\mu = 0,10 \times (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})$$

$$\mu = 0,10 \times (29,0 - 21,1)$$

$$\mu = 0,79$$

Tomando-se a média das temperaturas máximas diárias dos demais meses, verificou-se que somente a temperatura do mês de janeiro apresentou uma diferença menor que 0,79 em relação ao mês mais quente. Portanto o período de verão foi definido como meses de janeiro e fevereiro.

Período de inverno:

De maneira análoga, foi definido o período de inverno baseado no mês mais frio do ano. Neste caso, o mês de julho apresentou o menor valor para a média das temperaturas mínimas diárias, conforme visto na tabela 4.11.

$$\checkmark T_{\text{máx}} \text{ jul.} = 21,1^{\circ}\text{C}$$

$$\checkmark T_{\text{mín}} \text{ jul.} = 13,0^{\circ}\text{C}$$

O valor de μ foi definido como:

$$\mu = 0,10 \times (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}})$$

$$\mu = 0,10 \times (21,1 - 13,0)$$

$$\mu = 0,81$$

Verificando-se as médias das temperaturas mínimas diárias dos outros meses do ano, foi encontrado uma diferença menor que 0,81 para o mês de junho somente, em relação ao mês mais frio. O período de inverno ficou definido como meses de junho e julho.

Para o período de verão, foram encontrados os valores máximos diários da temperatura de bulbo seco ($TBS_{máx}$), os quais foram ordenados em ordem decrescente, definindo-se os níveis de frequência de ocorrência de 1%; 2,5%; 5% e 10%. O mesmo foi determinado para o período de inverno, porém, a partir dos valores mínimos diários da temperatura de bulbo seco ($TBS_{mín}$).

Para cada valor de frequência de ocorrência, foi determinado um intervalo de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em torno da temperatura do dia de referência. Foram listados, então, para os dias com temperaturas dentro deste intervalo, os valores horários das grandezas: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e umidade relativa, nebulosidade, velocidade e direção do vento.

Segundo a metodologia, um dia real deve ser escolhido como dia típico. Como não existe um processo automatizado de selecionar este dia, a escolha foi feita de forma manual, subjetiva e, portanto, com uma certa dificuldade de seleção.

Primeiramente, foram comparados os valores de temperatura de bulbo seco máxima, mínima e média diária de cada dia do intervalo com os respectivos valores do dia médio (dia resultante da média horária das características de todos os dias do intervalo). Depois, foram comparadas as demais características como temperatura de bulbo úmido, velocidade e direção do vento e nebulosidade. Estas variáveis foram comparadas pelos seus valores médios diários com o respectivo valor médio de todo o intervalo. Aquele dia que apresentou as características mais próximas do dia médio, sempre dando-se prioridade para a temperatura de bulbo seco, foi escolhido como o dia típico do nível em questão.

Os valores horários das variáveis temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), umidade relativa (UR), conteúdo de umidade (Cont. U), nebulosidade (TN), direção (DV) e velocidade (VV) do vento e radiação solar estimada (Re) estão listados nas tabelas 4.12 a 4.19 para cada dia típico. A ausência de direção do vento é representada por hífen, que caracteriza ventos calmos. Os dados de radiação solar foram estimados, hora a hora, da mesma maneira que para a Metodologia de Sattler.

TABELA 4.12 - Valores horários das características do dia típico de nível 1% para o período de Verão (IPT).

Período de Verão - Nível: 1% - Data: 08 / 01 / 63

Hora	TBS (°C)	TBD (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV (graus)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	25,0	24,0	92	3,6	330	6,2	18,6	0
1	24,8	24,0	94	3,6	270	6,2	18,6	0
2	24,8	24,1	94	3,6	300	3,7	18,8	0
3	24,9	24,0	93	3,6	310	3,7	18,6	0
4	24,3	23,8	96	3,0	360	3,7	18,6	0
5	24,9	24,0	93	4,8	20	3,7	18,6	0
6	25,2	24,4	94	6,0	10	5,0	19,2	1
7	26,5	24,5	85	4,8	30	6,2	18,8	110
8	28,1	26,0	85	3,6	360	7,5	20,6	239
9	29,5	27,5	86	4,8	30	5,0	22,7	371
10	32,0	28,0	74	9,6	30	3,7	22,6	486
11	33,8	28,2	66	6,0	50	3,7	22,2	564
12	35,0	29,5	67	4,8	40	5,0	24,2	592
13	35,4	29,5	65	7,8	60	2,5	24,1	564
14	36,0	30,5	68	6,0	30	3,7	25,9	486
15	35,6	31,1	73	6,0	30	3,7	27,4	371
16	31,0	27,5	77	9,6	30	10,0	22,1	239
17	26,0	24,0	85	4,8	300	10,0	18,2	110
18	25,4	24,1	90	2,4	350	8,7	18,6	1
19	25,2	24,0	91	0,0	-	8,7	18,5	0
20	25,4	24,1	90	0,0	-	8,7	18,6	0
21	25,6	24,1	88	0,0	-	8,7	18,5	0
22	25,0	24,2	94	4,8	30	10,0	18,9	0
23	24,7	24,1	95	0,0	-	10,0	18,8	0
Media Diária	28,1	25,8	85	4,3	-	6,2	20,5	172

O dia típico de nível 1% apresentou temperatura máxima igual a 36°C e temperatura mínima de 24,3°C, sendo a amplitude diária igual a 11,7°C. A umidade relativa mínima ocorreu às 13 horas com o valor de 65% com temperatura correspondente próxima da máxima diária que ocorreu às 14 horas. A umidade relativa máxima atingiu o valor de 96%, ocorrendo às 4 horas, junto com a temperatura mínima dos dias. A direção do vento predominante foi nordeste (30° - 60°).

TABELA 4.13 - Valores horários das características do dia típico de nível 2,5% para o período de Verão (IPT).

Período de Verão - Nível: 2,5% - Data: 24 / 02 / 67

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV (grams)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	24,4	24,0	97	0,0	-	3,7	18,7	0
1	23,8	23,0	93	1,8	30	3,7	17,4	0
2	23,4	23,0	97	0,0	-	2,5	17,6	0
3	22,8	22,4	97	0,0	-	0,0	17,0	0
4	23,0	23,0	100	3,0	330	0,0	17,8	0
5	23,4	23,0	97	3,6	320	0,0	17,6	0
6	23,0	22,5	96	3,0	310	3,7	17,1	1
7	24,0	23,0	92	1,2	330	3,7	17,4	98
8	26,5	24,0	81	4,2	360	0,0	17,9	214
9	28,0	24,0	72	7,2	360	0,0	17,2	332
10	30,5	24,5	61	7,2	360	0,0	17,0	435
11	31,7	25,5	61	6,6	340	0,0	18,1	505
12	33,0	25,5	55	6,0	350	1,2	17,6	530
13	33,5	25,5	53	6,0	360	2,5	17,4	505
14	34,2	25,7	51	8,4	360	2,5	17,5	435
15	33,5	26,5	58	8,4	360	2,5	19,2	332
16	32,2	25,7	60	8,4	210	6,2	18,3	214
17	25,5	23,0	81	3,6	100	10,0	16,8	98
18	25,0	24,0	92	0,0	-	7,5	18,5	1
19	25,4	24,3	91	3,0	330	8,7	18,8	0
20	25,3	24,3	92	0,0	-	8,7	18,8	0
21	25,3	24,0	90	0,0	-	8,7	18,4	0
22	24,0	23,6	97	0,0	-	10,0	18,3	0
23	24,5	24,0	96	3,0	270	8,7	18,7	0
Média Diária	26,9	24,1	82	3,5	-	3,9	17,9	154

A temperatura máxima do nível 2,5% atingiu 34,2°C e a mínima foi de 22,8°C. A amplitude de temperatura, portanto foi igual a 11,4°C. O maior valor de umidade relativa ocorreu às 4 horas, atingindo 100%, não coincidindo com a temperatura mínima que aconteceu às 3 horas. A umidade relativa mínima foi igual a 51%, ocorrendo junto com a temperatura máxima do dia às 14 horas. A direção predominante do vento resultou em norte (340°- 360°).

TABELA 4.14 - Valores horários das características do dia típico de nível 5% para o período de Verão (IPT).

Período de Verão - Nível: 5% - Data: 08 / 01 / 64

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV (graus)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	24,0	23,5	96	0,0	-	3,7	18,2	0
1	24,3	23,7	95	0,0	-	1,2	18,4	0
2	24,1	23,3	94	0,0	-	8,7	17,8	0
3	24,0	23,5	96	0,0	-	7,5	18,2	0
4	24,2	23,0	90	0,0	-	8,7	17,4	0
5	24,0	23,7	98	1,8	330	1,2	18,5	0
6	23,5	23,0	96	2,4	360	1,2	17,6	1
7	25,0	23,8	91	1,2	360	6,2	18,3	102
8	26,3	24,5	86	0,0	-	6,2	18,8	222
9	28,8	24,3	69	0,0	-	5,0	17,4	345
10	32,3	25,5	58	0,0	-	7,5	18,0	452
11	32,5	25,5	57	3,6	120	7,5	17,9	525
12	32,7	24,5	51	3,6	110	3,7	16,1	551
13	32,8	24,0	49	4,8	110	3,7	15,3	525
14	32,0	26,0	63	4,8	110	6,2	19,0	452
15	29,8	24,3	64	4,2	150	7,5	17,0	345
16	27,7	22,7	66	4,8	190	7,5	15,4	222
17	28,9	22,7	59	6,0	230	5,0	14,9	102
18	27,5	22,3	64	6,6	210	7,5	14,9	1
19	26,0	21,0	64	7,2	210	7,5	13,6	0
20	25,0	21,0	70	7,8	210	7,5	14,0	0
21	25,0	20,2	65	9,0	220	6,2	12,9	0
22	24,0	20,0	70	4,8	220	5,0	13,1	0
23	23,7	19,8	70	7,2	200	3,7	12,9	0
Media Diária	27,0	23,1	74	3,3	-	5,6	16,5	160

A amplitude diária do nível 5% foi de 9,3°C com temperatura máxima de 32,8°C e temperatura mínima de 23,5°C. Os valores extremos de umidades relativas foram iguais a 98% para a máxima e 49% para a mínima, ocorridas às 5 horas e 13 horas, respectivamente. A umidade relativa máxima não coincidiu com a hora de ocorrência da temperatura mínima que aconteceu às 6 horas. Como direção predominante obteve-se a sudoeste (210° - 230°).

TABELA 4.15 - Valores horários das características do dia típico de nível 10% para o período de Verão (IPT).

Período de Verão - Nível: 10% - Data: 14 / 02 / 69

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV (grams)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	22,2	20,7	88	0,0	-	10,0	14,7	0
1	22,4	20,7	86	0,0	-	10,0	14,7	0
2	22,4	20,8	87	0,0	-	10,0	14,8	0
3	22,3	20,6	86	3,0	330	10,0	14,6	0
4	22,2	20,6	87	3,0	10	3,7	14,6	0
5	22,2	20,5	86	3,0	360	2,5	14,5	0
6	22,2	20,0	82	2,4	360	1,2	13,8	1
7	23,8	21,7	83	4,8	360	1,2	15,5	115
8	25,5	22,7	79	6,0	360	2,5	16,3	250
9	27,1	23,6	75	4,2	340	2,5	17,0	388
10	28,6	23,7	67	6,0	10	2,5	16,5	508
11	30,1	24,1	61	6,0	10	1,2	16,5	590
12	31,3	24,8	59	9,6	10	1,2	17,1	619
13	31,9	24,9	57	8,4	30	1,2	17,1	590
14	31,7	24,9	58	9,6	10	1,2	17,2	508
15	31,4	24,5	57	9,6	10	1,2	16,7	388
16	30,3	24,2	61	10,8	360	2,5	16,7	250
17	29,2	23,7	64	8,4	20	5,0	16,3	115
18	27,2	23,1	71	9,6	10	8,7	16,3	1
19	26,0	23,5	81	4,8	360	8,7	17,3	0
20	25,0	23,5	88	3,0	360	10,0	17,8	0
21	24,5	23,5	92	0,0	-	10,0	17,9	0
22	24,0	23,0	92	0,0	-	10,0	17,4	0
23	24,7	24,0	94	0,0	-	10,0	18,6	0
Média Diária	26,2	22,8	77	4,7	-	5,3	16,2	180

A temperatura máxima deste dia foi de 31,9°C e a temperatura mínima chegou aos 22,2°C. O valor de amplitude diária para o dia em questão correspondeu a 9,7°C. A umidade relativa mínima foi de 57%, ocorrida às 13 horas, juntamente com a temperatura máxima. Já a umidade relativa máxima atingiu 94% às 23 horas, não havendo coincidência com a mínima temperatura, que aconteceu às 5 horas. A direção do vento predominante resultou em norte (340°- 20°).

TABELA 4.16 - Valores horários das características do dia típico de nível 1% para o período de Inverno (IPT).

Período de Inverno - Nível: 1% - Data: 09 / 06 / 67

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	BV (graus)	TN (9-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m²)
0	7,2	4,0	59	3,6	310	0	3,7	0
1	6,6	3,5	60	3,6	290	0,0	3,6	0
2	6,0	4,0	73	3,6	290	0,0	4,2	0
3	6,0	4,0	73	3,6	280	0,0	4,2	0
4	4,9	3,5	80	3,6	270	0,0	4,3	0
5	4,9	3,5	80	2,4	290	0,0	4,3	0
6	4,0	2,5	78	2,4	240	0,0	3,9	0
7	4,0	3,0	85	0,0	-	0,0	4,3	49
8	5,0	3,9	84	2,4	270	0,0	4,5	107
9	10,4	6,8	60	0,0	-	0,0	4,6	167
10	11,1	7,3	59	1,2	330	0,0	4,8	218
11	15,9	10,0	47	2,4	340	0,0	5,2	254
12	17,4	9,8	36	1,8	350	0,0	4,4	266
13	19,0	9,0	23	3,0	330	0,0	3,0	254
14	19,3	8,5	18	4,8	330	0,0	2,5	218
15	19,0	9,5	26	3,0	360	0,0	3,5	167
16	18,0	11,0	41	3,0	360	0,0	5,3	107
17	17,0	8,5	29	3,6	360	0,0	3,4	49
18	12,5	8,5	59	0,0	-	0,0	5,3	0
19	12,0	8,5	63	0,0	-	0,0	5,5	0
20	11,0	8,0	67	0,0	-	0,0	5,4	0
21	8,5	8,0	94	0,0	-	0,0	6,5	0
22	8,0	6,5	81	0,0	-	0,0	5,4	0
23	7,7	6,2	81	0,0	-	0,0	5,3	0
Média Diária	10,6	6,6	61	2,0	-	0,0	4,5	77

A amplitude diária do nível 1% foi de 15,3°C com temperatura máxima igual a 19,3°C e a temperatura mínima de 4,0°C. O valor de umidade relativa máxima atingiu 94% às 21 horas, não coincidindo com a temperatura mínima diária que ocorreu às 6 e 7 horas. A umidade relativa mínima foi igual a 18%, ocorrida às 14 horas, junto com a temperatura máxima do dia. Neste caso, o dia apresentou céu totalmente descoberto. A direção predominante resultou em oeste (270°- 290°).

TABELA 4.17 - Valores horários das características do dia típico de nível 2,5% para o período de Inverno (IPT).

Período de Inverno - Nível: 2,5% - Data: 19 / 07 / 64

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV (graus)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	7,4	7,4	100	0,0	-	0,0	6,3	0
1	7,3	7,3	100	0,0	-	0,0	6,3	0
2	7,0	7,0	100	0,0	-	0,0	6,1	0
3	6,7	6,7	100	0,0	-	0,0	6,0	0
4	6,4	6,4	100	1,2	300	0,0	5,9	0
5	6,2	6,2	100	0,0	-	0,0	5,8	0
6	6,0	6,0	100	0,0	-	0,0	5,7	0
7	5,7	5,7	100	0,0	-	2,5	5,6	49
8	7,8	7,8	100	0,0	-	2,5	6,5	107
9	11,0	9,5	83	1,8	240	0,0	6,7	166
10	14,4	9,1	49	4,2	210	0,0	4,9	218
11	15,7	12,0	65	6,0	230	0,0	7,1	253
12	17,0	12,0	55	3,0	240	0,0	6,6	265
13	18,2	12,2	49	3,6	230	0,0	6,3	253
14	17,0	12,4	59	4,8	180	0,0	7,0	218
15	16,5	12,5	63	6,0	200	0,0	7,3	166
16	16,0	12,7	69	6,0	180	0,0	7,7	107
17	14,3	12,3	78	4,2	180	0,0	8,0	49
18	12,7	10,0	71	4,8	180	1,2	6,4	0
19	10,7	8,8	78	3,0	150	0,0	6,1	0
20	10,3	8,3	77	3,6	200	0,0	5,9	0
21	10,7	8,8	78	1,8	220	0,0	6,2	0
22	9,2	7,8	83	0,0	-	0,0	5,9	0
23	8,2	7,2	87	2,4	260	0,0	5,8	0
Média Diária	10,9	9,0	81	2,3	-	0,3	6,3	77

A temperatura mínima deste dia foi igual a 5,7°C e a temperatura máxima, 18,2°C. O valor de amplitude, portanto, foi igual a 12,5°C. Este dia apresentou umidade relativa máxima chegando aos 100% da zero hora às 8 horas. A umidade relativa mínima foi de 49% ocorrendo às 13 horas, juntamente com a máxima temperatura. Houve predominância de ventos de direção sul (180° - 200°) e sudoeste (210° - 240°), com ocorrência de ventos calmos.

TABELA 4.18 - Valores horários das características do dia típico de nível 5 % para o período de Inverno.

Período de Inverno - Nível: 5,0% - Data: 24 / 06 / 62

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV (graus)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m²)
0	7,8	6,9	88	3,0	270	0,0	5,7	0
1	7,8	6,9	88	3,0	290	3,7	5,7	0
2	7,3	6,8	93	3,6	300	3,7	5,9	0
3	7,3	6,8	93	3,0	330	7,5	5,9	0
4	7,3	6,9	95	2,4	300	7,5	5,9	0
5	7,6	7,0	92	0,0	-	6,2	5,9	0
6	7,6	7,1	93	2,4	300	6,2	6,0	1
7	7,0	6,5	93	2,4	360	7,5	5,7	92
8	7,3	6,9	95	1,8	360	6,2	5,9	201
9	10,5	9,5	88	0,0	-	3,7	6,9	312
10	13,8	10,3	65	2,4	360	5,0	6,3	408
11	14,8	12,3	75	3,6	30	7,5	7,8	474
12	16,3	12,5	65	3,0	10	7,5	7,4	497
13	18,0	12,8	55	3,6	40	7,5	7,0	474
14	17,7	13,7	64	3,6	10	7,5	8,1	408
15	17,0	12,5	60	1,8	20	10,0	7,1	312
16	17,0	13,5	68	1,2	60	8,7	8,1	201
17	16,2	13,0	70	1,8	30	7,5	8,0	92
18	13,1	12,1	89	1,2	60	10,0	8,3	1
19	13,0	12,0	89	3,6	50	0,0	8,2	0
20	12,4	11,3	88	1,8	30	0,0	7,8	0
21	12,1	11,1	89	1,2	360	0,0	7,7	0
22	11,5	11,0	94	2,4	330	0,0	7,9	0
23	11,3	10,8	94	3,0	330	0,0	7,8	0
Média Diária	11,7	10,0	83	2,3	-	5,1	6,7	145

A amplitude diária do nível 5% foi de 11°C com temperatura máxima de 18°C e mínima de 7°C. Os valores extremos de umidades relativas foram iguais a 95% para a máxima e 55% para a mínima, ocorrida às 4 horas e às 13 horas, respectivamente. A umidade relativa máxima não coincidiu com a mínima temperatura, que ocorreu às 7 horas. As direções do vento predominante foram norte (360° - 20°) e nordeste (30° - 60°).

TABELA 4.19 - Valores horários das características do dia típico de nível 10 % para o período de Inverno (IPT).

Período de Inverno - Nível: 10% - Data: 17 / 07 / 62

Hora	TBS (°C)	TBU (°C)	U.R. (%)	VV (m/s)	DV (graus)	TN (0-10)	Cont. U (g/kg)	Re (Wh/m ²)
0	13,9	13,4	95	7,2	200	10,0	9,3	0
1	13,6	13,6	100	8,4	200	10,0	9,6	0
2	13,5	13,5	100	6,0	190	10,0	9,6	0
3	13,5	13,5	100	3,0	160	10,0	9,6	0
4	13,4	13,3	99	0,0	-	10,0	9,4	0
5	13,4	13,3	99	3,0	210	10,0	9,4	0
6	12,6	12,3	97	0,0	-	10,0	8,7	1
7	12,6	12,3	97	1,2	180	8,7	8,7	86
8	12,5	12,2	97	0,0	-	6,2	8,7	188
9	13,0	10,5	74	4,8	320	1,2	6,8	292
10	14,0	10,4	64	6,6	280	2,5	6,3	383
11	16,0	12,1	64	4,8	20	0,0	7,1	444
12	16,5	12,4	62	3,6	10	0,0	7,2	466
13	18,3	13,5	59	0,0	-	0,0	7,6	444
14	17,0	13,5	68	4,8	110	0,0	8,2	383
15	16,7	13,5	70	5,4	110	1,2	8,3	292
16	16,7	12,8	64	5,4	170	0,0	7,6	188
17	14,5	12,0	75	3,0	150	0,0	7,7	86
18	11,4	10,2	86	0,0	-	0,0	7,2	1
19	9,8	9,2	93	0,0	-	0,0	6,9	0
20	9,2	9,0	97	0,0	-	0,0	7,0	0
21	8,4	8,3	99	0,0	-	8,7	6,7	0
22	8,7	8,7	100	1,2	300	6,2	6,9	0
23	8,7	8,6	99	1,8	270	3,7	6,8	0
Média Diária	13,2	11,7	86	2,9	-	4,5	8,0	136

A temperatura máxima neste dia atingiu 18,3°C e a mínima 8,4°C, sendo a amplitude diária igual a 9,9°C. A umidade relativa máxima atingiu 100% e a mínima foi igual a 59%, ocorrida junto com a máxima temperatura às 13 horas. Houve predominância de ventos com a direção sul.

4.2.3. Comparação dos resultados

Principais diferenças das metodologias:

✓ a) Temperatura de bulbo seco: a Metodologia do IPT analisa temperaturas máximas diárias para o período de verão e temperaturas mínimas diárias para o período de inverno. Já na Metodologia de Sattler, as temperaturas médias diárias são analisadas.

✓ b) Período de verão e período de inverno: segundo o IPT, os períodos de verão e de inverno são definidos pelos meses mais quentes e meses mais frios do ano, respectivamente; e a Metodologia de Sattler, define os períodos pelos dias mais quentes e dias mais frios do ano.

✓ c) Dia Típico de Projeto: pelo IPT, é definido como um dia real, escolhido dentro de um intervalo de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em torno da temperatura do dia de referência. Na Metodologia de Sattler, o dia típico é definido como um dia teórico, cujas características resultam da média das características dos dias situados dentro de um intervalo, representando 1% do número de dias do conjunto.

A variação horária de temperatura dos dias típicos, para cada nível, de ambas metodologias, estão representadas pelas figuras 4.1 a 4.8. Nota-se que em todas as situações, as amplitudes de temperatura dos dias típicos obtidos pela metodologia do IPT apresentam-se maiores.

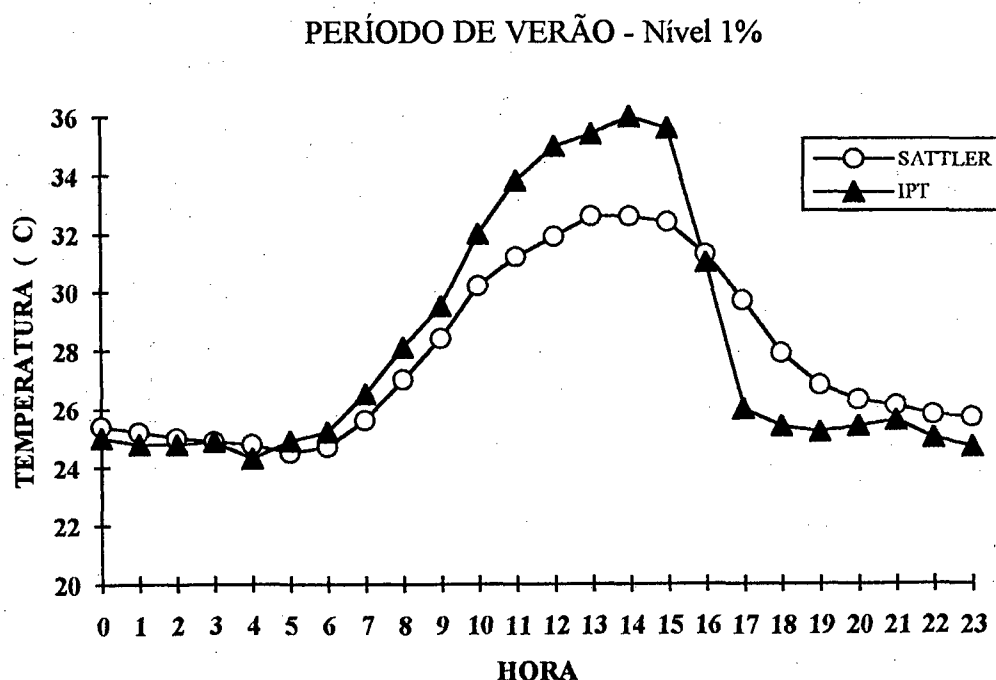


FIGURA 4.1 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 1% para o período de verão.

PERÍODO DE VERÃO - Nível 2,5%

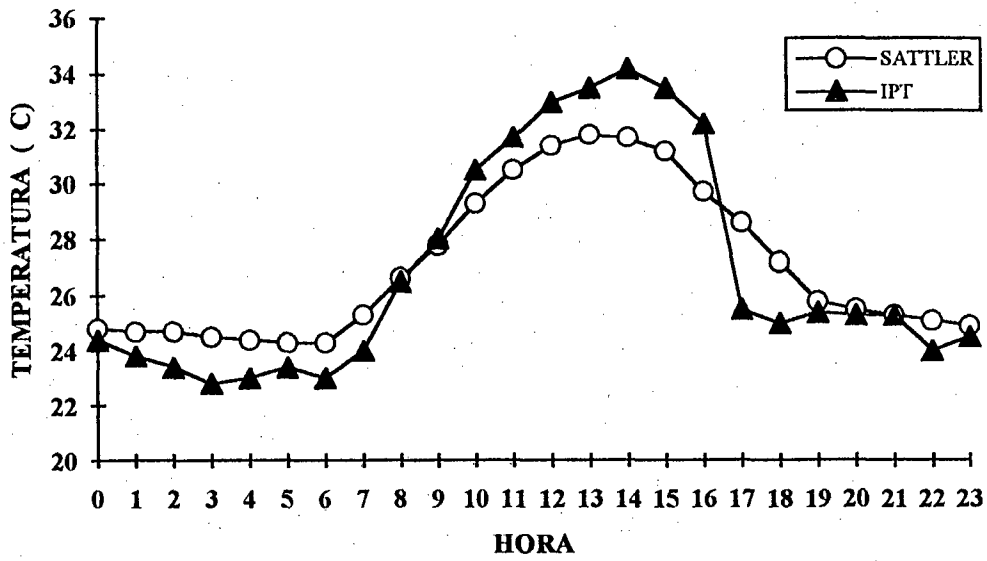


FIGURA 4.2 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 2,5% para o período de verão.

PERÍODO DE VERÃO - Nível 5%

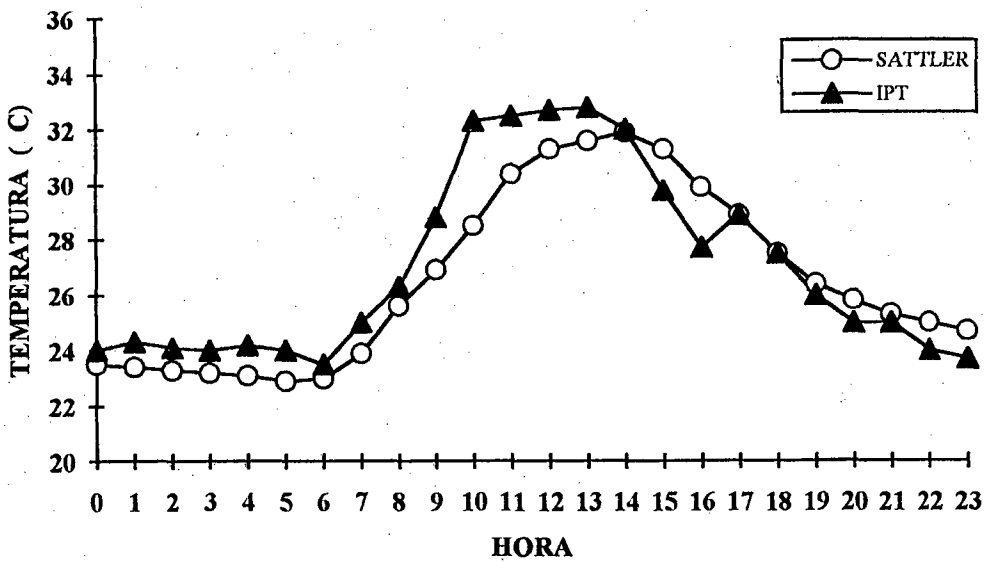


FIGURA 4.3 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 5% para o período de verão.

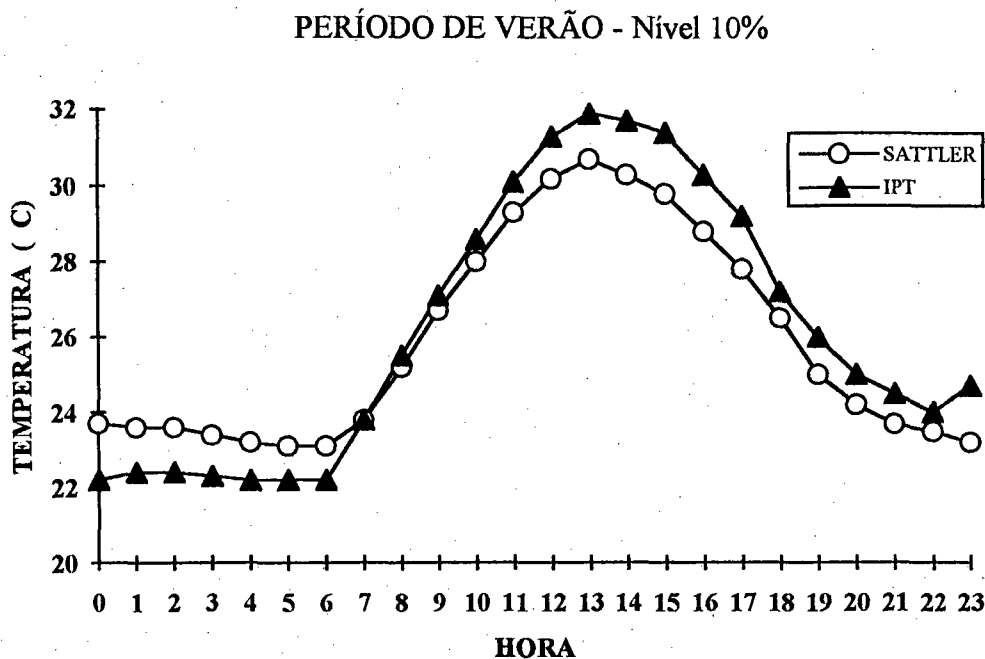


FIGURA 4.4 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 10% para o período de verão.

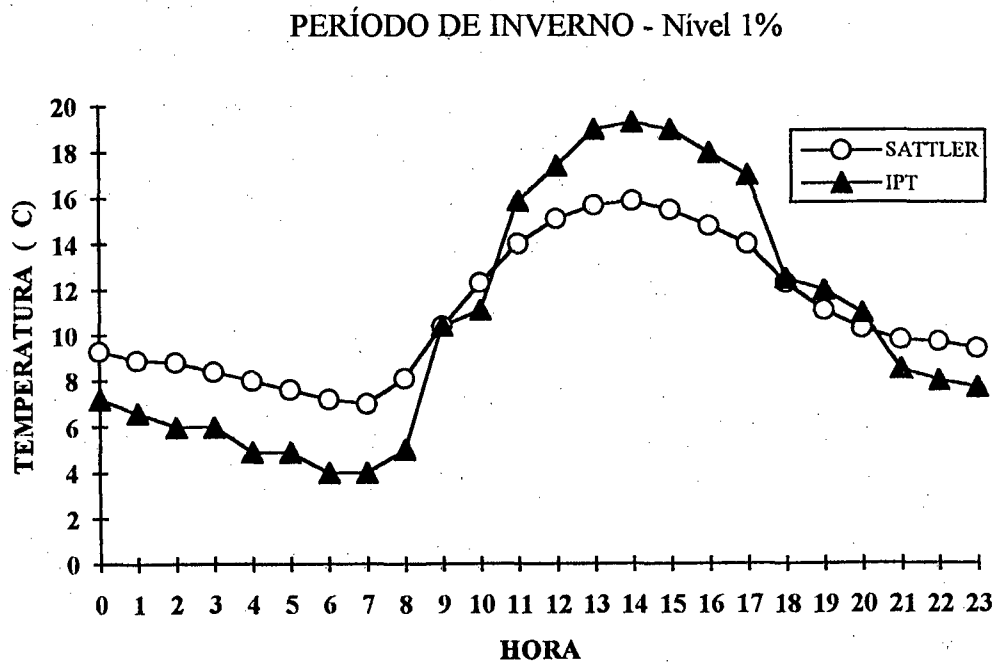


FIGURA 4.5 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 1% para o período de inverno.

PERÍODO DE INVERNO - Nível 2,5%

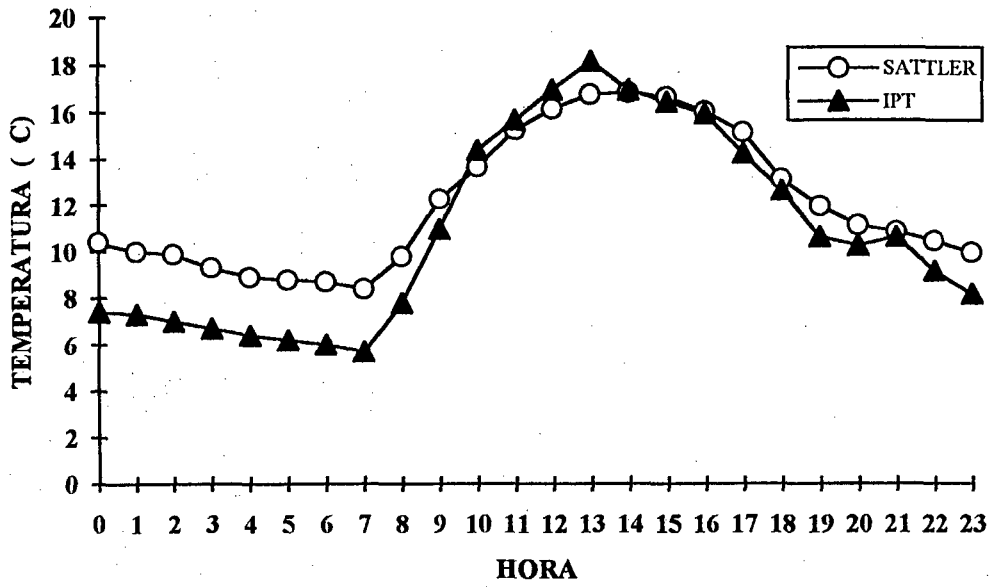


FIGURA 4.6 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 2,5% para o período de inverno.

PERÍODO DE INVERNO - Nível 5%

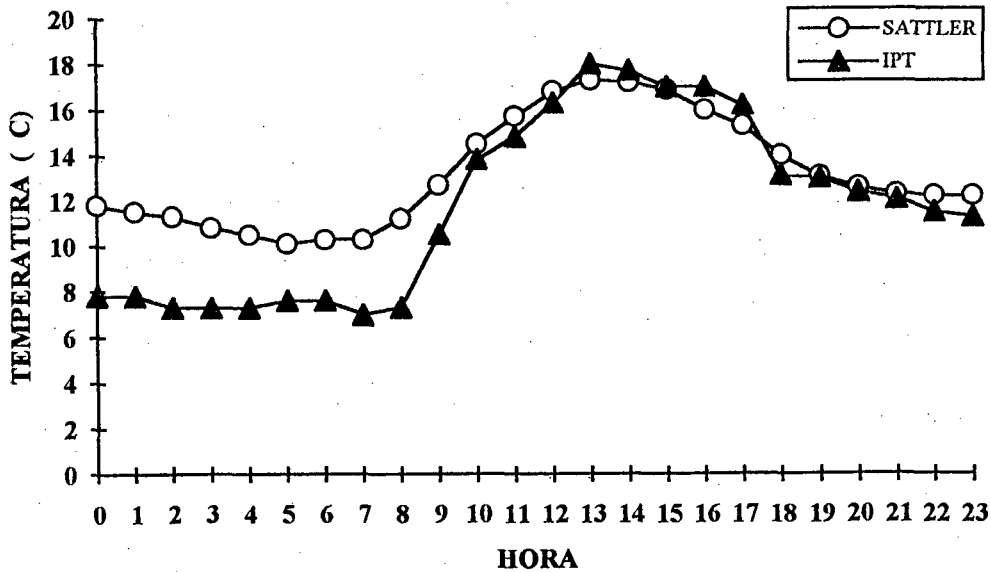


FIGURA 4.7 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 5% para o período de inverno.

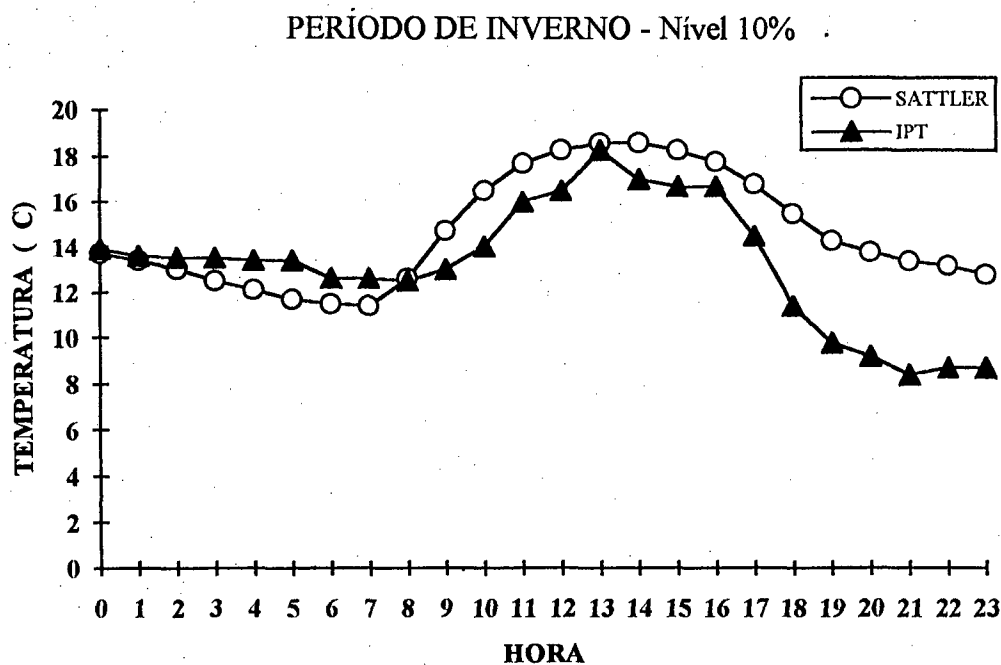


FIGURA 4.8 - Variação da temperatura diária para os dias típicos de nível 10% para o período de inverno.

4.2.4. Discussão e conclusão

A princípio, pode-se afirmar que a Metodologia do IPT é mais rigorosa, pois a definição dos dias típicos é feita em cima de períodos menores. O período de verão e o período de inverno totalizaram 590 dias (59×10) e 610 dias (61×10), respectivamente, enquanto a Metodologia de Sattler avaliou um período quente de 2000 dias e um período frio de 2230 dias. Portanto, enquanto para a Metodologia do IPT, o dia típico de nível 1% para o período de verão, por exemplo, correspondeu ao 5º dia ($590 \times 0,01$), para a Metodologia de Sattler, este mesmo dia correspondeu ao 20º ($2000 \times 0,01$). Ou seja, pode-se estabelecer uma relação de que o dia de nível 1% de Sattler, encontra-se no intervalo entre os dias de níveis 2,5% e 5% do IPT. Além disso, a primeira trabalha com temperaturas máximas e mínimas e a segunda, com temperaturas médias.

Numa segunda análise, ao verificar-se os dias contidos nos intervalos que geraram os dias típicos para cada metodologia, foi observado que algumas datas iguais encontravam-se em diferentes intervalos.

As tabelas 4.20 e 4.21 mostram as datas encontradas em intervalos que geraram diferentes dias típicos.

TABELA 4.20 - Datas pertencentes a intervalos que geraram diferentes dias típicos (Período de Verão).

Data	Met. Sattler	Met. IPT	Ampl.(°C)
09/01/63	2,5%	1%	11,8
01/02/65	5%	2,5%	13,7

Para o período de verão (tabela 4.20), o dia 09/01/63 que fazia parte do intervalo que gerou o dia típico de 2,5% pela Metodologia de Sattler, também fazia parte do intervalo que gerou o dia típico de 1% pela Metodologia do IPT. De maneira análoga, o dia 01/02/65 gerou um dia típico de 5% pela Metodologia de Sattler e fez parte da relação de dias que definiu o dia típico de 2,5% pela Metodologia do IPT. Estes dias caracterizaram-se por um valor grande de amplitude de temperatura, isto é acima da amplitude média de Florianópolis que resultou em 7,8°C (ver item 3.1.3.1.).

TABELA 4.21 - Datas pertencentes a intervalos que geraram diferentes dias típicos (Período de Inverno).

Data	Met. Sattler	Met. IPT	Ampl.(°C)
21/06/63	2,5%	1%	14,8
17/06/63	10%	5%	13,3

O mesmo aconteceu para o período de inverno (tabela 4.21), o dia 21/06/63 que encontrava-se no intervalo que gerou o dia típico de 2,5% pela Metodologia de Sattler, fazia parte do intervalo que gerou o dia típico de nível 1% pela Metodologia do IPT. O dia 17/06/63 encontrava-se no intervalo que gerou o dia típico de 10% pela Metodologia do Sattler e também fazia parte do intervalo que gerou o dia de nível 5% pela Metodologia do IPT. Observou-se que a amplitude de temperatura para estes dias também apresentavam valores bem acima da média.

Nestes casos, a Metodologia do IPT apresentou resultados com níveis bem mais rigorosos que a de Sattler, até mesmo superando os valores esperados.

A fim de ilustrar a influência da amplitude diária de temperatura nos resultados, toma-se, como exemplo teórico, dois dias de inverno com as seguintes características: o primeiro com uma amplitude de 7°C, temperaturas extremas de 2°C e 9°C e temperatura média igual a 5,5°C. O segundo, apresentando amplitude igual a 15°C, com temperaturas extremas correspondentes a 2°C e 17°C e temperatura média de 9,5°C. Supondo-se que estes dias estão sendo analisados pelas metodologias em questão, pode-se verificar que quando analisados pelos valores extremos de temperatura (IPT), os dias são considerados iguais, ou seja, estão dentro da mesma faixa de ocorrência. Porém, ao analisar-se pelos valores médios de temperatura (Sattler), os exemplos citados possuem comportamentos diferentes, isto é, estão em diferentes faixas de ocorrência. Isto acontece porque para um dia de amplitude maior, a temperatura média resultante acaba amenizando os efeitos dos valores de temperaturas extremas ocorridas neste dia.

Observou-se, também, que os dias típicos obtidos a partir das temperaturas médias possuem amplitudes de temperatura próximas da amplitude média resultante para Florianópolis. Já os dias típicos obtidos pelas temperaturas máximas e mínimas possuem amplitudes diárias acima da média sendo, portanto, dias com amplitudes de temperatura dentro de uma faixa de menor frequência de ocorrência.

A partir destas análises pôde-se concluir que a amplitude diária de temperatura tem uma grande influência nos resultados finais quando aplicam-se as metodologias para definição de dias típicos.

4.3. Dia Mensal Típico

O dia mensal típico é uma ferramenta para ser utilizada na determinação de cartas de necessidades segundo o método bioclimático de Olgyay.

Para determinação do dia mensal típico, propõe-se uma metodologia baseada em conclusões de análises anteriores.

Conforme visto no item 4.2.4, o dia típico de projeto determinado pelas temperaturas (bulbo seco) médias diárias fornece resultados com amplitudes mais próximas da média. Isto favoreceu na escolha da metodologia de dia mensal típico, utilizando-se as temperaturas médias diárias como parâmetro básico.

A determinação da curva de temperaturas típicas mensais, caracterizando o ano, foi baseada no trabalho de CASAGRANDE e LAMBERTS [1991], que mostra o desenvolvimento de uma nova metodologia para a elaboração de uma carta de necessidades para Florianópolis. No estudo, duas curvas de temperaturas (uma para o verão e outra para o inverno) geraram uma terceira curva média, utilizada no desenvolvimento da sua metodologia. Para isso, foi delimitado o raio de abrangência de cada uma delas. Para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março foram utilizadas as temperaturas da curva de verão. Do mesmo modo, foram utilizadas as temperaturas da curva de inverno nos meses de junho, julho e agosto. Quanto aos meses intermediários, ou seja, abril, maio, setembro, outubro e novembro, CASAGRANDE e LAMBERTS realizaram uma interpolação gráfica entre os valores de verão e de inverno, definindo assim, a curva de temperaturas típicas mensais.

No presente trabalho, as curvas de verão e inverno foram definidas da seguinte maneira:

- Para cada mês, as temperaturas médias diárias foram calculadas para todo o período de dez anos disponível;
- Para a curva de verão, as temperaturas médias diárias foram ordenadas em ordem decrescente e encontrada a temperatura para o nível de 2,5% para cada mês, separadamente. Isto significa que somente 2,5% das temperaturas são maiores que aquela temperatura encontrada.

- Do mesmo modo, definiu-se a curva de inverno. Neste caso, as temperaturas médias diárias foram ordenadas em ordem crescente, para cada mês, sendo encontrada a temperatura de nível de 2,5%.

Definidas as curvas de verão e inverno, a curva de temperaturas do dia mensal típico foi definida como descrito a seguir:

- Para os meses de verão (dezembro a março), foram adotadas as temperaturas da curva de verão. Para os meses de inverno (junho, julho e agosto), as temperaturas da curva de inverno foram adotadas.

- Para os meses intermediários (abril, maio, setembro, outubro e novembro), primeiramente foram definidos aqueles que possuíam valores de temperatura média mensal mais próximos da temperatura da curva de verão e aqueles cuja temperatura média mensal encontrava-se mais próxima da temperatura da curva de inverno. Para isso, traçou-se as curvas de verão e inverno e a curva de temperaturas médias mensais. A seguir, traçou-se uma reta correspondente ao valor de temperatura média de todo o período analisado (dez anos), o qual é igual a 20,5°C (ver item 3.1.1.). Os meses com valores de temperatura média mensal que encontravam-se abaixo da reta, foram considerados meses mais frios e aqueles com valores acima da reta, foram considerados meses mais quentes. Os meses considerados mais quentes foram abril e novembro e os mais frios, maio, setembro e outubro.

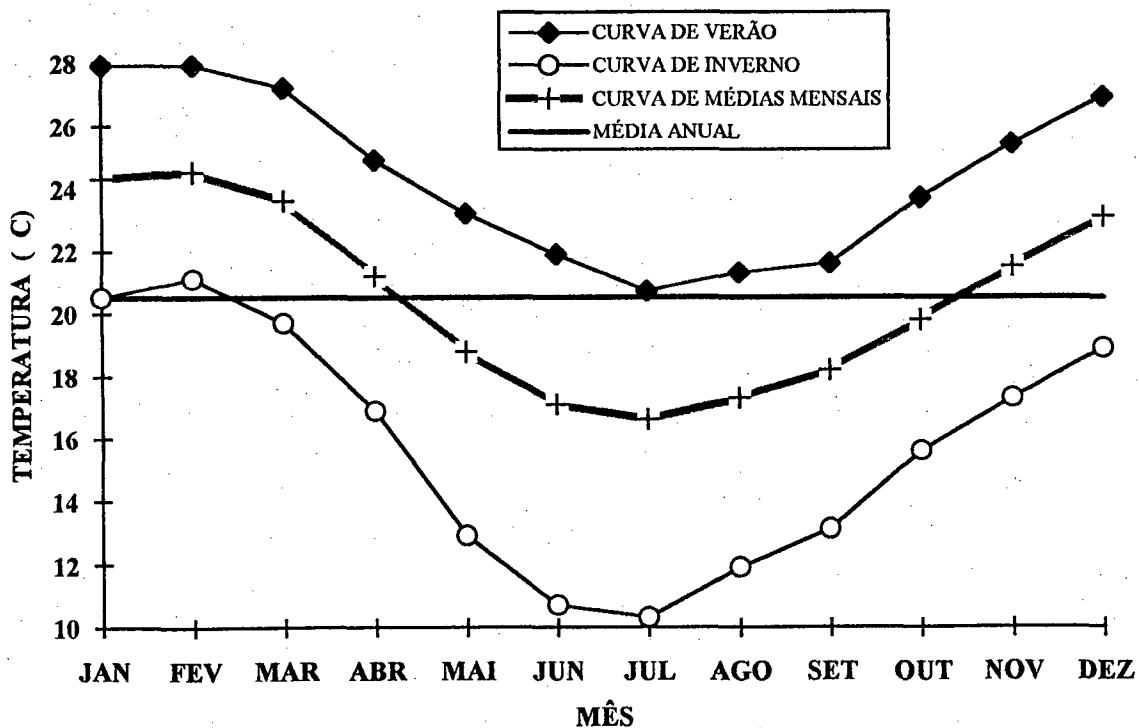


FIGURA 4.9 - Curvas de temperaturas médias mensais para obtenção do dia mensal típico.

- Para os meses considerados mais quentes, calculou-se a média entre o valor de temperatura da curva de médias mensais e o valor de temperatura da curva de verão. Para os meses considerados mais frios, calculou-se a média entre os valores de temperatura da curva de médias mensais e da curva de inverno. Os valores encontrados foram adotados como temperatura típica dos meses em questão.

- Por último, traçou-se, então, a curva de temperatura média mensal típica com os respectivos valores de temperatura para cada mês.

A figura 4.10 mostra a curva de temperaturas médias mensais típicas.

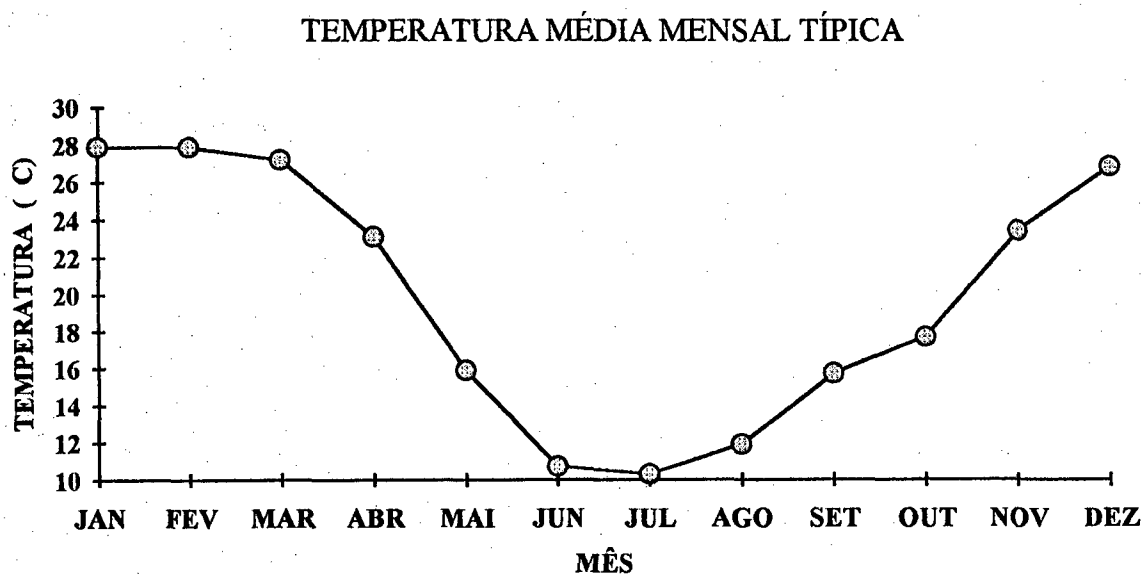


FIGURA 4.10 - Curva de temperaturas médias mensais típicas.

De posse dos valores de temperaturas típicas mensais deve-se resgatar as temperaturas horárias e demais características correspondentes a este dia. A metodologia de obtenção dos valores horários encontra-se em fase de definição. À princípio, pretende-se determinar a distribuição típica mensal de temperatura durante as diferentes horas do dia. Para isto, fatores de multiplicação horários para cada mês, serão calculados baseado na análise para todo o período de dados disponível. Os fatores de multiplicação, por sua vez, serão utilizados, juntamente com a amplitude média mensal e as temperaturas média das máximas e média das mínimas, para determinar as temperaturas horárias do dia mensal típico. As temperaturas média das máximas e média das mínimas serão definidas a partir da temperatura típica mensal \pm amplitude/2.

EVANS [1993] mostra, de forma gráfica, o processo para determinar valores horários de temperatura.

4.4. Ano Climático de Referência

O processo de seleção do ano climático típico foi desenvolvido conforme descrito no item 2.3.6.

Primeiramente, os meses foram classificados em ordem de importância para cálculos relacionados ao consumo de energia. Para isso, foram analisados os valores médios mensais de temperatura do ar, anotando-se o mês mais quente e o mês mais frio, o segundo mês mais quente e o segundo mês mais frio e assim por diante, conforme apareceram as maiores e as menores temperaturas médias mensais, respectivamente (ver tabela 3.1). Após fecharem os doze meses, repete-se a seqüência dos meses, porém invertendo-se o sentido de análise, ou seja, onde é quente passa a ser frio e vice-versa. Com isso, os anos que apresentarem temperaturas médias mensais extremas (mais altas ou mais baixas) poderão ser eliminados de acordo com o procedimento.

A tabela 4.22 mostra a seqüência dos meses obtida pela análise.

TABELA 4.22 - Seqüência dos meses em ordem de importância para cálculos de consumo de energia.

1) Fev. + quente	9) Nov. + quente	17) Mar. + frio
2) Jul. + frio	10) Maio + frio	18) Ago. + quente
3) Jan. + quente	11) Abr. + quente	19) Dez. + frio
4) Jun. + frio	12) Out. + frio	20) Set. + quente
5) Mar. + quente	13) Fev. + frio	21) Nov. + frio
6) Ago. + frio	14) Jul. + quente	22) Maio + quente
7) Dez. + quente	15) Jan. + frio	23) Abr. + frio
8) Set. + frio	16) Jun. + quente	24) Out. + quente

As temperaturas médias mensais de cada ano para o período disponível, foram examinadas, segundo a classificação acima. Assim, o ano que apresentou a temperatura média mensal mais elevada para o mês de fevereiro, por exemplo, e aquele ano que apresentou o menor valor de temperatura média mensal para este mesmo mês, foram eliminados. Os anos foram sendo eliminados seguindo a seqüência dos meses. O último ano restante foi designado como ano climático típico.

Para o período analisado, foi obtido o ano de 1963. Os dados do ano típico foram armazenados em arquivo, estando disponível para aplicação em programas de simulação. O ano típico contém as seguintes informações climáticas para as 8.760 horas do ano:

- Mês, dia e hora;
- Temperatura de bulbo seco (TBS);
- Temperatura de bulbo úmido (TBU);
- Umidade relativa (UR);
- Direção do vento (DV);
- Velocidade do vento (VV);
- Pressão barométrica (PR);

- Nebulosidade (TN);
- Radiação solar (estimada a partir da nebulosidade).

A representatividade dos dados do ano típico pode ser verificada através da comparação dos valores médios mensais das suas características de TBS, TBU, VV, UR, TN, $T_{\text{máx}}$ (temperatura média das máximas) e $T_{\text{mín}}$ (temperatura média das mínimas), com os valores médios mensais das mesmas variáveis obtidos a partir dos registros de todo o período (ver cap. 3).

Os valores médios mensais das variáveis climáticas que caracterizam o ano típico são mostrados na tabela 4.23.

TABELA 4.23 - Valores médios mensais das características do Ano Típico.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TBS (°C)	24,8	24,3	24,3	21,5	18,9	17,0	17,5	17,1	19,0	19,7	21,3	22,6
$T_{\text{máx}}$ (°C)	29,3	28,2	28,2	26,9	24,3	22,5	22,2	21,2	22,7	23,3	25,2	26,7
$T_{\text{mín}}$ (°C)	21,7	21,2	21,4	17,2	14,8	12,6	13,8	13,8	16,4	17,0	18,0	19,1
TBU (°C)	23,0	22,6	22,4	19,4	16,8	15,1	15,8	15,3	17,7	17,9	19,4	20,3
VV (m/s)	4,0	2,9	3,5	2,6	2,9	2,8	3,0	3,4	3,2	3,8	3,9	3,9
UR (0-1)	0,87	0,88	0,85	0,84	0,82	0,84	0,85	0,84	0,89	0,86	0,85	0,82
TN (0-10)	7,2	7,1	7,4	3,9	3,8	4,1	5,3	6,9	7,9	7,9	7,7	6,8

As médias mensais foram comparadas através do Teste de Igualdade de Médias descrito em 3.6. e os resultados encontrados são apresentados a seguir:

TABELA 4.24 - Teste de Igualdade para as médias mensais do ano climático.

VARIÁVEL	DIFMÉDIA	T	PROB > T
TBS	0,17	1,25	0,24
$T_{\text{MÁX}}$	0,20	0,99	0,34
$T_{\text{MÍN}}$	0,18	0,88	0,40
TBU	0,44	2,55	0,03
VV	-0,75	-8,04	0,0001
UR	0,02	3,63	0,004
TN	0,16	0,59	0,56

As variáveis de TBS, $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$ e TN apresentaram probabilidades maiores que 5%. Isto significa que as diferenças encontradas não foram significativas e aceita-se a hipótese de que os valores comparados são iguais.

Quanto às variáveis de TBU, UR e VV apresentaram probabilidades menores que 5%, o que leva a rejeitar-se a hipótese H_0 .

Observa-se que, com exceção da VV, para todos os testes as diferenças médias (Dif) resultaram em valores positivos. Isto quer dizer que as médias mensais das características do ano típico, são, na maioria, maiores que as médias mensais dos valores correspondentes no período inteiro.

4.5. Graus-dia e Graus-hora

A Norma Espanhola NBE-CT-79 [1979] recomenda a temperatura base (T_b) de 15°C ao estabelecer os graus-dia anuais para determinar a energia necessária para aquecimento. Já SZOKOLAY [1987] adota $T_b = 18^\circ\text{C}$ para o cálculo deste mesmo índice. O trabalho de EVANS [1988] sobre a determinação das zonas ambientais da Argentina, mostra que os índices adotados como limites de inverno para a zonificação, foi baseada em graus-dia anuais, cuja temperatura base foi tomada como 14°C para temperaturas médias.

Neste estudo, optou-se por estabelecer os graus-dia (e graus-hora) mensais e anuais para aquecimento, com as diferentes temperaturas-bases: $T_b = 14^\circ\text{C}$, 15°C , 16°C , 17°C e 18°C , com o fim de obter-se maiores informações quanto a demanda de energia.

De acordo com o exposto no item 2.3.5., primeiramente foram determinados os graus-dia mensais e anuais com os resultados mostrados na tabela 4.25.

TABELA 4.25 - Graus-dia mensais e anuais para aquecimento.

T_b	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Annual
14	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	7,8	10,0	4,5	1,6	0,1	1,3	0,0	26,7
15	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	13,8	17,1	8,4	3,3	0,4	1,4	0,0	47,4
16	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	22,3	26,9	15,2	7,1	1,2	1,5	0,0	80,0
17	0,0	0,0	0,0	0,4	11,0	33,6	40,6	25,5	13,4	3,5	1,8	0,0	129,8
18	0,0	0,0	0,1	1,7	18,6	48,2	58,1	40,7	23,3	8,8	2,6	0,0	202,1

Numa segunda etapa, os valores de graus-hora foram determinados para as mesmas temperaturas-bases. Os resultados aparecem na tabela 4.26.

TABELA 4.26 - Graus-hora mensais e anuais para aquecimento.

T_b	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Annual
14	0,0	0,0	0,2	12,8	175,4	404,8	443,1	273,6	141,1	35,4	8,1	0,8	1495,3
15	0,0	0,0	0,8	23,9	272,8	568,2	645,1	411,2	225,3	70,2	17,7	2,9	2238,1
16	0,0	0,2	2,9	45,7	405,2	783,1	909,2	612,0	357,6	138,7	38,4	9,5	3302,5
17	0,8	0,9	8,3	92,7	587,3	1066,7	1254,0	894,7	545,0	254,2	76,1	23,8	4804,5
18	6,0	3,4	22,3	176,6	838,0	1434,3	1686,8	1275,8	813,6	430,3	142,5	51,1	6880,7

Como o clima de Florianópolis é quente no verão, necessitando-se muitas vezes de refrigeração em ambientes internos, os graus-dia (e graus-hora) foram também determinados para estimar a energia requerida para refrigeração.

As temperaturas-bases utilizadas na determinação destes índices foram: $T_b = 27^\circ\text{C}$ e 28°C para graus-dia, acrescentando-se $T_b = 29^\circ\text{C}$ para graus-hora. Estas temperaturas foram escolhidas baseadas na zona de conforto da ASHRAE, cujo limite máximo é em torno de 27°C . Obteve-se os resultados mostrados na tabela 4.27.

TABELA 4.27 - Graus-dia mensais e anuais para refrigeração.

T_b	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Annual
27	1,1	1,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,2
28	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3

Os valores de graus-hora, foram estimados de maneira similar, obtendo-se os resultados, conforme mostra a tabela 4.28.

TABELA 4.28 - Graus-hora mensais e anuais para refrigeração.

T_b	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Annual
27	312,7	313,5	244,7	45,8	5,1	3,4	1,8	4,3	1,0	17,0	63,5	150,8	1163,6
28	188,3	194,4	144,2	19,5	1,9	0,6	0,2	2,7	0,0	6,3	34,2	81,2	673,5
29	106,2	112,8	76,3	7,6	0,7	0,0	0,0	1,7	0,0	2,0	17,3	40,4	365,0

Observa-se que os valores de graus-dia e graus-hora anuais para aquecimento resultaram maiores que para refrigeração. Este resultado não é representativo na prática, pois sabe-se, pela experiência, que em Florianópolis o período de calor é bem mais intenso que o de frio, necessitando-se mais de carga de refrigeração. Porém, o cálculo de graus-dia e graus-hora é baseado na temperatura externa e a sensação de calor no interior da edificação é acrescida por ganhos internos. Ou seja, no verão a temperatura interna aumenta, tornando-se desagradável e, conseqüentemente a carga de refrigeração precisa ser maior ou por muito mais tempo. Da mesma forma, no inverno a massa térmica da edificação e ganhos de calor internos amenizam o frio provocado por temperaturas externas mais baixas, necessitando-se, portanto, de menor carga de aquecimento no interior do ambiente.

4.6. Discussão

As metodologias apresentaram resultados, muitas vezes, com características semelhantes, permitindo algumas análises e comparações:

- Os dias típicos obtidos pela metodologia de Sattler apresentaram valores de temperaturas extremas (temperatura máxima para o verão e temperatura mínima para o inverno) muito próximas das temperaturas de projeto segundo a metodologia da ASHRAE nos níveis correspondentes. As semelhanças podem ser vistas a seguir:

TABELA 4.29 - Comparação dos resultados entre as metodologias de Sattler e da ASHRAE no período de verão.

Nível	Dia Típico (Sattler) temp. máx. diária	Temp. de Projeto (ASHRAE)
1%	32,6°C	32,0°C
2,5%	31,8°C	30,8°C

TABELA 4.30 - Comparação dos resultados entre as metodologias de Sattler e da ASHRAE no período de inverno.

Nível	Dia Típico (Sattler) temp. mín. diária	Temp. de Projeto (ASHRAE)
99%	7,0°C	7,0°C
97,5%	8,4°C	8,5°C

- As informações de probabilidade de ocorrência de temperaturas (bulbo seco) mensais mostradas no item 3.1.2. apresentaram resultados coerentes com as temperaturas de projeto (ASHRAE) para alguns meses de verão e inverno, conforme mostra-se a seguir:

TABELA 4.31 - Comparação dos resultados entre a metodologia da ASHRAE e probabilidades de ocorrência de temperaturas (verão).

Nível	Temp. de Projeto	Prob.	Janeiro	Março
1%	32,0°C	99%	32,4°C	31,8°C
5%	29,8°C	95%	30,0°C	29,7°C

TABELA 4.32 - Comparação dos resultados entre a metodologia da ASHRAE e probabilidades de ocorrência de temperaturas (inverno).

Nível	Temp. de Projeto	Prob.	Junho	Julho
99%	7,0°C	1%	7,0°C	6,9°C

- A comparação entre as metodologias de dia típico permitiu identificar a influência da amplitude de temperatura nos resultados encontrados. Dias com amplitudes grandes (acima da média) devem ser cuidadosamente analisados, pois dependendo da metodologia adotada, enquadram-se em diferentes intervalos, podendo gerar dias típicos de diferentes níveis de frequência de ocorrência.

- Constatou-se algumas limitações no processo de seleção dos dias típicos de ambas metodologias:

→ O dia típico obtido pela Metodologia de Sattler é um dia teórico, ou seja, resulta das médias horárias das características dos dias situados dentro de um intervalo. Valores médios podem distorcer a realidade, já que verifica-se a ocorrência de dias com condições climáticas opostas dentro do mesmo intervalo. Por exemplo, variáveis como a nebulosidade podem apresentar-se iguais a zero ou a dez (totalmente nublado) e fazendo-se a média, o dia resultante apresenta-se com nebulosidade igual a cinco, que não corresponde a uma situação real. O mesmo acontece com a velocidade do vento, valores extremos podem ocorrer num mesmo intervalo e o dia obtido pode caracterizar-se com resultados diferentes. Inclusive nos dias típicos resultantes não há ocorrência de ventos calmos. Isto pode ser comprovado pela comparação dos resultados horários das características dos dias típicos obtidos segundo Sattler (tabelas 4.3 a 4.10) com os obtidos segundo o IPT (tabelas 4.12 a 4.19).

→ Pela Metodologia do IPT, o dia típico é definido como um dia real, escolhido entre os dias situados dentro de um intervalo. Porém, o processo de seleção deste dia é subjetivo, tendo-se certa dificuldade de realizar a escolha adequada. Além disso, os valores médios das características climáticas são comparados, dando-se prioridade para a temperatura de bulbo seco. Corre-se o risco de selecionar um dia dentro do intervalo que não seja representativo quanto às demais características. A radiação solar e ventos predominantes deveriam ser levados em conta.

- Deve-se chamar a atenção quanto a radiação solar estimada para os dias típicos de projeto de verão, onde pôde-se observar que os totais diários resultaram em valores baixos em relação aos totais diários de radiação ocorridos em Florianópolis. O trabalho de PAULETTI e LAMBERTS [1991], no qual são analisados os dados de radiação solar de Florianópolis medidos no Laboratório de Energia Solar (UFSC), apresenta os seguintes valores de totais diários (em Wh/m²) nos níveis de frequência de ocorrência considerados:

Nível 1% = 8844,6 Nível 2,5% = 8604,7

Nível 5% = 8259,9 Nível 10% = 7983,8

Em vista disto, nota-se que os totais diários de radiação estimada dos dias típicos resultaram em valores menores, apresentando de acordo com o trabalho citado, as seguintes probabilidades de ocorrência:

Dias Típicos de Verão (Sattler)

41% ≥ 4727 Wh/m² (nível 1%)

42% ≥ 4692 Wh/m² (nível 2,5%)

52% ≥ 4211 Wh/m² (nível 5%)

36% ≥ 4932 Wh/m² (nível 10%)

Ressalta-se que as metodologias para determinação de dias típicos utilizam a temperatura do ar como parâmetro básico. Além disso, a radiação solar é estimada a partir de dados de nebulosidade, os quais são registrados por observações, resultando em dados de pouca precisão. Portanto, a radiação solar estimada não é apropriada para situações onde o ganho por radiação é preponderante, como o caso de janelas.

- A metodologia de obtenção das características horárias do dia mensal típico ainda encontra-se em fase de definição. Porém, estas informações são importantes já que correspondem a um meio termo entre ano climático de referência e dia típico de projeto.

- Quanto a representatividade do ano típico, pelo Teste de Igualdade pôde-se constatar que os dados, de maneira geral, possuem comportamento semelhante ao do período inteiro. Diferenças significativas foram encontradas somente quanto às variáveis de temperatura de bulbo úmido, umidade relativa e velocidade do vento. □

Capítulo 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os dados de projetos obtidos através das metodologias de tratamento de dados climáticos possuem diversas aplicações em análises térmicas, sendo muito úteis para arquitetos e engenheiros:

- Os dados de temperatura de projeto podem ser usados para cálculo de cargas de refrigeração em edificações, dimensionamento de sistemas de ar condicionado, além de serem utilizados em projetos de sistemas de esfriamento evaporativo.
- As características dos dias típicos podem ser empregadas em alguns programas de simulação térmica como o Arqitrop, por exemplo, que utiliza estas informações como dado de entrada.
- Os dados do ano climático de referência permitem a simulação de edificações hora a hora, resultando em análises mais precisas do consumo de energia, sendo utilizados em programas como CONFIE, DOE e ESP.
- Graus-dia e graus-hora são métodos mais simplificados utilizados para estimar cargas de refrigeração e aquecimento mensais e anuais.

Das análises das metodologias pôde-se constatar:

- Os dias típicos obtidos pela Metodologia de Sattler apresentaram valores de temperaturas extremas (máximas para o verão e mínimas para o inverno) muito próximas das temperaturas de projeto resultantes segundo a Metodologia da ASHRAE nos níveis correspondentes.
- Os dias típicos obtidos pelas temperaturas médias (Sattler), parecem ser mais apropriados para aplicação em edificações, pois apresentam amplitudes de temperatura dentro de uma faixa de maior frequência de ocorrência.
- Tendo em vista que os registros de nebulosidade são realizados por observações visuais e, portanto, imprecisas, pode-se justificar os erros obtidos quando comparados os valores estimados de radiação com aqueles medidos no Laboratório, para o mesmo período. Porém, para a maioria das estações meteorológicas, somente se dispõe de dados de nebulosidade. Diante desse quadro, acredita-se que as informações de radiação solar estimada, mesmo não totalmente confiáveis, são de grande valia para avaliações térmicas. Reforça-se o alerta de que a radiação solar estimada não pode ser aplicada para análises de ganho de radiação através de aberturas por resultarem em valores que subestimam a realidade.
- Acredita-se que as informações de dia mensal típico são importantes pois correspondem a um meio termo entre ano climático de referência e dia típico de projeto. Porém, a metodologia encontra-se em fase de definição, necessitando de melhores investigações.

- O ano climático de referência mostrou-se representativo do comportamento de todo o período analisado quanto a maioria das variáveis climáticas.

A partir da descrição estatística pôde-se concluir:

- O horário de ocorrência das temperaturas máximas e mínimas diárias mostrou-se melhor caracterizado quando calcula-se a hora mediana.

- Considerando o conteúdo de umidade constante obteve-se valores mais extremos de umidade relativa, correndo-se o risco portanto, de superestimar a variação da umidade relativa média mensal.

- A comparação das normais permitiu verificar que as normais climatológicas publicadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia correspondentes a registros realizados na estação de Florianópolis não apresentaram diferenças significativas em relação às normais calculadas dos registros do aeroporto.

Para futuros trabalhos sugere-se:

- Aperfeiçoar métodos de estimação de radiação solar à partir de dados de nebulosidade.
- Complementação do estudo de dia mensal típico com critério de resgate das características horárias.
- Aplicação das metodologias de tratamento de dados climáticos para outras cidades brasileiras com avaliação dos resultados.
- Definição das metodologias em forma de norma. □

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKUTSO, M. e VITTORINO, F., [1991]. *Proposta de Procedimentos para o Tratamento de Dados Climáticos*. In: Lamberts, R. e Pereira, F. (Editores), I Encontro Nacional sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações, Florianópolis, p. 213.
- ALUCCI, M. P., [1981]. *Recomendações para Adequação de uma Edificação ao Clima, no Estado de São Paulo*. Dissertação de Mestrado, São Paulo.
- ASHRAE, [1985]. *Weather Data and Design Conditions*. In: ASHRAE Handbook - Fundamentals, New York, cap. 24.
- _____ *Psychrometries*. In: ASHRAE Handbook - Fundamentals, New York, cap. 6.
- ASLON, S.; CHARMCHI, M.; GAGGIOLI, R. A., [1986]. *Psychrometric Analysis for Arbitrary Dry-gas Mixtures and Pressures Using Microcomputers*. ASHRAE Transactions, Part 1B, January/86, pp. 19 - 22.
- BITAN, A., [1988]. *The Methodology of Applied Climatology in Planning and Building. Energy and Building*, Lausanne, Vol. 11, nº 1/3, pp. 1 - 10.
- CASAGRANDE, M. A.; LAMBERTS, R., [1991]. *Arquitetura Bioclimática: Carta de Necessidades e Diagrama de Sombras Desejáveis*. In: Lamberts, R. e Pereira, F. (Editores), I Encontro Nacional sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações, Florianópolis, p. 292.
- COLUMBA, M.; BARBARO, S.; RIZZO, G.; CANISTRANO, G., [1991]. *Applying Reduced Weather Data to Temperate Climates for Energy Analysis of Buildings*. In: Proceedings of the Ninth International PLEA Conference, Seville, pp. 653 - 658.
- DEGELMAN, L. O., [1976]. *A Weather Simulation Model for Building Energy Analysis*. ASHRAE Transactions, pp. 435 - 447.
- DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A., [1980]. *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Wiley and Sons. p. 79.
- EVANS, J. M., [1991]. *Analisis de las Normas IRAM de Habitabilidad: Normas IRAM 11.604, 11.605 y 11.625*. In: Reunion de Trabajo de Investigadores, 1, Buenos Aires.
- EVANS, J. M.; SCHILLER, S. de, [1988]. *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*. Série de Ediciones Prévias, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Buenos Aires.

- EVANS, J. M., [1993]. *Diseño Arquitectónico y Confort*. Curso ministrado no 2º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Florianópolis.
- FORN, R. A.; LOTERSZTAIN, I., [1973]. *Quality Rules for Thermal Performance of Low Cost Dwellings*. In: Conference Teaching the Teachers on Building Climatology, Estocolmo.
- FREITAS, C. O. de A., [1991]. *Banco de Dados Meteorológicos Horários do Estado do Paraná*. In: Lamberts, R. e Pereira, F. (Editores), I Encontro Nacional sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações, Florianópolis, p. 260.
- GAPLAN, [1986]. *Atlas de Santa Catarina*. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Aerofoto Cruzeiro, Rio de Janeiro.
- GIVONI, B., [1992]. *Confort, Climate Analysis and Building Design Guidelines*. Energy and Building, Vol. 1, pp. 11 - 23.
- GONZALEZ, M. P.; CAMACHO, G. C., [1991]. *A Method to Determine a Set of Statistically Independent Climatic Elements. Application to 44 Urban Stations All Over Peninsular Spain*. In: Proceedings of the Ninth International PLEA Conference, Seville, pp. 659 - 664.
- GRIFFITHS, J. F., [1976]. *Applied Climatology - an Introduction*. Oxford University Press, London.
- LACY, R. E., [1972]. *Liste des Données Météorologiques Utiles à la Construction*. Conseil International du Bâtiment pour la Recherche, l'Étude et la Documentation, (CIB - Rapport n° 15), Paris.
- LIDDAMENT, M. W., [1986]. *Air Infiltration Calculation Techniques - An Application Guide*. AIVC (Air Infiltration and Ventilation Centre).
- MELO, G.; LEITE, J. S. V.; SILVA, L. A. I.; GUSMÃO, R.; CARVALHO, S. O.; MARTINS, T. L., [1991]. *Tratamento de Dados Climáticos para a Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações em Natal - RN*. In: Lamberts, R. e Pereira, F. (Editores), I Encontro Nacional sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações, Florianópolis, p. 227.
- NARCISO FILHO, P., [1993]. *Estimativa da Radiação Solar a partir da Nebulosidade*. Relatório Interno do SITERPA, n° 4 / 93.

- NBE - CT - 79, [1979]. *Condições Térmicas em los Edifícios*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, Espanha.
- NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1931 - 1960), [1979]. Instituto Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro.
- NORMAIS CLIMATOLÓGICAS (1961 - 1990), [1992]. Departamento Nacional de Meteorologia, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Brasília.
- OITAVO DISTRITO DE METEOROLOGIA, [1984]. *Aspectos do Clima de Florianópolis*. Instituto Nacional de Meteorologia, Porto Alegre.
- OLGYAY, V., [1973]. *Design with Climate*. Princeton University Press, New Jersey.
- PAGE, J. K., [1976]. *Application of Building Climatology to the Problems of Housing and Building for Human Settlements*. WMO, nº 441, Genebra.
- PAULETTI, M. C.; LAMBERTS, R., [1991]. *Análise de Dados de Radiação Solar Medidos em Florianópolis - Período 11/89 - 05/91*. Relatório Interno do SITERPA: nº 01/91.
- RANGARAJAN, S.; SWAMINATHAN, M. S.; MANI, A., [1984]. *Computation of Solar Radiation from Observations of Cloud Cover*. *Solar Energy*, Vol. 32, nº 4, pp. 553 - 556.
- SATTLER, M. A., [1989]. *Dias Climáticos Típicos para o Projeto Térmico de Edificações em Porto Alegre*. CIENTEC, Porto Alegre.
- SATTLER, M. A., [1991]. *Banco de Dados Climáticos para Porto Alegre*. In: Lamberts, R. e Pereira, F. (Editores), I Encontro Nacional sobre Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Térmico em Edificações, Florianópolis, p. 256.
- STAMPER, E., [1977]. *Weather Data*. *ASHRAE Journal*, February/77, pp. 47.
- SZOKOLAY, S. V., [1986]. *Bioclimatic Approach to Energetics*. In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture in Housing, Hungria.
- SZOKOLAY, S. V., [1987]. *Thermal Design of Buildings*. Raia Education Division, Australia.
- UBER, L. L., [1992]. *A Climatologia Aplicada ao Ambiente Construído: uma Contribuição à Caracterização Climática de Porto Alegre - RS*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

VAN DEVENTER, E. N., [1971]. *Climatic and Other Design Data for Evaluating Heating and Cooling Requirements of Buildings*. Pretoria, National Building Research Institute, (Research Report, 300).

VAN DEVENTER, E. N.; VAN STRAATEN, J. F., [1965]. *A Rational Basis for Accessing Climatic Data for Use in Building Design*. National Building Research Institute.

WALSH, P. J., [1976]. *Climatic Variability, Climatic Change and the Thermal Performance of Buildings*. Division of Building Research, CSIRO. In: *Architectural Science Review*, Melbourne, pp. 90 - 98.

