CARLIZA BASTOS SENA

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MÉTODO DE MAHONEY
TRADICIONAL E O MÉTODO DE MAHONEY NEBULOSO PARA
CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA NO PROJETO ARQUITETÔNICO

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Mestre em Engenharia da
Construção Civil e Urbana

Área de Concentração:
Engenharia da Construção Civil e Urbana

Orientador:
Professor Doutor
Cheng Liang Yee

São Paulo

2004

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL E PARCIAL DESTES
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA
FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Sena, Carliza Bastos

**Análise comparativa entre o Método de Mahoney Tradicional
e o Método de Mahoney Nebuloso para caracterização do clima
no projeto arquitetônico / C.B. Sena. -- São Paulo, 2004.
132p. (Edição Revisada)**

**Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.**

**1.Fuzzy 2.Projeto de arquitetura 3.Método de Mahoney
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento
de Engenharia de Construção Civil II.t.**

Aos meus pais, Carlos e Luíza, e meus irmãos Alysson e Carlysson,
pelo carinho, apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Cheng Liang-Yee por ter me convidado para desenvolver esse trabalho e principalmente por ter acreditado que eu poderia fazê-lo, meu muito obrigado.

As Professoras Doutora Ana Lúcia Harris (Unicamp) e Doutora Rosemary (IAG-USP), pela colaboração no desenvolvimento desse trabalho.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro para a realização dessa pesquisa.

Aos meus amigos e companheiros do LabCAD, principalmente a André Wakamatsu, a Maria Antônia Giunta, a Marco Yamamoto e a Cláudia Burlamaqui.

Aos graduandos Caroline Rocha e Fábio Motezuki pelo apoio e auxílio na área de programação.

Aos professores de PCC2100 e PCC2101 pela convivência agradável durante os trabalhos realizados em conjunto, pelo apoio e pela amizade. A professora Brenda pelo carinho e amizade incondicionais.

Aos funcionários da biblioteca, pela ajuda, mesmo quando isso não era possível.

Às funcionárias da secretaria do PCC, em especial a Alcione e Fátima Domingues, e a todo o corpo técnico da Poli Civil. Ao Sr. Luís Alberto pela amizade e solicitude.

Aos meus amigos do Grupo de Apoio “Francisco de Assis”, muitíssimo obrigada pela acolhida, amizade e apoio.

Aos amigos Cássio Figueiredo e José Jorge de Melo Júnior pelo apoio e amizade mesmo à distância.

As amigas Recígrid Campainha, Soraia, Luciana Rezak, Karla Coqui e Lina Codes, pelas mais variadas contribuições e ajuda.

A minha família querida pelo apoio incondicional, amor, compreensão e pelas inúmeras coisas que me ofertaram.

A E. C. Trautwein, pelo carinho, amor, compreensão e por não ter me deixado desistir em meio às primeiras dificuldades.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.

E a Deus, que me permitiu conhecer todas essas pessoas e passar por mais essa experiência.

RESUMO

Os Quadros de Mahoney, aqui denominados de Método de Mahoney Tradicional, quando aplicados a cidades localizadas entre duas regiões climáticas distintas apresentam recomendações de projeto contraditórias, pois para dois grupos de dados climáticos estatisticamente iguais de uma mesma cidade chegou-se a recomendações de projeto controversas, devido a uma pequena diferença entre a média dos dados climáticos dos dois grupos. A remodelagem desse método desenvolvida por Harris, através da aplicação da Teoria dos Sistemas Nebulosos, aprimorou o método, permitindo a obtenção de recomendações mais consistentes para esse tipo de cidade.

Neste trabalho será apresentada a análise mais detalhada do método remodelado por Harris, denominado aqui de Método de Mahoney Nebuloso, explorando seus resultados intermediários e comparando com os do Método de Mahoney Tradicional. Para tal, foram escolhidas, como casos de estudo, quatro cidades de regiões diferentes dentro do estado de São Paulo, no intuito de se verificar a caracterização climática dessas cidades através da frequência dos indicadores climáticos dos dois métodos.

Os resultados obtidos nas comparações entre esses dois métodos possibilitaram detectar como e onde ocorrem as falhas do método tradicional e as vantagens em se utilizar o Método de Mahoney Nebuloso, além de uma caracterização mais detalhada do comportamento climático das cidades estudadas, principalmente, com relação à transição entre as estações de verão e inverno.

ABSTRACT

Mahoney's Tables, which is denominated herein as Traditional Mahoney's Method, when applied to the cities located in the transitional area between two different climate region, results in contradictory recommendations for the design of dwellings. This contradiction may be observed when we use two groups of climatic data, that are statistically equal, but with small difference between their mean values. In order to obtain more consistent recommendations for the design, the Mahoney's Tables were remodeled, by Harris, and improved by applying Fuzzy Systems Theory.

This work presents validation analysis of the improved method, which is denominated herein as Fuzzy Mahoney's Method, based on the comparison between intermediated results obtained by Traditional and Fuzzy Mahoney's Method. Four cities located in different regions of the São Paulo State are used as cases for the study.

The comparisons made clear how and where the traditional method fails. It also shows the advantages of using the Fuzzy Mahoney's Method, which is able to perform a more detailed characterization of climate, mainly, in the transition between summer and winter.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3 MÉTODO DE MAHONEY TRADICIONAL (MMT).....	24
4 MÉTODO DE MAHONEY NEBULOSO (MMN)	32
5 MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA UTILIZADOS	44
5.1 Sistema Internacional de Classificação Climática de Köppen	45
5.2 Sistema de Classificação Climática pela Efetividade da Precipitação	51
6 ESTUDOS DE CASO	59
6.1 Campos do Jordão	59
6.2 Franca.....	64
6.3 Iguape.....	68
6.4 Presidente Prudente	72
6.5 Conclusões do Estudo de Caso.....	76
7 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	79
7.1 Campos do Jordão	79
7.2 Franca.....	84
7.3 Iguape.....	88
7.4 Presidente Prudente	92
7.5 Conclusões da Análise dos Resultados.....	96
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
Campinas.....	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
APÊNDICE A – PROGRAMA MÉTODO DE MAHONEY TRADICIONAL ..	106
APÊNDICE B – RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PELO MMT E MMN PARA AS CIDADES EM ESTUDO.....	122
ANEXO A – RECOMENDAÇÕES DE PROJETO	130

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Quantificação da temperatura através da expressão qualitativa ‘baixa’	21
Figura 2.2 – Inferência baseada no Método de Mamdani	22
Figura 3.1 – Representação esquemática dos Quadros de Mahoney	24
Figura 4.1 – Conjuntos nebulosos da Temperatura ‘baixa’, ‘média’ e ‘alta’, adaptados de Harris (1999)	33
Figura 4.2 – Conjuntos Nebulosos da Amplitude Térmica ‘pequena’ e ‘grande’, adaptados de Harris (1999).....	34
Figura 4.3 – Conjuntos Nebulosos da Umidade Relativa Média ‘seco’ e ‘úmido’, adaptados de Harris (1999).....	34
Figura 4.4 – Conjunto nebuloso Pluviosidade ‘alta’, adaptado de Harris (1999).....	34
Figura 4.5 – Representação esquemática do MMN	35
Figura 4.6 – Conjuntos nebulosos $\tilde{BE1}$ a $\tilde{BE6}$	38
Figura 4.7 – Corte do conjunto nebuloso $\tilde{BE1}$ e conjunto nebuloso $\tilde{BE'1}$	39
Figura 4.8 – União entre os conjuntos $\tilde{BE'1}$, $\tilde{BE'2}$, $\tilde{BE'4}$ e $\tilde{BE'5}$	39
Figura 4.9 – Conjuntos nebulosos para a definição dos Rigores Térmicos.....	41
Figura 4.10 – Recomendação R1 (HARRIS, 1999).....	43
Figura 5.1 – Mapa do Estado de São Paulo	44
Figura 6.1 – Indicadores climáticos obtidos pelo MMT para Campos do Jordão	62
Figura 6.2 – Indicadores climáticos obtidos pelo MMN para Campos do Jordão.....	62
Figura 6.3 – Indicadores climáticos do MMT para Franca	67
Figura 6.4 – Indicadores climáticos do MMN para Franca.....	67
Figura 6.5 – Indicadores climáticos do MMT para Iguape	71
Figura 6.6 – Indicadores climáticos do MMN para Iguape.....	71
Figura 6.7 – Indicadores climáticos do MMT para Presidente Prudente	75
Figura 6.8 – Indicadores climáticos do MMN para Presidente Prudente.....	75
Figura 7.1 – Indicador de movimento do ar essencial (H1) para Campos do Jordão	80
Figura 7.2 – Indicador de movimento do ar desejável (H2) para Campos do Jordão.....	81
Figura 7.3 – Indicador de proteção contra chuvas necessária (H3) para Campos do Jordão	82

Figura 7.4 – Indicador de armazenamento térmico necessário (A1) para Campos do Jordão	83
Figura 7.5 – Indicador de espaço para dormir ao ar livre (A2) para Campos do Jordão	83
Figura 7.6 – Indicador de proteção contra o frio necessária (A3) para Campos do Jordão	84
Figura 7.7 – Indicador de movimento do ar essencial (H1) para Franca	85
Figura 7.8 – Indicador de movimento do ar desejável (H2) para Franca	86
Figura 7.9 – Indicador de proteção contra a chuva necessária (H3) para Franca	86
Figura 7.10 – Indicador de armazenamento térmico necessário (A1) para Franca.....	87
Figura 7.11 – Indicador de espaço para dormir ao ar livre (A2) para Franca.....	88
Figura 7.12 – Indicador proteção contra o frio necessária (A3) para Franca	88
Figura 7.13 – Indicador de movimento do ar essencial (H1) para Iguape.....	89
Figura 7.14 – Indicador de movimento do ar desejável (H2) para Iguape	90
Figura 7.15 – Indicador de proteção contra as chuvas necessária (H3) Iguape.....	90
Figura 7.16 – Indicador de armazenamento térmico necessário (A1) para Iguape.....	91
Figura 7.17 – Indicador de espaço para dormir ao ar livre (A2) para Iguape.....	91
Figura 7.18 – Indicador de proteção contra o frio necessária (A3) para Iguape.....	92
Figura 7.19 – Indicador de movimento do ar essencial (H1) para Presidente Prudente	93
Figura 7.20 – Indicador de movimento do ar desejável (H2) para Presidente Prudente	93
Figura 7.21 – Indicador de proteção contra as chuvas necessária (H3) Presidente Prudente	94
Figura 7.22 – Indicador de armazenamento térmico necessário (A1) para Presidente Prudente	95
Figura 7.23 – Indicador de espaço para dormir ao ar livre (A2) para Presidente Prudente	95
Figura 7.24 – Indicador de proteção contra o frio necessária (A3) para Presidente Prudente	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Escopo da dissertação.....	17
Tabela 3.1 – Detalhe do Quadro I da metodologia original de Mahoney (HARRIS, 1999).....	25
Tabela 3.2 – Grupos Umidade definidos por Mahoney	26
Tabela 3.3 – Grupos Umidade adaptados por Alucci, Carneiro e Baring (1986).....	26
Tabela 3.4 – Carta de limites de conforto, adaptada de Alucci, Carneiro e Baring (1986). ..	27
Tabela 3.5 – RTdia e RTnoite do MMT, adaptado da Tabela 7.19 de Harris (1999).....	28
Tabela 3.6 – Indicadores de Umidade e Aridez para o Brasil	29
(baseada em United Nations, 1971 e tabela 3.4).....	29
Tabela 3.7 – Frequência mensal e anual dos indicadores de umidade e aridez para o MMT	30
Tabela 3.8 – Quadro III: Recomendações para projeto.....	31
Tabela 4.1 – Dados climáticos e seus graus de pertinência (Quadro I).....	36
Tabela 4.2 – Limites de Conforto Nebulosos, adaptados da tab. 7.7 de Harris, 1999	37
Tabela 4.3 – Regras de inferência para os indicadores nebulosos	41
Tabela 5.1 – Grupos e subgrupos definidos por Köppen	46
Tabela 5.2 – Características de precipitação definidas por Köppen	46
Tabela 5.3 – Características de temperatura definidas por Köppen.....	47
Tabela 5.4 – Classificação de Köppen para o estado de São Paulo (SETZER, 1966).....	47
Tabela 5.5 – Dados climáticos do grupo I de Campos do Jordão (SETZER, 1966).....	48
Tabela 5.6 – Dados climáticos do grupo II para Campos do Jordão (NASCIMENTO; GOMES, 1988).....	48
Tabela 5.7 – Dados climáticos do grupo I de Franca (SETZER, 1966).....	49
Tabela 5.8 – Dados climáticos do grupo II para Franca (NASCIMENTO; GOMES, 1988)	49
Tabela 5.9 – Dados climáticos do grupo II de Iguape (NASCIMENTO; GOMES, 1988). ..	49
Tabela 5.10 – Dados climáticos do grupo I de Presidente Prudente (SETZER, 1966).....	50
Tabela 5.11 – Dados climáticos do grupo II para Presidente Prudente.....	50
(NASCIMENTO; GOMES, 1988).....	50
Tabela 5.12 – Índices de Efetividade de Precipitação mensais	52
Tabela 5.13 – Classificação do clima pela Efetividade da Precipitação (SETZER, 1966). ..	53
Tabela 5.14 – Classificação de Campos do Jordão pela Efetividade da Precipitação	54

Tabela 5.15 – Classificação de Franca pela Efetividade da Precipitação.....	55
Tabela 5.16 – Classificação de Presidente Prudente pela Efetividade da Precipitação	56
Tabela 5.17 – Classificação de Iguape pela Efetividade da Precipitação.....	57
Tabela 5.18 – Legenda utilizada na classificação adaptada de Setzer (1966)	58
Tabela 5.19 – Comparação entre os sistemas de classificação climática	58
Tabela 6.1 – Análise dos dados climáticos de Campos do Jordão pelo MMT	60
Tabela 6.2 – Análise dos dados climáticos de Campos do Jordão pelo MMN.....	61
Tabela 6.3 – Análise dos dados climáticos de Franca pelo MMT	65
Tabela 6.4 – Análise dos dados climáticos de Franca pelo MMN.....	66
Tabela 6.5 – Análise dos dados climáticos de Iguape pelo MMT	69
Tabela 6.6 – Análise dos dados climáticos de Iguape pelo MMN.....	70
Tabela 6.7 – Análise dos dados climáticos de Presidente Prudente pelo MMT	73
Tabela 6.8 – Análise dos dados climáticos de Presidente Prudente pelo MMN.....	74
Tabela 7.1 – Dados climáticos de Campos do Jordão	79
Tabela 7.2 – Dados climáticos de Franca	84
Tabela 7.3 – Dados climáticos de Iguape	89
Tabela 7.4 – Dados climáticos de Presidente Prudente.....	92
Tabela 7.5 – Comparação entre os dois métodos.....	97
Tabela 8.1 – Comparação entre os sistemas de classificação para Campinas e Presidente Prudente	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abreviatura	
Dados climáticos	
AT	– Amplitude Térmica
ATA	– Amplitude Térmica Anual
PL	– Pluviosidade
TM	– Temperatura Média
TMmin	– Temperatura Média mínima
TMmax	– Temperatura Média máxima
TMmin _a	– Temperatura Média mínima anual
TMmax _a	– Temperatura Média máxima anual
UR	– Umidade Relativa
URM	– Umidade Relativa Média
URmax	– Umidade Relativa máxima média mensal pela manhã
URmin	– Umidade Relativa mínima média mensal pela tarde
Carta de Limite de Conforto	
TMA	– Temperatura Média anual
GU	– Grupo Umidade
HG	– Humidity Group
BEdia	– Bem estar dia
BEnoite	– Bem estar noite
RTdia	– Rigor Térmico dia
RTnoite	– Rigor Térmico noite
C	– Rigor Térmico confortável
F	– Rigor Térmico frio
Q	– Rigor Térmico quente
H	– Umidade
F _{A1}	– Frequência do Indicador A1
F _{A3}	– Frequência do Indicador A3
Grau de Pertinência do mês	
$\mu_{TM-Alta}$ (mês)	– em relação à temperatura ‘Alta’
$\mu_{TM-Média}$ (mês)	– em relação à temperatura ‘Média’
$\mu_{TM-Baixa}$ (mês)	– em relação à temperatura ‘Baixa’
$\mu_{AT-Pequena}$ (mês)	– em relação à amplitude térmica ‘Pequena’
$\mu_{AT-Grande}$ (mês)	– em relação à amplitude térmica ‘Grande’

$\mu_{\text{URM-Seco}}$ (mês)	– em relação à umidade relativa ‘Seco’
$\mu_{\text{URM-Úmido}}$ (mês)	– em relação à umidade relativa ‘Úmido’
$\mu_{\text{PL-Alta}}$ (mês)	– em relação a pluviosidade ‘Alta’
$\mu_{\text{RTdia-Frio}}$ (mês)	– em relação ao rigor térmico diurno ‘Frio’
$\mu_{\text{RTdia-Confortável}}$ (mês)	– em relação ao rigor térmico diurno ‘Confortável’
$\mu_{\text{RTdia-Quente}}$ (mês)	– em relação ao rigor térmico diurno ‘Quente’
$\mu_{\text{RTnoite-Frio}}$ (mês)	– em relação ao rigor térmico noturno ‘Frio’
$\mu_{\text{RTnoite-Confortável}}$ (mês)	– em relação ao rigor térmico noturno ‘Confortável’
$\mu_{\text{RTnoite-Quente}}$ (mês)	– em relação ao rigor térmico noturno ‘Quente’
μ_{H1} (mês)	– em relação ao indicador H1
μ_{H2} (mês)	– em relação ao indicador H2
μ_{H3} (mês)	– em relação ao indicador H3
μ_{A1} (mês)	– em relação ao indicador A1
μ_{A2} (mês)	– em relação ao indicador A2
μ_{A3} (mês)	– em relação ao indicador A3
Grau de Pertinência	
μ_{Ri}	– da recomendação Ri, i = 1...17
TSN	– Teoria dos Sistemas Nebulosos
MMT	– Método de Mahoney Tradicional
MMN	– Método de Mahoney Nebuloso
TCN	– Teoria dos Conjuntos Nebulosos
Sigla	
ANTAC	– Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
INMET	– Instituto Nacional de Meteorologia

1 INTRODUÇÃO

Os projetistas arquitetônicos lidam com um grande número de variáveis durante o processo de projeto. Dentre elas tem-se as variáveis relacionadas ao conforto e ao condicionamento térmico da edificação. O estudo dessas variáveis possibilita a aplicação de soluções que satisfaçam as necessidades de conforto ambiental, impostas pelo clima da região, adequando a edificação ao entorno do terreno. Para facilitar esse trabalho, faz-se necessário o uso de métodos eficientes para análise das variáveis e síntese de soluções, principalmente na fase inicial de projeto (CHVATAL, 1998; HARRIS, 1999; KOENIGSBERGER et al., 1977; OLGAY, 1998).

Nesse contexto, os Quadros de Mahoney, aqui denominados Método de Mahoney Tradicional (MMT), foram desenvolvidos com o objetivo de adequar as características construtivas da edificação às condições do clima da região, visando o conforto térmico e o baixo custo. O método consiste na análise dos dados climáticos do local, realizada através de três quadros, (KOENIGSBERGER et al, 1977), modelados para registrar (Quadro I) e analisar informações climáticas (Quadro II), tendo como saída recomendações para o partido arquitetônico, (Quadro III), (UNITED NATIONS, 1971).

A adoção desse método, que é destinado aos países em desenvolvimento, tem como vantagem a simplicidade e a facilidade de operação, e a consideração dos limites de conforto pelo dia e pela noite, constituindo uma “Zona de Conforto adaptativo”. Essa zona de conforto leva em consideração o fato das pessoas se acostumarem ao clima regional e de preferirem temperaturas noturnas mais baixas que as desejadas durante o dia (RORIZ, 2003; UNITED NATIONS, 1971). O estudo das variáveis climáticas, tais como temperatura, umidade e precipitação, quando comparado a esses limites de conforto, permite ao projetista visualizar quais medidas de alívio do stress térmico aplicar para um croqui compatível com as atividades desenvolvidas, tanto no dia quanto na noite. Outras vantagens são o fato de não se fazer necessário estabelecer hipóteses preliminares antes de aplicá-lo, além de o método resultar em recomendações técnicas a serem consideradas na fase inicial de projeto (RORIZ et al, 1999).

A desvantagem do MMT está na inadequação desse método para análise em regiões com características climáticas transitórias, ou seja, localizadas na zona de transição entre dois

climas diferentes. Um exemplo disso é a cidade de Campinas, localizada na zona de transição entre o clima tropical atlântico do litoral e o tropical de altitude do interior¹. Nas análises utilizando dois grupos de dados climáticos estatisticamente iguais, dessa mesma cidade, chega-se a recomendações controversas, devido a uma pequena diferença de temperatura média (CHVATAL, 1998; HARRIS, 1999). Entretanto, em cidades de características climáticas extremas e bem definidas, como a cidade de Belém, obtêm-se resultados compatíveis com as necessidades de adequação climática exigidas nessa região (HARRIS, 1999).

A aplicação da metodologia de Mahoney às cidades de clima de transição torna-se impróprio, devido à modelagem inadequada das variáveis qualitativas durante a análise dos dados climáticos. Como por exemplo, ‘quente’, ‘frio’, ‘úmido’, ‘seco’, ‘alta’, ‘baixa’, ‘pequena’, ‘grande’, referentes aos dados climáticos do Quadro I. Além disso, durante a caracterização climática realizada no Quadro II, têm-se as faixas de bem-estar (diurno e noturno), com limites bem definidos, que são incompatíveis com as características subjetivas, ou nebulosas, das expressões qualitativas do tipo, ‘quente’, ‘confortável’ e ‘frio’ do Rigor Térmico.

Na busca de soluções que permitissem uma análise mais adequada dos dados climáticos, os Quadros de Mahoney foram remodelados através da Teoria dos Sistemas Nebulosos (*Fuzzy Systems Theory*). O método remodelado é denominado aqui como Método de Mahoney Nebuloso (MMN) (HARRIS, 1999; HARRIS; CHENG; LABAKI, 2000). A Teoria dos Sistemas Nebulosos foi escolhida por ser apropriada ao tratamento de variáveis qualitativas, tais como as usadas na definição dos grupos climáticos e na análise do rigor térmico. Com a flexibilização da metodologia tradicional de Mahoney tornou-se possível determinar recomendações de projeto mais consistentes em cidades onde a aplicação do método tradicional não era satisfatória, por estarem localizadas na faixa de transição climática.

Este trabalho apresenta uma análise mais detalhada do MMN, explorando as informações contidas nos resultados parciais, principalmente, no que se refere à caracterização do clima obtida através da frequência dos indicadores climáticos. Para tal, foi desenvolvido o estudo

¹ <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/invista/numeros/index.htm>>

de caso, onde é possível comparar os resultados obtidos no MMT e com os do MMN.

O Método de Mahoney é dividido em duas partes. A primeira descreve os ‘sintomas’, relativos às características climáticas da região onde a edificação será inserida, apresentando contramedidas para solucioná-los ou minimizá-los. Esses sintomas são representados através da frequência anual dos indicadores climáticos (Quadro II). A segunda parte diz respeito às recomendações para o croqui do projeto. Tendo em vista a determinação dos indicadores climáticos, obtidos na primeira parte do método, terem resultado em diagnósticos inconsistentes para cidades com clima de transição, fato que motivou o remodelamento do método com a Teoria dos Sistemas Nebulosos, o objetivo desse trabalho é a validação até o Quadro II. A outra parte envolve o estudo de fatores locais, tanto técnicos como culturais, que exigem um estudo à parte.

Harris (1999), em seu estudo, contemplou a cidade de Campinas, no Estado de São Paulo. Neste trabalho, para efeito de aferição e validação do MMN, serão utilizados os dados climáticos de quatro cidades, que foram escolhidas por se localizarem em regiões distintas desse mesmo estado e por possuírem uma estação meteorológica, independente de estarem ou não na região de transição entre dois climas diferentes. São elas: Franca, ao norte; Iguape, ao sul; Campos do Jordão, a leste; e Presidente Prudente, a oeste.

Os dados climáticos utilizados nesse estudo são referentes ao período de 1977 a 1986, fornecidos por estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas nas respectivas cidades (NASCIMENTO; GOMES, 1988).

Como parâmetros de referência da análise climática, foram utilizados os sistemas de classificação climática de Köppen e de classificação climática pela Efetividade de Precipitação, sendo este último parte de um trabalho desenvolvido especificamente para o estado de São Paulo (SETZER, 1966). Outros estudos, como os de Monteiro (1973 e 1976) e Tarifa e Azevedo (2001) foram de grande importância na análise climática das cidades escolhidas, principalmente na comparação com os resultados obtidos com o MMN.

Nas análises comparativas entre os indicadores climáticos resultantes do uso dos métodos tradicional e nebuloso, os resultados obtidos pelo MMN apresentam vantagens em relação aos do MMT, quanto à fidelidade na caracterização climática das cidades em estudo.

As recomendações de projeto resultantes da análise desse grupo de dados do INMET são apresentadas aqui, tanto pelo MMT como pelo MMN, a título de complementação do estudo.

O trabalho foi dividido em oito capítulos, conforme mostra a Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Escopo da dissertação

Capítulo 1 – Introdução
Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica
Capítulo 3 – Método de Mahoney Tradicional (MMT)
Capítulo 4 – Método de Mahoney Nebuloso (MMN)
Capítulo 5 – Métodos de Classificação Climática
Capítulo 6 – Estudos de caso
Capítulo 7 – Análise dos resultados
Capítulo 8 – Considerações finais
Bibliografia

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde as eras mais remotas o homem vem buscando abrigo contra as intempéries. Para fugir do frio fez uso de peles de outros animais e do fogo, até achar nas cavernas a solução não só para a questão da proteção contra o frio, mas também para se proteger das outras adversidades climáticas e como medida de proteção contra os predadores de sua espécie. Em sua evolução, a humanidade se espalhou pela superfície do planeta e construiu sua moradia procurando se adaptar ao clima de cada região, na busca da solução dos problemas de proteção e conforto térmico. Assim, para cada uma das cinco regiões climáticas do planeta, seus habitantes adotaram um padrão de habitação com características próprias relacionadas ao clima local. Toma-se como exemplo as palafitas, construídas por tribos de países de clima quente e úmido, e os iglus, construídos pelos esquimós (OLGYAY, 1998).

Na Roma antiga já se utilizavam conceitos de adaptação da edificação ao seu entorno, tendo Vitrúvio como defensor do conceito de que, a arquitetura, como lugar habitável, deveria equilibrar os aspectos estruturais, funcionais e formais. Hoje, inclui-se a esses aspectos a eficiência energética, pois a crescente preocupação de escassez dos recursos energéticos levou o homem moderno a buscar soluções alternativas na natureza. Sob esse aspecto vêm se desenvolvendo estudos com relação ao conforto térmico e a conservação de energia.

As contribuições nessas áreas vão desde o campo da fisiologia do corpo humano e sua relação com o meio ambiente, até o campo do design das edificações e dos materiais utilizados. No campo da fisiologia, autores como Huntington, Winslow, Herrington, Bedford e Gagge destacaram-se ao contribuírem para o conhecimento da relação entre as sensações do corpo humano e as variações climáticas (OLGYAY, 1998). Enquanto isso, no campo do design das edificações, autores como Dollfus (1954) que coletou dados de habitações características do mundo todo, afirmam que o objetivo primordial dos construtores tem sido a busca das condições ideais de conforto térmico, salvo algumas edificações provenientes das tradições culturais e do gosto local. Na área do design das edificações para países de clima tropical destacam-se as obras de Fry e Drew (1964), Oakley (1961) e Lippsmeier (1969), onde relatam suas experiências de campo vividas nesses países, buscando coletar toda informação disponível sobre o tema e colaborar com os institutos de pesquisa que atuam na área (OLGYAY, 1998).

Em 1963, Victor Olgyay introduziu o termo desenho bioclimático, desenvolvendo um método bastante comentado atualmente no processo de projeto e avaliação do conforto térmico em edificações: a Carta Bioclimática. Este método, no entanto, foi mais tarde aperfeiçoado por Givoni (1976), que após corrigir algumas limitações da carta bioclimática idealizada por Olgyay, deixou o método pronto para propor estratégias construtivas para a adequação da arquitetura ao clima. O método de Givoni baseia-se nas temperaturas internas do edifício, ao contrário do método de Olgyay que aplicava seu diagrama estritamente para condições externas (GIVONI, 1976; LAMBERTS; DUTRA; PERERIRA, 1997; OLGAY, 1998).

Em 1971, foi publicada a *Climate and House Design* das Nações Unidas, onde é apresentada a metodologia de Mahoney. Esse trabalho foi fruto dos encontros promovidos pelo núcleo de pesquisas do Centro de Habitação, Construção e Planejamento do Departamento de Economia e Assuntos Sociais do Comitê de Habitação, Construção e Planejamento das Nações Unidas (UNITED NATIONS, 1971).

A monografia, contendo todos os aspectos de projeto das edificações conhecidos na época, foi escrita por Carl Mahoney, Martin Evans e Otto Koenigsberger. O objetivo dessa monografia era criar um método que adequasse as características construtivas da edificação às condições do clima da região. Outro objetivo, não menos importante, era visar o conforto térmico e o baixo custo dessas edificações, principalmente para países em desenvolvimento (UNITED NATIONS, 1971).

O procedimento de uso do método de Mahoney é explicado passo a passo na segunda parte da publicação, além de apresentar resultados para cidades de vários países, incluindo a cidade de Belém no Brasil (UNITED NATIONS, 1971).

Esse método será apresentado detalhadamente no capítulo três e amplamente discutido no decorrer deste trabalho.

Dentre os métodos desenvolvidos para estabelecer recomendações na fase de concepção do projeto, destacam-se:

- O Método proposto por Rivero (1986), que apresenta recomendações de projeto quanto à qualificação do material da envoltória, avaliando as propriedades térmicas e verificando a aceitabilidade desse material;
- O Método proposto por Aroztegui, que segundo Chavatal (1998), fornece subsídios para a fase de concepção de projeto;

- O Método dos Triângulos (EVANS; SCHILLER, 1991 e 1997), que sugere estratégias para a adequação do recinto ao conforto térmico, com base na combinação entre a temperatura e a amplitude térmica mensal.

No Brasil, alguns trabalhos foram desenvolvidos baseados na metodologia de Mahoney, dentre eles, o realizado por Hsui (1976) que enfoca as condições do ambiente externo e faz uma análise climática da cidade de São Paulo com o auxílio dos Quadros de Mahoney. Alucci (1993) apresenta diretrizes para o projeto de edificações que proporcionam condições de conforto com consumo mínimo de energia; e dentre as conclusões do trabalho, o Método de Mahoney é indicado para se obter recomendações do partido arquitetônico. Em 1999, Roriz, Ghisi e Lamberts, apresentam a proposta de Norma Técnica Brasileira. Esse trabalho foi dividido em quatro partes: Terminologia, Métodos de Cálculo, Métodos de Medição e Procedimentos de Avaliação do Desempenho Térmico de Habitações Populares. Nele foram utilizados os métodos de Mahoney e o de Givoni.

Harris (1999) remodelou o Método de Mahoney utilizando a Teoria dos Sistemas Nebulosos (TSN). Esse novo método resultou em recomendações de projetos mais consistentes para cidades com clima de transição, como é o caso de Campinas, no Estado de São Paulo.

A Teoria dos Sistemas Nebulosos (*Fuzzy System Theory*) é um conjunto de teorias e métodos capaz de modelar sistemas complexos e subjetivos. Zadeh (1965) fundamentou a teoria com o objetivo de modelar informações qualitativas de natureza vaga, nebulosa ou imprecisa, que não possuem limites precisos, complementando as deficiências da matemática clássica (CHENG, 1999; TERANO; ASSAI; SUGENO, 1992; ZADEH, 1965). A Teoria dos Sistemas Nebulosos abrange os conceitos e operações da Teoria dos Conjuntos Nebulosos (*Fuzzy Set Theory*), da Inferência ou Lógica Nebulosa (*Fuzzy Logic*) e da Medida Nebulosa (*Fuzzy Measure*) (HONDA e OOSATO, 1990 apud CHENG, 1999).

Nesse trabalho serão usados os conceitos e operações da Teoria dos Conjuntos Nebulosos e da Inferência Nebulosa. A Teoria dos Conjuntos Nebulosos (TCN) é a base da Teoria dos Sistemas Nebulosos (TSN) e é uma extensão da Teoria dos Conjuntos (*Crisp Set Theory*). A TCN pode quantificar a ‘vaguesa’ e imprecisão contida nas palavras. A expressão ‘temperatura baixa’, por exemplo, está associada à idéia de quantificação da variável temperatura, através de uma qualidade. Tomando-se uma escala de temperatura de 0°C a

17,5°C (nas abscissas), pode-se medir o grau de quanto a temperatura x (°C) pode ser denominada ‘baixa’, através de uma função (μ), denominada de função de pertinência (*membership function*), que associa a variável independente, no caso a temperatura, a um intervalo de 0 a 1 ($0 \leq \mu \leq 1$) como mostrado na Figura 2.1. A função de pertinência indica o grau de inclusão de um elemento a um conjunto nebuloso, que no caso são a temperatura e o conceito ‘baixa’, respectivamente. Assume valor zero quando não pertence, um quando pertence e valor entre zero e um quando pertence parcialmente.

Figura 2.1 – Quantificação da temperatura através da expressão qualitativa ‘baixa’

A reta inclinada entre 12,5°C e 17,5°C da Figura 2.1 representa a imprecisão da palavra ‘baixa’ em termos de quantidade.

A Lógica ou Inferência Nebulosa (*Fuzzy Logic or Fuzzy Reasoning*), é um processo de dedução lógica que leva em consideração a subjetividade e a ‘vagueza’, características dos processos de tomada de decisão da mente humana (CHENG, 2001; DUBOIS; PRADE, 1980; ZIMMERMANN, 1987).

Ao contrário da Lógica Clássica, que só trabalha com proposições exatas, bem definidas, a Lógica Nebulosa lida com proposições nebulosas, como, por exemplo, ‘A temperatura é ‘baixa’’. Para a variável independente temperatura, o conceito ‘baixa’, conforme a Figura 2.1, pode ser modelado como um conjunto nebuloso, denominado de variável lingüística. De forma análoga, outros conceitos da temperatura, como ‘alta’ e ‘média’, também podem ser modeladas na forma de conjuntos nebulosos. A relação entre esses conjuntos se faz através de proposições do tipo SE~ENTÃO~SENÃO, por exemplo:

Premissa 1: **SE** temperatura é ‘baixa’ **ENTÃO** o rigor térmico é ‘frio’

Premissa 2: temperatura é ‘média’

Conclusão: o rigor térmico é ‘agradável’

A forma genérica das proposições é:

Premissa 1: **se x é $\tilde{A}$ então y é $\tilde{B}$**

Premissa 2: x é $\tilde{A}'$

Conclusão: y é $\tilde{B}'$

A expressão condicional ‘se x é $\tilde{A}$ então y é $\tilde{B}$ ’ pode ser definida como o produto cartesiano entre os conjuntos $\tilde{A}$ e $\tilde{B}$, conforme a relação proposta por Mamdani. A relação entre a premissa 1 (se x é $\tilde{A}$ então y é $\tilde{B}$) e a premissa 2 (x é $\tilde{A}'$) é definida por uma regra de composição. Como resultado, a operação da lógica nebulosa pode ser resumida graficamente na Figura 2.2, onde o conjunto nebuloso $\tilde{A}$ e $\tilde{A}'$ são definidos no domínio U , e os conjuntos nebulosos $\tilde{B}$ e $\tilde{B}'$ (área hachurada), são definidos no domínio V . A medida a representa a conformidade entre os conjuntos nebulosos $\tilde{A}$ e $\tilde{A}'$, (CHENG, 1999):

Figura 2.2 – Inferência baseada no Método de Mamdani

Apesar de ser uma teoria relativamente nova, o uso da TSN por pesquisadores de diversas áreas vem se expandindo. Dentre as quais destacam-se medicina, psicologia, inteligência artificial, robótica, ciências sociais, lingüística e engenharia.

No campo da Engenharia Civil destacam-se trabalhos na área de estruturas (SAVOIA, 2002), recursos hídricos (JOHNSON, 1996), engenharia ambiental (GUIMARÃES; LAPA; 2004), planejamento urbano (BURLAMAQUI, 2002), arranjo físico de canteiros (CHENG, 1999; CHENG, 2001; WAKAMATSU, 2001) e outros.

Segundo Cheng (1999), o uso da Teoria dos Sistemas Nebulosos (TSN) na área de conforto ambiental se apresenta como uma solução alternativa ao tratamento das informações subjetivas provenientes da interação do homem com o seu meio. Pois, nos estudos de conforto ambiental é comum lidar com modelagens, levantamentos e análises baseadas na opinião de usuários e especialistas, os quais fornecem informações que refletem suas sensações, intuição ou mesmo experiências anteriores. Como essas informações são dadas, geralmente, em termos lingüísticos, a subjetividade, a imprecisão e a ambigüidade inviabilizam a descrição através da matemática clássica.

Dentre os trabalhos publicados na área de conforto tem-se:

Gonçalves e Ribeiro, (1998), que apresentam uma comparação entre o Método de Mandani e o Método TVFI (*Truth Value Flow Inference*), através do uso do software FIDE (*Fuzzy Inference Development Enviroment*), para tratamento das informações subjetivas da avaliação pós-ocupacional e do conforto ambiental.

Hamdi, Lachiver e Michaud, (1999), que desenvolveram um índice nebuloso de sensação térmica, baseado no índice PMV introduzido por Fanger, denominado por eles de PMV ‘nebuloso’ (*Fuzzy PMV*);

Harris e Cheng, (1999), apresentaram uma nova metodologia para ser utilizada nas APO’s, baseada na Inferência ou Lógica Nebulosa. Essa metodologia auxilia também na tomada de decisões e simula o impacto resultante de uma modificação no ambiente, gerando um diagnóstico.

Harris (1999), propôs o Método de Mahoney Nebuloso e fizeram uma análise climática da cidade de Campinas, comparando os indicadores climáticos do Método de Mahoney Tradicional e do Método de Mahoney Nebuloso.

Com o bom desempenho do método de Mahoney remodelado com a TSN, Harris e Labaki (2001) aplicaram essa teoria a outro método de análise climática, remodelando o Método dos Triângulos de Evans e Schiller (1991 e 1997). Ao aplicar um grupo de dados a esses dois métodos, original e remodelado, Harris e Labaki (2001) concluíram que o Método dos Triângulos remodelado com a TSN mostrou um detalhamento maior da situação.

3 MÉTODO DE MAHONEY TRADICIONAL (MMT)

O método tradicional dos Quadros de Mahoney (UNITED NATIONS, 1971) consiste em três quadros que inferem sequencialmente, gerando como resultado recomendações para o partido arquitetônico, que servem de diretrizes iniciais em um projeto (Figura 3.1).

Figura 3.1 – Representação esquemática dos Quadros de Mahoney²

No Quadro I são inseridos os dados climáticos locais: temperatura média, amplitude térmica, umidade relativa, pluviosidade e vento. Entretanto, a variável climática vento não será analisada aqui, por ser aplicada apenas na segunda parte do Método de Mahoney Tradicional (MMT), relacionada à geração das recomendações de projeto, que não serão analisadas nesse trabalho.

Na Tabela 3.1, a seguir, observa-se como é organizada a entrada de dados: em primeiro lugar são inseridas as temperaturas médias (TM), máximas (TMmax) e mínimas (TMmin), correspondentes a cada mês, para, em seguida se obter o valor da Amplitude Térmica, que é o diferencial entre TMmax e TMmin.

² Esse esquema foi adaptado do trabalho desenvolvido por Harris (1999), ao apresentar a estrutura geral da metodologia de Mahoney, segundo Koenigsberger et al (1977).

Tabela 3.1 – Detalhe do Quadro I da metodologia original de Mahoney (HARRIS, 1999)

♦ Dados locais:

Local:	Latitude:
Altitude:	Longitude:

♦ Determinação dos parâmetros referentes à Temperatura Média

<i>Temperatura média em °C</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>
Máxima média mensal de temperatura (TMmax)												
Mínima média mensal da temperatura (TMmin)												
Amplitude Térmica mensal (AT)												

Maior Máxima: médias mensais da temperatura (TMmax_a)Menor Mínima: médias mensais da temperatura (TMmin_a)

Temperatura Média Anual (TMA)

Amplitude Térmica Anual (ATA)

♦ Determinação dos parâmetros referentes à Umidade Relativa e à Pluviosidade

<i>Umidade relativa em %</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>
Máxima média mensal pela manhã (URmax)												
Mínima média mensal pela tarde (URmin)												
Umidade Relativa Média (URM)												
Grupo de umidade (GU)												

<i>Pluviosidade em mm</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>
Pluviosidade mensal (PL)												
Vento dominante												
Vento secundário												

A temperatura média anual (TMA) é obtida através da média entre a maior temperatura média máxima (TMmax_a) e a menor temperatura média mínima (TMmin_a), escolhidas dentre os doze meses (KOENIGSBERGER et al, 1977; MASCARÓ, 1983; UNITED NATIONS, 1971) isto é:

$$TMA = (TMmax_a + TMmin_a)/2. \quad (1)$$

E a amplitude térmica anual (ATA) é calculada como a diferença entre a maior temperatura média máxima (TMmax_a) e a menor temperatura média mínima (TMmin_a) (KOENIGSBERGER et al, 1977; MASCARÓ, 1983; UNITED NATIONS, 1971):

$$ATA = (TMmax_a - TMmin_a). \quad (2)$$

A umidade relativa média (URM) é calculada a partir da média aritmética dos valores da umidade máxima média mensal pela manhã (URmax) e a umidade mínima média mensal pela tarde (URmin), (UNITED NATIONS, 1971), conforme Equação 3:

$$URM = (UR_{max} + UR_{min})/2. \quad (3)$$

Os dados de pluviosidade são coletados e medidos em milímetros a cada mês, como mostra a Tabela 3.1.

Terminada a entrada dos dados climáticos no Quadro I, Tabela 3.1, inicia-se a classificação da umidade relativa segundo os grupos de umidade (GU). Esses grupos de umidade foram definidos por Mahoney, conforme Tabela 3.2, de tal forma que o método pudesse cobrir as condições existentes para ser utilizada em qualquer parte do mundo, nos trópicos ou em outros climas, e para qualquer tipo de edificação.

Tabela 3.2 – Grupos Umidade definidos por Mahoney

URM (%)	GU
< 30	1
30-50	2
50-70	3
> 70%	4

Fonte: UNITED NATIONS, 1971

A partir da definição dos grupos de umidade de Mahoney, Alucci, Carneiro e Baring (1986) adaptaram essa metodologia para a realidade climática do Brasil, propondo dois grupos de umidade, baseados na opinião de especialistas, como se observa na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Grupos Umidade adaptados por Alucci, Carneiro e Baring (1986)

GU	URM (%)
Seco	$\leq 70\%$
Úmido	$>70\%$

Fonte: HARRIS, 1999.

Os grupos umidade adaptados por Alucci, Carneiro e Baring (1986) foram adotados no estudo de Harris (1999) e utilizados aqui, tendo em vista a análise voltada para cidades brasileiras.

A etapa seguinte trata da análise dos dados climáticos, Quadro II, apresentando como resultados parciais o ‘diagnóstico’ do rigor climático e a frequência anual dos indicadores climáticos. O ‘diagnóstico’ apresenta a natureza das solicitações térmicas, detectando o

rigor térmico pelo dia (RTdia) e o rigor térmico pela noite (RTnoite), segundo o procedimento apresentado em seguida.

Para se detectar o rigor térmico, tanto ao dia como à noite, faz-se necessário verificar, no Quadro I, qual o grupo de umidade que caracteriza o mês e o valor da temperatura média anual (TMA). A TMA é adotada no MMT para representar um valor entorno do qual a temperatura do ar varia durante o ano, abrangendo as TM's mensais, na tentativa de refletir uma característica própria da região em análise. Nesse trabalho a frequência dos indicadores climáticos será apresentada tanto pela análise através da TMA, como através da TM mensal.

Consultando a Carta de Limites de Conforto, da Tabela 3.4, verifica-se a qual dos três grupos, $TMA > 20^{\circ}\text{C}$, $15^{\circ}\text{C} \leq TMA \leq 20^{\circ}\text{C}$ ou $TMA < 15^{\circ}\text{C}$, a temperatura média anual pertence. Com esses dados definiram-se as faixas de temperatura correspondentes à 'sensação de bem-estar' pelo dia (BEdia) e pela noite (BEnoite).

Tabela 3.4 – Carta de limites de conforto, adaptada de Alucci, Carneiro e Baring (1986)

URM(%)	TMA > 20° C		15° ≤ TMA ≤ 20°C		TMA < 15° C		HG
	BEdia	BEnoite	BEdia	BEnoite	BEdia	BEnoite	
	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	
≤ 70	23 - 29	17 - 23	21 - 28	14 - 21	19 - 26	12 - 19	Seco
>70	22 - 27	17 - 22	20 - 25	14 - 20	18 - 24	12 - 18	Úmido

Os intervalos de bem-estar foram definidos com base na opinião de especialistas, que optaram pelo uso do “conceito adaptativo de Zona de Conforto” (RORIZ, 2003) na tentativa de atender a preferência das pessoas por temperaturas noturnas mais baixas que as que se têm durante o dia.

Nesse ponto, vale ressaltar que a Carta de limites de conforto, apresentada na Tabela 3.4, é retirada dos 'limites de conforto' (*Comfort Limits*) apresentados originalmente na metodologia proposta por Mahoney (KOENIGSBERGER et al, 1977; MASCARÓ, 1983; UNITED NATIONS, 1971). Partindo da constatação de que para o Brasil a umidade relativa acima de 70% é denominada de grupo 'úmido' e considerada do grupo 'seco' quando igual ou abaixo de 70%, Alucci, Carneiro e Baring (1986), reagruparam os grupos umidade 1, 2 e 3 definidos por Mahoney, em um só grupo umidade denominado 'seco' com $URM \leq 70\%$ e o grupo 4 foi chamado de grupo 'úmido' ($URM > 70\%$). As faixas de bem-estar e os intervalos de TMA correspondentes aos grupos de umidade 3 e 4 foram

mantidas na Tabela 3.4. Para se obter o Rigor Térmico diurno (RTdia), compara-se o valor da Temperatura Máxima Média mensal (TMmax) com o intervalo correspondente ao bem-estar pelo dia (BEdia), bem como, para se obter o Rigor Térmico noturno compara-se a Temperatura Mínima Média mensal (TMmin) com o intervalo correspondente ao bem-estar pela noite (BEnoite). Assim, quando TMmax pertence ao intervalo de BEdia, o RTdia é denominado ‘confortável’ (C); se está abaixo do limite inferior o RTdia é considerado ‘frio’ (F), se TMmax está acima do limite superior do intervalo BEdia, diz-se que o RTdia é ‘quente’ (Q). Do mesmo modo procede-se para a análise do RTnoite, se TMmin pertencer ao intervalo BEnoite o RTnoite é denominado ‘confortável’ (C); se TMmin estiver abaixo do limite inferior é considerado ‘frio’ (F) e estando acima do limite superior é considerado ‘quente’ (Q).

Os resultados provenientes dessas operações lógicas são anotados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – RTdia e RTnoite do MMT, adaptado da Tabela 7.19 de Harris (1999)

RTdia por TMA	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>
FRIO												
CONFORTÁVEL												
QUENTE												
RTnoite por TMA												
FRIO												
CONFORTÁVEL												
QUENTE												

Feita a classificação do RTdia e do RTnoite, em ‘quente’, ‘confortável’ ou ‘frio’, determina-se a ocorrência ou não dos indicadores climáticos de umidade (H1, H2, H3) e de aridez (A1, A2, A3), a cada mês. Esses indicadores são grupos de sintomas de rigor climático, criados com o objetivo de orientar a aplicação das medidas corretivas que poderão ser adotadas pelo projetista (KOENIGSBERGER et al, 1977; MASCARÓ, 1983; UNITED NATIONS, 1971). Cada indicador possui uma ou mais regras, que definem sua condição de existência, como se observa na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Indicadores de Umidade e Aridez para o Brasil
(baseada em United Nations, 1971 e tabela 3.4)

Indicador	Definição	Regras
H1	Movimento do ar essencial	Se $RT_{dia} = \text{Quente}$ e $URM > 70\%$, então $H1 = 1$ ou Se $RT_{dia} = \text{Quente}$, $URM \leq 70\%$ e $AT < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, então $H1 = 1$
H2	Movimento do ar desejável	Se $RT_{dia} = \text{Confortável}$ e $URM > 70\%$, então $H2 = 1$
H3	Proteção contra chuvas necessária	Se $PL > 200\text{mm}$, então $H3 = 1$.
A1	Armazenamento térmico necessário	Se $URM \leq 70\%$ e $AT \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, então $A1 = 1$
A2	Local para dormir ao ar livre	Se $RT_{noite} = \text{Quente}$ e $URM \leq 70\%$, então $A2 = 1$ ou Se $RT_{dia} = \text{Quente}$, $RT_{noite} = \text{Confortável}$, $URM \leq 70\%$ e $AT \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$, então $A2 = 1$
A3	Proteção contra o frio	Se $RT_{dia} = \text{Frio}$, então $A3 = 1$.

O indicador H1 corresponde à necessidade de que haja movimentação do ar. É aplicado quando uma temperatura elevada ($RT_{dia} = Q$) se combina com uma alta umidade ($URM > 70\%$) ou quando a temperatura elevada ($RT_{dia} = Q$) se combina com uma umidade moderada ($URM \leq 70\%$) e com uma amplitude térmica pequena ($AT < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$).

O H2 indica que é conveniente o movimento do ar, ou seja, o movimento do ar é desejável. Aplica-se quando o rigor térmico diurno é ‘confortável’ ($RT_{dia} = C$) e se combina com uma umidade elevada ($URM > 70\%$).

O indicador de umidade H3, refere-se à necessidade de se precaver contra a invasão de chuvas. Mahoney ressalta que a invasão das chuvas nas edificações pode ocorrer com valores abaixo ou próximos dos 200mm de precipitação, no entanto, essa proteção anti-chuva só será necessária para pluviosidade acima de 200mm (UNITED NATIONS, 1971). O indicador de aridez A1 refere-se à necessidade de armazenamento térmico. Aplica-se quando coincide uma grande amplitude térmica ($AT \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) com uma umidade moderada ou baixa ($URM \leq 70\%$). Segundo United Nations (1971), a amplitude Térmica deve ser de

“10°C ou mais” para ser classificada como grande, por isso, se utilizou $AT \geq 10^\circ\text{C}$.

O A2 indica a conveniência de dispor de um espaço para dormir ao ar livre. Isto se torna necessário apenas se a temperatura noturna for elevada ($RT_{\text{noite}} = Q$) e a umidade for baixa ($URM \leq 70\%$), ou quando as noites são confortáveis ($RT_{\text{noite}} = C$) mas no interior da edificação faz muito calor, devido ao grande armazenamento térmico diurno ($RT_{\text{dia}} = Q$); combinados à baixa umidade ($URM \leq 70\%$) e à alta amplitude térmica ($AT \geq 10^\circ\text{C}$).

O indicador A3, proteção contra o frio necessária, aplica-se à estação fria ou inverno rigoroso. Ocorre quando a temperatura cai abaixo do limite inferior de bem estar pelo dia ($RT_{\text{dia}} = F$).

Após verificar-se a existência ou não do indicador para os doze meses, faz-se a somatória do número de vezes que o indicador aparece ao ano, resultando na frequência anual, como se observa na Tabela 3.7 (HARRIS, 1999; KOENIGSBERGER et al, 1977; MASCARÓ, 1983; UNITED NATIONS, 1971).

Tabela 3.7 – Frequência mensal e anual dos indicadores de umidade e aridez para o MMT

INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	FREQ. ANUAL
H1													
H2													
H3													
A1													
A2													
A3													

Fonte: Adaptado de Koenigsberger et al, 1977.

O valor numérico de um único indicador não conduz automaticamente à solução do problema no geral. Pois, a resolução pode estar na interação entre dois ou mais indicadores, devendo a análise ser feita de forma integrada. Assim, surgem as recomendações de projeto, estruturadas a partir da frequência anual dos indicadores, como se observa na Tabela 3.8 (KOENIGSBERGER et al, 1977; MASCARÓ, 1983; UNITED NATIONS, 1971).

Essas recomendações são especificadas conforme a quantidade de meses em que determinado(s) indicador(es) ocorre(m) durante o ano. Elas fornecem aos projetistas informações quanto ao layout, orientação, estrutura e outros parâmetros necessários ao projeto. Foram agrupadas segundo oito tópicos: traçado, espaçamento, movimento do ar, espaço para dormir ao ar livre, aberturas, paredes, proteção contra as chuvas e cobertura (KOENIGSBERGER et al, 1977; MASCARÓ, 1983; UNITED NATIONS, 1971). As

dezessete recomendações encontram-se no Anexo A, separadas de acordo com os oito tópicos supracitados e na Tabela 3.8 é possível visualizar as regras que regem essas recomendações na planilha idealizada por Mahoney.

As tabelas apresentadas neste trabalho foram baseadas naquelas utilizadas nos estudos das cidades de Campinas e Belém (HARRIS, 1999; HARRIS, CHENG e LABAKI, 2000). A fim de facilitar o trabalho de cálculo das iterações entre as tabelas do método tradicional de Mahoney, foi desenvolvido nesse trabalho um programa computacional em linguagem C, vide Apêndice A.

No Capítulo 6, onde são descritos os estudos de caso, para cada cidade analisada, tem-se uma planilha com os Quadros I e II desse método. As abreviaturas e nomenclaturas usadas aqui são, na maioria, baseadas em Harris (1999). No Apêndice B, pode-se encontrar as recomendações de projeto para cada uma das quatro cidades.

Tabela 3.8 – Quadro III: Recomendações para projeto

						Recomendação PARA CROQUIS
FH1	FH2	FH3	FA1	FA2	FA3	
TRAÇADO						
			0 - 10			
			11 - 12		5 - 12	R1
					0 - 4	R2
ESPAÇAMENTO						
11 - 12						R3
2 - 10						R4
0 - 1						R5
MOVIMENTO DO AR						
3 - 12						R6
1 - 2			0 - 5			
			6 - 12			
0	2 - 12					R7
	0 - 1					R8
ABERTURAS						
			0 - 1		0	R9
			11 - 12		0 - 1	R10
Quaisquer outras condições						R11
PAREDES						
			0 - 2			R12
			3 - 12			R13
COBERTURAS						
			0 - 5			R14
			6 - 12			R15
DORMIR AO AR LIVRE						
				2 - 12		R16
PROTEÇÃO PARA CHUVAS						
		3 - 12				R17

Fonte: Adaptado da tabela 7.7 de Harris, 1999.

4 MÉTODO DE MAHONEY NEBULOSO (MMN)

Método de Mahoney Nebuloso (MMN) é a denominação dada, nesse trabalho, ao Método de Mahoney remodelado utilizando a Teoria dos Sistemas Nebulosos (TSN) (HARRIS, 1999). A proposta da remodelagem surgiu após tentativas frustradas de se obter recomendações de projeto para cidades de clima de transição. Isso porque, para dois grupos de dados estatisticamente iguais, verificou-se que os resultados obtidos com o Método de Mahoney Tradicional (MMT) geraram recomendações de projeto controversas. Esses resultados não correspondem à realidade climática da cidade, e são causadas por uma diferença mínima na temperatura média e na umidade relativa média entre os dois grupos de dados (CHVATAL, 1998; HARRIS, 1999). Com base nessas observações, Harris (1999) analisou a metodologia original de Mahoney e concluiu que o problema estava em duas etapas dessa metodologia:

1º) Na forma como são analisados os dados climáticos e definidos os intervalos que classificam suas características climáticas e

2º) na subjetividade intrínseca à delimitação das faixas de temperatura de bem-estar, que classificam o Rigor Térmico de forma qualitativa, como ‘frio’, ‘quente’ ou ‘confortável’.

Mahoney (UNITED NATIONS, 1971) ressaltou que para se utilizar seu método não é necessário ter conhecimento matemático aprofundado. No MMT, os dados climáticos são analisados através de operações lógicas e operações básicas da Teoria dos Conjuntos. Um exemplo disso é o ato de se verificar se dada a umidade de uma cidade, ela “pertence ou não” ao grupo ‘úmido’ ou ao grupo ‘seco’. As operações lógicas existentes no método tradicional envolvem regras de inferência baseada em lógica binária, onde os resultados só admitem valores ‘verdadeiro’ ou ‘falso’ como é o caso da determinação da presença dos indicadores climáticos mês a mês. Uma vez que o conceito de ‘rigor térmico’ é subjetivo (‘frio’, ‘quente’ ou ‘confortável’), a melhor alternativa seria modelá-lo como um conjunto nebuloso. Como existe, na prática, uma região de transição gradual, por exemplo, entre ‘frio’ e ‘confortável’, a solução seria aplicar as operações da inferência nebulosa.

Partindo dessas hipóteses, Harris (1999) utilizou a Teoria dos Conjuntos Nebulosos (TCN) para modelar as informações e conceitos de natureza vaga ou nebulosa que estão presentes no MMT e aplicou as operações próprias do conjunto nebuloso e inferência nebulosa para

determinar os resultados. Para melhor compreensão, são apresentadas a seguir as modelagens feitas para cada um dos dados climáticos, com base no que foi exposto sobre a TCN no Capítulo 2 e no trabalho de Harris (1999).

Inicialmente foram identificados os conceitos subjetivos utilizados no MMT. São eles: temperatura ‘alta’, ‘média’ e ‘baixa’; amplitude térmica ‘pequena’ e ‘grande’; umidade relativa ‘seco’ e ‘úmido’ e pluviosidade ‘alta’. Estendendo o exemplo apresentado na Figura 2.1, função de pertinência ‘baixa’, para os outros valores lingüísticos da temperatura, obtém-se o gráfico da Figura 4.1 com as variáveis lingüísticas ‘baixa’, ‘média’ e ‘alta’ modeladas como conjuntos nebulosos definidos no eixo de temperatura.

Figura 4.1 – Conjuntos nebulosos da Temperatura ‘baixa’, ‘média’ e ‘alta’, adaptados de Harris (1999)

A variável Amplitude Térmica (AT), proveniente da diferença entre a Temperatura Máxima das Médias (TMmax) e a Temperatura Mínima das Médias (TMmin), é expressa por meio de dois conjuntos nebulosos: ‘pequena’ e ‘grande’. Modelados a partir do valor da amplitude térmica, $AT < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (‘pequena’) e $AT \geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (‘grande’). Como mostra a Figura 4.2.

Figura 4.2 – Conjuntos Nebulosos da Amplitude Térmica ‘pequena’ e ‘grande’, adaptados de Harris (1999)

A modelagem da umidade relativa média, como mostra a Figura 4.3, resultou em dois conjuntos nebulosos que representam o quanto o ar é ‘úmido’ ou ‘seco’, ou seja, quanto de umidade relativa está contido no ar.

Figura 4.3 – Conjuntos Nebulosos da Umidade Relativa Média ‘seco’ e ‘úmido’, adaptados de Harris (1999)

A Figura 4.4 mostra o valor lingüístico ‘alta’ para a pluviosidade considerando o entorno do limite de 200 mm, a partir do qual a metodologia original de Mahoney determina que a pluviosidade é alta.

Figura 4.4 – Conjunto nebuloso Pluviosidade ‘alta’, adaptado de Harris (1999)

Nas Figuras 4.1 a 4.4, as curvas e os valores utilizados foram determinados com base nas informações fornecidas pelos especialistas.

Tal como o método original de Mahoney, o MMN também apresenta três quadros. Como mostra a Figura 4.5.

Figura 4.5 – Representação esquemática do MMN³

No primeiro quadro da Figura 4.5, tem-se a entrada dos dados climáticos e a definição dos graus de pertinência de cada dado climático. Os dados climáticos TM, AT e URM são calculados da mesma forma que no MMT. Em seguida, determina-se o grau de pertinência dos valores lingüísticos com base nos dados climáticos. Para isso, utilizam-se as funções de pertinência mostradas nas Figuras 4.1 a 4.4. Por exemplo, TM ‘alta’, ‘média’ ou ‘baixa’; URM ‘seco’ ou ‘úmido’. Para se obter o grau de pertinência dos dados climáticos

³ Adaptado da Tabela 7.3 de Harris (1999).

em relação ao valor lingüístico basta entrar com o valor determinístico do dado na abscissa do gráfico correspondente e verificar o grau de pertinência na ordenada do gráfico.

Os dados climáticos, bem como seus respectivos graus de pertinência, são anotados no Quadro I do Método de Mahoney Nebuloso, apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Dados climáticos e seus graus de pertinência (Quadro I)

<i>Temp. °C</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>
TMmax												
TMmin												
TM												
$\mu_{TM-Alta}$ (mês)												
$\mu_{TM-Média}$ (mês)												
$\mu_{TM-Baixa}$ (mês)												
(AT)												
$\mu_{AT-Pequena}$ (mês)												
$\mu_{AT-Grande}$ (mês)												
UR %												
URM												
$\mu_{URM-Seco}$ (mês)												
$\mu_{URM-Úmido}$ (mês)												
PL												
$\mu_{PL-Alta}$ (mês)												

Fonte: Adaptado de Harris, 1999.

No Quadro II, tem-se a análise dos dados climáticos. No MMT essa análise é desenvolvida através de inferência utilizando regras estabelecidas na Tabela 3.4 do Capítulo 3, que relacionam a qualificação da temperatura média anual (TMA) em ‘baixa’, ‘média’, e ‘alta’; a umidade relativa em grupos ‘úmido’ e ‘seco’, para definir os Limites de Conforto. No MMN, a fim de levar em consideração as informações subjetivas e nebulosas, foi utilizada a Inferência ou Lógica Nebulosa (CHENG, 2001). O papel da Inferência Nebulosa é determinar o conjunto nebuloso ‘confortável’, que junto com outros dois conjuntos nebulosos ‘frio’ e ‘quente’ são utilizados para determinar o Rigor Térmico.

Para determinar o conjunto nebuloso ‘confortável’, usam-se regras de inferência que levam em consideração os valores lingüísticos de TM e URM como dados de entrada, conforme a Tabela 4.2. Ressalta-se aqui que, no MMN, foi utilizado o valor de TM (mensal) ao invés do valor da TMA (utilizada no MMT), da mesma forma que o valor da URM de entrada (mensal), porque, o objetivo da análise é chegar aos indicadores mensais. Por causa disso,

na análise pelo MMT, definiu-se o rigor térmico mês a mês tanto com o valor da TMA como com os valores das TM's, para que se pudessem comparar os resultados obtidos entre os dois métodos.

A Tabela 4.2 mostra a remodelagem das regras de inferência da Tabela 3.4, utilizando a TCN. Harris (1999) denominou essa remodelagem de Limites de Conforto Nebulosos.

Tabela 4.2 – Limites de Conforto Nebulosos, adaptados da tab. 7.7 de Harris, 1999

Conjuntos Bem-Estar	TM - Alta	TM - Média	TM - Baixa
URM-Seco	$\widetilde{BE}1$	$\widetilde{BE}2$	$\widetilde{BE}3$
URM-Úmido	$\widetilde{BE}4$	$\widetilde{BE}5$	$\widetilde{BE}6$

Com base na Tabela 4.2, por exemplo, entrando-se com a TM 'alta' ($TM > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa denominada 'seco' ($URM \leq 70\%$), como resultado da combinação entre TM-Alta e URM-Seco, tem-se o conjunto bem-estar nebuloso $\widetilde{BE}1$, como conjunto 'confortável'. A regra de inferência associada a essa situação específica é:

SE temperatura 'alta' **E** umidade relativa 'seco'
ENTÃO a zona de conforto é o conjunto $\widetilde{BE}1$.

Vale ressaltar que, conforme Tabela 4.2, o processo de inferência é composto de seis regras. Cada uma dessas regras é um caso de combinação de um dos três valores lingüísticos da temperatura (TM) e de um dos dois valores lingüísticos referente à umidade relativa (URM).

A seguir, são apresentadas, graficamente, as modelagens dos conjuntos bem-estar nebulosos. A função de pertinência dos conjuntos bem-estar foi definida com base nos intervalos de bem-estar pelo dia e pela noite, mostradas na Tabela 3.4. Tem-se, como exemplo, o conjunto bem-estar denominado de $\widetilde{BE}1$. Harris (1999), define os limites do conjunto com o limite inferior da faixa de bem-estar pela noite ($17\text{ }^{\circ}\text{C}$), e o limite superior da faixa de bem-estar pelo dia ($29\text{ }^{\circ}\text{C}$), com moda no limite intermediário entre a faixa de bem estar diurno e o noturno ($23\text{ }^{\circ}\text{C}$), ver Tabela 3.4. Desse modo, o conjunto nebuloso $\widetilde{BE}1$, pode ser representado graficamente conforme a Figura 4.6 (a). A Figura 4.6 mostra a representação gráfica dos conjuntos $\widetilde{BE}1$ a $\widetilde{BE}6$.

Uma vez definidos os conjuntos de bem-estar $\widetilde{BE1}$ a $\widetilde{BE6}$, determina-se o nebuloso conjunto ‘confortável’ através da operação de inferência nebulosa, apresentada a seguir, para todos os meses do ano.

Figura 4.6 – Conjuntos nebulosos $\widetilde{BE1}$ a $\widetilde{BE6}$

Para cada uma das seis regras apresentadas na Tabela 4.2, a operação de inferência nebulosa resume se nas seguintes etapas:

1. Determinar o grau de pertinência do valor lingüístico da TM (Figura 4.1) e do valor lingüístico da URM (Figura 4.3), utilizados naquela regra.

2. Esses graus de pertinência são usados para modificar os conjuntos bem-estar da regra (Figura 4.6). Pelo Método de Mamdani (HARRIS, 1999), a modificação do

conjunto de bem-estar é feita cortando a parte superior do conjunto $\widetilde{BE}$, acima do menor valor entre graus de pertinência das variáveis linguísticas da TM e da URM (medida a da Figura 4.7 (a) e (b)).

Por exemplo, a operação da regra citada anteriormente:

Se TM ‘alta’ e URM ‘seco’ então $\widetilde{BE1}$

consiste em pegar o menor valor entre $\mu_{TM-Alta}(mês)$ e $\mu_{GU-Seco}(mês)$. Esse valor, denominado de a , é utilizado para cortar o $\widetilde{BE1}$, da Figura 4.6(a). O resultado dessa regra é $\widetilde{BE'1}$ (ver Figura 4.7 (b)). $\widetilde{BE'1}$ é a contribuição da regra ao resultado final, ou seja, conjunto nebuloso ‘confortável’. Em outras palavras, o conjunto nebuloso ‘confortável’ é a união dos resultados obtidos das seis regras (ver Figura 4.8).

Figura 4.7 – Corte do conjunto nebuloso $\widetilde{BE1}$ e conjunto nebuloso $\widetilde{BE'1}$

Figura 4.8 – União entre os conjuntos $\widetilde{BE'1}$, $\widetilde{BE'2}$, $\widetilde{BE'4}$ e $\widetilde{BE'5}$

Tendo em vista o ‘espalhamento’ do conjunto nebuloso ‘confortável’ obtido pela união do $\tilde{B}E_i$, $i = 1...6$, Harris, Cheng e Labaki (2000) propuseram a redefinição do conjunto ‘confortável’ em uma função de pertinência triangular e normal, mantendo apenas os seus limites inferiores e superiores, usando o baricentro da união como moda (Figura 4.9).

Os conjuntos nebulosos ‘frio’ e ‘quente’ do Rigor Térmico foram delineados com base na opinião de especialistas e nos limites de conforto propostos para o Brasil por Alucci, Carneiro e Baring (1986). Inicialmente, o conjunto nebuloso ‘quente’ foi definido com uma função de pertinência cuja transição entre zero e um ocorre nas temperaturas de 11 °C a 33 °C, respectivamente, com temperatura ‘ideal’ correspondente ao grau de pertinência 0.5 em relação ao conjunto nebuloso ‘quente’ em 22 °C. O conjunto nebuloso ‘frio’ foi então definido como o complemento do ‘quente’ e, conforme o conceito de zona de conforto adaptativo adotado por Mahoney, os conjuntos ‘frio’ e ‘quente’ sofrem influência da TM. Essa influência é considerada, no método proposto por Harris (1999), através do ajuste da temperatura ‘ideal’ de 22 °C à moda do conjunto nebuloso ‘confortável’.

Na prática, isso significa que, uma vez determinado o conjunto nebuloso ‘confortável’, definem-se os conjuntos ‘frio’ e ‘quente’ transladando as funções de pertinência desses conjuntos de modo que a temperatura ‘ideal’, ou seja, ponto da curva cujo grau de pertinência é 0.5, coincida com a moda do conjunto ‘confortável’, (Figura 4.9).

A Região Confortável, junto com as regiões Frio e Quente, serão utilizadas para determinar o grau de pertinência do Rigor Térmico. O grau de pertinência do Rigor térmico diurno (RTdia) é obtido entrando-se com o valor da TMmax na abscissa do gráfico apresentado na Figura 4.9. O grau de pertinência resultante do cruzamento de TMmax com os conjuntos nebulosos ‘frio’, ‘quente’ e ‘confortável’ é o resultado que será anotado na Tabela 4.3. Da mesma forma procede-se para achar o grau de pertinência do RTnoite, entrando, porém, na abscissa do gráfico, com o valor da TMmin, ao invés da TMmax.

Figura 4.9 – Conjuntos nebulosos para a definição dos Rigores Térmicos

Harris (1999) remodelou as regras de inferência do MMT, para determinar os indicadores climáticos de cada mês, apresentadas na Tabela 3.6, utilizando operações de conjuntos nebulosos, conforme mostra a Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Regras de inferência para os indicadores nebulosos

Indicador	Definição	Regras
$\mu_{H1}(\text{mês})$	Movimento do ar essencial	$\{\mu_{RTdia-Quente} [TM_{max}(\text{mês})] \wedge \mu_{URM-Úmido}(\text{mês})\} \vee \{\mu_{RTdia-Quente} [TM_{max}(\text{mês})] \wedge \mu_{URM-Seco}(\text{mês}) \wedge \mu_{AT-Pequena}(\text{mês})\}$
$\mu_{H2}(\text{mês})$	Movimento do ar desejável	$\mu_{RTdia-Confortável} [TM_{max}(\text{mês})] \wedge \mu_{URM-Úmido}(\text{mês})$
$\mu_{H3}(\text{mês})$	Proteção contra chuvas necessária	$\mu_{PL-Alta}(\text{mês})$
$\mu_{A1}(\text{mês})$	Armazenamento térmico necessário	$\mu_{AT-Grande}(\text{mês}) \wedge \mu_{URM-Seco}(\text{mês})$
$\mu_{A2}(\text{mês})$	Local para dormir ao ar livre	$\{\mu_{RTnoite-Quente} [TM_{min}(\text{mês})] \wedge \mu_{URM-Úmido}(\text{mês})\} \vee \{\mu_{RTdia-Quente} [TM_{max}(\text{mês})] \wedge \mu_{RTnoite-Confortável} [TM_{min}(\text{mês})] \wedge \mu_{URM-Seco}(\text{mês}) \wedge \mu_{AT-Grande}(\text{mês})\}$
$\mu_{A3}(\text{mês})$	Proteção contra o frio	$\mu_{RTdia-Frio} [TM_{max}(\text{mês})]$

Fonte: Adaptado da tabela 7.15 de Harris, 1999.

Na Tabela 4.3 o sinal $\wedge$ significa ‘pegar o menor’ e corresponde à operação de interseção, enquanto que o sinal $\vee$ significa ‘pegar o maior’ e corresponde à operação de união.

No MMT, a presença ou não do indicador climático é definida pelas regras da Tabela 3.6, que verificam a presença ou não do rigor térmico ('quente', 'confortável', ou 'frio') no dia e na noite, da umidade relativa 'seco' ou 'úmido', da amplitude térmica 'grande' ou 'pequena', e da pluviosidade 'alta'.

Na sua versão nebulosa, ao invés de “pertencer” ou “não pertencer”, determina-se o grau de pertinência mensal dos indicadores climáticos [$\mu_{H1}(\text{mês})$, $\mu_{H2}(\text{mês})$, $\mu_{H3}(\text{mês})$, $\mu_{A1}(\text{mês})$, $\mu_{A2}(\text{mês})$ e $\mu_{A3}(\text{mês})$]. O grau de pertinência é resultado da inferência que utiliza o grau de pertinência dos valores lingüísticos:

- Do RTdia ($\mu_{RTdia-Quente} [TM_{max}(\text{mês})]$; $\mu_{RTdia-Confortável} [TM_{max}(\text{mês})]$; $\mu_{RTdia-Frio} [TM_{max}(\text{mês})]$);
- do RTnoite ($\mu_{RTnoite-Quente} [TM_{min}(\text{mês})]$; $\mu_{RTnoite-Confortável} [TM_{min}(\text{mês})]$; $\mu_{RTnoite-Frio} [TM_{min}(\text{mês})]$) o valor lingüístico da umidade relativa ($\mu_{URM-Seco}(\text{mês})$; $\mu_{URM-Úmido}(\text{mês})$);
- da amplitude térmica ($\mu_{AT-Pequena}(\text{mês})$; $\mu_{AT-Grande}(\text{mês})$) e
- da pluviosidade ($\mu_{PL-Alta}(\text{mês})$).

A frequência anual de cada um desses indicadores é dada pela somatória dos graus de pertinência mensais, que representam o valor equivalente à quantidade de vezes que o indicador ocorreu durante o ano.

Assim como no MMT, no MMN, as recomendações de projeto do MMN são definidas pela frequência anual de um ou vários indicadores diferentes. No caso do MMN, as recomendações são modeladas como conjuntos nebulosos. Para se obter o grau de pertinência da recomendação é necessário entrar com os valores da frequência anual dos indicadores envolvidos. A Figura 4.10 mostra a recomendação R1, definida em função da frequência anual dos indicadores A1 e A3.

Figura 4.10 – Recomendação R1 (HARRIS, 1999)

Para o conjunto nebuloso recomendações de projeto R1, têm-se a frequência anual de A1 (F_{A1}) como abscissa e a frequência anual de A3 (F_{A3}) como ordenada, ambas variando de zero a doze, correspondendo ao número de meses do ano. O terceiro eixo varia numa escala de zero a um (0 a 1) e corresponde ao grau de pertinência da recomendação R1. A obtenção do grau de pertinência da recomendação R1 se dá, portanto, através da leitura direta, entrando-se com os valores de frequência anual dos indicadores. Por exemplo, para frequência anual de A1 igual a 10.5 e frequência anual de A3 igual a 3, tem-se o grau de pertinência de R1 igual a 0.5 [$\mu_{R1}(F_{A1}, F_{A3}) = \mu_{R1}(10.5, 3) = 0.5$].

5 MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA UTILIZADOS

Com o objetivo de analisar e validar os resultados obtidos com o uso do Método de Mahoney Nebuloso (MMN) e de verificar os resultados obtidos com o uso do Método de Mahoney (MMT), utilizou-se o Sistema Internacional de Classificação Climática de Köppen, por ser o método de classificação amplamente conhecido e divulgado. Porém, como esse sistema apresenta o panorama geral do clima e MMN uma caracterização particular, optou-se pelo uso concomitante do Sistema de Classificação Climática pela Efetividade da Precipitação, por ser um sistema que leva em consideração as particularidades do clima das regiões tropicais e pela existência de estudos desenvolvidos através dele, voltados exclusivamente para o Estado de São Paulo, (SETZER, 1966).

A Figura 5.1 mostra as cidades escolhidas para o estudo de caso e que serão classificadas pelos sistemas acima apresentados: Franca, ao norte, Iguape, ao sul, Campos do Jordão, a leste, e Presidente Prudente a oeste.

Figura 5.1 – Mapa do Estado de São Paulo⁴

Os dados climáticos utilizados na classificação das quatro cidades são referentes ao período de 1977 a 1986 e são provenientes de estações meteorológicas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizadas nas próprias cidades (NASCIMENTO; GOMES, 1988). Segundo Pedroso (1988), uma amostra de dados climáticos de cinco ou dez anos é satisfatória para análise de um espaço físico de ‘Nível Regional’⁵, no qual as cidades em análise se inserem, baseado nesse fato pode-se considerar as amostras,

⁴ Divisão Administrativa e jurídica do estado. Fonte: <<http://www4.climatempo.com.br/novo/index.php>>

⁵ Ordem de grandeza da dimensão de espaços referentes ao uso de dados climáticos (CONTI; TARIFA, 1979 apud PEDROSO, 1988).

apresentadas no estudo de Nascimento e Gomes (1988), representativas do clima daquelas cidades. No entanto, Akutsu e Pedroso (1988) aconselham que a amostra de dados climáticos para o nível regional deve ser maior ou igual a dez anos, podendo ser utilizada uma amostra menor, desde que haja outros postos de coleta de dados próximos ao ponto de coleta de onde se tirou a amostra, para eventuais comparações de dados.

No Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo, Setzer (1966), apresenta a classificação climática do estado tanto pelo sistema de Köppen como pelo da Efetividade da Precipitação. O grupo de dados utilizado no estudo de Setzer (1966) é proveniente de uma amostra de vinte anos de coleta, por esse motivo optou-se por uma comparação paralela entre essa classificação de Setzer (1966) e a que será desenvolvida com o grupo de dados obtido do trabalho de Nascimento e Gomes (1988). Para facilitar a identificação dos dois grupos de dados, denominou-se de:

- Grupo I: amostra com período de vinte anos utilizado no trabalho de Setzer, (1966);
- Grupo II: amostra com período de nove anos fornecida pelo INMET (NASCIMENTO; GOMES, 1988).

Nesse capítulo serão apresentados previamente os dois sistemas e as classificações climáticas das cidades obtidas através deles, utilizando os dados climáticos do grupo I e do grupo II.

5.1 Sistema Internacional de Classificação Climática de Köppen

Esse sistema é um dos mais conhecidos e utilizados. No entanto, sofre contestações e críticas constantes, por parte de geógrafos e outros pesquisadores. Isso se dá, não só por se tratar de um método empírico, mas também por seu idealizador ser um botânico e climatologista ⁶.

Wladimir Köppen dividiu a superfície da Terra em regiões climáticas de modo que coincidissem com os padrões de vegetação e solo existentes nesses locais. Pois, o clima da região seria o fator determinante dos tipos de plantas que cresceriam lá e dos tipos de animais que habitariam nesse lugar⁷. No sistema de Köppen, a temperatura e a precipitação

⁶ <<http://www.blueplanetbiomes.org/climate.htm>> e <<http://www.geofictie.nl/ctkoppe2.htm>>

⁷ <<http://www.blueplanetbiomes.org/climate.htm>>.

são definidas como critérios de distinção entre os tipos de clima⁸ (SETZER, 1946).

A grande vantagem desse sistema concentra-se no fato de que não é necessário ter conhecimentos profundos sobre climatologia para se utilizá-lo, pois se caracteriza por um código de letras taquigráficas que designam:

- 1ª letra – um grupo climático mais abrangente (Tabela 5.1);
- 2ª letra – os subgrupos destes últimos (Tabela 5.1);
- 3ª letra – algumas subdivisões que distinguem as características particulares sazonais de temperatura e precipitação (Tabelas 5.2 e 5.3).

O conteúdo detalhado desse sistema pode ser encontrado no trabalho original de Köppen (1931, apud SETZER, 1946).

Tabela 5.1 – Grupos e subgrupos definidos por Köppen⁹

1ª Letra	Classificação		
A	Climas quentes e úmidos		
B	Climas secos	BW	árido desértico
		BS	semi-árido estepe
C	Climas mornos e úmidos.		
D	Climas úmidos continentais		
E	Climas frios	ET	tundra
		EF	congelado

Tabela 5.2 – Características de precipitação definidas por Köppen

2ª Letra	Classificação
f	Úmido com precipitação adequada em todos os meses e sem estação seca. Essa letra acompanha usualmente os grupos climáticos A , C e D .
m	Clima de floresta tropical, no tocante a curta estação seca dos ciclos típicos de monção. Aplica-se apenas aos climas de letra A .
s	Caracteriza estação seca no verão do respectivo hemisfério.
w	Há estação seca no inverno do respectivo hemisfério.

⁸ <<http://www.geofictie.nl/ctkoppe2.htm>>.

⁹ O conteúdo das Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 foram traduzidos e adaptados dos *sites*:

<<http://www.blueplanetbiomes.org/climate.htm>> e <<http://www.geofictie.nl/ctkoppe2.htm>>

Tabela 5.3 – Características de temperatura definidas por Köppen

3ª Letra	Classificação
a	Verões quentes, com o mês mais morno acima de 22 °C. Podem ser encontrados nos climas C e D .
b	Verões mornos com o mês mais morno abaixo de 22 °C. Podem ser encontrados nos climas C e D .
c	Verões frios e curtos, com menos de quatro meses acima de 10 °C nos climas C e D .
d	Invernos muito frios com o mês mais frio abaixo de -38 °C somente no clima D .
h	Quente e seco com a temperatura média anual acima de 18 °C somente no clima B .
k	Frio e seco com a temperatura média anual abaixo de 18 °C somente no clima B .

Segundo o estudo feito por Setzer (1946 e 1966), utilizando-se o Sistema de Köppen, é possível definir seis tipos de clima que abrangem o Estado de São Paulo. A Tabela 5.4 mostra esses tipos de clima.

Tabela 5.4 – Classificação de Köppen para o estado de São Paulo (SETZER, 1966)

SÍMBOLO DE KÖPPEN	CLIMAS ÚMIDOS		TOTAL DE CHUVAS DO MÊS MAIS SECO (mm)	TEMPERATURA MÉDIA	
				DO MÊS MAIS QUENTE (°C)	DO MÊS MAIS FRIO (°C)
Af	Tropical	Sem estação seca	mais de 60	acima de 22	acima de 18
Aw	Tropical	Inverno seco	menos de 30	acima de 22	acima de 18
Cwa	(Subtropical) Quente	Inverno seco	menos de 30	acima de 22	abaixo de 18
Cwb	Temperado	Inverno seco	menos de 30	abaixo de 22	abaixo de 18
Cfa	(Subtropical) Quente	Sem estação seca	mais de 30	acima de 22	abaixo de 18
Cfb	Temperado	Sem estação seca	mais de 30	abaixo de 22	abaixo de 18

O grupo **A** se subdivide em **Af**, tropical úmido sem estiagem, e **Aw**, tropical úmido com estiagem no inverno. E grupo **C** em **Cfa** e **Cwa**, com temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C, verão quente e inverno não muito frio, características que os confere a classificação de subtropicais. Além deles, tem-se também os climas temperados **Cfb** e **Cwb**, com temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C, verão brando e inverno mais frio que nos climas com classificação **a**.

Segundo a publicação de Setzer (1966), que utiliza o grupo de dados I (Tabela 5.5), pelo sistema de Köppen, a cidade de Campos do Jordão é classificada como sendo **Cfb**. Para o grupo II (Tabela 5.6), a classificação climática acima foi a mesma.

Tabela 5.5 – Dados climáticos do grupo I de Campos do Jordão (SETZER, 1966)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TM (C°)	16,5	16,5	15,5	13,5	10,5	9,5	8,5	10,0	12,5	14,0	15,0	16,0
PL mm	300	240	190	80	50	45	35	40	80	155	190	270

Tabela 5.6 – Dados climáticos do grupo II para Campos do Jordão (NASCIMENTO; GOMES, 1988)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TM (C°)	17,60	18,15	17,45	15,05	13,00	10,85	9,55	12,30	13,20	15,40	16,65	17,15
PL mm	323,80	186,50	184,60	114,10	81,20	59,40	40,80	55,30	99,30	137,90	197,40	295,60

Para a cidade de Franca, de acordo com o grupo de dados I (Tabela 5.7), tem-se que seu clima é o **Cwb**. No entanto, ainda utilizando o sistema de Köppen, essa classificação não corresponde à classificação obtida usando o grupo de dados II (Tabela 5.8), cujas características remetem a cidade de Franca a classificação de clima tropical com inverno seco, **Aw**. A contradição entre as duas classificações está na diferença da temperatura entre os dois grupos de dados, que se encontram no entorno de 18 °C para o mês mais frio e no entorno de 22 °C para o mês mais quente. Levando-se em consideração esses fatos, observa-se que os limites definidos pelo sistema de Köppen causam falhas de classificação, quando aplicados a dados climáticos de cidades que se situam na fronteira entre duas regiões climáticas.

Tabela 5.7 – Dados climáticos do grupo I de Franca (SETZER, 1966)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TM (C°)	21,5	21,5	21	20	19	18	17,5	19	20,5	21,5	21	21
PL mm	290	220	190	85	35	25	20	15	60	125	190	270

Tabela 5.8 – Dados climáticos do grupo II para Franca (NASCIMENTO; GOMES, 1988)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TM (C°)	22,10	23,00	22,60	20,95	19,60	18,25	18,15	20,05	20,55	22,25	21,95	21,90
PL mm	323,70	179,80	208,80	84,10	73,30	35,20	25,50	27,80	92,30	148,40	239,20	305,90

De acordo com Setzer (1966), a classificação da cidade de Iguape, pelo sistema de Köppen, é do tipo **Af**. Apesar o autor não apresentar os dados climáticos que levam a essa classificação, foi possível obtê-la através do Mapa 15 do Atlas de sua autoria (SETZER, 1966). Essa classificação também se manteve para o grupo de dados II, ver Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Dados climáticos do grupo II de Iguape (NASCIMENTO; GOMES, 1988)

TM (C°)	25,95	26,60	25,85	23,60	21,95	20,00	20,65	22,00	22,25	24,65	25,30	25,45
PL mm	146,60	131,80	124,20	86,50	80,20	54,00	38,70	32,60	89,60	104,90	121,10	185,80

A cidade de Presidente Prudente é classificada por Köppen, utilizando o grupo de dados I, como **Cwa**. Porém, quando se utiliza o grupo de dados II no sistema de Köppen, Presidente Prudente fica fora das classificações da Tabela 5.4, pois, possui temperatura no mês mais quente acima de 22 °C e no mês mais frio acima de 18 °C, com pluviosidade de 32,6 mm no mês mais seco. Contudo, observa-se que a cidade de Presidente Prudente é uma cidade com clima de transição entre os climas tropical (**Aw**) e subtropical quente, sem estação seca (**Cfa**). O problema encontrado aqui se assemelha com aquele apresentado na classificação climática de Franca, na qual um pequeno desvio no valor médio do dado climático resulta na mudança drástica de classificação. Isso reforça a hipótese levantada de que, quando se aplicam os dados climáticos, de cidades que se situam na fronteira entre duas regiões, no sistema de Köppen, esse sistema gera inconsistência na classificação.

Tabela 5.10 – Dados climáticos do grupo I de Presidente Prudente (SETZER, 1966)

TM (C°)	24,5	25	24	22	19	17,5	17,0	18,5	20,5	22,5	23,5	24
PL mm	205	180	130	80	70	55	28	37	70	100	120	185

Tabela 5.11 – Dados climáticos do grupo II para Presidente Prudente
(NASCIMENTO; GOMES, 1988)

TM (C°)	25,95	26,60	25,85	23,60	21,95	20,00	20,65	22,00	22,25	24,65	25,30	25,45
PL mm	146,60	131,80	124,20	86,50	80,20	54,00	38,70	32,60	89,60	104,90	121,10	185,80

Como exemplo da limitação desse sistema, tem-se a Tabela 5.8. Dessa tabela verifica-se que o mês mais frio da cidade de Franca tem temperatura de 18.15 °C, portanto acima de 18 °C, diante disso questiona-se: se a diferença de 0.15 °C na temperatura média implicaria na afirmação de que Franca pertence ou não a determinado clima? Outro exemplo é a Tabela 5.11, onde a pluviosidade do mês mais seco é de 32.60 mm para a cidade de Presidente Prudente, deixando essa cidade fora da classificação **Cwa**, por causa de uma diferença de 2.6 mm de pluviosidade. Ao determinar os limites que definem cada classe de clima, através das variáveis temperatura e pluviosidade, Köppen usa termos como: *acima de*, *abaixo de*, *mais que* e *menos que*. Esses termos sugerem que entorno desses limites ocorre um intervalo de transição entre uma classificação climática e outra. Esses intervalos podem receber tratamento adequado com a utilização da TSN, a fim de obter uma classificação climática mais consistente.

A explicação para a diferença entre as classificações obtidas pelos grupos de dados I e II, poderia ser o fenômeno de aquecimento global pelo qual o planeta vem passando. Segundo Coutinho (2004), nos últimos cem anos a temperatura média da terra elevou-se 1 °C e vem aumentando “quase ininterruptamente no último quarto de século”.

Muitos estudos sobre o comportamento do clima vêm sendo realizados e com o avanço da tecnologia e dos estudos científicos, espera-se que logo se possa contar com um sistema de classificação climática que levem em conta as considerações levantadas aqui.

5.2 Sistema de Classificação Climática pela Efetividade da Precipitação

O Sistema pela Efetividade da Precipitação foi desenvolvido com base na natureza dos solos. Seu idealizador, Thornthwaite (1931 apud SETZER, 1946), partiu do princípio de que duas rochas iguais produzem solos diferentes quando localizadas em climas diferentes. Assim, como no sistema de Köppen, Thornthwaite fundamentou seu sistema com base nas observações de grandes áreas, relacionando, de forma quantitativa, características climáticas típicas da natureza do solo e da vegetação, conjuntamente.

Setzer (1946), enfatiza que o solo se apresenta como resultado da ação de determinadas condições climáticas durante milhares de anos e, em comparação a vegetação que sofre muitas mudanças devido à influência do homem, constitui material de estudo menos mutável. Pois, a definição das grandes classes de solos baseia-se em características pedológicas consagradas que praticamente não se alteram com a exploração humana.

A Classificação climática de Thornthwaite tem como base o conceito de efetividade da precipitação (*Precipitation Effectiveness*), que são as relações entre a precipitação e a evaporação, e da eficácia da temperatura (*Temperature efficiency*), relação entre a temperatura e a evaporação (SETZER, 1946). Esses índices encontram-se melhor explicados no trabalho de Setzer (1946).

A justificativa do uso desses conceitos está no fato de que esses estudos foram direcionados para área agrícola, onde o que importa é a precipitação efetiva, ou seja, a quantidade de água que realmente é retida pelo solo. Para isso, são descontadas da precipitação as águas perdidas pela enxurrada e a quantidade evaporada. Como a quantidade perdida pela enxurrada é difícil de ser quantificada, por uma série de fatores, essa parcela foi descartada. A evaporação, por sua vez, também apresentava dificuldades de medição. Assim, Thornthwaite considerou a precipitação efetiva como uma função da temperatura (SETZER, 1946).

A partir dos estudos de Thornthwaite (1931 apud SETZER, 1946), Setzer (1966) apresenta a classificação do estado de São Paulo pela Efetividade da Precipitação, o qual baseia-se em um *índice de umidade* (índice de efetividade da precipitação) que leva em consideração as chuvas e temperaturas na mesma fórmula:

$$\pi = \frac{P}{20,1t},$$

sendo, π = índice de efetividade de precipitação;

P = normais mensais de chuvas e

t = temperaturas médias mensais.

Esse autor explica que “com o mesmo total de chuvas o clima é mais úmido onde as temperaturas são mais baixas, pois a evapotranspiração é menor, sobrando mais água para a decomposição das rochas, erosão e lixiviação do solo, alimentação das águas subterrâneas e suprimento de água à vegetação”.

Com o índice de umidade é possível se obter uma classificação mês a mês, segundo a Tabela 5.5, que apresenta a classificação desenvolvida por Setzer (1966), bem como um conjunto de cores adotadas pela autora para a melhor visualização do fenômeno:

Tabela 5.12 – Índices de Efetividade de Precipitação mensais

Cor adotada	π mensal	Classificação
	acima de 41,7	super-úmido
	de 29,5 a 41,6	muito úmido
	de 20,9 a 29,4	úmido
	de 10,4 a 20,8	sub-úmido
	de 5,2 a 10,4	semi-árido
	de 2,6 a 5,2	árido
	abaixo de 2,6	super árido

Fonte: Adaptada de Setzer, 1966

O *índice de efetividade da precipitação anual* é obtido a partir da soma dos índices mensais de efetividade de precipitação de um ano. Esse índice, juntamente com o aspecto térmico e a existência ou não do período de estiagem, resulta na classificação do clima pela Efetividade da Precipitação, conforme mostra a Tabela 5.13 (SETZER, 1966).

Tabela 5.13 – Classificação do clima pela Efetividade da Precipitação (SETZER, 1966)

Simbologia	UMIDADE DO CLIMA PELO ÍNDICE ANUAL DE EFETIVIDADE DA PRECIPITAÇÃO	ASPECTO TÉRMICO	TEMPERATURA MÉDIA ANUAL
Adr Adw	Super-úmido.....acima de 500	Temperado	abaixo de 18 °C
Bcw Bcr	Muito-úmido.....354 –500	Subtropical	18-22 °C
Bbr	Muito-úmido.....354 –500	Tropical	acima de 22 °C
Cbw	Úmido.....250 – 353	Tropical	acima de 22 °C
Ccw Ccr	Úmido.....250 – 353	Subtropical	18-22 °C
Dbw	Sub-úmido.....abaixo de 250	Tropical	acima de 22 °C
Dcw	Sub-úmido.....abaixo de 250	Subtropical	18-22 °C

A primeira letra da convenção taquigráfica usa uma escala de **A** a **D** para representar, respectivamente, os valores mais altos e valores mais baixos do índice de umidade anual (segunda coluna da Tabela 5.13). Para segunda letra, as convenções **b**, **c** e **d** são dadas conforme a temperatura:

- **b** – se acima de 22 °C – clima tropical;
- **c** – se entre 18 e 22 °C – clima subtropical;
- **d** – se abaixo de 18 °C – clima temperado.

A última letra da convenção taquigráfica diz respeito ao período de estiagem e à evaporação, classificando-se em:

- **r** – sem estiagem – no semestre seco chove mais que evapora;
- **w** – estiagem no inverno – no semestre seco evapora mais que chove.

Dentre as possíveis classificações, tem-se os sete climas principais relacionados ao clima do Estado de São Paulo, são eles:

- **Adw** – super-úmido temperado com estiagem no inverno;
- **Bcw** – muito úmido subtropical com inverno seco;
- **Bcr** – muito úmido subtropical sem estiagem grave;
- **Bbr** – muito úmido tropical sem estiagem;
- **Cbw**, úmido tropical de inverno seco;

- **Ccw** – úmido subtropical com estiagem no inverno;
- **Ccr** – úmido subtropical sem estação seca bem pronunciada;
- **Dbw** – sub úmido tropical com estiagem no inverno;
- **Dcw** – sub úmido subtropical com estiagem no inverno.

No Atlas desenvolvido por Setzer (1966), pode-se verificar a classificação climática pela Efetividade da Precipitação das cidades de Campos do Jordão, Franca e Presidente Prudente. Essa classificação feita através do índice de efetividade da precipitação anual, obtido a partir da somatória do índice de umidade mensal (SETZER, 1966). Como Setzer (1966) utilizou os dados do grupo I para fazer a classificação dessas cidades, será feita uma análise comparativa entre os resultados obtidos com o grupo I e os resultados obtidos com a classificação das quatro cidades com grupo de dados II. Apesar da cidade de Iguape não ter sido contemplada nos estudos de Setzer, sua classificação será feita apenas com o grupo de dados II.

Nas Tabelas 5.14, 5.15 e 5.16 têm-se as classificações tanto para o grupo de dados I quanto para o grupo de dados II, possibilitando a comparação entre eles, representados pela pluviosidade mensal (*P*) e temperatura média mensal (*t*), resultando no índice de efetividade da precipitação (π) mensal e anual.

Tabela 5.14 – Classificação de Campos do Jordão pela Efetividade da Precipitação

Meses	Campos do Jordão			Campos do Jordão		
	Altitude	1630 m	Grupo I	Altitude	1630 m	Grupo II
	<i>P</i>	<i>t</i>	π	<i>P</i>	<i>t</i>	π
Janeiro	300	16,5	95,6	323,8	17,6	95,6
Fevereiro	240	16,5	76,5	186,5	18,2	53,0
Março	190	15,5	64,9	184,6	17,5	55,1
Abril	80	13,5	31,4	114,1	15,1	40,2
Maio	50	10,5	24,1	81,2	13,0	33,0
Junho	45	9,5	23,3	59,4	10,9	28,0
Julho	35	8,5	19,4	40,8	9,6	21,0
Agosto	40	10,0	20,0	55,3	12,3	23,6
Setembro	80	12,5	33,6	99,3	13,2	39,8
Outubro	155	14,0	58,7	137,9	15,4	47,4
Novembro	190	15,0	67,2	197,4	16,7	62,2
Dezembro	275	16,0	90,7	295,6	17,2	90,0
Resultado da Classificação	Total anual		605,5	Total anual		589,0
	Temperado super-úmido			Temperado super-úmido		

Campos do Jordão, segundo a classificação pela Efetividade da Precipitação, é uma cidade de clima temperado super-úmido, com um índice de umidade anual superior a 500 mm, temperatura média anual abaixo de 18 °C, sem período de estiagem (**Adr**). Tanto para grupo de dados I quando para o grupo de dados II, a classificação por esse sistema foi a mesma, porém, os dados do grupo II apresentam uma variação mais suave no que diz respeito ao índice mensal da efetividade da precipitação, possibilitando visualizar a transição entre a estação úmida e a menos úmida, ver Tabela 5.14.

Tabela 5.15 – Classificação de Franca pela Efetividade da Precipitação

Meses	Franca			Franca		
	Altitude	1000 m	Grupo I	Altitude	1000 m	Grupo II
	<i>P</i>	<i>t</i>	π	<i>P</i>	<i>t</i>	π
Janeiro	290	21,5	65,3	323,7	22,1	70,0
Fevereiro	220	21,5	49,6	179,8	23,0	36,5
Março	190	21,0	44,3	208,8	22,6	43,6
Abril	85	20,0	21,3	84,1	21,0	19,7
Maio	35	19,0	9,4	73,3	19,6	18,8
Junho	25	18,0	7,2	35,2	18,3	9,9
Julho	20	17,5	5,9	25,5	18,2	7,2
Agosto	15	19,0	4,0	27,8	20,1	6,9
Setembro	60	20,5	14,5	92,3	20,6	22,2
Outubro	125	21,5	28,2	148,4	22,3	31,7
Novembro	190	21,0	44,3	239,2	22,0	52,2
Dezembro	270	21,0	63,0	305,9	21,9	67,0
Resultado da Classificação	Total anual		357,0	Total anual		385,9
	Subtropical muito úmido			Subtropical muito úmido		

Franca é uma cidade de clima subtropical muito úmido, com índice anual de efetividade da precipitação entre 354 e 500 mm, temperatura média anual entre 18 e 20 °C, com período de estiagem no inverno (**Bcw**), ver Tabela 5.15. Assim como para Campos do Jordão, Franca apresentou uma variação suave com relação ao índice mensal da efetividade da precipitação para o grupo de dados II, com exceção para o mês de fevereiro, que mostrou uma baixa no seu índice de precipitação. Para o grupo de dados I, observa-se um grande ‘salto’ entre os índices do mês de agosto e de setembro.

Tabela 5.16 – Classificação de Presidente Prudente pela Efetividade da Precipitação

Meses	Presidente Prudente			Presidente Prudente		
	Altitude	465 m	Grupo I	Altitude	465 m	Grupo II
	<i>P</i>	<i>t</i>	π	<i>P</i>	<i>t</i>	π
Janeiro	205	24,5	37,5	146,6	25,95	24,3
Fevereiro	180	25,0	31,8	131,8	26,6	20,9
Março	130	24,0	24,6	124,2	25,9	20,7
Abril	80	22,0	17,4	86,5	23,6	16,8
Maio	70	19,0	18,8	80,2	22,0	17,5
Junho	55	17,5	16,4	54	20,0	13,5
Julho	28	17,0	8,6	38,7	20,7	9,2
Agosto	37	18,5	10,3	32,6	22,0	7,1
Setembro	70	20,5	16,9	89,6	22,3	19,2
Outubro	100	22,5	21,0	104,9	24,7	19,0
Novembro	120	23,5	23,5	121,1	25,3	21,0
Dezembro	185	24,0	35,1	185,8	25,5	31,8
Resultado da Classificação	Total anual		261,9	Total anual		221,0
	Subtropical úmido			Tropical sub-úmido		

Presidente Prudente apresentou variação suave para os dois grupos de dados (I e II), como se nota na Tabela 5.16. Porém, quando comparado os resultados das classificações de um grupo com o outro, verifica-se uma divergência grande entre as duas classificações mensais. Apesar dos índices da efetividade da precipitação anual, obtidos com os dados do grupo I e II, serem relativamente próximos, eles remetem a classificações diferentes.

Tabela 5.17 – Classificação de Iguape pela Efetividade da Precipitação

Meses	Iguape		
	Altitude	3 m	Grupo II
	<i>P</i>	<i>t</i>	π
Janeiro	195,6	25,3	33,9
Fevereiro	211,3	26,05	34,7
Março	377,8	25,2	65,9
Abril	145,8	22,95	29,7
Maio	133	21,2	30,6
Junho	144,9	19	38,8
Julho	102,3	18,8	27,8
Agosto	92,2	19,4	24,0
Setembro	124,5	19,3	32,7
Outubro	124,9	21,4	28,3
Novembro	169,2	23,1	34,1
Dezembro	193,2	24,5	35,4
Resultado da Classificação	Total anual		415,9
	Tropical muito úmido		

Com relação à cidade de Iguape, por não ter sido contemplada no estudo de Setzer (1966), não foi possível analisar o resultado de forma comparativa entre dados de períodos diferentes, pois, só se dispõe dos dados do grupo II (INMET). Na Tabela 5.17 verifica-se a classificação dessa cidade pelo sistema da Efetividade da Precipitação, para o grupo de dados II. Os resultados obtidos mostram que há variação brusca no mês de março e um aumento do índice no mês de setembro.

Quanto ao sistema da Efetividade da Precipitação, pode-se dizer que para a cidade de Campos do Jordão, os dois grupos de dados obtêm a mesma classificação. Assim como ela, Franca também apresentou a mesma classificação para os dois grupos de dados. No entanto, a cidade de Presidente Prudente foi a única que apresentou classificação diferenciada entre os referidos grupos de dados. Apresentando a mesma divergência que ocorreu na classificação pelo Sistema Internacional de Köppen. A causa dessa divergência pode estar na proximidade entre os valores dos dados climáticos e os valores que definem os limites desses sistemas.

Em resumo, pode-se observar na Tabela 5.18 que há uma grande dificuldade de se classificar o clima das cidades pelos dois métodos escolhidos. Um dos motivos disso pode estar na finalidade para a qual foram desenvolvidos os sistemas de classificação climática.

Tabela 5.18 – Legenda utilizada na classificação adaptada de Setzer (1966)

Aspecto térmico pela TMA		Umidade pelo índice anual de Efetividade da Precipitação	
Temperado	<18 °C	Sub-úmido	<250 π ano
Subtropical	18-22 °C	Úmido	250-353 π ano
Tropical	>22 °C	Muito-úmido	354-500 π ano
		Super- úmido	>500 π ano

Tabela 5.19 – Comparação entre os sistemas de classificação climática

Campos de Jordão (pg48)	Köppen (pg. 47)	Thornthwaite (pela efetividade da precipitação π ano)
Grupo I (20 anos)	Temperado sem estação seca (Cfb)	Temperado super-úmido
Grupo II (1977-86)	Temperado sem estação seca (Cfb)	Temperado super-úmido
Franca	Köppen	Thornthwaite (pela efetividade da precipitação π ano)
Grupo I (20 anos)	Temperado com inverno seco (Cwb)	Subtropical muito-úmido
Grupo II (1977-86)	Tropical com inverno seco (Aw)	Subtropical muito-úmido
Iguape (pg49)	Köppen	Thornthwaite (pela efetividade da precipitação π ano)
?	Tropical sem estação seca (Af)	-----
Grupo II (1977-86)	Tropical sem estação seca (Af)	Tropical muito-úmido
Presidente Prudente(pg49)	Köppen	Thornthwaite (pela efetividade da precipitação π ano)
Grupo I (20 anos)	Subtropical com inverno seco (Cwa)	Subtropical úmido
Grupo II (1977-86)	não se classifica	Tropical Sub-úmido

6 ESTUDOS DE CASO

Os estudos de caso apresentados nesse trabalho foram desenvolvidos no intuito de validar o Método de Mahoney Nebuloso (MMN), exposto no Capítulo 4. Como referência para análise utilizaram-se os resultados obtidos com o uso do Método de Mahoney Tradicional (MMT), descrito no Capítulo 3, complementado pelos resultados dos sistemas de classificação climática de Köppen e pela Efetividade da Precipitação, apresentados no Capítulo 5.

Como objeto de estudo, foram escolhidas quatro cidades localizadas em regiões distintas dentro do Estado de São Paulo, por possuírem climas diferentes. São elas, Campos do Jordão, a leste, Franca, ao norte, Iguape, ao sul, e Presidente Prudente, a oeste, apresentadas no mapa da Figura 5.1 (Capítulo 5).

Os dados climáticos dessas cidades foram fornecidos pelo INMET e são referentes aos anos de 1977 a 1986 (NASCIMENTO e GOMES, 1988). Para facilitar e agilizar a obtenção dos resultados pelo MMT, foi desenvolvido um programa computacional em linguagem C para auxiliar no cálculo das inferências, vide Apêndice A.

A seguir será apresentada a análise comparativa entre os resultados obtidos com o uso dos dois métodos, bem como uma breve discussão sobre esses resultados e os diagnósticos encontrados, apoiados nos dois sistemas de classificação escolhidos.

6.1 Campos do Jordão

Campos do Jordão está localizada ao leste do Estado de São Paulo, na serra da Mantiqueira. Segundo a classificação pelo sistema internacional de Köppen, a cidade de Campos do Jordão apresenta clima temperado úmido (**Cfb**), sem estação seca, com chuvas abundantes, temperaturas abaixo de 22 °C no verão e abaixo de 18 °C no inverno (SETZER, 1966). Pelo sistema de classificação pela Efetividade de Precipitação, Campos do Jordão apresenta clima temperado, essencialmente úmido (super-úmido), necessitando, portanto, de movimentação do ar em boa parte do ano, além de proteção contra o frio por pelo menos quatro meses. As Análises pelo MMT e pelo MMN encontram-se nas Tabelas 6.1 e 6.2.

Tabela 6.1 – Análise dos dados climáticos de Campos do Jordão pelo MMT

Local:	INMET 1977-1986												TMA = 13,30 °C
Campos do Jordão	QUADRO I												
Temp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
TMmax	22,40	23,60	22,40	20,40	19,10	17,70	16,10	19,50	19,60	21,40	21,80	21,30	
TMmin	12,80	12,70	12,50	9,70	6,90	4,00	3,00	5,10	6,80	9,40	11,50	13,00	
TM	17,60	18,15	17,45	15,05	13,00	10,85	9,55	12,30	13,20	15,40	16,65	17,15	
(AT)	9,60	10,90	9,90	10,70	12,20	13,70	13,10	14,40	12,80	12,00	10,30	8,30	
PEQUENA	Pequena		Pequena									Pequena	
GRANDE		Grande		Grande	Grande	Grande	Grande	Grande	Grande	Grande	Grande		
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
URM	87	87	88	88	87	86	85	83	82	81	85	88	
SECO													
ÚMIDO	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	
PL	323,80	186,50	184,60	114,10	81,20	59,40	40,80	55,30	99,30	137,90	197,40	295,60	
PL >200mm	Alta											Alta	
QUADRO II													
RTdia por TM													
FRIO						F	F						
CONFORTÁVEL	C	C	C	C	C			C	C	C	C	C	
QUENTE													
RTnoite por TM													
FRIO	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	
CONFORTÁVEL													
QUENTE													
INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Freq. Anual
H1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
H3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
RTdia por TMA													
FRIO						F	F						
CONFORTÁVEL	C	C	C	C	C			C	C	C	C	C	
QUENTE													
RTnoite por TMA													
FRIO				F	F	F	F	F	F	F	F		
CONFORTÁVEL	C	C	C									C	
QUENTE													
INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Freq. Anual
H1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10
H3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2

Tabela 6.2 – Análise dos dados climáticos de Campos do Jordão pelo MMN

Local:	INMET (1977 a 1986)											
Campos do Jordão	QUADRO I											
Temp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TMmax	22,40	23,60	22,40	20,40	19,10	17,70	16,10	19,50	19,60	21,40	21,80	21,30
TMmin	12,80	12,70	12,50	9,70	6,90	4,00	3,00	5,10	6,80	9,40	11,50	13,00
TM	17,60	18,15	17,45	15,05	13,00	10,85	9,55	12,30	13,20	15,40	16,65	17,15
μ _{TM-Alta} (mês)	0,02	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
μ _{TM-Média} (mês)	0,98	0,87	0,99	0,51	0,10	0,00	0,00	0,00	0,14	0,58	0,83	0,93
μ _{TM-Baixa} (mês)	0,00	0,00	0,01	0,49	0,90	1,00	1,00	1,00	0,86	0,42	0,17	0,07
(AT)	9,60	10,90	9,90	10,70	12,20	13,70	13,10	14,40	12,80	12,00	10,30	8,30
μ _{AT-Pequena} (mês)	0,52	0,48	0,51	0,48	0,45	0,41	0,42	0,31	0,43	0,45	0,49	0,59
μ _{AT-Grande} (mês)	0,48	0,52	0,49	0,52	0,55	0,59	0,58	0,69	0,57	0,55	0,51	0,41
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
URM	87	87	88	88	87	86	85	83	82	81	85	88
μ _{URM-Secco} (mês)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07	0,06
μ _{URM-Umido} (mês)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	0,93	0,94
PL	323,80	186,50	184,60	114,10	81,20	59,40	40,80	55,30	99,30	137,90	197,40	295,60
μ _{PL-Alta} (mês)	0,75	0,47	0,46	0,29	0,20	0,15	0,10	0,14	0,25	0,34	0,49	0,69
QUADRO II												
RTdia por TM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{RTdia-Frio} (mês)	0,35	0,29	0,35	0,41	0,45	0,53	0,62	0,42	0,43	0,36	0,36	0,40
μ _{RTdia-Confor} (mês)	0,73	0,61	0,69	0,83	0,92	0,93	0,67	0,83	0,88	0,74	0,73	0,81
μ _{RTdia-Quente} (mês)	0,65	0,71	0,65	0,59	0,55	0,47	0,38	0,58	0,57	0,64	0,64	0,60
RTnoite por TM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{RTnoite-Frio} (mês)	0,87	0,88	0,88	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,90	0,86
μ _{RTnoite-Confor} (mês)	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
μ _{RTnoite-Quente} (mês)	0,13	0,12	0,12	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,10	0,14
INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{H1} (mês)	0,65	0,71	0,65	0,59	0,55	0,47	0,38	0,58	0,57	0,64	0,64	0,60
μ _{H2} (mês)	0,73	0,61	0,69	0,83	0,92	0,93	0,67	0,83	0,88	0,74	0,73	0,81
μ _{H3} (mês)	0,75	0,47	0,46	0,29	0,20	0,15	0,10	0,14	0,25	0,34	0,49	0,69
μ _{A1} (mês)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07	0,06
μ _{A2} (mês)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,06
μ _{A3} (mês)	0,35	0,29	0,35	0,41	0,45	0,53	0,62	0,42	0,43	0,36	0,36	0,40

As Figuras 6.1 e da Figura 6.2, mostram a frequência anual dos indicadores climáticos obtidas pelo MMT e MMN, respectivamente.

Figura 6.1 – Indicadores climáticos obtidos pelo MMT para Campos do Jordão

Figura 6.2 – Indicadores climáticos obtidos pelo MMN para Campos do Jordão

Quando comparados os indicadores H1, movimento do ar essencial, tem-se uma diferença relativamente grande entre os resultados. Pois, no MMT a frequência do indicador é zero, enquanto que no MMN ele assume valores equivalentes a aproximadamente sete meses. Isto ocorre porque em todos os meses do ano o grau de pertinência em relação ao indicador é diferente de zero e quando somados ao longo do ano resultam em um valor entorno de sete. A presença do indicador H1 no resultado do MMN, reforça a definição da classificação de Campos do Jordão pela Efetividade da Precipitação, que indica um alto grau de umidade e a necessidade de movimentação do ar.

O H2 indica que o movimento do ar é desejável, por quase dez meses ao ano devido às temperaturas serem amenas, de média a baixa intensidade, e a umidade alta. Os resultados apresentados pelos dois métodos são semelhantes.

Campos do Jordão apresenta necessidade de proteção contra chuvas (H3) para os meses de janeiro e dezembro, de acordo com o resultado do MMT, por terem pluviosidade acima de 200mm. Entretanto no resultado do MMN, além dos dois meses contabilizados pelo MMT, são atribuídos os meses de fevereiro, março e novembro, por terem pluviosidade muito próximo a 200mm.

Mesmo que Mahoney tenha feito uma ressalva com relação a esse indicador, dizendo que a necessidade de proteção contra chuvas pode ocorrer para meses com valores de pluviosidade menores que 200mm, o MMT só leva em conta valores acima desse limite, porque a partir daí o problema ocorre inevitavelmente (UNITED NATIONS, 1971). Como os meses de fevereiro, março e novembro apresentam pluviosidade de 186.5, 184.6 e 197.4 mm, respectivamente, (Ver Tabela 6.2), que são valores muito próximos de 200 mm, fica inconsistente ter que descartar por completo esses três meses por causa de uma diferença de alguns milímetros em relação ao limite de 200 mm de pluviosidade. Assim, resultado do MMN reflete mais fielmente o panorama climático da cidade, por detectar através do grau de pertinência do indicador a ocorrência do fenômeno climático descrito por Mahoney.

O armazenamento térmico necessário (indicador A1) e o local para dormir ao ar livre (A2), no MMT apresentam valor zero de frequência anual. Nos resultados do MMN, observa-se a existência de ambos os indicadores, com valores extremamente baixos, cuja frequência anual não equivale a um mês, sendo, portanto, desprezíveis.

A proteção contra o frio (A3) é levada em consideração no método tradicional apenas em junho e julho, que são os meses mais frios. Enquanto que no método nebuloso são contabilizados os meses, de maio a setembro, (como se observa na Tabela 6.1). Segundo os estudos de Setzer, (1966), para Campos do Jordão, os meses de maio a agosto são os mais frios do ano. O mês de setembro apareceria no resultado do MMN por ser um mês de transição entre o frio e a estação mais quente. Desse modo os resultados do MMN se aproximam mais da situação real.

6.2 Franca

A cidade de Franca, pelo sistema de Köppen apresentou classificação contraditória para dois grupos de dados diferentes (grupo I e grupo II). Para o grupo I foi classificada como **Cwb** e para o grupo II de tropical com inverno seco, **Aw**.

Segundo os estudos de Setzer (1966), na classificação do clima pela Efetividade de Precipitação, Franca possui clima subtropical, com sete meses que variam de super úmidos a úmidos, com temperatura média anual entre 18 e 22 °C.

Monteiro (1973), diz que o clima de Franca pode ser chamado também de tropical, alternadamente seco e úmido.

A Tabela 6.3 e a Tabela 6.4 mostram os resultados obtidos com o MMT e com o MMN e as frequências anuais dos indicadores estão representada nos gráficos da Figura 6.3 e da Figura 6.4.

Local:	INEMET 1977-1986						TMA = 20,30 °C						
França	QUADRO I												
Temp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
TMmax	26,20	27,70	27,20	25,70	24,40	23,30	23,40	25,70	26,10	27,50	26,80	26,10	
TMmin	18,00	18,30	18,00	16,20	14,80	13,20	12,90	14,40	15,00	17,00	17,10	17,70	
TM	22,10	23,00	22,60	20,95	19,60	18,25	18,15	20,05	20,55	22,25	21,95	21,90	
(AT)	8,20	9,40	9,20	9,50	9,60	10,10	10,50	11,30	11,10	10,50	9,70	8,40	
PEQUENA	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena						Pequena	Pequena	
GRANDE						Grande	Grande	Grande	Grande	Grande			
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
URM	81	74	76	74	70	66	61	57	64	65	74	80	
SECO					Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco			
ÚMIDO	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido							Úmido	Úmido	
PL	323,70	179,80	208,80	84,10	73,30	35,20	25,50	27,80	92,30	148,40	239,20	305,90	
PL >200mm	Alta		Alta								Alta	Alta	
QUADRO II													
RTdia por TM													
FRIO													
CONFORTÁVEL	C			C	C	C	C	C	C	C	C	C	
QUENTE		Q	Q										
RTnoite por TM													
FRIO				F		F	F	F	F				
CONFORTÁVEL	C	C	C		C					C	C	C	
QUENTE													
INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Freq. Anual
H1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
H2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4
H3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
A1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	5
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RTdia por TMA													
FRIO													
CONFORTÁVEL	C			C	C	C	C	C	C	C	C	C	
QUENTE		Q	Q										
RTnoite por TMA													
FRIO				F	F	F	F	F	F				
CONFORTÁVEL	C	C	C							C	C	C	
QUENTE													
INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Freq. Anual
H1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
H2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4
H3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
A1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1			

Tabela 6.4 – Análise dos dados climáticos de Franca pelo MMN

Local:												
Franca												
Temp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TMmax	26,20	27,70	27,20	25,70	24,40	23,30	23,40	25,70	26,10	27,50	26,80	26,10
TMmin	18,00	18,30	18,00	16,20	14,80	13,20	12,90	14,40	15,00	17,00	17,10	17,70
TM	22,10	23,00	22,60	20,95	19,60	18,25	18,15	20,05	20,55	22,25	21,95	21,90
μ _{TM-Alta} (mês)	0,92	1,00	1,00	0,69	0,42	0,15	0,13	0,51	0,61	0,95	0,89	0,88
μ _{TM-Média} (mês)	0,08	0,00	0,00	0,31	0,58	0,85	0,87	0,49	0,39	0,05	0,11	0,12
μ _{TM-Baixa} (mês)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(AT)	8,20	9,40	9,20	9,50	9,60	10,10	10,50	11,30	11,10	10,50	9,70	8,40
μ _{AT-Pequena} (mês)	0,59	0,53	0,54	0,53	0,52	0,50	0,49	0,47	0,47	0,49	0,52	0,58
μ _{AT-Grande} (mês)	0,41	0,47	0,46	0,47	0,48	0,50	0,51	0,53	0,53	0,51	0,48	0,42
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
URM	81	74	76	74	70	66	61	57	64	65	74	80
μ _{URM-Seco} (mês)	0,09	0,34	0,26	0,34	0,50	0,54	0,59	0,63	0,56	0,55	0,34	0,10
μ _{URM-Úmido} (mês)	0,91	0,66	0,74	0,66	0,50	0,46	0,41	0,37	0,44	0,45	0,66	0,90
PL	323,70	179,80	208,80	84,10	73,30	35,20	25,50	27,80	92,30	148,4	239,20	305,90
μ _{PL-Alta} (mês)	0,75	0,45	0,52	0,21	0,18	0,09	0,06	0,07	0,23	0,37	0,58	0,71
RTdia por TM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{RTdia-Frio} (mês)	0,24	0,20	0,22	0,26	0,32	0,37	0,36	0,25	0,24	0,21	0,22	0,24
μ _{RTdia-Confor} (mês)	0,40	0,20	0,28	0,45	0,61	0,72	0,70	0,44	0,40	0,24	0,32	0,41
μ _{RTdia-Quente} (mês)	0,76	0,80	0,78	0,74	0,68	0,63	0,64	0,75	0,76	0,79	0,78	0,76
RTnoite por TM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{RTnoite-Frio} (mês)	0,74	0,76	0,77	0,82	0,86	0,90	0,91	0,87	0,86	0,83	0,81	0,75
μ _{RTnoite-Confor} (mês)	0,51	0,23	0,18	0,29	0,11	0,00	0,00	0,05	0,13	0,34	0,38	0,47
μ _{RTnoite-Quente} (mês)	0,26	0,24	0,23	0,18	0,14	0,10	0,09	0,13	0,14	0,17	0,19	0,25
INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{H1} (mês)	0,76	0,66	0,74	0,66	0,50	0,50	0,49	0,47	0,47	0,49	0,66	0,76
μ _{H2} (mês)	0,40	0,20	0,28	0,45	0,50	0,46	0,41	0,37	0,40	0,24	0,32	0,41
μ _{H3} (mês)	0,75	0,45	0,52	0,21	0,18	0,09	0,06	0,07	0,23	0,37	0,58	0,71
μ _{A1} (mês)	0,09	0,34	0,26	0,34	0,48	0,50	0,51	0,53	0,53	0,51	0,34	0,10
μ _{A2} (mês)	0,09	0,24	0,23	0,29	0,14	0,10	0,09	0,13	0,14	0,34	0,34	0,10
μ _{A3} (mês)	0,24	0,20	0,22	0,26	0,32	0,37	0,36	0,25	0,24	0,21	0,22	0,24

Figura 6.3 – Indicadores climáticos do MMT para Franca

Figura 6.4 – Indicadores climáticos do MMN para Franca

Conforme as Figuras 6.3 e 6.4, a frequência do indicador H1 obtido pelo MMT é de apenas dois meses, enquanto que para o MMN a frequência desse indicador é de aproximadamente sete meses.

A ocorrência do indicador H2, que representa o quanto o movimento do ar é desejável, nos dois métodos é bastante semelhante.

O H3 indica a necessidade de se prever proteção contra a chuva. Como a estação chuvosa é bem definida para essa cidade, não ocorre muita diferença entre as frequências anuais obtidas pelo MMT e pelo o MMN.

O indicador A1 é outro indicador cujos resultados obtidos pelo MMT e MMN são semelhantes. Ele representa a estratégia necessária ao conforto nos meses de estiagem, quanto a necessidade do armazenamento térmico.

O indicador A2, mostra a necessidade de se dispor de local para dormir ao ar livre. No MMT esse indicador possui frequência nula, entretanto no MMN possui frequência de valor significativo, ultrapassando dois meses.

A frequência do indicador A3, proteção contra o frio necessária, é zero no MMT. Pelo MMN a frequência anual é equivalente a três meses ao ano. Se comparada a frequência deste índice no MMN com os meses de temperaturas mais baixas, percebe-se que o MMN é o mais adequado para representar a situação climática real, pois segundo a Tabela 6.3, observa-se que os meses de maio, junho e julho apresentam as temperaturas mais baixas sendo que os dois últimos tem amplitude térmica grande no período de aridez, indicando maior necessidade nesse período.

6.3 Iguape

A cidade de Iguape, localizada no litoral Sul do Estado, possui classificação **Af**, pelo sistema de Köppen, ou seja, tropical sem estação seca, com pluviosidade acima de 60 mm no mês mais seco, temperatura no mês mais quente acima de 22 °C e no mês mais frio acima de 18 °C. No sistema de classificação pela Efetividade de Precipitação, Iguape é classificada quanto à umidade, como clima perúmido (SETZER, 1966). Em outras palavras, a cidade possui umidade altíssima, por isso, a movimentação do ar é necessária em quase todos os meses do ano.

A Tabela 6.5 e a Tabela 6.6 apresentam os resultados obtidos com o MMT e com o MMN, respectivamente, obtidos com base nos dados do Grupo II (INMET).

A Figura 6.5 e a Figura 6.6. mostram a frequência anual dos indicadores calculados por meio do MMT e pelo MMN.

Local:	INMET 1977-1986							TMA = 22,35 °C					
Iguape	QUADRO I												
Temp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
TMmax	28,90	29,80	28,30	26,30	24,90	22,80	22,70	23,30	22,50	24,60	26,20	28,00	
TMmin	21,70	22,30	22,10	19,60	17,50	15,20	14,90	15,50	16,10	18,20	20,00	21,00	
TM	25,30	26,05	25,20	22,95	21,20	19,00	18,80	19,40	19,30	21,40	23,10	24,50	
(AT)	7,20	7,50	6,20	6,70	7,40	7,60	7,80	7,80	6,40	6,40	6,20	7,00	
PEQUENA	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	Pequena	
GRANDE													
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
URM	83	82	83	84	85	85	85	85	84	84	83	82	
SECO													
ÚMIDO	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	Úmido	
PL	195,60	211,30	377,80	145,80	133,00	144,90	102,30	92,20	124,50	124,90	169,20	193,20	
PL >200mm		Alta	Alta										
QUADRO II													
RTdia por TM													
FRIO													
CONFORTÁVEL				C	C	C	C	C	C	C	C		
QUENTE	Q	Q	Q									Q	
RTnoite por TM													
FRIO													
CONFORTÁVEL	C			C	C	C	C	C	C	C	C	C	
QUENTE		Q	Q										
INDICADORES													
H1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Freq. Anual
H2	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8
H3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QUADRO III													
RTdia por TMA													
FRIO													
CONFORTÁVEL				C	C	C	C	C	C	C	C		
QUENTE	Q	Q	Q									Q	
RTnoite por TMA													
FRIO						F	F	F	F				
CONFORTÁVEL	C			C	C					C	C	C	
QUENTE		Q	Q										
QUADRO IV													
INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Freq. Anual
H1	1	1	1	0	0	0							

Tabela 6.6 – Análise dos dados climáticos de Iguape pelo MMN

Local:												
Iguape	QUADRO I											
Temp. °C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TMmax	28,90	29,80	28,30	26,30	24,90	22,80	22,70	23,30	22,50	24,60	26,20	28,00
TMmin	21,70	22,30	22,10	19,60	17,50	15,20	14,90	15,50	16,10	18,20	20,00	21,00
TM	25,30	26,05	25,20	22,95	21,20	19,00	18,80	19,40	19,30	21,40	23,10	24,50
μ _{TM-Alta} (mês)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,74	0,30	0,26	0,38	0,36	0,78	1,00	1,00
μ _{TM-Média} (mês)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,70	0,74	0,62	0,64	0,22	0,00	0,00
μ _{TM-Baixa} (mês)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
(AT)	7,20	7,50	6,20	6,70	7,40	7,60	7,80	7,80	6,40	6,40	6,20	7,00
μ _{AT-Pequena} (mês)	0,64	0,63	0,69	0,67	0,63	0,62	0,61	0,61	0,68	0,68	0,69	0,65
μ _{AT-Grande} (mês)	0,36	0,37	0,31	0,33	0,37	0,38	0,39	0,39	0,32	0,32	0,31	0,35
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
URM	83	82	83	84	85	85	85	85	84	84	83	82
μ _{URM-Seco} (mês)	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09
μ _{URM-Umido} (mês)	0,92	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91
PL	195,60	211,30	377,80	145,80	133,00	144,90	102,30	92,20	124,50	124,90	169,20	193,20
μ _{PL-Alta} (mês)	0,49	0,52	0,86	0,36	0,33	0,36	0,26	0,23	0,31	0,31	0,42	0,48
QUADRO II												
RTdia por TM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{RTdia-Frio} (mês)	0,14	0,11	0,16	0,25	0,29	0,36	0,36	0,33	0,38	0,31	0,26	0,17
μ _{RTdia-Confor} (mês)	0,01	0,00	0,10	0,40	0,54	0,72	0,73	0,68	0,77	0,59	0,41	0,15
μ _{RTdia-Quente} (mês)	0,86	0,89	0,84	0,75	0,71	0,64	0,64	0,67	0,62	0,69	0,74	0,83
RTnoite por TM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{RTnoite-Frio} (mês)	0,53	0,49	0,50	0,66	0,73	0,81	0,82	0,80	0,77	0,70	0,63	0,57
μ _{RTnoite-Confor} (mês)	0,91	0,51	0,99	0,50	0,48	0,19	0,14	0,23	0,32	0,56	0,58	0,77
μ _{RTnoite-Quente} (mês)	0,47	0,98	0,50	0,34	0,27	0,19	0,18	0,20	0,23	0,30	0,37	0,43
INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{H1} (mês)	0,86	0,89	0,84	0,75	0,71	0,64	0,64	0,67	0,62	0,69	0,74	0,83
μ _{H2} (mês)	0,01	0,00	0,10	0,40	0,54	0,72	0,73	0,68	0,77	0,59	0,41	0,15
μ _{H3} (mês)	0,49	0,52	0,86	0,36	0,33	0,36	0,26	0,23	0,31	0,31	0,42	0,48
μ _{A1} (mês)	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09
μ _{A2} (mês)	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09
μ _{A3} (mês)	0,14	0,11	0,16	0,25	0,29	0,36	0,36	0,33	0,38	0,31	0,26	0,17

Figura 6.5 – Indicadores climáticos do MMT para Iguape

Figura 6.6 – Indicadores climáticos do MMN para Iguape

No resultado do MMT, a frequência de H1 corresponde aos quatro meses da estação de verão. Contudo, no resultado do método nebuloso, a frequência do indicador H1 equivale a oito meses incluindo os meses quentes e úmidos e de transição entre o verão e o inverno. Como consequência apresenta uma grande necessidade de movimentação do ar.

A frequência do indicador H2 apresenta uma diferença razoável entre os resultados obtidos pelo MMT e pelo MMN. Pelo MMT a movimentação de ar é desejável em oito meses e para o MMN, o equivalente a cinco meses. A frequência dos indicadores H1 e H2 obtidos pelo MMN, mostra que, enquanto a movimentação do ar é necessária em (H1) em todos os

meses e principalmente nos meses mais quentes, a movimentação de ar é desejável (H2) nos meses de inverno.

A proteção contra chuvas se faz necessária (indicador H3), quando o índice pluviométrico excede os 200 mm mensais. No MMT são calculados dois meses, referindo-se aos meses de fevereiro e março, que possuem pluviosidade maior que 200 mm. No MMN, porém, são mostrados aproximadamente cinco meses, representativos da estação e verão, com valores muito próximos dos 200 mm.

Os resultados do MMT indicam que não há necessidade de armazenamento térmico necessário (indicador A1) e o local para dormir ao ar livre, (indicador A2), de forma análoga os resultados obtidos pelo MMN indicam que a frequência desses indicadores (A1 e A2) são muito baixos e não chegam a um mês, portanto, são desprezíveis.

A frequência do Indicador A3 (necessária proteção contra o frio), calculado pelo MMT é zero, entretanto, pelo MMN equivale a três meses.

6.4 Presidente Prudente

A cidade de Presidente Prudente é classificada por Köppen, segundo Setzer (1966), como **Cwa**. Na análise com o grupo II de dados climáticos, não foi possível chegar a uma classificação pelo sistema de Köppen, por estar fora das classes previstas nesse sistema, para o Estado de São Paulo, a classificação mais próxima seria **Aw**. Para esse mesmo grupo de dados a classificação dessa cidade pela Efetividade da Precipitação é de Tropical sub-úmido, mas para o grupo I é classificada como tropical úmido.

Levando em consideração que a cidade de Presidente Prudente é uma cidade com clima de transição entre os climas tropical (**Aw**) e quente sem estação seca (**Cfa**) (SETZER, 1966), seria normal que ela apresentasse características próximas a esses climas, como acontece com a classificação pelo sistema de Köppen para o grupo de dados II.

A Tabela 6.7 e a Tabela 6.8 contêm os dados climáticos cedidos pelo INMET, além da frequência anual dessa cidade, obtidos com o MMT e com o MMN, respectivamente.

Local:	INMET 1977-1986						TMA : 23,10 °C																	
Presidente Prudente																								
QUADRO I																								
Temp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez												
TMmax	30,80	31,60	30,80	28,70	26,90	25,40	26,40	28,00	28,00	30,50	30,60	30,20												
TMmin	21,10	21,60	20,90	18,50	17,00	14,60	14,90	16,00	16,50	18,80	20,00	20,70												
TM	25,95	26,60	25,85	23,60	21,95	20,00	20,65	22,00	22,25	24,65	25,30	25,45												
(AT)	9,70	10,00	9,90	10,20	9,90	10,80	11,50	12,00	11,50	11,70	10,60	9,50												
PEQUENA	Pequena		Pequena		Pequena							Pequena												
GRANDE		Grande		Grande		Grande	Grande	Grande	Grande	Grande	Grande													
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez												
URM	73	71	73	69	63	67	63	58	55	63	64	73												
SECO				Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco													
ÚMIDO	Úmido	Úmido	Úmido									Úmido												
PL	146,60	131,80	124,20	86,50	80,20	54,00	38,70	32,60	89,60	104,90	121,10	185,80												
PL >200mm																								
QUADRO II																								
RTdia por TM																								
FRIO																								
CONFORTÁVEL				C	C	C	C	C	C															
QUENTE	Q	Q	Q							Q	Q	Q												
RTnoite por TM																								
FRIO							F	F	F															
CONFORTÁVEL	C	C	C	C	C	C				C	C	C												
QUENTE																								
INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez												
H1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1												
H2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
H3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
A1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0												
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
RTdia por TMA																								
FRIO																								
CONFORTÁVEL				C	C	C	C	C	C															
QUENTE	Q	Q	Q							Q	Q	Q												
RTnoite por TMA																								
FRIO						F	F	F	F															
CONFORTÁVEL	C	C																						

Tabela 6.8 – Análise dos dados climáticos de Presidente Prudente pelo MMN

Local:												
Presidente Prudente												
Temp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TMmax	30,80	31,60	30,80	28,70	26,90	25,40	26,40	28,00	28,00	30,50	30,60	30,20
TMmin	21,10	21,60	20,90	18,50	17,00	14,60	14,90	16,00	16,50	18,80	20,00	20,70
TM	25,95	26,60	25,85	23,60	21,95	20,00	20,65	22,00	22,25	24,65	25,30	25,45
μ _{TM-Alta} (mês)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89	0,50	0,63	0,90	0,95	1,00	1,00	1,00
μ _{TM-Média} (mês)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,50	0,37	0,10	0,05	0,00	0,00	0,00
μ _{TM-Baixa} (mês)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(AT)	9,70	10,00	9,90	10,20	9,90	10,80	11,50	12,00	11,50	11,70	10,60	9,50
μ _{AT-Pequena} (mês)	0,52	0,50	0,51	0,49	0,51	0,48	0,46	0,45	0,46	0,46	0,49	0,53
μ _{AT-Grande} (mês)	0,48	0,50	0,49	0,51	0,49	0,52	0,54	0,55	0,54	0,54	0,51	0,47

UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
URM	73	71	73	69	63	67	63	58	55	63	64	73
μ _{URM-Secco} (mês)	0,38	0,46	0,38	0,51	0,57	0,53	0,57	0,53	0,65	0,57	0,56	0,38
μ _{URM-Umido} (mês)	0,62	0,54	0,62	0,49	0,43	0,47	0,43	0,47	0,35	0,43	0,44	0,62
PL	146,60	131,80	124,20	86,50	80,20	54,00	38,70	32,60	89,60	104,90	121,10	185,80
μ _{PL-Alta} (mês)	0,37	0,33	0,31	0,22	0,20	0,14	0,10	0,08	0,22	0,26	0,30	0,46

RTdia por TM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{RTdia-Frio} (mês)	0,10	0,07	0,10	0,17	0,23	0,27	0,22	0,18	0,18	0,11	0,11	0,12
μ _{RTdia-Confor} (mês)	0,00	0,00	0,00	0,05	0,32	0,49	0,36	0,16	0,14	0,00	0,00	0,00
μ _{RTdia-Quente} (mês)	0,90	0,93	0,90	0,83	0,77	0,73	0,78	0,82	0,82	0,89	0,89	0,88
RTnoite por TM	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{RTnoite-Frio} (mês)	0,60	0,57	0,61	0,77	0,82	0,87	0,86	0,85	0,84	0,75	0,68	0,62
μ _{RTnoite-Confor} (mês)	0,72	0,79	0,69	0,25	0,35	0,07	0,12	0,23	0,30	0,30	0,51	0,65
μ _{RTnoite-Quente} (mês)	0,40	0,43	0,39	0,23	0,18	0,13	0,14	0,15	0,16	0,25	0,32	0,38

INDICADORES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
μ _{H1} (mês)	0,62	0,54	0,62	0,49	0,51	0,48	0,46	0,47	0,46	0,46	0,49	0,62
μ _{H2} (mês)	0,00	0,00	0,00	0,05	0,32	0,47	0,36	0,16	0,14	0,00	0,00	0,00
μ _{H3} (mês)	0,37	0,33	0,31	0,22	0,20	0,14	0,10	0,08	0,22	0,26	0,30	0,46
μ _{A1} (mês)	0,38	0,46	0,38	0,51	0,49	0,52	0,54	0,53	0,54	0,54	0,51	0,38
μ _{A2} (mês)	0,38	0,46	0,38	0,25	0,35	0,13	0,14	0,23	0,30	0,30	0,51	0,38
μ _{A3} (mês)	0,10	0,07	0,10	0,17	0,23	0,27	0,22	0,18	0,18	0,11	0,11	0,12

A Figura 6.7 e a Figura 6.8 mostram a frequência anual dos indicadores de cada um dos métodos.

Figura 6.7 – Indicadores climáticos do MMT para Presidente Prudente

Figura 6.8 – Indicadores climáticos do MMN para Presidente Prudente

Observa-se, que para a frequência do indicador H1, existe uma diferença de dois meses entre o resultado apresentado pelos dois métodos. No MMT temos quatro meses, enquanto que no nebuloso a frequência equivalente é de seis meses onde o movimento do ar é necessário.

De acordo com o MMN, o movimento do ar é desejável (indicador H2), somente por um período equivalente a um mês e meio. Por sua vez, o MMT interpreta como nula a frequência desse indicador.

A frequência do indicador H3, que mostra ser necessário ou não a proteção contra chuvas, obtida pelo MMT, é representada pelos meses de dezembro e janeiro. O MMN leva em

consideração um período equivalente a três meses, contabilizados com as contribuições mensais de pluviosidade que ocorrem ao longo do ano em níveis mais baixos que os dois meses contabilizados no MMT.

O armazenamento térmico é necessário (indicador A1) por se tratar de uma região com inverno frio e seco. No entanto de acordo com a Figura 6.7, o resultado do MMT indica que é necessário o armazenamento térmico em sete meses, ou seja, mais que metade, o que aparenta ser exagerado. Os resultados obtidos pelo MMN indicam a necessidade de armazenamento térmico num período equivalente a seis meses, que correspondem aos quatro meses mais frios e dois meses de transição.

Os resultados do uso do MMN indicam que é desejável dispor de local para se dormir ao ar livre (indicador A2), num período equivalente a três meses ao ano. O MMT, por sua vez, não acusa a necessidade dessa medida.

A proteção contra o frio é necessária (indicador A3), de acordo com o MMN, num período equivalente a aproximadamente dois meses. Isso se deve ao acúmulo dos pequenos valores mensais do indicador A3, presentes em todos os meses do ano. Em outras palavras, existe a necessidade, mas, por ser baixo o valor da sua frequência anual, não é considerado um fato essencial. Devido suas características “binárias” de fornecer os resultados do tipo ‘sim’ ou ‘não’, o método tradicional descarta por completo a necessidade de proteção contra o frio, como pode ser visto na Figura 6.7 ignorando a necessidade da proteção mesmo nos meses mais frios, apesar de não ser uma medida prioritária.

6.5 Conclusões do Estudo de Caso

Ao se observar o comportamento da frequência dos indicadores climáticos para as cidades de Campos do Jordão e Iguape, observa-se alguma semelhança entre os gráficos resultantes do método nebuloso. Os indicadores de umidade apresentam valores expressivos em relação aos indicadores de aridez, que por sua vez não são inexistentes. No caso do indicador A1, suas frequências são baixíssimas ao longo do ano todo, já o indicador A2 ocorre de janeiro a abril e depois de outubro a dezembro também com uma frequência baixa. No MMT esses indicadores apresentam frequência zero ao longo do ano todo.

Em relação às mesmas cidades, quanto aos seus indicadores de umidade, observa-se a alta frequência do indicador H1 em relação ao indicador H2 em Iguape, retratando a

predominância das altas temperaturas. Enquanto que em Campos do Jordão o indicador H2 é mais freqüente, devido às temperaturas mais baixas na maior parte do ano, tornando o movimento do ar desejável ao invés de necessário.

No estudo da cidade de Franca observa-se que os dois métodos chegam à conclusões semelhantes, metade do ano é de estação úmida e a outra metade é dominada pela aridez. Porém, o método nebuloso retrata com mais fidelidade o comportamento climático da cidade, pois reforça o contraste entre o período úmido e o período seco da região. Conforme a classificação pelo sistema de Efetividade da Precipitação, Franca possui cinco meses super-úmidos e dois meses úmidos. O resultado dessa análise é semelhante ao resultado apresentado pelo indicadores H1 do método de Mahoney Nebuloso, com freqüência aproximada de sete meses (Figura 6.3 e 6.4), já no tradicional o movimento de ar essencial (H1), não recebe muita ênfase, acusando uma freqüência de dois meses.

A cidade de Presidente Prudente com clima subtropical, com verão quente e inverno não muito frio (estação seca) (SETZER, 1966), assim como a cidade de Campinas, está numa zona de transição climática. Isto pode ser notado quando se compara o gráfico dos indicadores de Presidente Prudente e Campinas (HARRIS et al, 2000). A semelhança entre os indicadores climáticos das duas cidades mostra que elas podem pertencer à mesma classificação climática. O MMT, por sua vez, não permite chegar a tal conclusão, pois, os indicadores de Presidente Prudente e Campinas obtidos pelo método são diferentes entre si. Analisando pelo sistema de classificação pela Efetividade de Precipitação, Presidente Prudente é classificada como de clima úmido, com precipitação anual entre 250 a 353 mm. Por este motivo, aliado à alta temperatura, pode-se dizer que há necessidade de movimento do ar em pelo menos seis meses ao ano, sugerida pelo MMN (Figuras 6.7 e 6.8).

Em um panorama geral do estudo feito para as quatro cidades, o que se observa é que o MMN apresenta vantagens em relação ao tradicional, principalmente no que se refere a consistência na freqüência dos indicadores climáticos.

Com o MMN observou-se a variação mais suave dos indicadores das cidades que no método tradicional. Além disso, os resultados do MMN apresentam uma aderência maior a descrição climática das cidades feita com o uso da classificação climática pela Efetividade da Precipitação.

No entanto, observa-se que o valor da freqüência anual não é suficiente para compreender o panorama climático das cidades em estudo. Seria interessante detalhar a discussão sobre

esses resultados obtidos, analisando a distribuição de cada indicador ao longo do ano, comparando-a com a variação dos dados climáticos mês a mês, para investigar a origem das discrepâncias e o motivo das semelhanças entre os resultados do MMT e do MMN.

O próximo passo será fazer um estudo mais aprofundado da frequência dos indicadores climáticos, apresentando seu comportamento mensalmente. Isso é o assunto central do capítulo seguinte.

7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esse capítulo foi desenvolvido no intuito de explorar e refinar os resultados obtidos no Capítulo 6. Com a proximidade entre a caracterização climática obtida através da frequência dos indicadores climáticos do Método de Mahoney Nebuloso (MMN) e a descrição do clima apresentada pelo sistema de classificação climática pela Efetividade da Precipitação, surgiu o interesse em se verificar como ocorre a distribuição da ocorrência mensal desse método ao longo do ano. Essa investigação tem a finalidade de aferir o MMN a um nível mais detalhado, visto que, ao contrário do Método de Mahoney Tradicional (MMT) que só admite presença (1,0) ou não (0,0) de um indicador no mês, no MMN a presença pode ser parcial, representado por um valor entre zero e um.

A presença parcial é definida pelo grau de pertinência do mês em relação ao indicador $[\mu_{\text{indicador}}(\text{mês})]$ e será aqui denominado de *grau de possibilidade* do indicador ao mês. O grau de possibilidade é determinado para todos os meses do ano por meio das regras de inferência nebulosa atribuídas a cada um dos seis indicadores (Ver Tabela 4.3).

A distribuição mensal do grau de possibilidade dos indicadores é o resultado intermediário da aplicação do MMT e do MMN, pois a frequência anual é obtida pela somatória dos seus graus de possibilidade mensais.

Abaixo são apresentados o resultado da análise e a discussão para as cidades em estudo.

7.1 Campos do Jordão

Para facilitar a compreensão do desenvolvimento dessa etapa, transcreveu-se o Quadro I da Tabela 6.1 na Tabela 7.1, que se refere aos dados climáticos de Campos do Jordão.

Tabela 7.1 – Dados climáticos de Campos do Jordão

Temp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TM _{max}	22,40	23,60	22,40	20,40	19,10	17,70	16,10	19,50	19,60	21,40	21,80	21,30
TM _{min}	12,80	12,70	12,50	9,70	6,90	4,00	3,00	5,10	6,80	9,40	11,50	13,00
TM	17,60	18,15	17,45	15,05	13,00	10,85	9,55	12,30	13,20	15,40	16,65	17,15
(AT)	9,60	10,90	9,90	10,70	12,20	13,70	13,10	14,40	12,80	12,00	10,30	8,30
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
URM	87	87	88	88	87	86	85	83	82	81	85	88
PL	323,80	186,50	184,60	114,10	81,20	59,40	40,80	55,30	99,30	137,90	197,40	295,60

As Figuras de 7.1 a 7.6 apresentam o comportamento dos indicadores climáticos de Campos do Jordão mês a mês, de acordo com os graus de possibilidade de ocorrência mensal desses indicadores, computados anteriormente nas Tabelas 6.1 e 6.2.

Figura 7.1 – Indicador de movimento do ar essencial (H1) para Campos do Jordão

A Figura 7.1 mostra que, os resultados do MMT com relação ao indicador H1 são nulos, não havendo ocorrência desse indicador em nenhum mês do ano. Porém, com relação ao MMN os resultados apresentados mostram que há a necessidade de movimentação do ar, já que a umidade da cidade é alta não só porque é proveniente do processo de evaporação local, mas também das massas de ar marítimas que alcançam essa região alta com frequência maior que as massas de ar continentais (Setzer, 1946). Além disso, pode-se observar que essa necessidade é maior nos meses de verão, notadamente no mês de fevereiro (Tabela 7.1), devido ao aumento da temperatura. Entretanto a necessidade de movimentação do ar diminui à medida que se aproxima a estação de inverno, durante os meses de junho e julho.

O principal responsável pela discrepância entre o indicador H1 obtido pelo MMT e o obtido pelo MMN é o rigor térmico diurno, pois, os dois métodos detectam umidade relativa alta. No MMT o RT_{dia} ‘Quente’ não aparece em nenhum mês (Tabela 6.1). Por sua vez, no MMN, o grau de pertinência do $\mu_{RT_{dia-Quente}}$ de todos os meses, oscila entre 0.71 para o mês mais quente e 0.38 para o mês mais frio, gerando com isso, um grau de possibilidade de H1 mais alto nos meses de verão, diminuindo à medida que se aproxima dos meses de junho e julho. A causa dessa diferença na análise do rigor térmico pode estar tanto na definição dos conjuntos nebulosos ‘frio’, ‘confortável’ e ‘quente’ (Figura 4.9),

como na definição dos conjuntos de bem-estar $\widetilde{BE}1$ a $\widetilde{BE}6$ (Figura 4.6). Esses conceitos foram modelados de uma forma simplificada no trabalho de Harris (1999). Por isso, apesar dos resultados do MMN refletirem melhor a realidade climática que os do MMT, recomenda-se uma calibração dos valores e da forma desses conjuntos nebulosos.

O indicador H2 reflete o quanto o movimento do ar é desejável. Na Figura 7.2, observa-se que os dois métodos apresentam resultados semelhantes. Porém, se compararmos os gráficos das Figuras 7.1 e 7.2, observa-se que os graus de possibilidade do H2 no MMN são mais altos que os do indicador H1, com exceção do mês de fevereiro, onde justamente se têm temperaturas mais altas (Tabela 7.1) e o movimento do ar torna-se necessário. A análise conjunta dos indicadores H1 e H2, de acordo com o MMN, mostra que o movimento do ar é ‘essencial’ em todos os meses do ano, com exceção de julho que é o mês mais frio, como mostra a Tabela 7.1, e no verão, devido ao calor se torna mais ‘essencial’ que ‘desejável’. Nos meses de inverno e nos meses de transição (outono e primavera) é mais ‘desejável’ que ‘essencial’. Por outro lado, os resultados do MMT indicam que o movimento do ar é ‘desejável’ em todos os meses, com exceção do mês de julho que é indiscutivelmente o mês mais frio.

Figura 7.2 – Indicador de movimento do ar desejável (H2) para Campos do Jordão

O que justifica a ocorrência do indicador H2 no MMT é o fato de que Campos do Jordão apresenta estação de veraneio fresca (MONTEIRO, 1976) e o incômodo se dá pela alta taxa de umidade (Tabela 7.1), podendo o efeito dessa última ser minorado com o movimento do ar durante o dia. Mesmo na estação de inverno observa-se que o movimento do ar é desejável, porém, como o rigor térmico diurno é frio, torna-se necessário o uso de medidas corretivas artificiais, como desumidificadores, aquecedores, lareiras e outros.

Na Figura 7.3, o indicador H3 reflete a necessidade de se proteger contra chuvas e tanto para um método como para o outro as respostas convergem para a mesma conclusão: os meses de dezembro e janeiro precisam da medida de proteção H3, por terem índices pluviométricos maiores que 200 mm, como mostra a Tabela 7.1. À medida que a temperatura vai baixando ao se aproximarem os meses de inverno, a ocorrência de pluviosidade, de acordo com os resultados do MMN, vai diminuindo gradualmente, acompanhando de perto as variações climáticas ao longo do ano. No MMT esse mesmo diagnóstico climático é detectado, porém, sua representação ocorre com ‘saltos’ que vão de um grau de possibilidade igual a um nos meses de dezembro e janeiro, para outro igual a zero de fevereiro a novembro, como se chovesse somente em dezembro e janeiro e no resto do ano não.

Figura 7.3 – Indicador de proteção contra chuvas necessária (H3) para Campos do Jordão

Por causa da combinação da alta umidade com temperaturas mais altas, mostradas na Tabela 7.1, no verão, ocorre aumento na pluviosidade, que diminui à medida que a temperatura vai baixando e vão se aproximando os meses de inverno. Na estação de verão, o movimento do ar torna-se essencial para proporcionar a sensação de conforto, devido às temperaturas e a umidade relativa elevadas.

O indicador A1 está relacionado à necessidade de se ter armazenamento térmico. No entanto, os resultados obtidos pelos dois métodos mostram que a medida não é necessária (Figura 7.4). A representação das ocorrências mensais no MMN se dá a valores muito baixos, indicando que não é crítica a necessidade de armazenamento térmico. Os resultados do MMT indicam a total inexistência da necessidade de armazenamento térmico.

Figura 7.4 – Indicador de armazenamento térmico necessário (A1) para Campos do Jordão

Quanto, ao indicador A2, Figura 7.5, que reflete a necessidade de se ter um local para dormir ao ar livre, observa-se que o grau de possibilidade mensal desse indicador é nulo nos meses que configuram a estação fria (ver Tabela 7.1), tanto no MMN como no MMT. No MMN consegue detectar graus de possibilidade mensais a valores baixíssimos, nos meses de janeiro a abril e de outubro a novembro. Contudo, as análises pelos dois métodos indicam que não é necessário adotar essa medida.

Figura 7.5 – Indicador de espaço para dormir ao ar livre (A2) para Campos do Jordão

O indicador A3 representa a necessidade de se prever a proteção contra o frio. A Figura 7.6 mostra que o MMT indica, para Campos do Jordão, apenas dois meses que apresentam essa necessidade, junho e julho, nos quais o rigor térmico pelo dia é frio. No MMN pode-se observar que à medida que a amplitude térmica aumenta e as temperaturas ficam mais baixas a necessidade de proteção contra o frio aumenta, ver Tabela 6.2. Pelo MMN, o grau de possibilidade de A3 nos meses mais frios não atingem valor 1, porque em Campos do

Jordão o inverno é frio, mas possui um rigor térmico moderado (Tabela 6.2).

Figura 7.6 – Indicador de proteção contra o frio necessária (A3) para Campos do Jordão

7.2 Franca

A Tabela 7.2 foi extraída das Tabelas 6.3 e apresenta os dados climáticos da cidade de Franca.

Tabela 7.2 – Dados climáticos de Franca

Temp. °C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TM _{max}	26,20	27,70	27,20	25,70	24,40	23,30	23,40	25,70	26,10	27,50	26,80	26,10
TM _{min}	18,00	18,30	18,00	16,20	14,80	13,20	12,90	14,40	15,00	17,00	17,10	17,70
TM	22,10	23,00	22,60	20,95	19,60	18,25	18,15	20,05	20,55	22,25	21,95	21,90
(AT)	8,20	9,40	9,20	9,50	9,60	10,10	10,50	11,30	11,10	10,50	9,70	8,40
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
URM	81	74	76	74	70	66	61	57	64	65	74	80
PL	323,70	179,80	208,80	84,10	73,30	35,20	25,50	27,80	92,30	148,40	239,20	305,90

O gráfico da Figura 7.7 mostra a distribuição ao longo do ano dos graus de possibilidade de ocorrências de H1 tanto no MMT como no MMN. No MMT, a movimentação do ar é essencial apenas nos meses de fevereiro e março (Tabela 6.3), enquanto que no MMN, essa necessidade aumenta à proporção que a temperatura e a taxa de umidade se elevam (ver Tabela 7.2). Esse fato pode ser verificado claramente nos meses de verão. Além disso, existe o agravante da amplitude térmica ser média, vide na tabela 7.2, proporcionando

pouca variação de temperatura entre o dia e a noite.

Figura 7.7 – Indicador de movimento do ar essencial (H1) para Franca

Ainda na Figura 7.7, observa-se que os comentários de Monteiro (1973)¹⁰ sobre o clima de Franca, fazem sentido; para isso basta analisar a figura supracitada e compará-la à Figura 7.10. Em ambas verifica-se que os meses de maio e outubro são os meses de transição entre a estação úmida e a estação seca, pois ambos possuem grau de possibilidade ao mês de 0.50, tanto para o gráfico do indicador H1 quanto para o do indicador A1, bem como se constata que os meses de verão, na Figura 7.7, são complementares aos meses de estiagem no inverno, na Figura 7.10.

Comparando o indicador H1 com o H2, mostrados nas Figuras 7.7 e 7.8, respectivamente, nota-se que o MMT classifica de modo diferente do MMN a ocorrência quanto à movimentação do ar. No MMT a necessidade de movimentação do ar se manifesta nos dois meses mais quentes do ano, como se mostra a Tabela 7.2, e no MMN essa necessidade está presente durante todo o verão. Com relação ao indicador H2, no MMT, ele ocorre nos meses de verão com exceção, exatamente, dos dois meses mais quentes detectados no indicador H1. O MMN apresenta uma variação gradativa com relação ao indicador H2, fazendo uma classificação mais coerente, mostrando que a movimentação do ar não tem grau de possibilidade zero nos meses de fevereiro e março e que a movimentação do ar não é tão essencial quanto o apresentado no MMT.

¹⁰ Monteiro (1973), argumenta que o clima de Franca pode ser chamado também de tropical, alternadamente seco e úmido.

Figura 7.8 – Indicador de movimento do ar desejável (H2) para Franca

A Figura 7.9 trata da análise do indicador H3 que reflete o quanto a proteção contra as chuvas é necessária. Nos dois métodos chega-se à mesma conclusão, ou seja, é necessária a proteção contra chuvas nos meses de verão, devido à alta pluviosidade (acima de 200 mm, ver Tabela 7.2). Especificamente no mês de fevereiro, a pluviosidade é de 179,8 mm, aproximando-se muito dos 200 mm. Apesar disso, por ser menor que 200 mm, no MMT o indicador H3 desse mês é forçado a assumir valor zero. A ausência do H3 no mês de fevereiro é, portanto, falha do MMT e não ausência da necessidade de proteção contra chuva, que só se justificaria se houvesse uma redução drástica na pluviosidade de janeiro para fevereiro e desse mês para março, o que, no entanto, não ocorre na realidade, conforme os dados de pluviosidade da Tabela 6.3.

Figura 7.9 – Indicador de proteção contra a chuva necessária (H3) para Franca

Na Figura 7.10, assim como na Figura 7.7, nota-se a transição entre o período úmido e o de estiagem, delimitado pelos meses de maio e outubro. Entretanto, no indicador A1, a ênfase

está na necessidade de se ter ou não armazenamento térmico. Analisando pelo MMT, a necessidade de armazenamento térmico aparece concentrada nos meses de junho a outubro. Pelo MMN, a possibilidade desse indicador é mediana nos meses de estiagem e vai se reduzindo gradualmente até chegar nos meses mais úmidos.

Apesar de no MMT indicar que há necessidade de armazenamento térmico, como a amplitude térmica não é tão elevada (com máxima de 11.30 °C), pode-se dizer que o MMN reflete melhor essa necessidade, já que a amplitude térmica se mantém no entorno de 10 °C e a umidade relativa está entre 50% e 70%, ver Tabela 7.2. Com isso, é deixada a critério do projetista a escolha entre uma envolvente com inércia térmica de baixa a média.

Figura 7.10 – Indicador de armazenamento térmico necessário (A1) para Franca

A Figura 7.11 indica o quanto é necessário se prever lugar para dormir ao ar livre (A2). A análise por ambos os métodos deixa explícito que essa medida não é necessária em nenhuma época do ano. Pelos resultados do MMN observa-se que o grau de possibilidade do indicador A2 aumenta ligeiramente nas estações intermediárias (outono e primavera), e baixa durante o verão e o inverno.

Figura 7.11 – Indicador de espaço para dormir ao ar livre (A2) para Franca

Para o indicador A3, proteção contra o frio necessária, na Figura 7.12, pelo MMN nota-se um ligeiro aumento da ocorrência desse indicador à medida que se aproxima dos meses de inverno. Culminando exatamente nos meses mais frios, junho e julho (ver Tabela 7.2), e diminuindo à medida que se aproxima do verão. Como os valores são relativamente baixos, A3 indica que essa medida não é prioritária. No MMT não há ocorrência desse indicador em nenhum mês do ano.

Figura 7.12 – Indicador proteção contra o frio necessária (A3) para Franca

7.3 Iguape

A Tabela 7.3 foi extraída da Tabelas 6.5 e apresenta os dados climáticos da cidade de Iguape.

Tabela 7.3 – Dados climáticos de Iguape

Temp. °C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TM _{max}	28,90	29,80	28,30	26,30	24,90	22,80	22,70	23,30	22,50	24,60	26,20	28,00
TM _{min}	21,70	22,30	22,10	19,60	17,50	15,20	14,90	15,50	16,10	18,20	20,00	21,00
TM	25,30	26,05	25,20	22,95	21,20	19,00	18,80	19,40	19,30	21,40	23,10	24,50
(AT)	7,20	7,50	6,20	6,70	7,40	7,60	7,80	7,80	6,40	6,40	6,20	7,00
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
URM	83	82	83	84	85	85	85	85	84	84	83	82
PL	195,60	211,30	377,80	145,80	133,00	144,90	102,30	92,20	124,50	124,90	169,20	193,20

Figura 7.13 – Indicador de movimento do ar essencial (H1) para Iguape

Examinando a Figura 7.13, verifica-se que no MMT apenas os meses de verão apresentam a necessidade de movimentação do ar (ver Tabela 6.5), porém no MMN em todos os meses do ano essa ação se faz necessária, diminuindo um pouco nos meses com temperaturas mais baixas (Tabela 7.3). Isso se deve a alta umidade relativa e da temperatura alta em boa parte do ano, agravada pela baixa amplitude térmica (ver Tabela 7.3).

De acordo com os resultados do MMT, nos meses de transição entre a estação de verão e a de inverno, e principalmente no inverno, a movimentação do ar é desejável. Porém, os resultados do MMN indicam que essa possibilidade ocorre essencialmente nos meses de temperaturas mais amenas, como mostra a Tabela 7.3.

Quando comparados os gráficos das Figuras 7.13 e 7.14, observa-se que no MMN representa melhor a transição dos meses de verão para os de inverno. Como a temperatura de Iguape é classificada como de média a alta (ver Tabela 7.3), pode-se optar pelas estratégias oferecidas pelo o indicador H1, prevendo para os meses mais frios as do

indicador H2.

Figura 7.14 – Indicador de movimento do ar desejável (H2) para Iguape

A Figura 7.15 mostra a distribuição do indicador H3 ao longo do ano. Esse indicador, que mede a necessidade de haver proteção contra chuva, depende única e exclusivamente da quantidade de pluviosidade medida. No MMT a proteção contra chuva é necessária nos meses de fevereiro e março, com pluviosidade alta, acima de 200 mm, ver Tabela 7.3. No entanto, no MMN nota-se que o mês crítico é março, e os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro também exigem cuidados de proteção contra chuva. A distribuição da ocorrência do indicador H3 é baixa nos meses fora da estação de verão, mas não chega a ser nula, como mostra o MMT.

Figura 7.15 – Indicador de proteção contra as chuvas necessária (H3) Iguape

Na Figura 7.16, nota-se o que armazenamento térmico não é necessário na cidade de Iguape, devido às baixas amplitudes térmicas (Tabela 7.3). Apesar de os dois métodos chegarem a mesma conclusão, o MMN ressalta que a ocorrência desse indicador não é nula, mas apenas de valor insignificante, tornando desnecessária a aplicação dessa medida.

Figura 7.16 – Indicador de armazenamento térmico necessário (A1) para Iguape

Da mesma forma, para o indicador A2, Figura 7.17, não é necessário prever um local para se dormir ao ar livre. Isso porque, as noites são frescas o bastante para aliviar o ambiente interno, devido a presença da brisa marítima, que torna desnecessário o uso dessa estratégia.

Figura 7.17 – Indicador de espaço para dormir ao ar livre (A2) para Iguape

Quanto ao indicador A3, cuja distribuição é mostrada na Figura 7.18, observa-se que não há necessidade de proteção contra o frio, de acordo com os resultados dos dois métodos.

Porém, segundo o MMN, a ocorrência desse indicador aumenta, à medida que se aproximam os meses de inverno. Entretanto, tal como os indicadores A1 e A2, o grau de possibilidade do indicador A3 é relativamente baixo ao longo do ano, não sendo significativo o suficiente para ser considerado como medida prioritária em projeto.

Figura 7.18 – Indicador de proteção contra o frio necessária (A3) para Iguape

7.4 Presidente Prudente

As Figuras 7.19 a 7.24 apresentam a distribuição dos indicadores climáticos durante o ano, através dos seus graus de possibilidade, além da frequência anual calculada pelo MMT e pelo MMN, respectivamente. A Tabela 7.4 mostra os dados climáticos de Presidente Prudente extraídos do Quadro I da Tabela 6.7.

Tabela 7.4 – Dados climáticos de Presidente Prudente

Temp.°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
TM _{max}	30,80	31,60	30,80	28,70	26,90	25,40	26,40	28,00	28,00	30,50	30,60	30,20
TM _{min}	21,10	21,60	20,90	18,50	17,00	14,60	14,90	16,00	16,50	18,80	20,00	20,70
TM	25,95	26,60	25,85	23,60	21,95	20,00	20,65	22,00	22,25	24,65	25,30	25,45
(AT)	9,70	10,00	9,90	10,20	9,90	10,80	11,50	12,00	11,50	11,70	10,60	9,50
UR %	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
URM	73	71	73	69	63	67	63	58	55	63	64	73
PL	146,60	131,80	124,20	86,50	80,20	54,00	38,70	32,60	89,60	104,90	121,10	185,80

A Figura 7.19 mostra o quanto o movimento do ar é necessário, (indicador H1), através da análise feita pelo MMT e pelo MMN. A ocorrência desse indicador no MMT concentra-se

nos meses de verão. No MMN, a distribuição do indicador H1 é praticamente uniforme ao longo do ano, sendo que o grau de possibilidade de H1 é ligeiramente maior nos meses de verão.

Figura 7.19 – Indicador de movimento do ar essencial (H1) para Presidente Prudente

Para o indicador H2, verifica-se na Figura 7.20 que, pelo MMT, não é necessário aplicar essa medida preventiva. No entanto, para os resultados do MMN, como a temperatura é alta em praticamente todo o ano (ver Table 7.4), decrescendo até o nível ‘confortável’ no inverno, essa estratégia começa a ser requisitada à medida que se aproximam os meses de junho e julho.

Figura 7.20 – Indicador de movimento do ar desejável (H2) para Presidente Prudente

A Figura 7.21 apresenta a comparação entre os graus de possibilidade do indicador H3 dos dois métodos. O gráfico indica que pelo MMT não há necessidade de proteção contra chuvas para Presidente Prudente, pois possui um clima com um longo período de estiagem.

Porém, no MMN, à medida que se aproxima dos meses de verão a frequência desse indicador aumenta, conforme o aumento das chuvas nos meses de verão. Contudo, mesmo pelo MMN essa estratégia não é prioritária, pois, a pluviosidade ao longo do ano não ultrapassa os 200mm de chuva mensal, conforme mostra a Tabela 7.4.

Figura 7.21 – Indicador de proteção contra as chuvas necessária (H3) Presidente Prudente

O indicador A1, Figura 7.22, expressa a necessidade de armazenamento térmico, que atinge, principalmente, os meses de grande amplitude térmica (Tabela 6.7), fazendo com que a necessidade da inércia térmica seja de média a alta. A distribuição desse indicador pelo MMT concentra-se principalmente nos meses de estiagem, com exceção para o mês maio. Enquanto que no MMN a distribuição é quase uniforme ao longo do ano, com pequenas variações nos meses de verão.

Quando comparadas as duas análises, observa-se que no MMT, o mês de maio não apresenta necessidade de armazenamento térmico. Pelo MMN, a distribuição do grau de possibilidade é relativamente uniforme. Nota-se que, portanto, o grau de possibilidade de maio é igual a 0,5, uma situação intermediária entre (sim e não) ‘existe’ e ‘não existe’. Por isso, o fato do MMT acusar que não há necessidade da medida A1 em maio, contrastando com os resultados de abril e junho, é uma falha do método, que é incapaz de modelar uma situação intermediária.

Quando comparadas as Figuras 7.19 e 7.22, pelo MMN, verifica-se que os graus de possibilidade mensal desses indicadores são praticamente complementares.

Figura 7.22 – Indicador de armazenamento térmico necessário (A1) para Presidente Prudente

Na Figura 7.23, observa-se que, segundo os resultados do MMT não há necessidade de se prever lugar para dormir ao ar livre, (indicador A2). Contudo no MMN, alguns meses se mostraram com grau de possibilidade entorno de 0.50, mostrando que essa medida não é desprezível, cabendo, portanto, ao projetista a decisão de usá-la ou não.

Figura 7.23 – Indicador de espaço para dormir ao ar livre (A2) para Presidente Prudente

Com relação ao indicador H3 mostrado na Figura 7.24, verifica-se que não há necessidade de se prever proteção contra o frio. No resultado obtido pelo MMN, apesar de serem valores baixos, os graus de ocorrência mensal do H3, aumentam nos meses de inverno.

Figura 7.24 – Indicador de proteção contra o frio necessária (A3) para Presidente Prudente

7.5 Conclusões da Análise dos Resultados

A comparação entre a distribuição dos indicadores climáticos, pelo MMT e pelo MMN, permitiu visualizar, com maior clareza, a dinâmica climática de cidades com características diferentes entre si. Particularmente, o MMN se apresentou como uma ferramenta mais precisa e confiável do que o MMT por sua habilidade de contabilizar situações intermediárias. Portanto, possui a vantagem de retratar com mais fidelidade o comportamento dos indicadores climáticos, cuja definição é essencialmente nebulosa.

Os valores resultantes da soma total dos indicadores ao mês, ou seja, a frequência anual não apresenta coerência quando comparadas as somas pelo MMT e pelo MMN, como se verifica na Tabela 7.5. Ao passo que, observando o desenvolvimento da distribuição de cada cidade, para os respectivos indicadores, pode-se verificar de forma mais clara o comportamento do clima, resultando numa comparação mais coerente.

Em consequência a isto, as recomendações de projeto, que são obtidas a partir da inferência da frequência anual de cada indicador, tornam-se também obsoletas, indicando a necessidade de se rever toda a metodologia aplicada ao MMN a partir dos indicadores.

Tabela 7.5 – Comparação entre os dois métodos

Dados grupo II (1977-86)		Método	H1	H2	H3	A1	A2	A3
Campos do Jordão	(pg.60)	MMT	0	10	2	0	0	2
	(pg.61)	MMN	7,03	9,37	4,33	0,83	0,41	4,97
Franca	(pg.65)	MMT	2	4	4	5	0	0
	(pg.66)	MMN	7,16	4,44	4,22	4,53	2,23	3,13
Iguape	(pg.69)	MMT	4	8	2	0	0	0
	(pg.70)	MMN	8,88	5,10	4,93	0,94	0,94	3,12
Presidente Prudente	(pg.73)	MMT	4	0	0	7	0	0
	(pg.74)	MMN	6,22	1,50	2,99	5,78	3,81	1,86

Em Iguape o movimento do ar é ‘essencial’ nos meses de verão, de acordo com o MMT, e ‘desejável’ nos demais meses do ano. No entanto, os resultados do MMN indicam que a distribuição do H1 é quase que uniforme o ano inteiro, enquanto que no H2 o movimento do ar é ‘desejável’ no inverno e uma parte do outono. Como solução, poderia ser adotada a mesma alternativa sugerida para Campos do Jordão, porém sem a preocupação de que as aberturas tenham fechamento hermético, pois o rigor térmico é maior para o calor que para o frio, nessa cidade.

Tanto para Campos do Jordão como para Iguape, que são cidades com um clima de alta umidade, observa-se, no MMN, frequências anuais baixíssimas para os indicadores de aridez A1 e A2. No MMT, a frequência desses indicadores recebe valor zero porque o método não consegue detectar esses valores intermediários entre zero e um.

Para as cidades de Franca e Presidente Prudente, com períodos longos de estiagem, a preocupação está na escolha da inércia térmica. Na distribuição apresentada pelo MMN observa-se a passagem de uma estação para outra de forma gradual, enquanto que, no MMT, a variação é brusca.

Ainda para essas cidades, semelhante ao que acontece com os climas úmidos de Campos do Jordão e Iguape com relação aos indicadores de aridez A1 e A2, observa-se que o indicador de umidade H1 apresenta comportamento muito similar entre essas duas cidades.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi realizada uma análise comparativa entre o Método Tradicional de Mahoney (MMT) e o Método de Mahoney remodelado com a Teoria dos Sistemas Nebulosos (MMN). Através da frequência anual verificaram-se diferenças significativas entre eles. Para investigar essas diferenças desenvolveu-se uma análise mais detalhada desses indicadores, levando em consideração a distribuição do grau de possibilidade desses indicadores ao longo do ano. Tendo em vista que o MMT não possui a flexibilidade de representar situações intermediárias entre a “ocorrência” ou “não” dos indicadores no mês, os resultados mostram que o MMN relata com maior clareza e riqueza de detalhes as características climáticas das cidades estudadas nesse trabalho, possibilitando chegar a descrições climáticas mais próximas da realidade.

Como exemplo disso, tem-se para a cidade de Campos do Jordão, onde a taxa de umidade é alta. Nessa cidade, a grande ocorrência da necessidade de movimentação do ar ao ano é detectada pelo MMN, o que não acontece com o MMT. Com relação à movimentação do ar ser ‘desejável’, a distribuição obtida pelo MMN indica que no mês de fevereiro a movimentação do ar é mais ‘necessária’ que ‘desejável’, justificada pelas temperaturas mais altas nesse mês. Esse comportamento não foi detectado pelo MMT.

Na análise da cidade de Franca, destaca-se a distribuição do indicador H3, proteção contra chuva necessária, onde se observa uma falha na análise pelo MMT, que detecta a necessidade da medida, para os meses de janeiro e março, enquanto que o mês de fevereiro situado entre eles, é descartado, apresentando uma parada brusca no fenômeno. Ao se observar à distribuição obtida pelo MMN, verifica-se que o grau de possibilidade desse mês não é tão baixo assim, o que pode ser confirmado pela pluviosidade desse mês, cujo valor é muito próximo de 200 mm, não acontecendo, por tanto, a parada brusca do fenômeno, como sugere o MMT.

A cidade de Iguape, com relação à análise pelo MMN, apresenta uma distribuição, quanto ao indicador H1 (movimentação do ar necessária), semelhante a de Campos do Jordão, evidenciando a alta umidade presente nas duas cidades. Porém, deve-se observar que a modelagem desse indicador precisa ser repensada com relação ao Rigor Térmico.

Na análise da cidade de Presidente Prudente pelo MMN, com relação ao indicador H1, observa-se que a distribuição do grau de possibilidade é ligeiramente mais alta nos meses

de verão, estação mais úmida, que nos meses de estiagem. A variação suave do clima não é detectada pelo MMT, cujos resultados mostram uma divisão bem nítida entre a estação seca e a úmida.

No entanto, o destaque para a cidade de Presidente Prudente, está na análise no indicador A1 (armazenamento térmico necessário). Pelo MMT, observa-se que há uma “quebra” na distribuição do grau de possibilidade de A1 no mês de maio, pois, nos meses de abril e junho essa medida é solicitada, enquanto que no mês de maio não. A distribuição obtida pelo MMN mostra que os graus de possibilidade dos meses de abril e junho têm valores muito próximos ao de maio. Tendo em vista a semelhança dos dados climáticos entre estes três meses, não existe motivo aparente para a mudança brusca detectada pelo MMT.

Além disso, foi possível verificar a semelhança entre o comportamento da frequência dos indicadores de Presidente Prudente e Campinas, (HARRIS, 1999), mostrando a possibilidade de pertencerem à mesma classificação climática, o que pode ser verificado pela classificação dessas cidades pelos sistemas de Köppen e da Efetividade da Precipitação, conforme os mapas 15 e 16 de Setzer, (1966). No entanto, ao se levar em consideração a classificação feita através desses dois sistemas de classificação climática utilizando os dados do grupo II, não se pode fazer a afirmação acima, pois as classificações por Köppen e pela Efetividade da Precipitação apontam para classificações diferentes, ver Tabela 8.1.

Tabela 8.1 – Comparação entre os sistemas de classificação para Campinas e Presidente Prudente

Presidente Prudente (pg49)	Köppen	Thornthwaite (pela efetividade da precipitação π ano)
Grupo I (20 anos)	Subtropical com inverno seco (Cwa)	Subtropical úmido
Grupo II (1977-86)	não se classifica	Tropical Sub-úmido
Campinas	Köppen	Thornthwaite (pela efetividade da precipitação π ano)
FEAGRI (1989-96)	Tropical com inverno seco (Aw)	Tropical úmido
IAC (1981-97)	não se classifica, porém próximo (Aw)	Subtropical úmido
Grupo II (1977-86) INMET	Tropical com inverno seco (Aw)	Subtropical úmido

Essa análise permitiu visualizar claramente as falhas cometidas pelo MMT e o bom desempenho do MMN em detectar situações intermediárias, como na transição entre uma estação e outra. A retratação do clima de forma mais próxima da realidade se deve à consideração da parcela subjetiva da definição dos conceitos. Isso não é contabilizado quando se utilizam modelos determinísticos.

Em relação ao valor obtido pelo MMT, existe a tendência do resultado do MMN superestimar o valor do RTdia para ‘quente’. Esse problema pode estar relacionado à própria definição dos conjuntos nebulosos ‘frio’, ‘confortável’ e ‘quente’ para o RTdia e o RTnoite. E a causa disso pode estar na etapa inicial, onde são definidos os conjuntos nebulosos de bem-estar $\widetilde{BE}1$ a $\widetilde{BE}6$, que no trabalho original de Harris (1999) foi feita de uma forma simplificada, juntando os limites diurnos e noturnos num só conjunto nebuloso, usando os limites do MMT. Recomenda-se, portanto, um estudo posterior para aprimorar a modelagem destes conjuntos, sugere-se aqui que os limites diurnos e os noturnos formem conjuntos nebulosos independentes e que os conjuntos nebulosos RTdia e RTnoite sejam adaptados para uma “Zona de Conforto Adaptativo” condizente com a realidade climática brasileira.

Nesse trabalho, não foi possível fazer uma análise mais aprofundada das recomendações de projeto, por entender-se que o estudo específico delas envolve o levantamento e a consideração de fatores locais de ordem técnica e cultural, o que demandaria um prazo de dedicação maior. Por isso, fica aqui como uma sugestão para trabalhos futuros.

A utilização dos sistemas de classificação climática mostrou claramente as dificuldades e deficiências apresentadas nesse processo, quando da classificação de cidades localizadas em áreas de transição entre dois climas. As dificuldades nesse ponto são acentuadas pelo uso de limites com números discretos que não conseguem representar a transição entre os dois climas. Os limites utilizados nesses métodos e os resultados apresentados até o momento, justificam o uso da TSN no campo da arquitetura bioclimática. Porém, no caso do Método de Mahoney Nebuloso deve-se observar os problemas apresentados pelos indicadores H1 e A2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKUTSU, M; PEDROSO, N.G. Dia típico de projeto: instrumento para desenvolvimento de projeto arquitetônico. **Tecnologia de Edificações**, São Paulo, 1988. Projeto de Divulgação Tecnológica Lix da Cunha, p. 491- 494. PINI: IPT, Divisão de Edificações.

ALUCCI, M.P.; CARNEIRO, C.M.; BARING, J.G.A. **Implantação de conjuntos habitacionais – recomendações para adequação climática e acústica**. IPT: São Paulo, 1986.

ALUCCI, M. P. **Conforto Térmico, Conforto Luminoso e Conservação de Energia Elétrica – Procedimentos para Desenvolvimento e Avaliação de Projeto de Edificações**. 1993. 225p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

BURLAMAQUI, C.S. **Análises subjetivas do espaço urbano: teoria dos sistemas nebulosos aplicada a sistemas de informação geográfica**. 2002. 99p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana da Universidade de São Paulo, 2002.

CHENG, L. Y. A Teoria dos Sistemas Nebulosos e as informações subjetivas de conforto ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, Fortaleza, 1999. **Primeira Coletânea de Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído**, 1999. 1 CD – ROM.

CHENG, L. Y. Quantificação de variáveis subjetivas no projeto. São Paulo, s.ed, 2001. n.p./ material didático de pós-graduação ‘PCC 5015’. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – impresso/.

CHVATAL, K. M. S. **A prática do projeto arquitetônico em Campinas, SP e diretrizes para o projeto de edificações adequadas ao clima**. 1998. 173p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade de Campinas (UNICAMP). Campinas, 1998.

COUTINHO, L. Cada vez mais quente. **Revista VEJA**, São Paulo, n. 1837, p. 94 – 99, janeiro 2004.

DOLLFUS, J. **Les Aspects de L’architecture Populaire dans le Monde**. Paris: Albert Morancé, 1954.

DUBOIS, D.; PRADE, H. **Fuzzy Sets and Systems: Theory and applications**. USA: Mathematics in Science and Engineering, 1980. Vol. 144. p. 36-188.

EVANS, M.; SCHILLER, S. Confort térmico en el proyecto arquitectónico - In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, Salvador, 1997. (apostila de curso).

EVANS, M.; SCHILLER, S. **Diseño bioambiental y arquitectura solar**. Buenos Aires: Universiad de Buenos Aires. 1991.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do Conforto Térmico**. São Paulo: Nobel, 2001. 66-74p.

FRY, E. M.; DREW, J. **Tropical Architecture in the Dry and Humid Zones**. New York: Robert E. Krieger, 1964. 263p.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. London: Applied Science Publishers LTD, 1976. 483p.

GONÇALVES, A. C. M.; RIBEIRO, R. T. M. Lógica Fuzzy aplicada à Avaliação Pós-Ocupacional e ao Conforto Ambiental. In: NUTAU' 98. **Anais eletrônicos**. 1998.

GUIMARAES, A. C. F.; LAPA, C. M. F. **Fuzzy inference system for evaluating and improving nuclear power plant operating performance**: Base de dados Web of Science (2004). In: CAPES. Disponível em:< <http://isi3.isiknowledge.com/portal.cgi>>. Acesso em: 07 jun. 2004.

HAMDI, M.; LACHIVER, G.; MICHAUD, F. (1999) A new predictive thermal sensation index of human response. **ENERGY AND BUILDINGS: Scientific Journal**, nº 29, p. 167-178, 1999.

HARRIS, A. L. N. C. **Metodologia baseada na Teoria dos Sistemas Nebulosos (Fuzzy System Theory) para o tratamento das informações subjetivas do projeto arquitetônico**. 1999. 160p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

HARRIS, A.L.N.C.; CHENG, L.Y. A inferência Nebulosa Aplicada a Análise de Dados na Avaliação Pós-ocupação. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, Fortaleza, 1999. **Primeira Coletânea de Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído**, 1999. 1 CD – ROM .

HARRIS, A.L.N.C; CHENG, L.Y.; LABAKI, L.C. Remodelagem dos Grupos Climáticos dos “Quadros de Mahoney” Utilizando a Teoria dos Sistemas Nebulosos. In: NUTAU’2000 – TECNOLOGIA & DESENVOLVIMENTO. São Paulo, **Anais eletrônicos**. 2000

HARRIS, A.L.N.C; CHENG, L.Y.; LABAKI, L.C. Uma Proposta de Análise Climática Fuzzy Baseada no Método dos Triângulos. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, São Pedro, 2001. Grupo de Trabalho em Conforto Ambiental e eficiência Energética – ANTAC. **1 CD – ROM**. p.43-44

HARRIS, A.L.N.C.; A teoria dos sistemas nebulosos no tratamento dos parâmetros subjetivos do projeto arquitetônico - os limites de conforto In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz do Iguaçu. COOPERAÇÃO & RESPONSABILIDADE SOCIAL, 2002. **Anais eletrônicos**. 2002

HSUI, C. Y. **Conforto Ambiental dos Edifícios em São Paulo**. 1976, 124p. (Monografia) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1976.

JOHNSON, PA. **Uncertainty in estimating bankfull conditions**: Base de dados Web of Science (1996). In: CAPES. Disponível em:< <http://isi3.isiknowledge.com/portal.cgi>>. Acesso em: 07 jun. 2004.

KOENIGSBERGER, O. H. et al. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Madri: Paraninfo, 1977. p 245-273

LAMBERTS, R. Normalização em eficiência energética e conforto ambiental. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., Salvador, 1997. **Anais**. Salvador, ANTAC, 1997. PP.40-4.

LIPPSMEIER, G. **Tropenbau** – Building in the Tropics. München: Callwey Verlag, 1969. 282p.

MONTEIRO, C.A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**: estudo geográfico sob forma de Atlas. São Paulo:FAPESP/IGEOG-USP, 1973.

MONTEIRO, C.A. de F. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo**: problemas e perspectivas. São Paulo: IGEOG-USP, 1976.

MASCARÓ, L.R. **Luz, clima e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1983. p.165-186

NASCIMENTO, C. M. DO; GOMES, M. A. DE **Atlas Climatológico do Estado de São Paulo (1977-1986)** . Campinas: Fundação Cargill, 1988.

OAKLEY, D. **Tropical Houses**: A guide to their design. Londres: Batsford, 1961. 272p.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima**: Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. 203p.

PEDROSO, N.G. Clima, meio ambiente e edificação: “orientações para obtenção de dados climáticos necessários ao planejamento e execução de projetos construtivos”. **Tecnologia de Edificações**, São Paulo, 1988. Projeto de Divulgação Tecnológica Lix da Cunha, p. 487-490. PINI: IPT, Divisão de Edificações.

RIVERO, R. Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural. 2 ed. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1986.

RORIZ, M.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Uma proposta de Norma Técnica Brasileira sobre Desempenho Térmico de Habitações Populares. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5. Fortaleza, 1999. **ANTAC: 1 CD – ROM**, 2001.

RORIZ, M. Flutuações horárias dos limites de conforto térmico: uma hipótese do modelo adaptativo. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7. Curitiba, 2003. **ANTAC: 1 CD – ROM**, 2003.

SAVOIA, M. **Structural reliability analysis through fuzzy number approach, with application to stability**: Base de dados Web of Science (2002). In: CAPES. Disponível em:< <http://isi3.isiknowledge.com/portal.cgi>>. Acesso em: 07 jun. 2004.

SENA, C.B.; CHENG,L.Y.; HARRIS, A.L.N.C. Análise climática das cidades de Campos do Jordão e Iguape – estudo comparativo entre o método de Mahoney tradicional e o remodelado através da teoria dos sistemas nebulosos. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; BIENAL AROZTEGUI, 3; WORKSHOP DA IBPSA-BRASIL,2 E CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES – ENCAC-COTEDI 2003. Curitiba, 2003. **ANTAC: 1 CD – ROM**, 2003.

SENA, C.B.; CHENG,L.Y.;HARRIS, A.L.N.C. Análise climática das cidades de Franca e Presidente Prudente – estudo comparativo entre o método de Mahoney tradicional e o remodelado através da teoria dos sistemas nebulosos. In: ENCONTRO NACIONAL DE

CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7; BIENAL AROZTEGUI, 3; WORKSHOP DA IBPSA-BRASIL,² E CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES – ENCAC-COTEDI 2003. Curitiba, 2003. **ANTAC: 1 CD – ROM**, 2003.

SETZER, J. **Contribuição para o estudo do clima do Estado de São Paulo**. São Paulo: Escolas Profissionais Salesianas, 1946. 239p.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Ed. Comissão Interestadual da Bacia do Paraná-Uruguai em colaboração com as centrais elétricas de SP (CESP), 1966. p. 35-39

TARIFA, J.R.; AZEVEDO, T. R. **Os climas na cidade de São Paulo**. São Paulo: GEOUSP – Coleção Novos Caminhos - 4, 2001. 199p.

TERANO, T.; ASSAI, K.; SUGENO, M. **Fuzzy Systems Theory: and its aplications**. USA: Academic Press, 1992. 264p.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. **Climate and House Design: Design of low-cost housing and community facilities**. New York: 1971. 1v.

WAKAMATU, A. **Ferramentas de auxílio para alocação de elementos do canteiro de obras utilizando a Teoria dos Sistemas Nebulosos**. 2001. 14-25p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2001.

ZADEH, L. A. **Fuzzy Sets**. USA: Information and Control, 1965. p.338-353.

ZIMMERMANN, H. J. **Fuzzy sets, decision making, and expert systems**. Boston: Kluwer Academic Publishers. 1987. 335p.

APÊNDICE A – PROGRAMA MÉTODO DE MAHONEY TRADICIONAL

A.1 – INTRODUÇÃO:

O programa MMT é um programa computacional baseado no Método de Mahoney Tradicional, desenvolvido em linguagem C. A programação foi feita no editor WEDIT do compilador LCC-WIN32 versão 3.3, baixado da página da Universidade da Virgínia¹¹.

A versão apresentada nesse trabalho do programa MMT leva em consideração os limites de conforto adaptados do Método de Mahoney Tradicional por Alucci, Carneiro e Baring (1986) (Tabela 3.3 do Capítulo 3), sendo voltado, portanto, para análise climática das cidades brasileiras. As recomendações de projeto foram programadas conforme as regras descritas na Tabela 3.9.

A versão executável do programa Método de Mahoney Tradicional pode ser baixada da página do Laboratório de CAD (LabCAD) do Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).¹²

A.2 – INSTRUÇÕES DE OPERAÇÃO:

Clicando no ícone do programa MMT.exe, abrirá uma janela do DOS, conforme mostra a Figura A1. A frase “Digite os valores de TMmax” aparecerá e em seguida digitam-se os doze valores de TMmax correspondentes aos meses do ano. Esses valores devem ser digitados dando um espaço entre eles e depois do 12º valor tecla-se ENTER, depois aparecerá a frase “Digite os valores de TMmin”. Procede-se da mesma forma para entrar com os valores de TMmin mensais e assim sucessivamente para os dados de umidade relativa e pluviosidade.

Depois de digitados todos os dados climáticos, o programa retorna o rigor térmico diurno e noturno analisados através dos valores de TM e a frequência anual dos seis indicadores climáticos para TM. Em seguida, apresenta o rigor térmico diurno e noturno analisados com a TMA. O programa mostra também a frequência anual dos indicadores climáticos para TMA e finalmente as recomendações de projeto, ordenadas de R1 a R17.

¹¹ <<http://www.cs.virginia.edu/~lcc-win32/>>

¹² <<http://labcad.pcc.usp.br>>

```

C:\Arquivos de programas\lcc\lcc\bin\rundos.exe
// PROGRAMA DO METODO DE MAHONEY TRADICIONAL //
// CALCULO DA FREQUENCIA DOS INDICADORES E RECOMENDACOES DE PROJETO //
// LEVANDO EM CONSIDERACAO OS LIMITES DE CONFORTO PARA O BRASIL //
// AUTORA CARLIZA BASTOS SENA - CSENA@YAHOO.COM //
Digite os valores de TMmax
_

```

Figura A1 – Entrada de dados do Programa MMT.exe

A.3 – EXEMPLOS DE ENTRADA DE DADOS CLIMÁTICOS

Foram utilizados os dados climáticos da cidade de Campos do Jordão como exemplo de entrada de dados, ver Figura A2.

```

C:\Arquivos de programas\lcc\lcc\bin\rundos.exe
// PROGRAMA DO METODO DE MAHONEY TRADICIONAL //
// CALCULO DA FREQUENCIA DOS INDICADORES E RECOMENDACOES DE PROJETO //
// LEVANDO EM CONSIDERACAO OS LIMITES DE CONFORTO PARA O BRASIL //
// AUTORA CARLIZA BASTOS SENA - CSENA@YAHOO.COM //
Digite os valores de TMmax
22.40 23.60 22.40 20.40 19.10 17.70 16.10 19.50 19.60 21.40 21.80 21.30
Digite os valores de TMmin
12.80 12.70 12.50 9.70 6.90 4.00 3.00 5.10 6.80 9.40 11.50 13.00
Digite os valores de URM
87 87 88 88 87 86 85 85 83 82 81 85 88
Digite os valores de PL
323.80 186.50 184.60 114.10 81.20 59.40 40.80 55.30 99.30 137.90 197.40 295.60
17.600000 9.599999 87.000000 88.000000
18.150000 10.900001 87.000000 323.799988
17.450001 9.900000 88.000000 186.500000
15.049999 10.700000 88.000000 184.600006
13.000000 12.200001 87.000000 114.099998
10.850000 13.700001 86.000000 81.199997
9.550000 13.100000 85.000000 59.400002
12.300000 14.400000 85.000000 40.799999
13.200001 12.800000 83.000000 55.299999
15.400000 12.000000 82.000000 99.300003
16.650000 10.299999 81.000000 137.899994
17.150000 8.299999 85.000000 197.399994
TMA=13.300000

```

Figura A2 – Entrada de dados para a cidade de Campos do Jordão

A Figura A2 mostra também na primeira coluna, abaixo dos valores de PL, os valores da TM calculados. Na segunda coluna aparecem os valores da amplitude térmica (AT), na terceira coluna estão os valores da umidade relativa e na quarta os valores da pluviosidade.

Bem abaixo tem-se o valor da TMA, calculada como o exposto no Capítulo 3.

A.4 – RESULTADOS DO EXEMPLO:

Abaixo do valor de TMA são apresentados os rigores térmicos pelo dia e pela noite, obtidos com o uso da TM e da TMA, além da frequência os indicadores climáticos, conforme Figuras A3 e A4. Na Figura A4 tem-se também as recomendações de projeto.

```

C:\Arquivos de programas\lcc\lcc\bin\rundos.exe
RIGOR TERMICO DIURNO PARA TM
C C C C C F F C C C C C C

RIGOR TERMICO NOTURNO PARA TM
F F F F F F F F F F F F F

FREQUENCIA DOS INDICADORES PARA TM
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.000000
0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

RIGOR TERMICO DIURNO PARA TMA
C C C C C F F C C C C C C

RIGOR TERMICO NOTURNO PARA TMA
C C C F F F F F F F F F C

FREQUENCIA DOS INDICADORES PARA TMA
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.000000
0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 1.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000
0.000000 1.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000

```

Figura A3 – Rigor Térmico e indicadores climáticos para a cidade de Campos do Jordão

```

C:\Arquivos de programas\lcc\lcc\bin\rundos.exe
SOMATORIA DOS INDICADORES PARA TM
0.000000 10.000000 1.000000 0.000000 0.000000 2.000000

SOMATORIA DOS INDICADORES PARA TMA
0.000000 10.000000 1.000000 0.000000 0.000000 2.000000

RECOMENDACOES DE PROJETO PARA TM
1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0

RECOMENDACOES DE PROJETO PARA TMA
1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0

```

Figura A4 – Somatória dos indicadores climáticos e recomendações de projeto para a cidade de Campos do Jordão

As recomendações de projeto estão ordenadas de R1 a R17, onde o valor 1 indica que aquela recomendação deve ser usada e 0 que não deve.

A.5 – LISTAGEM:

```
// PROGRAMA DO METODO DE MAHONEY TRADICIONAL //
// CALCULO DA FREQUENCIA DOS INDICADORES E RECOMENDACOES DE PROJETO//
// AUTORA CARLIZA BASTOS SENA - CSENA@YAHOO.COM //
#include <stdio.h>
char BE (float T,float T1, float T2); //DECLARACAO DA FUNCAO//
//FUNCAO PRINCIPAL//
int main(){
//DEFINICAO DAS VARIÁVEIS//
    float TMmax[12],TMmin[12],TM[12],AT[12],URM[12],PL[12];
    float H1[12],H2[12],H3[12],A1[12],A2[12],A3[12],STM[6],STMA[6];
    float TMA, max, min;
    int R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9,R10,R11,R12,R13,R14,R15,R16,R17;
    char RTdTM[12],RTnTM[12],RTdTMA[12],RTnTMA[12];
    int i;
//INICIALIZAR VETOR STM E STMA//
    for (i=0;i<6;i++) {
        STM [i] = 0; //Somatoria dos indicadores resultantes da TM//
        STMA [i] = 0;//Somatoria dos indicadores resultantes da TMA//
    }
//ENTRADA DOS DADOS DE TEMPERATURA//
    printf ("// PROGRAMA DO METODO DE MAHONEY TRADICIONAL //\n");
    printf ("// CALCULO DA FREQUENCIA DOS INDICADORES E RECOMENDACOES
DE PROJETO //\n");
    printf ("// LEVANDO EM CONSIDERACAO OS LIMITES DE CONFORTO PARA O
BRASIL //\n");
    printf ("// AUTORA CARLIZA BASTOS SENA - CSENA@YAHOO.COM //\n");
    printf ("\nDigite os valores de TMmax\n");
    for (i=0;i<12;i++) {
        scanf ("%f",&TMmax[i]);
    }
    printf ("\nDigite os valores de TMmin\n");
    for (i=0;i<12;i++) {
        scanf ("%f",&TMmin[i]);
    }
//CALCULO DA TEMPERATURA MEDIA E DA AMPLITUDE TERMICA//
    for (i=0;i<12;i++) {
        TM[i]=(TMmax[i]+TMmin[i])/2.0;
        AT[i]=TMmax[i]-TMmin[i];
    }
//ENTRADA DOS DADOS DE UMIDADE RELATIVA//
    printf ("\nDigite os valores de URM\n");
    for (i=0;i<12;i++) {
        scanf ("%f",&URM[i]);
    }
//ENTRADA DOS DADOS DE PLUVIOSIDADE//
    printf ("\nDigite os valores de PL\n");
    for (i=0;i<12;i++) {
        scanf ("%f",&PL[i]);
    }
    for (i=0;i<12;i++) {
        printf ("\n%f %f %f %f",TM[i], AT[i], URM [i], PL [i]);
    }
//CALCULO DA TEMPERATURA MEDIA ANUAL//
    max = -1000;
    min = 1000;
    for (i=0;i<12;i++) {
        if (TMmax[i]>max) max = TMmax[i];

        if (TMmin[i]<min) min = TMmin[i];
    }
}
```

```

        TMA = (max + min)/2.0;
    }
    printf ("\n");
    printf ("\nTMA=%f", TMA);
    printf ("\n");
//PRIMEIRA PARTE - CALCULO USANDO TM//
//DEFINICAO DO RIGOR TERMICO PELO DIA PARA TM//
    printf ("\nRIGOR TERMICO DIURNO PARA TM\n");
    for (i=0;i<12;i++) {
        if (TM[i]>20) {
            if (URM[i]>70){
                RTdTM [i] = BE (TMmax [i],22,27);
            }
            else {
                RTdTM [i] = BE (TMmax [i],23,29);
            }
        }
        else {
            if(TM[i]<15) {
                if (URM[i]>70){
                    RTdTM [i] = BE (TMmax [i],18,24);
                }
                else {
                    RTdTM [i] = BE (TMmax [i],19,26);
                }
            }
            else {
                if (URM[i]>70){
                    RTdTM [i] = BE (TMmax [i],20,25);
                }
                else {
                    RTdTM [i] = BE (TMmax [i],21,28);
                }
            }
        }
    }

    for (i=0;i<12;i++) {
        printf ("%c ", RTdTM [i]);
    }
    printf ("\n");
//DEFINICAO DO RIGOR TERMICO PELA NOITE PARA TM//
    printf ("\nRIGOR TERMICO NOTURNO PARA TM\n");
    for (i=0;i<12;i++) {
        if (TM[i]>20) {
            if (URM[i]>70){
                RTnTM [i] = BE (TMmin [i],17,22);
            }
            else {
                RTnTM [i] = BE (TMmin [i],17,23);
            }
        }
        else {
            if(TM[i]<15) {
                if (URM[i]>70){
                    RTnTM [i] = BE (TMmin [i],12,18);
                }
                else {
                    RTnTM [i] = BE (TMmin [i],12,19);
                }
            }
            else {

```

```

        if (URM[i]>70){
            RTnTM [i] = BE (TMmin [i],14,20);
        }
        else {
            RTnTM [i] = BE (TMmin [i],14,21);
        }
    }
}
for (i=0;i<12;i++) {
    printf ("%c ", RTnTM [i]);
}
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR H1 PARA TM//
for (i=0;i<12;i++) {
    if (RTdTM [i] == 'Q'){
        if (URM [i]>70){
            H1[i] = 1;
            STM [0] = STM [0] + 1;
        }
        else {
            if URM [i]<= 70){
                if (AT [i]<10) {
                    H1[i] = 1;
                    STM [0] = STM [0] + 1;
                }
                else {
                    H1[i] = 0;
                }
            }
            else {
                H1[i] = 0;
            }
        }
    }
    else {
        H1[i] = 0;
    }
}
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR H2 PARA TM//
for (i=0;i<12;i++) {
    if (RTdTM [i] == 'C'){
        if (URM [i]>70){
            H2[i] = 1;
            STM [1] = STM [1] + 1;
        }
        else {
            H2[i] = 0;
        }
    }
    else {
        H2[i] = 0;
    }
}
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR H3 PARA TM//
for (i=0;i<12;i++) {
    if (PL [i]>200){
        H3[i] = 1;
        STM [2] = STM [2] + 1;
    }
    else {

```

```

        H3[i] = 0;
    }
}
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR A1 PARA TM//
for (i=0;i<12;i++) {
    if (URM [i]<=70){
        if (AT [i]>=10){
            A1[i] = 1;
            STM [3] = STM [3] + 1;
        }
        else {
            A1[i] = 0;
        }
    }
    else {
        A1[i] = 0;
    }
}
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR A2 PARA TM//
for (i=0;i<12;i++) {
    if (URM [i]<=50){
        if (RTnTM [i]=='Q'){
            A2[i] = 1;
            STM [4] = STM [4] + 1;
        }
        else {
            if (RTnTM [i]=='C'){
                if (RTdTM [i] == 'Q'){
                    if (AT [i]<10){
                        A2[i] = 1;
                        STM [4] = STM [4] + 1;
                    }
                    else {
                        A2[i] = 0;
                    }
                }
                else {
                    A2[i] = 0;
                }
            }
            else {
                A2[i] = 0;
            }
        }
    }
    else {
        A2[i] = 0;
    }
}
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR A3 PARA TM//
for (i=0;i<12;i++) {
    if (RTdTM [i]=='F'){
        A3[i] = 1;
        STM [5] = STM [5] + 1;
    }
    else {
        A3[i] = 0;
    }
}
printf ("\n");
//RESULTADOS PARA TM//

```



```

printf ("\nFREQUENCIA DOS INDICADORES PARA TM");
for (i=0;i<12;i++) {
    printf ("\n%f      %f      %f      %f      %f",
    %f",H1[i],H2[i],H3[i],A1[i],A2[i],A3[i]);
}
printf ("\n");
//SEGUNDA PARTE - CALCULO USANDO TMA //
//DEFINICAO DO RIGOR TERMICO PELO DIA PARA TMA//
printf ("\nRIGOR TERMICO DIURNO PARA TMA\n");
for (i=0;i<12;i++) {
    if (TMA>20) {
        if (URM[i]>70){
            RTdTMA [i] = BE (TMmax [i],22,27);
        }
        else {
            RTdTMA [i] = BE (TMmax [i],23,29);
        }
    }
    else {
        if(TMA<15) {
            if (URM[i]>70){
                RTdTMA [i] = BE (TMmax [i],18,24);
            }
            else {
                RTdTMA [i] = BE (TMmax [i],19,26);
            }
        }
        else {
            if (URM[i]>70){
                RTdTMA [i] = BE (TMmax [i],20,25);
            }
            else {
                RTdTMA [i] = BE (TMmax [i],21,28);
            }
        }
    }
}
for (i=0;i<12;i++) {
    printf ("%c ", RTdTMA [i]);
}
printf ("\n");
//DEFINICAO DO RIGOR TERMICO PELA NOITE PARA TMA//
printf ("\nRIGOR TERMICO NOTURNO PARA TMA\n");
for (i=0;i<12;i++) {
    if (TMA>20) {
        if (URM[i]>70){
            RTnTMA [i] = BE (TMmin [i],17,22);
        }
        else {
            RTnTMA [i] = BE (TMmin [i],17,23);
        }
    }
    else {
        if(TMA<15) {
            if (URM[i]>70){
                RTnTMA [i] = BE (TMmin [i],12,18);
            }
            else {
                RTnTMA [i] = BE (TMmin [i],12,19);
            }
        }
    }
}

```

```

        else {
            if (URM[i]>70){
                RTnTMA [i] = BE (TMmin [i],14,20);
            }
            else {
                RTnTMA [i] = BE (TMmin [i],14,21);
            }
        }
    }
}
for (i=0;i<12;i++) {
    printf ("%c ", RTnTMA [i]);
}
printf ("\n");
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR H1 PARA TMA//
if (RTdTMA [i] == 'Q'){
    if (URM [i]>70){
        H1[i] = 1;
        STMA [0] = STMA [0] + 1;
    }
    else {
        if URM [i]<= 70){
            if (AT [i]<10) {
                H1[i] = 1;
                STMA [0] = STMA [0] + 1;
            }
            else {
                H1[i] = 0;
            }
        }
        else {
            H1[i] = 0;
        }
    }
}
else {
    H1[i] = 0;
}
}
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR H2 PARA TMA//
for (i=0;i<12;i++) {
    if (RTdTMA [i] == 'C'){
        if (URM [i]>70){
            H2[i] = 1;
            STMA [1] = STMA [1] + 1;
        }
        else {
            H2[i] = 0;
        }
    }
    else {
        H2[i] = 0;
    }
}
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR H3 PARA TMA//
for (i=0;i<12;i++) {
    if (PL [i]>200){
        H3[i] = 1;
        STMA [2] = STMA [2] + 1;
    }
}

```

```

        else {
            H3[i] = 0;
        }
    }
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR A1 PARA TMA//
    for (i=0;i<12;i++) {
        if (URM [i]<=70){
            if (AT [i]>=10){
                A1[i] = 1;
                STMA [3] = STMA [3] + 1;
            }
            else {
                A1[i] = 0;
            }
        }
        else {
            A1[i] = 0;
        }
    }
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR A2 PARA TMA//
    for (i=0;i<12;i++) {
        if (URM [i]<=50){
            if (RTnTMA [i]=='Q'){
                A2[i] = 1;
                STMA [4] = STMA [4] + 1;
            }
            else {
                if (RTnTMA [i]=='C'){
                    if (RTdTMA [i] == 'Q'){
                        if (AT [i]<10){
                            A2[i] = 1;
                            STMA [4] = STMA [4] + 1;
                        }
                        else {
                            A2[i] = 0;
                        }
                    }
                    else {
                        A2[i] = 0;
                    }
                }
                else {
                    A2[i] = 0;
                }
            }
        }
        else {
            A2[i] = 0;
        }
    }
//DEFINICAO DA FREQUENCIA DO INDICADOR A3 PARA TMA//
    for (i=0;i<12;i++) {
        if (RTdTMA [i]=='F'){
            A3[i] = 1;
            STMA [5] = STMA [5] + 1;
        }
        else {
            A3[i] = 0;
        }
    }
//RESULTADOS PARA TMA//

```

```

        printf ("\nFREQUENCIA DOS INDICADORES PARA TMA");
        for (i=0;i<12;i++) {
            printf ("\n%f      %f      %f      %f      %f",
%f",H1[i],H2[i],H3[i],A1[i],A2[i],A3[i]);
        }
// SOMATORIA DOS INDICADORES//
        printf ("\n");
        printf ("\nSOMATORIA DOS INDICADORES PARA TM\n");
        for (i=0;i<6;i++) {
            printf ("%f ",STM [i]);
        }
        printf ("\n");
        printf ("\nSOMATORIA DOS INDICADORES PARA TMA\n");
        for (i=0;i<6;i++) {
            printf ("%f ",STMA [i]);
        }
        printf ("\n");
//RECOMENDACOES DE PROJETO TM//
//R01//
        if (STM [3] <= 10) {
            R1 = 1;
        }
        else {
            if (STM [5]>= 5) {
                R1 = 1;
            }
            else {
                R1 = 0;
            }
        }
//R02//
        if (STM [3] > 10) {
            if (STM [5] < 5) {
                R2 = 1;
            }
            else {
                R2 = 0;
            }
        }
        else {
            R2 = 0;
        }
//R03//
        if (STM [0] > 10) {
            R3 = 1;
        }
        else {
            R3 = 0;
        }
//R04//
        if (STM [0] > 1) {
            if (STM [0]<= 10) {
                R4 = 1;
            }
            else {
                R4 = 0;
            }
        }
        else {
            R4 = 0;
        }

```

```

//R05//
    if (STM [0]< 2) {
        R5 = 1;
    }
    else {
        R5 = 0;
    }
//R06//
    if (STM [0] >= 3) {
        R6 = 1;
    }
    else {
        if (STM [0]<= 2 && STM [0] != 0 && STM [3] <= 5){
            R6 = 1;
        }
        else {
            R6 = 0;
        }
    }
//R07//
    if (STM [0] <=2 && STM [0] != 0 && STM [3]>=6) {
        R7 = 1;
    }
    else {
        if (STM [0] == 0 && STM [1] >=2) {
            R7 = 1;
        }
        else {
            R7 = 0;
        }
    }
//R08//
    if (STM [0] == 0 && STM [1] <= 1) {
        R8 = 1;
    }
    else {
        R8 = 0;
    }
//R09//
    if (STM [3] <= 1 && STM [5] == 0) {
        R9 = 1;
    }
    else {
        R9 = 0;
    }
//R10//
    if (STM [3] >= 11 && STM [5] <= 1) {
        R10 = 1;
    }
    else {
        R10 =0;
    }
//R11//
    if (R9 == 0 && R10 == 0) {
        R11 = 1;
    }
    else {
        R11 = 0;
    }
//R12//
    if (STM [3] <= 2) {

```

```

        R12 = 1;
    }
    else {
        R12 = 0;
    }
//R13//
    if (STM [3] >= 3) {
        R13 = 1;
    }
    else {
        R13 = 0;
    }
//R14//
    if (STM [3] <= 5) {
        R14 = 1;
    }
    else {
        R14 = 0;
    }
//R15//
    if (STM [3] >= 6) {
        R15 = 1;
    }
    else {
        R15 = 0;
    }
//R16//
    if (STM [4] >= 2) {
        R16 = 1;
    }
    else {
        R16 = 0;
    }
//R17//
    if (STM [2] >= 3) {
        R17 = 1;
    }
    else {
        R17 = 0;
    }
    printf ("\n");
//RESULTADOS DAS RECOMENDACOES PARA TM//
    printf ("\nRECOMENDACOES DE PROJETO PARA TM");
    printf ("\n%d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d",
R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9,R10,R11,R12,R13,R14,R15,R16,R17);
//RECOMENDACOES DE PROJETO TMA//
//R01//
    if (STMA [3] <= 10) {
        R1 = 1;
    }
    else {
        if (STMA [5]>= 5) {
            R1 = 1;
        }
        else {
            R1 = 0;
        }
    }
//R02//
    if (STMA [3] > 10) {
        if (STM [5] < 5) {

```

```

        R2 = 1;
    }
    else {
        R2 = 0;
    }
}
else {
    R2 = 0;
}
//R03//
if (STMA [0] > 10) {
    R3 = 1;
}
else {
    R3 = 0;
}
//R04//
if (STMA [0] > 1) {
    if (STMA [0] <= 10) {
        R4 = 1;
    }
    else {
        R4 = 0;
    }
}
else {
    R4 = 0;
}
//R05//
if (STMA [0] < 2) {
    R5 = 1;
}
else {
    R5 = 0;
}
//R06//
if (STMA [0] >= 3) {
    R6 = 1;
}
else {
    if (STMA [0] <= 2 && STMA [0] != 0 && STMA [3] <= 5) {
        R6 = 1;
    }
    else {
        R6 = 0;
    }
}
//R07//
if (STMA [0] <= 2 && STMA [0] != 0 && STMA [3] >= 6) {
    R7 = 1;
}
else {
    if (STMA [0] == 0 && STMA [1] >= 2) {
        R7 = 1;
    }
    else {
        R7 = 0;
    }
}
//R08//
if (STMA [0] == 0 && STMA [1] <= 1) {

```

```

        R8 = 1;
    }
    else {
        R8 = 0;
    }
//R09//
    if (STMA [3] <= 1 && STMA [5] == 0) {
        R9 = 1;
    }
    else {
        R9 = 0;
    }
//R10//
    if (STMA [3] >= 11 && STMA [5] <= 1) {
        R10 = 1;
    }
    else {
        R10 = 0;
    }
//R11//
    if (R9 == 0 && R10 == 0) {
        R11 = 1;
    }
    else {
        R11 = 0;
    }
//R12//
    if (STMA [3] <= 2) {
        R12 = 1;
    }
    else {
        R12 = 0;
    }
//R13//
    if (STMA [3] >= 3) {
        R13 = 1;
    }
    else {
        R13 = 0;
    }
//R14//
    if (STMA [3] <= 5) {
        R14 = 1;
    }
    else {
        R14 = 0;
    }
//R15//
    if (STMA [3] >= 6) {
        R15 = 1;
    }
    else {
        R15 = 0;
    }
//R16//
    if (STMA [4] >= 2) {
        R16 = 1;
    }
    else {
        R16 = 0;
    }

```



```

//R17//
    if (STMA [2] >= 3) {
        R17 = 1;
    }
    else {
        R17 = 0;
    }
//RESULTADOS DAS RECOMENDACOES PARA TMA//
    printf ("\nRECOMENDACOES DE PROJETO PARA TMA");
    printf ("\n%d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d %d",
R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9,R10,R11,R12,R13,R14,R15,R16,R17);
    scanf("%i",&i);
    printf ("\n//ESTE PROGRAMA EH PARTE INTEGRANTE DA DISSERTACAO DA
AUTORA//\n");
    printf ("\n//SOB A ORIENTACAO DO PROF. DR. CHENG LIANG-YEE//\n");
    printf ("\n//PERMITIDO PARA USO ACADEMICO, SEM FINS
COMERCIAIS//\n");
    printf ("\n//AGRADECEMOS A COLABORACAO DO GRADUANDO FABIO
MOTEZUKI//\n");
    printf ("\n//SAO PAULO-EPUSP-2004\\\n");
    return(0);

}
//DEFINICAO DA FUNCAO BE//
char BE (float T,float T1, float T2) {
    if (T<T1){
        return ('F');
    }
    else{
        if(T>T2){
            return ('Q');
        }
        else{
            return ('C');
        }
    }
}

```

APÊNDICE B – RECOMENDAÇÕES DE PROJETO PELO MMT E MMN PARA AS CIDADES EM ESTUDO

Tabela 1 – Recomendações para Campos do Jordão

Método	Tradicional	Nebuloso	Recomendação
Traçado			
R1	1	1	Edifícios orientados no eixo leste-oeste para reduzir a exposição ao sol
R2	0	0	Planejamento de pequenos pátios ao redor do qual os edifícios são construídos
Espaçamento			
R3	0	0	Espaços abertos para a penetração da brisa
R4	0	1	Como em R3, porém com proteção contra o vento frio/quente
R5	1	0	Planejamento de agrupamento compacto de edifícios
Movimento do ar			
R6	0	1	Salas dispostas em fileira única. Provisão permanente de movimento do ar
R7	1	0	Salas dispostas em fileira dupla com provisão temporária de movimento do ar
R8	0	0	O movimento do ar não é necessário
Aberturas			
R9	0	0	Aberturas largas, 40-80% nas paredes N e S
R10	0	0	Aberturas muito pequenas, 10-20%
R11	1	1	Aberturas médias, 20-40%
Paredes			
R12	1	1	Muros externos leves; pequena capacidade calorífica
R13	0	0	Paredes externas e internas pesadas; grande capacidade calorífica
Coberturas			
R14	1	1	Cobertura leve bem isolada
R15	0	0	Cobertura pesada; retardo acima de oito vezes
Espaço para dormir ao ar livre			
R16	0	0	Espaço necessário para se dormir ao ar livre
Proteção contra chuva			
R17	0	1	Proteção contra chuvas pesadas

As recomendações para a cidade de Campos nas análises pelos métodos tradicional e nebuloso são:

- *Quanto ao traçado* – R1 (MMT e MMN) – As edificações devem ser orientadas segundo o eixo leste-oeste, com a parte mais elevada da edificação direcionada para o norte e o sul, a fim de reduzir a exposição ao sol.
- *Quanto ao espaçamento* – R4 (MMN) e R5 (MMT) – No MMT recomenda-se (R5), que deve ser feito um planejamento para que as edificações formem um aglomerado compacto, para Mascaró (1983) essa recomendação diz-se que “é indispensável o agrupamento compacto”. O que todos querem dizer é que não é necessário ter espaçamento entre as edificações, podendo a edificação ser compacta. Já pelo método nebuloso, recomenda-se (R4) planejar esse espaçamento

entre as edificações e entre a vegetação, a fim de darem proteção contra o calor seco e os ventos frios.

- *Quanto ao movimento do ar* – R6 (MMN) e R7 (MMT) – Pelo MMT, recomenda-se (R7) que as salas estejam em fileira dupla e que o projeto permita a ventilação cruzada temporária (por exemplo, enfileiradas duplamente e com largas portas fazendo a interconexão entre os ambientes). Caso o vento dominante não seja confiável ou haja limitações no terreno que restrinjam o projeto de movimentação do ar, devem-se instalar ventiladores de teto, observando que estes devem ser previsto na fase de croquis do projeto, pois requerem um pé direito não inferior a 2.75 m. Na análise nebulosa, no entanto, recomenda-se (R6) que as salas estejam posicionadas em fileira única, com janelas nas fachadas norte e sul, pois o movimento do ar é essencial por mais de dois meses.
- *Quanto às aberturas* – R11 (MMT e MMN) – As aberturas devem ser do tipo médias (de 25% a 40% da superfície da parede norte e sul) e como há mais de dois meses de necessidade de proteção contra o frio (A3), é conveniente localizar aberturas para o leste.
- *Paredes* – R12 (MMT e MMN) – As paredes externas devem ser leves, com uma pequena capacidade térmica, e as internas devem ser pesadas, já que a variação térmica anual é de 20,6 °C.
- *Cobertura* – R14 (MMT e MMN) – A cobertura deve ser leve, porém bem isolada.
- *Espaço para dormir ar livre* – Essa recomendação não é solicitada por nenhum dos métodos.
- *Proteção contra chuva* – R17 (MMN) – A recomendação desse quesito implica em medidas especiais de proteção que se deve tomar contra chuva, como por exemplo, varandas profundas cobertas, beirais largos e passarelas cobertas. à movimentação do ar. No MMT não há recomendação para esse quesito.

Tabela 2 – Recomendações para Franca

Método	Tradicional	Nebuloso	Recomendação
Traçado			
R1	1	1	Edifícios orientados no eixo leste-oeste para reduzir a exposição ao sol
R2	0	0	Planejamento de pequenos pátios ao redor do qual os edifícios são construídos
Espaçamento			
R3	0	0	Espaços abertos para a penetração da brisa
R4	1	1	Como em R3 , porém com proteção contra o vento frio/quente
R5	0	0	Planejamento de agrupamento compacto de edifícios
Movimento do ar			
R6	1	1	Salas dispostas em fileira única. Provisão permanente de movimento do ar
R7	0	0	Salas dispostas em fileira dupla com provisão temporária de movimento do ar
R8	0	0	O movimento do ar não é necessário
Aberturas			
R9	0	0	Aberturas largas, 40-80% nas paredes N e S
R10	0	0	Aberturas muito pequenas, 10-20%
R11	1	1	Aberturas médias , 20-40%
Paredes			
R12	0	0	Muros externos leves; pequena capacidade calorífica
R13	1	1	Paredes externas e internas pesadas; grande capacidade calorífica
Coberturas			
R14	1	1	Cobertura leve bem isolada
R15	0	0	Cobertura pesada; retardo acima de oito vezes
Espaço para dormir ao ar livre			
R16	0	0,83	Espaço necessário para se dormir ao ar livre
Proteção contra chuva			
R17	1	1	Proteção contra chuvas pesadas

Na Tabela 2, tem-se as tabelas de recomendações para o método Tradicional de Mahoney e para o método Nebuloso para a cidade de Franca. Os métodos diferem somente com relação ao espaço para se dormir ao ar livre (recomendação dezesseis).

As recomendações para Franca são as seguintes:

- *Quanto ao traçado* – R1 (MMT e MMN) – As edificações devem ser orientadas segundo o eixo leste-oeste, com a parte mais elevada da edificação direcionada para o norte e o sul, para evitar a exposição ao sol. Porém, como há necessidade de movimento do ar e aquecimento na estação fria, pode-se desviar levemente a edificação deste eixo no propósito de aproveitar o vento dominante e o aquecimento solar durante a estação fria.
- *Quanto ao espaçamento* – R4 (MMT e MMN) – Como se necessita de movimento do ar no interior da edificação, é preciso haver espaçamento para a penetração de vento, com a condição de que se planeje a implantação de vegetação que proteja a habitação contra o calor seco e os ventos frios.

- *Quanto ao movimento do ar* – R6 (MMT e MMN) – É desejável que as salas estejam posicionadas em fileira única, pois o movimento de ar é desejável por dois meses e o armazenamento térmico por cinco meses.
- *Quanto às aberturas* – R11 (MMT e MMN) – As aberturas devem ser de tamanho médio (de 25 a 40% área das paredes ao norte e ao sul).
- *Paredes* – R13 (MMT e MMN) – As paredes externas e internas devem ser pesadas com alta capacidade térmica, pois o armazenamento térmico faz-se necessário por cinco meses.
- *Cobertura* – R14 (MMT e MMN) – Pelo mesmo motivo da recomendação R13, a cobertura deve ser leve, porém bem isolada.
- *Espaço para dormir ao ar livre* – R16 (MMN) – Essa recomendação aparece na análise pelo MMN e pelo MMT não aparece. A justificativa para isso está no grau de pertinência do indicador A2, apresentando frequência igual a 1.83, afirmando a necessidade de se prever um lugar para dormir ao ar livre quando este indicador alcançar mais de um mês (UNITED NATIONS, 1971).
- *Proteção contra chuva* – R17 (MMN) – São necessárias também medidas especiais de proteção contra a chuva se essa é frequente e pesada (varandas cobertas, beirais largos, passarelas cobertas e outros).

Tabela 3 – Recomendações para Iguape

Método	Tradicional	Nebuloso	Recomendação
Traçado			
R1	1	1	Edifícios orientados no eixo leste-oeste para reduzir a exposição ao sol
R2	0	0	Planejamento de pequenos pátios ao redor do qual os edifícios são construídos
Espaçamento			
R3	0	0	Espaços abertos para a penetração da brisa
R4	1	1	Como em R3 , porém com proteção contra o vento frio/quente
R5	0	0	Planejamento de agrupamento compacto de edifícios
Movimento do ar			
R6	1	1	Salas dispostas em fileira única. Provisão permanente de movimento do ar
R7	0	0	Salas dispostas em fileira dupla com provisão temporária de movimento do ar
R8	0	0	O movimento do ar não é necessário
Aberturas			
R9	1	0	Aberturas largas, 40-80% nas paredes N e S
R10	0	0	Aberturas muito pequenas, 10-20%
R11	0	1	Aberturas médias , 20-40%
Paredes			
R12	1	1	Muros externos leves; pequena capacidade calorífica
R13	0	0	Paredes externas e internas pesadas; grande capacidade calorífica
Coberturas			
R14	1	1	Cobertura leve bem isolada
R15	0	0	Cobertura pesada; retardo acima de oito vezes
Espaço para dormir ao ar livre			
R16	0	0	Espaço necessário para se dormir ao ar livre
Proteção contra chuva			
R17	0	1	Proteção contra chuvas pesadas

- *Quanto ao traçado* – R1 (MMT e MMN) – As edificações devem ser orientadas segundo ao eixo leste-oeste, com a parte mais elevada da edificação direcionada para o norte e o sul, a fim de reduzir a exposição ao sol.
- *Quanto ao espaçamento* – R4 (MMT e MMN) – As salas devem estar posicionadas em fileira única, com janelas na fachada norte e sul, por ser necessária a movimentação de ar.
- Como solução para a alta umidade, indicada pela recomendação seis (R6),
- *Quanto ao movimento do ar* – R6 (MMT e MMN) – O edifício pode ser desviado levemente do eixo leste-oeste a fim de captar o vento dominante ou ainda para permitir um limitado aquecimento solar durante o inverno.
- *Quanto às aberturas* – R9 (MMT) e R11 (MMN) – A grande diferença na análise pelos dois métodos está nas recomendações para as aberturas nas paredes. Pelo método tradicional a recomendação dada é (R9) que as aberturas devem ser grandes (entre 40% e 80% das paredes norte ou sul), não sendo necessário que elas sejam

inteiramente envidraçadas, mas que estejam protegidas contra o sol, a luminância e a chuva, preferencialmente por beirais. Já pelo método nebuloso, a recomendação dada é (R11) que se use as aberturas médias (de 25% a 40% da superfície da parede norte e sul) e como há mais de três meses de necessidade de proteção contra o frio (A3), é conveniente localizar aberturas para o leste.

- *Paredes* – R12 (MMT e MMN) – As paredes externas devem ser leves, com pequena capacidade térmica.
- *Cobertura* – R14 (MMT e MMN) – A cobertura deve ser leve, porém bem isolada.
- *Espaço para dormir ar livre* – R16 (MMN) – Essa recomendação não é solicitada por nenhum dos métodos.
- *Proteção contra chuva* – R17 (MMN) – No MMN essa recomendação é desejada, enquanto que no MMT ela não é solicitada. A análise pelo MMN, no entanto, é a que mais se aproxima da realidade, já que a cidade de Iguape tem um índice pluviométrico alto, pedindo medidas especiais de proteção, como por exemplo, varandas profundas cobertas, beirais largos e passarelas cobertas.

Tabela 4 – Recomendações para Presidente Prudente

Método	Tradicional	Nebuloso	Recomendação
Traçado			
R1	1	1	Edifícios orientados no eixo leste-oeste para reduzir a exposição ao sol
R2	0	0	Planejamento de pequenos pátios ao redor do qual os edifícios são construídos
Espaçamento			
R3	0	0	Espaços abertos para a penetração da brisa
R4	1	1	Como em R3 , porém com proteção contra o vento frio/quente
R5	0	0	Planejamento de agrupamento compacto de edifícios
Movimento do ar			
R6	1	1	Salas dispostas em fileira única. Provisão permanente de movimento do ar
R7	0	0	Salas dispostas em fileira dupla com provisão temporária de movimento do ar
R8	0	0	O movimento do ar não é necessário
Aberturas			
R9	0	0	Aberturas largas, 40-80% nas paredes N e S
R10	0	0	Aberturas muito pequenas, 10-20%
R11	1	1	Aberturas médias , 20-40%
Paredes			
R12	0	0	Muros externos leves; pequena capacidade calorífica
R13	1	1	Paredes externas e internas pesadas; grande capacidade calorífica
Coberturas			
R14	0	0,22	Cobertura leve bem isolada
R15	1	0,78	Cobertura pesada; retardo acima de oito vezes
Espaço para dormir ao ar livre			
R16	0	1	Espaço necessário para se dormir ao ar livre
Proteção contra chuva			
R17	0	0,99	Proteção contra chuvas pesadas

As recomendações para a cidade de Presidente Prudente, segundo as análises pelos métodos tradicional e nebuloso são as seguintes:

- *Quanto ao traçado* – R1 (MMT e MMN) – As edificações devem ser orientadas segundo ao eixo leste-oeste, com a parte mais elevada da edificação direcionada para o norte e o sul, a fim de reduzir a exposição ao sol.
- *Quanto ao espaçamento* – R4 (MMT e MMN) – Como se necessita de movimento do ar no interior da edificação, é preciso haver espaçamento para a penetração de vento, com a condição de que se planeje a implantação de vegetação que proteja a habitação contra a calor seco e os ventos frios.
- *Quanto ao movimento do ar* – R6 (MMT e MMN) – Para a recomendação seis (R6), as salas devem estar posicionadas em fileira única, com janelas na fachada norte e sul, por ser necessária à movimentação de ar. O edifício pode ser desviado levemente do eixo leste-oeste a fim de captar o vento dominante ou ainda com a finalidade de permitir um limitado aquecimento solar durante o inverno.

- *Quanto às aberturas* – R11 (MMT e MMN) – As aberturas devem ser do tipo médias (de 25% a 40% da superfície da parede norte e sul) e como há mais de dois meses de necessidade de proteção contra o frio (A3), é conveniente localizar aberturas para o leste.
- *Paredes* – R12 (MMT e MMN) – As paredes externas e internas devem ser pesadas com alta capacidade térmica, pois o armazenamento térmico faz-se necessário por cinco meses. Por este mesmo motivo a cobertura deve ser leve, porém bem isolada.
- *Cobertura* – R14 (MMT e MMN) – No quesito cobertura, o MMT apresenta como solução a recomendação quinze (R15), já o nebuloso apresenta tanto a recomendação quatorze (R14) quanto a quinze (R15) como alternativas. Destas últimas, chega-se à conclusão de que a cobertura não deve ser tão pesada, pois em determinado período do ano ter uma cobertura leve seria a melhor alternativa.
- *Espaço para dormir ao ar livre* – R16 (MMN) – Com relação à recomendação dezesseis, não ocorrência no MMT, enquanto que no MMN ela é solicitada. Isso indica que deve ser providenciado um espaço para se dormir ao ar livre, e se esse espaço for na cobertura, sacada ou pátio, deve estar orientado para a parte mais fria do céu noturno, a fim de permitir a perda de calor por irradiação para o exterior.
- *Proteção contra chuva* – R17 (MMN) – A recomendação dezessete (R17), no MMT não é solicitada, mas no MMN sim, pedindo medidas especiais de proteção contra a chuva freqüente e pesada.

ANEXO A – RECOMENDAÇÕES DE PROJETO

a) Distribuição (Layout) - Recomendações 1 e 2:

R1) Os edifícios devem ser orientados segundo um eixo leste-oeste com a parte mais elevada da edificação direcionada para o norte e o sul a fim de reduzir a exposição ao sol, se houver necessidade de armazenamento térmico (A1) por mais de dez meses ou, por onze ou doze meses, incluindo mais de quatro meses de inverno (A3). A edificação pode ser desviada levemente do eixo leste-oeste a fim de se captar o vento predominante (veja recomendação R6 e a direção dos ventos para meses com alta umidade no quadro II) ou para permitir um aquecimento solar limitado durante o inverno (A3).

R2) Os edifícios devem ser planejados ao redor de pequenos pátios, se o armazenamento térmico (A1) é requisitado por onze ou doze meses e o inverno durar menos de cinco meses (A3).

b) Espaçamento - Recomendações 3, 4 e 5:

R3) O espaçamento entre as edificações deve ser tal que permita a penetração da brisa, se a movimentação do ar é essencial (H1) por onze ou doze meses. De forma grosseira pode-se dizer que o espaçamento entre longas filas paralelas de edifícios deve ser de cinco vezes a altura dos prédios, ou mais.

R4) Se o movimento do ar é necessário (H1) entre dois e dez meses ao ano, o espaçamento para a penetração do vento ainda é necessário, mas tanto o edifício como a vegetação, devem ser planejados a fim de dar proteção contra o calor seco (empoeirado) e os ventos frios (veja quadro III para condições e quadro II para direção dos ventos).

R5) Um planejamento compacto é essencial se o movimento do ar (H1) é necessário por nada menos que dois meses.

c) Movimento do ar - Recomendações 6, 7 e 8:

R6) As salas devem estar em fileira única com janelas na fachada norte e sul, se o movimento do ar é essencial (H1) por mais de dois meses. A disposição

em fileira única é desejável se o movimento de ar é necessário por um ou dois meses e o armazenamento térmico (A1) por um período de zero a cinco meses.

R7) As salas devem estar em fileira dupla se o movimento do ar é necessário (H1) por mais de um ou dois meses. Se há meses nos quais o movimento do ar não é essencial e sim desejável (H2), o projeto deve permitir ventilação cruzada temporária (por exemplo, podem ser duplamente enfileiradas com largas portas fazendo a interconexão entre os ambientes). Se o vento dominante não é confiável ou se as limitações do terreno restringem o projeto de movimentação do ar, ventiladores de teto devem ser instalados. Isto deve ser definido no estágio de croquis do desenho, porque a instalação desses ventiladores implica num pé direito mínimo de 2,75 m, não menos que isso.

R8) As salas devem ser postas em fileira dupla se o movimento do ar (H1) nunca for requisitado para obter conforto ou é requerido para manter conforto (H2) por um mês ou menos.

d) Aberturas nas paredes - Recomendações 9, 10 e 11:

R9) As aberturas devem ser largas (entre 40 e 80% das paredes voltadas para o norte e sul) se o armazenamento térmico (A1) é requerido por menos de dois meses e não há estação fria (A3). Aberturas largas não precisam ser totalmente vitrificadas, mas devem ser protegidas do sol, da luminância e da chuva, preferencialmente por beirais.

R10) Pequenas aberturas (menos de 25%) devem ser usadas se há necessidade de armazenamento térmico (A1) por onze ou doze meses e o inverno (A3) durar menos que dois meses.

R11) Em qualquer outra condição, aberturas de tamanho médio devem ser usadas (de 25% a 40% da área das paredes ao norte e ao sul). Aberturas na parede voltada para leste são desejáveis somente se há inverno (A3) longo. Aberturas na parede a oeste são desejáveis em clima frio e temperado, mas devem ser evitadas nos trópicos.

e) Paredes - Recomendações 12 e 13:

R12) Paredes externas devem ser leves com uma pequena capacidade térmica se há necessidade de armazenamento térmico (A1) por menos de três meses. Paredes internas devem ser pesadas se a variação térmica anual é alta (acima de 20 °C).

R13) Paredes externas e internas devem ser pesadas com alta capacidade térmica se o armazenamento térmico (A1) for necessário num intervalo de três a doze meses.

f) Coberturas - Recomendações 14 e 15:

R14) Uma cobertura leve, porém, bem isolada deve ser usada se o armazenamento térmico (A1) é necessário por menos de seis meses.

R15) Uma cobertura pesada deve ser usada se o armazenamento térmico (A1) é necessário por um intervalo de seis a doze meses.

Nota: Elementos zenitais horizontais ou outras aberturas protegidas por vidros nunca devem ser usados na cobertura em zonas tropicais.

g) Espaço para dormir ao ar livre - Recomendação 16:

R16) O espaço para dormir ao ar livre deverá ser providenciado se o indicador A2 aplica-se por mais de um mês ao ano. Espaços para dormir na cobertura ou nas sacadas ou ainda nos pátios devem ser orientados para a parte mais fria do céu noturno (o zênite) para permitir a perda de calor por irradiação para o exterior.

h) Proteção contra a chuva - Recomendação 17:

R17) Medidas especiais de proteção são necessárias se a chuva é freqüente e pesada (H3), por exemplo, varandas largas, beirais largos e passarelas cobertas.