USP

Campus de São Carlos

ESTUDOS CLIMÁTICOS E AMBIENTE CONSTRUÍDO NO MUNICÍPIO DE DESCALVADO – SP

Adeildo Cabral da Silva

Orientador: Prof. Dr. Francisco Arthur S. Vecchia

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

EXEMPLAR REVISADO

Data de entrada no Serviço: 27/08/01

Ass.: Guilherme

ESTUDOS CLIMÁTICOS E AMBIENTE CONSTRUÍDO NO MUNICÍPIO DE DESCALVADO – SP

Adeildo Cabral da Silva

Dissertação de Mestrado submetido ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Francisco Arthur S. Vecchia

DEDALUS - Acervo - EESC

31100036742

EESC • USP Biblioteca CAMPUS DE S. CARLOS

São Carlos

2001

Class. TESE-EESC
Cutt. 5486
Tombo T0178/01

t 1200925

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S586e

Silva, Adeildo Cabral da
Estudos climáticos e ambiente construído no município de Descalvado-SP / Adeildo Cabral da Silva. -- São Carlos, 2001.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2001.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador: Prof. Dr. Francisco Arthur S. Vecchia.

1. Climatologia dinâmica. 2. Episódio climático. 3. Comportamento térmico em ambiente construído. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel **ADEILDO CABRAL DA SILVA**

Dissertação defendida e julgada em 10-08-2001 perante a Comissão Julgadora:

Francisco Vecchia — APROVADO

Prof. Dr. **FRANCISCO ARTHUR DA SILVA VECCHIA (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

Sandra Elisa Contri Pitton — APROVADO

Profa. Dra. **SANDRA ELISA CONTRI PITTON**
(UNESP - Campus de Rio Claro)

Marcelo — APROVADO

Prof. Assoc. **MARCELO PEREIRA DE SOUZA**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

p/ Prof. Doutor **EVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental

p/ **JOSÉ CARLOS A. CINTRA**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

"Nem o tempo, amigo,
Nem a força bruta
Pode um sonho apagar".

Beto Guedes e
Ronaldo Bastos

Ao meu filho Gabriel.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria do Céu, e ao meu pai, Albino Cabral (in memorian), com todo respeito e dedicação.

A minha esposa, Nájila Rejanne, pela ajuda acadêmica e colaboração no desenvolvimento de mais um trabalho e, sobretudo, pela motivação durante toda caminhada em direção a mais um desafio. E ao meu filho Gabriel, que me concedeu tantas horas de alegria.

Ao meu irmão Francisco Cabral, pelo apoio e pelas várias conversas sobre o passado e o futuro.

Ao Prof. Doutor Francisco Vecchia, do SHS/USP, pela orientação e, acima de tudo, pela confiança depositada em nossos ideais e planos.

Ao Prof. Associado Marcelo Pereira, do SHS/USP, pelo incentivo nessa caminhada.

Ao Prof. Dr. Evaldo Luís Gaeta Espíndola, do CRHEA/USP, pelas orientações.

Ao Prof. Titular Woodrow Lopes Roma, pelas contribuições à pesquisa.

Ao Prof. Dr. Baruch Givoni, da UCLA, pelas observações sobre esse trabalho.

Ao Técnico Roberto Carlos Pratavieira, do Núcleo de Engenharia Térmica e Fluídos – Engenharia Mecânica /EESC/USP, pela confecção dos termopares.

Ao Técnico Beto, da Estação Climatológica, do CRHEA, pelo apoio.

Aos funcionários do CRHEA e SHS pela colaboração.

Ao Prof. Dr. Mauro Oliveira, do CEFET- CE, que desde o início, apoiou e estimulou o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Prof. Dr. José Francisco Julião, do CEFET- CE, pelo precioso auxílio e pelas muitas orientações em todo o processo.

Ao Prof. Dr. Suetônio Mota e Prof. Dr. Raimundo Oliveira, da Universidade Federal do Ceará, pelo estímulo e incentivo a minha vinda para São Carlos e, ainda, pelas várias sugestões.

Aos amigos José Carlos, Demontiei, Themóteo, Carmen, Taumaturgo, Siomara e demais professores do CEFET - CE, da Unidade Descentralizada de Juazeiro do Norte.

Ao Professor Dr. João Vicente Assunção, pela orientação do trabalho no Mestrado em Saneamento Ambiental, da Universidade Mackenzie/USP.

Aos colegas Ari Fonseca, José Aparecido e demais colegas do Mestrado em Saneamento Ambiental, da Universidade Mackenzie – SP, onde, realmente, esse projeto de pesquisa começou.

A CAPES/PICDT, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos concedida.

À Prefeitura Municipal de Descalvado - SP, que colaborou com o fornecimento de informações e contatos com a comunidade do conjunto popular Meu Sonho.

A Secretaria de Ação Social do Municipal de Descalvado, pelo interesse no trabalho e seu envolvimento social com a comunidade do conjunto Meu Sonho.

Às famílias do Sr. José Luís e Sr. José Otávio, proprietários das casas, pela compreensão e colaboração em todo período de monitoramento em suas casas e também por todas as nossas "invasões" em busca de respostas para a pesquisa. Em especial, ao Sr. José Luís pela relevante contribuição nas fase de implantação e monitoramento dos dados e pelo seu interesse nas nossas investigações.

Ao Sr. José Antônio Gabrielli (Lito), pelo apoio e acompanhamento do processo de desenvolvimento da pesquisa.

Ao Grupo de Estudo de Climatologia, principalmente, Sílvio Pereira Neto, João Mota e Valdir, pela valiosa colaboração na discussão do trabalho.

As amigas Rosane Battistelle e Adriana Lopes, pelos trabalhos publicados em colaboração, comentários e sugestões nessa pesquisa.

Ao amigo Mauro Rocha Côrtes (Caju), pela boa amizade.

Aos amigos Aldo, Antônio Mattioli, Aurélio, Carla, Carlos Eduardo (Caê), Clóvis, Cristina, Eva, Evandro, Fernanda, Gisele, Gunther, Iracema, Janice, Jeremias, José Luís, José Vidal, João Pegoraro, Luciane, Mara, Marcelo, Müller, Patrícia Falco, Patrícia Paranaguá, Reginaldo, Rita de Cássia, Rodrigo, Rosana, Ruth, Tony, Vitor e tantos outros, que tornaram essa jornada, em São Carlos, bem mais agradável.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS. ix

LISTA DE TABELAS xii

RESUMO. xiii

ABSTRACT xiv

1. INTRODUÇÃO 01

1.1. Objetivo geral. 03

2. REVISÃO DA LITERATURA 04

2.1. O Clima 04

2.2. Abordagem dinâmica e escalas de abordagem têmporo-espacial 07

2.3. Ambiente construído e dinâmica climática 12

2.4. O ambiente construído e o conforto humano 14

2.5. Indicador de conforto térmico 15

3. MATERIAIS E MÉTODOS. 21

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO. 37

4.1. Caracterização das casas populares e sua localização 40

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO. 46

5.1. Caracterização e análise do episódio representativo de inverno
e suas repercussões no comportamento térmico das duas casas ocupadas. 47

5.1.1. Análise do episódio representativo de 31/08 a 04/09/2000 48

5.1.2. Radiação Solar no período de 31/08 a 04/09/2000 51

5.1.3. Pressão atmosférica no período de 31/08 a 04/09/2000 52

5.1.4. Temperatura e umidade do ar no período de 31/08 a 04/09/2000 . .54

5.1.5. Comportamento térmico das casas ocupadas
no período de 31/08 a 04/09/2000 56

5.2. Caracterização e análise do episódio representativo de primavera
e suas repercussões no comportamento térmico das duas casas ocupadas 62

5.2.1. Análise do episódio representativo de 12 a 15/10/2000 64

5.2.2. Radiação Solar, no período de 12 a 15/10/2000 66

5.2.3. Pressão atmosférica, no período de 12 a 15/10/2000 68

5.2.4. Temperatura e umidade do ar, no período de 12 a 15/10/2000 69

5.2.5. Comportamento térmico das casas ocupadas,
no período de 12 a 15/10/2000 70

6. CONCLUSÕES 75

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 82

8. ANEXOS 87

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Esquema representativo das escalas empregadas nos nos estudos climáticos 11

Figura 02 – Temperaturas médias interiores registradas e simuladas por computador 20

Figura 03 – Detalhe do monitoramento, na sala da casa 1 22

Figura 04 – Estação Automática CR10X Campbell Scientific Inc. 24

Figura 05 – Esquema para confecção de termopares tipo T 26

Figura 06 – Confecção dos termopares 27

Figura 07 – Detalhe dos termopares tipo T, na sala da casa 1 28

Figura 08 – Detalhe do interior da caixa ambientalmente selada 29

Figura 09 – Vista do CR10X – *datalogger* 30

Figura 10 – Vista da fachada Nordeste da casa 1 31

Figura 11 – Gráfico – exemplo do dia 03/09/2000 35

Figura 12 – Gráfico do comportamento térmico das duas casas ocupadas, do período de 31/08 a 04/09/2000 36

Figura 13 – Localização de Descalvado no Estado de São Paulo – Brasil 37

Figura 14 – Planta do loteamento Morada do Sol 40

Figura 15 – Fachada da casa 1 41

Figura 16 – Vista do fundo de vale 41

Figura 17 – Planta baixa – tipo (casa 1) 41

Figura 18 – Planta baixa – casa 2 41

Figura 19 – Esquema das casas com painéis pré-moldados 42

Figura 20 – Bloco de cimento 42

Figura 21 – Fachada Sudoeste da casa 2 42

Figura 22 – Detalhe da estrutura de madeira 43

Figura 23 – Modelo de estrutura metálica 43

Figura 24 – Vista da fachada frontal da casa 2 43

Figura 25 – Vista da fachada Sudeste da casa 1 44

Figura 26 – Fachada frontal da casa 1 45

Figura 27 – Fachada frontal da casa 2 45

Figura 28 – Imagem Satélite GOES, dia 31/08/2000 48

Figura 29 – Imagem Satélite GOES, dia 01/09/2000 48

Figura 30 – Imagem Satélite GOES, dia 03/09/2000 48

Figura 31 – Imagem Satélite GOES, dia 04/09/2000 48

Figura 32 – Radiação Solar Global, no dia 31/08/2000 49

Figura 33 – Temperatura e umidade relativa do ar, no dia 31/08/2000 49

Figura 34 – Radiação Solar Global, no período de 31/08 a 04/09/2000 51

Figura 35 – Pressão atmosférica, no período de 31/08 a 04/09/2000 52

Figura 36 – Temperatura e umidade relativa do ar, no período de 31/08 a 04/09/2000 54

Figura 37 – Temperatura e umidade relativa do ar, no dia 01/09/2000 55

Figura 38 – Variação dos valores de temperatura do ar e temperaturas internas das casas ocupadas, no período de 31/08 a 04/09/2000 56

Figura 39 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 01/09/2000 57

Figura 40 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 02/09/2000 58

Figura 41 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 03/09/2000 59

Figura 42 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 04/09/2000 60

Figura 43 – Temperatura e umidade relativa do ar, no dia 14/10/2000 63

Figura 44 – Imagem Satélite GOES do dia 12/10/2000 65

Figura 45 – Imagem Satélite GOES do dia 13/10/2000 65

Figura 46 – Imagem Satélite GOES do dia 14/10/2000 65

Figura 47 – Imagem Satélite GOES do dia 15/10/2000 65

Figura 48 – Radiação Solar Global, no período de 12 a 15/10/2000. 66

Figura 49 – Radiação Solar Global, no dia 12/10/2000 67

Figura 50 – Pressão atmosférica, no período de 12 a 15/10/2000. 68

Figura 51 – Temperatura e umidade relativa do ar, no período de 12 a 15/10/2000. 69

Figura 52 – Variação dos valores da temperatura do ar e das temperaturas internas das casas ocupadas, no período de 12 a 15/10/2000 70

Figura 53 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 12/10/2000 71

Figura 54 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 13/10/2000 72

Figura 55 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 14/10/2000 73

Figura 56 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 15/10/2000 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Valores das variáveis k e DelT derivadas experimentalmente 19

Tabela 02 – Dados brutos externos, sem tratamento 32

Tabela 03 – Dados brutos internos, sem tratamento 33

Tabela 04 – Dados externos do dia 31/08/2000 34

RESUMO

SILVA, A. C. (2001). *Estudos climáticos e ambiente construído no Município de Descalvado – SP*. São Carlos, 2001, 95p. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

O presente trabalho analisou o ritmo climático da cidade de Descalvado – SP, por meio de dois episódios representativos do fato climático (de inverno e de primavera), bem como o comportamento térmico no interior de duas casas populares ocupadas, situadas na área urbana do município. Utilizou-se estação automática (CR10X – Campbell Scientific Inc.) que possibilitou a aquisição e o armazenamento dos dados meteorológicos, vinculando estes dados climáticos ao sistema de circulação atmosférica secundária. Dentro da abordagem Dinâmica do Clima, utilizou-se os conceitos de tipos de tempo afeito ao comportamento térmico das casas ocupadas. Os limites da zona de conforto propostos por GIVONI (1992) foram utilizados como referencial na análise do comportamento térmico das casas ocupadas. Os resultados demonstraram que as duas residências apresentaram comportamento térmico semelhante durante as possíveis situações de estresse de calor e frio. Conclui-se que, apesar de se tratar, do ponto de vista econômico, de moradias de baixo custo de construção, são casas que apresentaram adequado desempenho térmico.

Palavras-chave: Climatologia dinâmica, episódio climático, comportamento térmico em ambiente construído.

ABSTRACT

SILVA, A. C. (2001). Climatic Studies and building environment in Municipality of Descalvado – SP. São Carlos, 2001, 95p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

The present work analyze the climatic rhythm Descalvado - SP, by using representative episodes of the climatic (winter and spring), as well as the thermal behavior of two occupied popular houses indoor, located in urban area of municipal district. Automatic station used (CR10X - Campbell Scientific Inc.) made possible acquisition and storage of meteorological data, correlating climatic data to the secondary atmospheric circulation system. Dynamic approach of Climate was used the concepts of Types of Time for obtaining thermal behavior of the occupied houses. Givoni's limits of comfort zone (1992) was used a reference in analysis of house's thermal performance. Results demonstrated that the two occupied houses presented similar thermal behavior during possible situation of heat and cold stresses. For conclusion, under economical point of view, although treating of low cost construction homes, they are houses that presented appropriate thermal performance.

Key words: Dynamic climatology, climatic episode, thermal behavior in building .

1. INTRODUÇÃO

O clima é elemento componente do meio ambiente, desse modo os sistemas atmosféricos têm papel fundamental na dinâmica dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Daí advém a relevância dos estudos e do conhecimento dinâmico das condições climáticas zonais, regionais ou da cidade.

Os construtores das antigas cidades tratavam das questões relativas ao clima com grande preocupação e adotavam medidas atenuantes para determinadas situações impostas pelas excitações climáticas com bastante habilidade. Segundo SPIRN (1995), esses construtores reconheciam os benefícios da adaptação da forma urbana às condições climáticas. De acordo com a autora op. Cit., o arquiteto Vitrúvio aconselhava seus contemporâneos do século I d.C. a adotarem especial atenção ao sol e aos ventos, quando projetassem novas cidades nas províncias.

As definições clássicas propostas por HANN (1882) apud TARIFA & ARMANI (2001) e KÖEPPEN (1948) apud PITTON (1985) compreendiam o clima como o estado médio da atmosfera sobre um lugar, fundamentadas em parâmetros estáticos, cujo objetivo dessa abordagem clássica era calcular as médias, abrangendo longas séries de observações e, por meio da avaliação de cada uma destas e de sua comparação, se chegar a caracterização do clima.

CONTI (1997) revela as dificuldades encontradas nessa abordagem, anteriormente descrita, quando do trato da realidade, bem como o elevado grau de abstração do método. A climatologia empírica quase nada contribuía para explicação ou a gênese dos fenômenos climáticos.

A presente investigação adotou o conceito proposto por SORRE (1951), que entende o clima como ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera em um determinado lugar e sua sucessão habitual (Tipos de Tempo).

De acordo com TARIFA (2001), essa definição, anteriormente descrita, admite que tais estados atmosféricos variam com o tempo e com um certo ritmo. O referido autor acredita ser, portanto, a melhor das concepções atuais de clima.

Nos dias de hoje, a preocupação com o clima e suas repercussões sobre o Planeta impulsionam interesses de pesquisadores, sobretudo, aqueles que dedicam seus estudos a compreender, um pouco mais, o funcionamento desse complexo sistema atmosférico. De acordo com DEMILLO (1998), somente agora, durante os últimos anos do século XX, a sociedade moderna começa a perceber o que as sociedades antigas já sabiam desde o princípio: o clima é uma força que o Homem pode jamais compreender totalmente, e como tal, merece seu respeito. OLGYAY (1963) confirma que se deve trabalhar a favor da natureza e não contra as suas forças naturais.

Investigações climatológicas visando conhecer o funcionamento do clima, em diversas escalas de abordagem têmporo-espacial (de âmbito zonal, regional, local e microclimático), em particular, sobre o entendimento da compreensão do clima como importante elemento natural afeito ao ambiente construído, consequentemente, relacionado ao conforto humano, têm sido desenvolvidas, com resultados promissores. Pode-se citar, entre outros, os estudos de OLGYAY (1963), TERJUNG (1966), MAHONEY (1971), FANGER (1972), KOENIGSBERGER et al. (1977), SZOKOLAY (1980), RIVERO (1985), ASHRAE (1985) e GIVONI (1998).

Em relação ao conforto Humano, pode-se dizer que este compreende as condições básicas necessárias para o conforto geral do indivíduo: acústica, visual, de iluminação e térmica. Essa última adquire especial atenção por estar estreitamente relacionada ao comportamento térmico de edificações, objeto dessa investigação.

Os estudos sobre avaliação de desempenho térmico de habitações ocupadas apresentam algumas peculiaridades e limitações devido às dificuldades de monitoramento e acompanhamento. No estudo e análise pode-se relacionar, entre outras, a dificuldade de obtenção dos equipamentos, pelo alto custo financeiro, uma vez que a maioria desses equipamentos não são fabricados no Brasil. O difícil pré-conhecimento das diversas atividades realizadas nas casas por seus ocupantes, durante 24 horas e por longos períodos; a inconveniência da disposição dos equipamentos instalados nos cômodos das casas, pois interfere diretamente no

cotidiano dos indivíduos; a disposição dos moradores em cooperar com o desenvolvimento da pesquisa; os diferentes hábitos individuais e particulares que podem comprometer e alterar resultados da pesquisa, uma vez que cada cômodo confere uma função utilidade ou uma função ocupacional, dentro do organismo total das edificações, sendo que as atividades exercidas dentro de casa contribuem para variações, por exemplo, dos valores da temperatura do ar interna.

Contudo, o número de investigações sobre clima e ambiente construído tem aumentado. Estudos são apresentados em encontros que reúnem pesquisadores e estudiosos da área, com a finalidade de divulgar resultados de pesquisas recentes, por exemplo o ENTAC (Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído), ENCAC (Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído) e PLEA (Conference on Passive and Low Energy Architecture). Além disso, a rede mundial de computadores (internet) disponibiliza vastos bancos de dados climatológicos e arquivos que permitem aos usuários acessarem essas informações em qualquer época e em qualquer parte do mundo.

A presente investigação analisou o desempenho térmico de duas casas ocupadas no município de Descalvado – SP, nos seguimentos temporais de 31 de agosto a 04 de setembro e de 12 a 15 de outubro de 2000 (episódios representativos do fato climático), utilizando-se da abordagem Dinâmica do Clima, sua sucessão habitual dos Tipos de Tempo, e dos dados climáticos de superfície obtidos por meio da aquisição automática.

1.1. Objetivo geral

Essa investigação tem por objetivo reconhecer o uso da abordagem dinâmica do clima como subsídio para validar a aplicação dos episódios representativos na avaliação de desempenho térmico de duas casas ocupadas no Município de Descalvado – SP.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. O clima

O estudo do clima (do grego *klima*: inclinação) e o conhecimento de sua gênese implicam necessariamente no entendimento dos fatores relacionados à circulação atmosférica global e os elementos físicos que atuam como modificadores do clima em diversas regiões.

Para CUADRAT & PITA (1997), os climas do Planeta são resultados do funcionamento do sistema climático e suas variadas características refletem a influência dos distintos componentes que de forma conjunta atuam no sistema. As inter-relações desses fatores e sua quantificação podem apontar para uma identificação de clima local, por meio do comportamento atmosférico.

O clima ocorre na parte baixa da atmosfera, que é conhecida como troposfera, formada por uma camada de ar úmida e densa, apresentando uma faixa de aproximadamente oito quilômetros de espessura na região dos pólos e de dezessete quilômetros no equador da Terra. Essa camada de ar recebe diariamente energia solar em forma de radiação, aquecendo o planeta de forma irregular, devido à atmosfera, latitude e curvatura da superfície terrestre, fatores estes que conduzem ao balanço de radiação heterogêneo. Desse modo, os raios solares alcançam pontos da Terra de maneira diferentes. O movimento de rotação gera uma movimentação no ar que é denominada de circulação atmosférica. Assim, esse aquecimento em conjunto com a circulação atmosférica determinam as características preponderantes em determinadas regiões frias ou quentes (regiões climáticas).

No período dito moderno (de 1860 até hoje), o clima era compreendido por meio da abordagem clássica e, definido segundo CONTI (1997), como o registro e estudo de cada

elemento do tempo (temperatura, precipitação, umidade relativa, nebulosidade, etc.) com o objetivo de calcular médias, abrangendo longas séries de observações, de tal forma que, continua o autor, por meio da avaliação de cada um desses elementos e de sua comparação, se possa chegar à caracterização do clima.

CONTI (op. Cit.) revela as dificuldades encontradas nessa abordagem quando do trato da realidade e o elevado grau de abstração do método. A Climatologia Clássica (Empírica), não vai além da descrição, quase nada contribuindo para a explicação ou a gênese dos fenômenos climáticos.

Assim, antigas concepções do clima e do tempo foram legadas por HANN (1882) apud TARIFA (2001) que entendia o clima como um conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizavam o estado médio da atmosfera sobre um ponto da superfície terrestre.

Vários autores contribuíram para introdução de outros conceitos do clima a partir do século XX, entre eles KÖPPEN (1906) apud TARIFA (2001), clima é o estado médio e o processo ordinário do tempo em um lugar determinado, tendo em conta que o tempo muda, porém o clima se mantém constante – definição que considera implicitamente o dinamismo das situações atmosféricas.

Uma nova definição rompeu com a concepção estática do clima, SORRE (1951) foi o responsável pela introdução de uma definição de clima como a "síntese do tempo" ou o "ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera acima de um dado local, em sua sucessão habitual"(Tipos de Tempo).

A grande vantagem desse conceito de clima, segundo TARIFA & ARMANI (2001), sobre a definição Clássica de HANN (1882) é o dinamismo que se atribuiu ao clima, dado pela sucessão habitual. Enquanto que para Hann o que definia o clima de um lugar era o estado médio da atmosfera (fenômeno estático e abstrato), o movimento e o encadeamento de Tipos de Tempo vinculam-se mais com a vida e com as práticas sociais e econômicas.

Para VIANELLO & ALVES (1991), o clima é uma generalização ou a integração das condições do tempo para um certo período, em uma determinada área. CONTI & FURLAN (1996) afirmam que o clima pode ser entendido como uma manifestação habitual da atmosférica num determinado ponto.

Observando a complexidade do clima, DEMILLO (1998) ressalta que na expressão moderna a estrutura do clima terrestre é um sistema caótico ou um sistema formado por uma composição de sistemas ordenados com componentes compreensíveis, criando um sistema desordenado que apresenta eventos imprevisíveis.

Tratando da particularidade do clima, CONTI (1998) comenta que o clima é o resultado de um processo complexo, que envolve fatores como atmosfera, oceano, superfícies sólidas (vegetação ou não) e gelo, e apresenta enorme variabilidade no espaço e no tempo. Dessa forma, o autor afirma que, no ano de 1959, a Organização Meteorológica Mundial – OMM definiu o clima como "um conjunto flutuante de condições atmosféricas caraterizadas pelos estados e evolução do tempo no curso de um período suficientemente longo, em um domínio espacial determinado".

MONTEIRO (1999) enfoca o clima como algo que se manifesta por meio da percepção dos "regimes", ou seja da variação anual. Complementa o autor, que se os regimes são observações feitas separadamente para os diferentes "elementos" (pressão atmosférica, temperatura, umidade, precipitações, ventos, etc.) a noção sintética de clima advém do ritmo de sucessão dos tipos de tempos, configurados em "cadeias" nas sucessões mais habituais.

A compreensão dos conceitos de tempo e clima é fundamental para a investigação que aborda o comportamento térmico de ambientes construídos e a avaliação do desempenho térmico. O tempo é caracterizado por uma situação extremamente dinâmica, pode se alterar em curto espaço de tempo, por exemplo em um dia pode se apresentar com manhã nublada e fria e tarde quente e ensolarada.

O clima procura definir uma situação mais previsível baseado em um longo período de observações. É uma tendência já investigada por uma série de fenômenos, normalmente, presentes na atmosfera.

O clima é elemento componente do meio ambiente, uma vez que os elementos atmosféricos têm papel fundamental na dinâmica dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Pode-se citar, por exemplo, o papel da chuva na manutenção do ciclo da água e, consequentemente, no balanço hídrico em uma bacia hidrográfica.

Pelo caráter modificado do ambiente urbano (considerado como um ecossistema), os efeitos do clima incidem de maneira diferenciada, uma vez que alterações antrópicas

como descobrimento do solo, construções, ocupação por diversas atividades, entre outras, foram inseridas nesse contexto.

De acordo com ILERA & GARCÍA (1992), a deterioração ambiental alcança maiores níveis em áreas urbanas e industriais, onde a concentração de pessoas e atividades aguça os efeitos incidindo sobre a qualidade de vida dos seus habitantes. Os autores (op. Cit.) afirmam que o ambiente urbano é fruto das inter-relações entre o espaço construído e as atividades humanas com o meio ambiente.

2.2. Abordagem dinâmica e escalas de abordagem têmporo-espacial

Abordagem dinâmica do clima

Segundo MONTEIRO (1973), a abordagem dinâmica do clima pressupõe uma compreensão do clima, onde as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissoluvelmente ligados à sua gênese e aos parâmetros resultantes dessa particular forma de compreensão, devendo ser considerados tomando-se em conta o espaço geográfico em que se definem.

A abordagem dinâmica do clima serve de referencial teórico, levando-se em conta a análise do comportamento térmico das casas monitoradas, por meio do entendimento das relações do clima exterior e do clima interior, traduzidos pelos parâmetros de conforto, que na maioria das vezes são compostos por dois ou mais elementos do clima: temperatura e umidade do ar, radiação solar global e velocidade dos ventos.

Para o conhecimento das condições climáticas faz-se necessário o registro de dados meteorológicos que deve estar afeito ao estudo e análise das oscilações dos elementos do clima, de seu ritmo e padrão de comportamento. Além disso, vinculado aos fenômenos circulação atmosférica, que podem ser percebidos por meio dos Tipos de Tempo. A série de dados meteorológicos pode ser deduzida e configurada por meio de episódios representativos do fato climático, que procuram evidenciar períodos específicos.

VECCHIA (1997) utilizou os conceitos de Tipos de Tempo, propostos por MONTEIRO (1968), para analisar a validade da aplicação de episódios representativos do fato climático na avaliação de desempenho térmico no ambiente construído e no espaço urbano. O autor (op. Cit.) afirma que essa proposta para estudo e caracterização do clima, a

partir de episódios representativos de períodos específicos, recortados de acordo com a necessidade de cada estudo, obedecendo a gênese do clima, permite análise mais apurada e conclusões mais próximas da realidade concreta e, principalmente, ressalta por meio de curtos períodos de tempo, o que sob a ótica da dinâmica de crescimento urbano é, absolutamente, imprescindível.

VECCHIA (1997), LOPES et al. (2000), BATTISTELLE et al. (2000) e VILLA (2000), utilizaram-se do conceito de episódios representativos como metodologia de análise do ritmo climático para verificação do comportamento atmosférico em cidades do interior do Estado de São Paulo.

O aprendizado da aplicação da abordagem dinâmica do clima é a compreensão de que, de fato, o que diferencia os episódios, uns dos outros, é a intensidade e a duração de cada massa de ar que predomina sobre o local, Polar ou Tropical, tornando mais ou menos vigorosa a sua atuação sobre uma dada região, fato que se percebe diretamente no registro dos elementos climáticos tomados em superfície.

O sistema intertropical representado pela mTa (massa Tropical Atlântica) e o sistema extratropical representado pela mPa (massa Polar Atlântica) são os sistemas atmosféricos que atuam com maior freqüência na região Sudeste do Brasil.

Ocorre uma variação sucessiva e encadeada nos valores dos elementos climáticos, mesmo que tomados de forma analítica, permitindo a vinculação ao estado geral da atmosfera, notadamente, quando se adota um período amostral correspondente a penetração e predomínio de uma massa Polar Atlântica.

A duração completa de um episódio varia de acordo com a duração de cada ciclo, podendo compreender, aproximadamente, quatro a oito dias, quando, novamente, outro ciclo recomeça com maior ou menor intensidade e duração. Segundo VIANELLO & ALVES (1991), a formação de ondas frontais evolui no tempo cronológico, passando por diversas etapas: origem (frontogênese), desenvolvimento (etapa meteorologicamente importante, daí podendo resultar na formação de nuvens e precipitações) e dissipação (frontólise).

Cada etapa do episódio compreende diversas fases, prenúncio e de avanço, na etapa Pré- frontal, e domínio e transição, na etapa Pós-frontal, segundo MONTEIRO (1968).

A etapa Pré-frontal, de acordo com MONTEIRO (1968), apresenta as seguintes características, de acordo com os conceitos da abordagem dinâmica:

- calor seco: tendência geral dessa relação entre a temperatura e a umidade do ar. As temperaturas tendem a se elevar e, ao contrário, os valores da umidade relativa do ar tendem a diminuir, tornando o ar mais seco nessa fase;

- valores da temperatura: ocorre uma perceptível elevação nos registros da temperatura do ar exterior;

- umidade do ar: nota-se um decréscimo dos valores da umidade relativa do ar, em parte provocado pela elevação da temperatura e pela disponibilidade hídrica, que se mantêm geralmente constante. As massas Polares costumam carregar umidade ao contrário de uma massa Tropical;

- pressão atmosférica: sofre uma descontinuidade no seu ritmo diário, ou seja, em seu padrão de comportamento. No momento da entrada da frente, rompendo a senóide habitual e assumindo valores mais elevados na fase de domínio da massa polar.

A etapa Pós-frontal apresenta as seguintes características:

- frio – úmido: tendência mais habitual, depende do vigor de cada frente fria, que carrega diferentes proporções de umidade e penetram em direção às latitudes menores;

- valores de temperatura: ocorre um declínio nos valores da temperatura do ar, principalmente, na fase de domínio do anticiclone polar. Outra característica dessa fase é a ocorrência de céu limpo;

- umidade do ar: ocorre, no domínio da massa polar, significativo aumento nos valores da umidade relativa do ar, em parte provocada pela queda da temperatura. Deve-se observar que as frentes podem, ou não, serem seguidas por chuvas;

- pressão atmosférica: sofre uma descontinuidade do seu ritmo, na entrada da frente, rompendo a senóide habitual e assumindo valores mais elevados na fase de Domínio da massa polar.

Adoção de escalas de abordagem, temporais e espaciais

A escolha adequada da escala de abordagem, no tempo e no espaço, se trata de componente importante na análise climática e na avaliação dos elementos de comportamento térmico das casas ocupadas, tendo em vista a adequação da representatividade e a resolução dos dados climáticos com os quais se trabalha.

Nesse contexto, de escala tempo e espaço, CUADRAT & PITA (1997) ressaltam que na análise de clima é comum diferenciar quatro escalas, onde cada uma delas têm características próprias e permite distintos níveis de generalização. São elas:

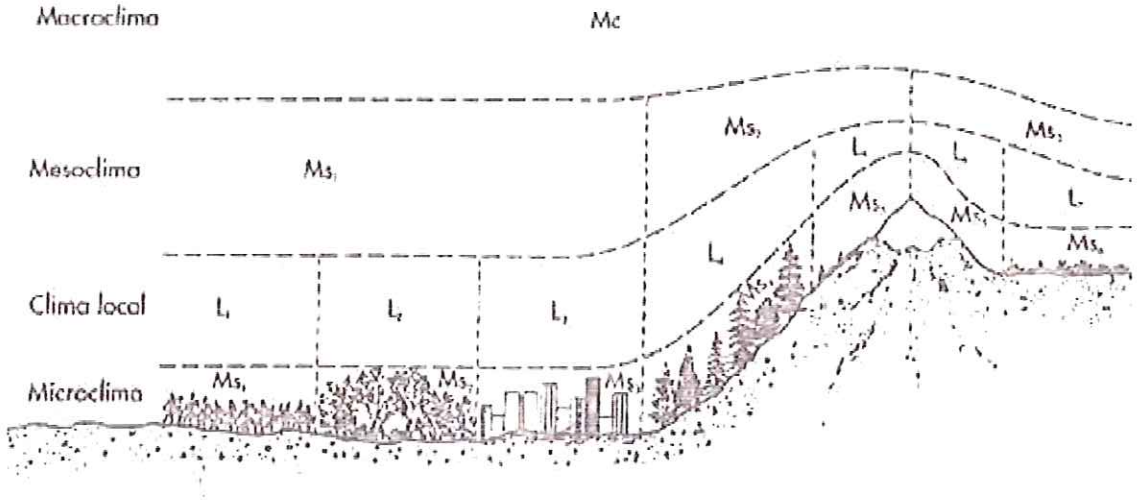
- macroclimática ou clima zonal, que representam o campo das grandes áreas geográficas, de milhares de km^2 de superfície, controlado pela circulação geral atmosférica;

- mesoclimática ou clima regional, que constitui uma faixa do clima zonal de dimensões lineares variando entre 200 a 2000 km;

- local, que corresponde a unidades menores do clima regional, apresentando diferenças significativas entre si, com extensão no sentido horizontal entre 100 e 10000 m, e no sentido vertical, em torno de 100m;

- microclimática, que representa os climas de lugares pequenos e bem delimitados, onde a natureza dos elementos climáticos está muito mais condicionada por fatores do entorno imediato do que por fatores regionais. Permite o registro de pequenas mudanças ambientais em condições muito específicas (na maioria dos casos a menos de 2,0 metros de altura), e em períodos de tempo curto, porque a proximidade do solo faz com que as variações das condições atmosféricas sejam muito rápidas.

A figura 01, a seguir, representa as escalas do clima propostas por CUADRAT & PITA (1997).



Microclimas ($M_1 - M_2$)
1. Cultivo de milho
2. Clareira de bosque
3. *Canyon* urbano
4. Ladeira
5. Capa de gelo
6. Pradaria

Climas Locais ($L_1 - L_2$)
1. Terras de cultivo
2. Bosque
3. Cidade
4. Bosque
5. Área de montanha
6. Cultivos intermontanhas

Mesoclimas ($Ms_1 - Ms_2$)
1. Plano
2. Montanhas
3. Bacias Hidrográficas

Figura 01 – Esquema representativo das escalas empregadas nos estudos climáticos
Fonte: SCHNEIDER, 1996 apud CUADRAT & PITA, 1997.

No caso de edificações ou de um conjunto delas, a escala mais abrangente e adequada é aquela cuja unidade de superfície atinge alguns metros, com escala cartográfica de tratamento de até 1:2.000, que corresponde a escala microclimática (MONTEIRO, 1976).

A escala microclimática utilizada por MONTEIRO (1976) foi traçada pelo Prof. Rudolf Geiger, que estabelecia limites rígidos de 2 metros. No entanto, TARIFA (2001) acrescenta que não existe a necessidade de estabelecer limites tão rígidos, pois nada define melhor um microclima como o interior de uma floresta, porém as copas das árvores podem alcançar de 10 a 20 metros do solo.

Quanto à escala temporal, CUADRAT & PITA (1997) indicam que três escalas temporais de análise são usadas com mais freqüência: paleoclimática, secular e instantânea. A escala paleoclimática intenciona reconstruir as condições atmosféricas do passado, cujas

investigações se apoiam em evidências do tipo geológico. As escalas secular e instantânea se apoiam em fontes diretas procedentes das estações de observação meteorológica existentes em superfície e por meio de sensores remotos instalados em satélites.

2.3. Ambiente construído e dinâmica climática

O ambiente construído tem a função de servir como abrigo contra a chuva e o vento, como refúgios contra o frio e, ainda, de serem filtros contra o calor ou a luz. Diante de qualquer condição climática, o ambiente construído deve oferecer certo grau de confortabilidade. SERRA (1999) conceitua parâmetros ambientais ou parâmetros de conforto como características objetivas de um espaço determinado que se podem valorar em termos energéticos e que resumem as ações das pessoas que ocupam o referido espaço.

Ainda segundo SERRA (1999), tanto ou mais importante que o clima da região é o entorno próximo do ambiente construído, pois o entorno gera o que é chamado de microclima de um lugar.

De acordo com PITTON (1997), existem situações bastante diferenciadas no interior de uma malha urbana, que podem ensejar discrepâncias entre os atributos climáticos nas várias partes que compõem o espaço interno das cidades.

SERRA (1999) e HERTZ (1998) ressaltam que o microclima é afetado por quatro parâmetros principais: temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar e os movimentos do ar (direção e velocidade).

HERTZ (1998), por sua formação acadêmica em Arquitetura, ressalta a importância desse profissional na definição dos espaços e dos edifícios, os elementos de fachada, a forma e a orientação e, principalmente, sua relação com o lugar, para que possam ser criadas condições favoráveis de maior conforto, sem sacrificar a função de cada cômodo. Acrescenta, o referido autor, que para o desenvolvimento de um projeto bioclimático é fundamental colocar em ordem hierárquica as necessidades impostas pelo clima e as respostas arquitetônicas, seja em nível de materiais, de orientação ou de forma.

O conforto que um determinado ambiente apresenta depende da combinação dos parâmetros objetivos (temperatura do ar, umidade do ar, radiação solar e os movimentos do ar) e dos fatores de conforto do usuário (tipo de atividade, vestimenta, aclimatação, etc.).

Esse último, o conforto do usuário, é entendido como as características que correspondem às condições pessoais de bem-estar.

A análise do ambiente construído deve se desenvolver sob o ponto de vista da dinâmica atmosférica em seus diferentes ritmos de sucessão de tipos de tempo, com base nos "tipos de fluxo de invasão polar", propostos por MONTEIRO (1969).

Assim, no intuito de alcançar a visão qualitativa e quantitativa, de acordo com MONTEIRO (1971), a insistência no caráter "regional" advém do fato de que o ritmo de sucessão dos tipos de tempo se expressa no espaço geográfico na escala regional. Os mecanismos da circulação atmosférica, partindo de centros de ação ou unidades celulares, individualizam-se em "sistemas" que se definem sob a influência dos fatores geográficos continentais e se expressam regionalmente por meio do ritmo de sucessão dos tipos de tempo, sendo que a individualidade regional é assegurada pela maneira pela qual os estados do tempo se sucedem ou encadeiam, portanto uma visão qualitativa. As variações locais dentro de um quadro regional são "respostas" de vários fatores, altitude, relevo, expressos numa individualização ecológica, que se revelam por variações quantitativas.

A concepção climática elaborada por SORRE (1951), a partir do conceito clássico de clima de HANN (1882) apud TARIFA & ARMANI (2001), o clima é o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera em um determinado lugar e sua sucessão habitual (Tipos de Tempo).

MONTEIRO (1971) propõe a "análise rítmica" que consiste na montagem de representação simultânea dos elementos do clima em sua variação diária e que tem sua concepção de ritmo oriundo de processos atmosféricos e de fatores de modificação, que podem ser observados por meio do comportamento dos elementos climáticos.

2.4. O ambiente construído e conforto humano

Tomando como referência a discussão apresentada por SANTOS (1996), a cidade pode ser entendida como ambiente construído, conjunto de espaços construídos que se assentam sobre suporte natural preexistente, progressivamente transformados segundo determinadas lógicas, que apresentam uma distribuição dinâmica de usos e funções.

VECCHIA (1997) conceitua ambiente construído como conjunto constituído pelos envolventes das edificações: pisos, paredes, coberturas, entre outros elementos e dispositivos construtivos. Todos eles devem ser também entendidos como instrumentos de controle ambiental entre as condições exteriores e interiores das edificações.

A edificação deve necessariamente estar adequada ao sítio onde está inserida, de forma não agressiva, em harmonia com as condições exteriores, entre estas a luminosidade, o vento e padrão de oscilações do tempo meteorológico. Uma vez que o clima exterior sofre constantes flutuações, os edifícios devem possibilitar a regulação e a adaptação às condições exteriores, exigências humanas de conforto, bem como às distintas necessidades de seus usuários, exigências funcionais e ergonométricas.

Desse modo, parte-se do pressuposto de que existe uma estreita ligação entre o clima exterior e o clima interior, sendo o invólucro da edificação a interface entre ambos. Portanto, o bem-estar do Homem está diretamente relacionado, entre outras variáveis, ao projeto apropriado da edificação, aos materiais construtivos empregados e localização geográfica.

Para ILERA & GARCÍA (1992), o conforto térmico ou climático é uma "reação" fisiológica do organismo, que o ser humano percebe como uma "sensação", agradável em sua presença e ao contrário em sua ausência, o que determina um comportamento em sua busca ou êxito; comportamento que, a este respeito e em sentido amplo, pode ser sinônimo de civilização.

Em regiões quentes e úmidas, GIVONI (1998) comenta que os "padrões de conforto convencionais", como a zona de conforto formulada por OLGYAY (1963), a zona de conforto de ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering - (1985) e a fórmula PMV – Predicted Mean Vote – desenvolvida por FANGER (1972), assumem uma zona de conforto universal: a mesma zona para todos os

tipos de clima, desconsiderando, na maioria das vezes, as variações possíveis entre habitantes de regiões com climas diferentes. Pesquisas como as de TANABE (1988), HUMPHREYS (1992), GIVONI (1998), entre outros têm demonstrado, porém, que as pessoas que vivem em regiões quentes preferem temperaturas mais altas. Na verdade, as pessoas estão mais acostumadas a essas temperaturas, portanto biologicamente, seu organismo tolera mais adequadamente temperaturas mais altas do que as mais reduzidas.

2.5. Indicador de conforto térmico

Conforto térmico é definido pela ASHRAE (1985) como um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente que envolve uma pessoa, nem quente nem frio. É, portanto, uma sensação subjetiva que depende de aspectos biológicos, físicos e emocionais dos ocupantes, não sendo, dessa forma, possível satisfazer a todos os indivíduos que ocupam um recinto, com uma determinada condição térmica. O estudo do conforto térmico tem como objetivo a determinação das condições ambientais que propiciam o conforto térmico para um maior número de pessoas possíveis.

A International Organisation for Standardisation – ISO 7730 (Moderate Thermal Environment), de 1985, que padroniza e documenta os índices de avaliação de ambientes, define conforto térmico como sendo aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. Uma definição que a maioria das pessoas pode concordar, mas também que não é convertida facilmente em parâmetros físicos (INNOVA, 2001).

Segundo YZARD & GUYOT (1983), a caracterização dos elementos do clima em função do auxílio à "concepção Bioclimática" (integração do espaço construído às condições climáticas e ambientais utilizando-se da energia natural: insolação, regime de ventos, etc., além de aplicar as técnicas construtivas nesse sentido: implantação, orientação de fachadas e aberturas, escolha de materiais, etc.) deve trabalhar com os elementos climáticos na forma de climogramas. Para os autores op. Cit., não se deve contentar-se com a avaliação das médias, devendo, sim, analisar as relações detalhadamente, de forma contínua e seqüencial.

Para SERRA (1999), entre os limites de conforto térmico se movem as condições de comodidade térmica (sensação que expressa a satisfação com o ambiente circundante).

Como sempre, essa comodidade depende dos fatores dos usuários: tipo de atividade, vestimenta, aclimatação, etc., sendo difícil fixar valores concretos ou limites rigorosos (estritos) para a comodidade.

Para AULICIEMS & SZOKOLAY (1997), os fatores de conforto são agrupados em três conjuntos: ambiental (temperatura do ar, ventos, umidade relativa e radiação), pessoal (taxa de metabolismo, vestimenta) e outros fatores de contribuição (comida, bebida, aclimatação, gordura subcutânea).

RIVERO (1985) demonstra que os intercâmbios entre o Homem e o meio estão regidos por múltiplas variáveis, dependendo do próprio ser humano, como a idade, o sexo e o grau de aclimatação, mas, as principais são o tipo de atividade, produção de energia extra (trabalho muscular) e as roupas que eqüivalem a resistência térmica (isolamento). As demais variáveis que intervêm são aquelas que regulam os intercâmbios térmicos e pertencem ao espaço habitado: a temperatura superficial radiante, a temperatura do ar, a velocidade (sensação térmica) e umidade do ar.

RIVERO (1985) ressalta que está provado a conseqüência prejudicial aos meios desconfortáveis que produzem fadiga física e nervosa, aumentando os acidentes no trabalho, além de expor o organismo humano a diversas doenças.

Apesar da existência de vários índices de conforto, por exemplo: OLGYAY (1963), MAHONEY et al. (1971), FANGER (1972), KOENIGSBERGER et al. (1977) e RIVERO (1985), entre outros, optou-se por utilizar a proposta de limites do diagrama Bioclimático de GIVONI (1992) como referência para análise do comportamento térmico das casas ocupadas em Descalvado – SP. Os respectivos limites são a temperatura do ar entre 18°C, limite mínimo, e 29°C, máximo; e a umidade relativa do ar, entre 20%, limite inferior, e 80%, superior.

A escolha se deu por dois motivos: o primeiro porque esses limites foram concebidos para países em desenvolvimento (países pobres do Sul), tendo sido ampliados os limites máximos de conforto da carta original, pois estudos recentes realizados por B. Givoni demonstram que as propostas de limites de conforto (anteriormente citadas, excluindo-se a sua) assumem uma zona de conforto universal, tendo os mesmos limites em todos os tipos de clima, desconsiderando, muitas vezes, as variações possíveis entre habitantes de regiões com climas diferentes.

GIVONI (1998), aplicando os valores de limites propostos em sua carta original para países do Hemisfério Sul, onde a maior parte dos edifícios comerciais e casas não apresentam, ainda, mecanismos de aquecimento ou resfriamento artificial, concluiu que as pessoas que trabalham e moram em habitações com essas características têm maiores possibilidades de adaptação e controle das condições de comodidade térmica (sensação que expressa a satisfação com o ambiente circundante).

O segundo motivo está relacionado à participação de Givoni em investigações científicas, por meio de intercâmbio entre a USP e UCLA (Universidade da Califórnia), utilizando as informações climáticas do Município de Descalvado, cujo monitoramento teve início em agosto de 2000.

O método adotado por GIVONI (1989) demonstra que é possível determinar as providências necessárias ao estabelecimento de adequado desempenho das habitações. Levando-se em consideração os dados de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade absoluta e relativa do ar, o referido autor desenvolveu o diagrama Bioclimático estabelecendo as seguintes zonas de conforto:

- zona 1, que corresponde a condições climáticas confortáveis para o indivíduo aclimatado, em repouso ou em atividades sedentárias;
- zona 2, que indica sob quais condições a inércia térmica do edifício pode contribuir para o conforto;
- zona 3, na qual o conforto pode ser conseguido pela ventilação. Refere-se a edifícios de baixa inércia, pois a ventilação tende a igualar as temperaturas do ar dentro e fora do edifício, anulando assim, na prática, os efeitos da inércia;
- zona 4 e 5, que representam situações nas quais o conforto somente será possível mediante a utilização de equipamentos eletrônicos ou mecânicos, seja de refrigeração, na zona 4, seja de aquecimento, na zona 5.

Conforme dito anteriormente, os dados estão sendo utilizados em *papers*, inclusive para validar a fórmula experimental proposta por GIVONI (1999) "Predictive Indoor Air Temperature Formula", previsão de temperatura interiores de edifícios, a partir dos valores médios da temperatura externa diária do ar.

Essa fórmula de previsão da temperatura interna máxima, mínima e média, de caráter empírico, da pesquisa experimental de GIVONI (1998) :

a) O parâmetro climático melhor correlacionado com a temperatura interior máxima é a média da temperatura exterior.

b) Sobre condições climáticas estáveis, quando a média da temperatura exterior estiver aproximadamente constante, a elevação da temperatura máxima interior sobre a média da temperatura exterior depende das condições de sombreamento das janelas e da cor das paredes externas, bem como da massa térmica do edifício.

c) Sobre clima dinâmico, quando a temperatura média exterior se eleva ou decresce, a temperatura máxima interna de edifícios de maior massa térmica muda em, aproximadamente, metade da que ocorre na média da temperatura exterior. A mudança (k) para os edifícios de menor massa térmica é, aproximadamente, 0,8 das mudanças que ocorrem na média da temperatura exterior. Ou seja, a variável k é igual a 0,5 para edificações com maior massa térmica e 0,8 para edificações com menor massa térmica.

$$T_{indoor\ max} = GT_{avg} + DelT + k*(T_{avg}-GT_{avg})$$

As observações, anteriormente, descritas são expressas matematicamente na forma geral da *predictive formula*, onde:

$T_{indoor\ max}$ = temperatura máxima interior ;

GT_{avg} = maior média (*grand average*) da temperatura exterior do período analisado;

DelT = elevação média da máxima interior sobre a média exterior;

T_{avg} = média da temperatura exterior em um dia determinado;

k = Relação das mudanças diárias da temperatura máxima interior para mudança da média exterior, dependendo do nível de massa.

A tabela 01, na página seguinte, mostra valores para as variáveis k e DelT, que foram adquiridos por meio do monitoramento de edifícios em Pala, Israel.

Tabela 01 – Valores das variáveis k e DelT derivadas experimentalmente

	Variável k	
Edifícios de menor (<) massa térmica	k = 0,8	
Edifícios de maior (>) massa térmica	k = 0,5	
	Variável DelT	
Condições	< massa	> massa
Janelas não sombreadas, sem ventilação noturna	22	14
Janelas sombreadas, sem ventilação noturna	18	11
Janelas sombreadas, c/ ventilação noturna, baixa velocidade	16	06
Janelas sombreadas, c/ ventilação noturna, alta velocidade	14	04

Fonte: GIVONI, 1998.

As duas variáveis, k e DelT, representam as características térmicas do edifício: resistência térmica, massa, cor da pintura externa e a taxa de ventilação noturna.

DelT, a elevação média da máxima interior sobre a média exterior, deveria ficar menor com maior resistência e massa térmica, com cores mais claras nas paredes externas do edifício e com taxas mais altas de ventilação noturna. Esse valor depende da massa, sombreamento e ventilação.

A variável k depende, principalmente, da massa térmica efetiva, levando-se em conta também o efeito da área de superfície da massa em sua efetividade em armazenar frio, no período noturno.

A figura 02 exemplifica um dos resultados obtidos por meio da *predictive formula* com os dados registrados na estação climatológica automática, em Descalvado.

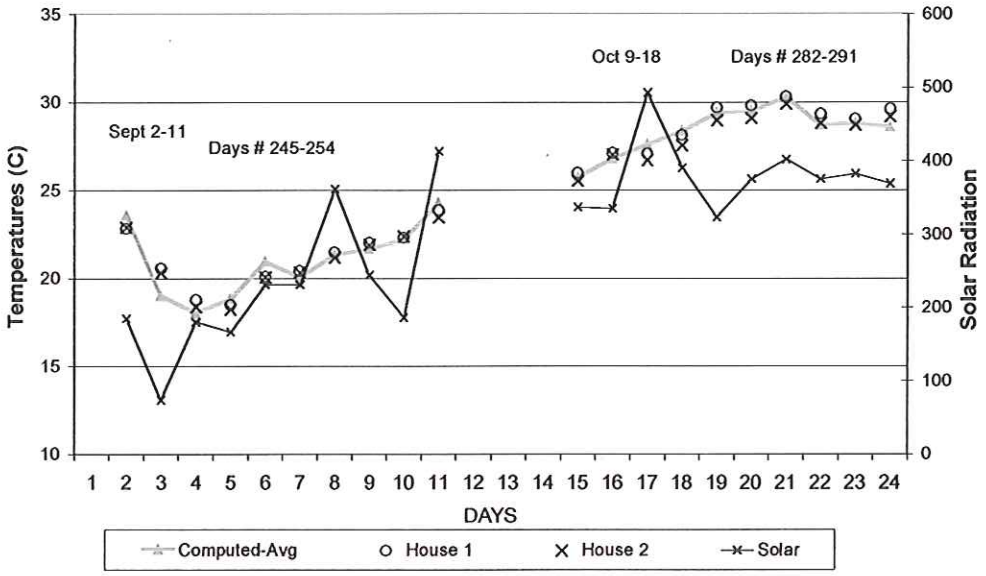


Figura 02 - Temperaturas médias interiores registradas e simuladas por computador de duas casas mais radiação solar média diária, em dois períodos, de 2 a 11 de setembro e de 9 a 18 de outubro de 2000.

GIVONI & VECCHIA (2001) descrevem o procedimento de aplicação dessa fórmula tomando como base os dados coletados em dois períodos (setembro e outubro de 2000) e um terceiro período, novembro de 2000, foi usado para validar os resultados anteriores.

Os autores op. Cit. concluem que as temperaturas mínimas, médias e máximas internas diárias podem ser previsíveis tomando por base as temperaturas médias externas diárias. Essa previsão da temperatura máxima interior pode ser aperfeiçoada pela incorporação das médias diárias de radiação solar global na fórmula.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

De modo a possibilitar a realização dessa investigação foram executados, além da revisão de literatura, alguns procedimentos necessários à consecução dos objetivos, descritos, a seguir, em forma seqüencial: a implantação do equipamento e a aquisição dos dados meteorológicos de superfície, aquisição de imagens de satélite, análise dos dados e determinação dos episódios, bem como elaboração dos respectivos gráficos, a análise do comportamento das casas ocupadas por meio de tabelas e gráficos.

1) implantação da estação meteorológica automática, CR10X Campbell Scientific Inc. de aquisição de dados, no Conjunto Popular Meu Sonho, da cidade de Descalvado – SP, com o propósito de adquirir dados climáticos, diários, em intervalos de 30 minutos, cujos registros foram feitos a cada 30 segundos com totalizações a cada 30 minutos.

Foram monitorados os elementos atmosféricos externos:

- temperatura do ar,
- umidade relativa do ar,
- pressão atmosférica,
- radiação solar,
- velocidade dos ventos,
- direção dos ventos (altura de 3 metros).

A estação, por meio de equipamento de aquisição e armazenamento ("datalogger", AM416, 32 canais para conexão dos termopares tipo T), possibilitou o monitoramento no interior dos ambientes, dos seguintes parâmetros climáticos: temperatura de bulbo úmido (tbh) e temperatura de bulbo seco (tbs), bem como, temperaturas superficiais (teto), conforme indica figura 03.

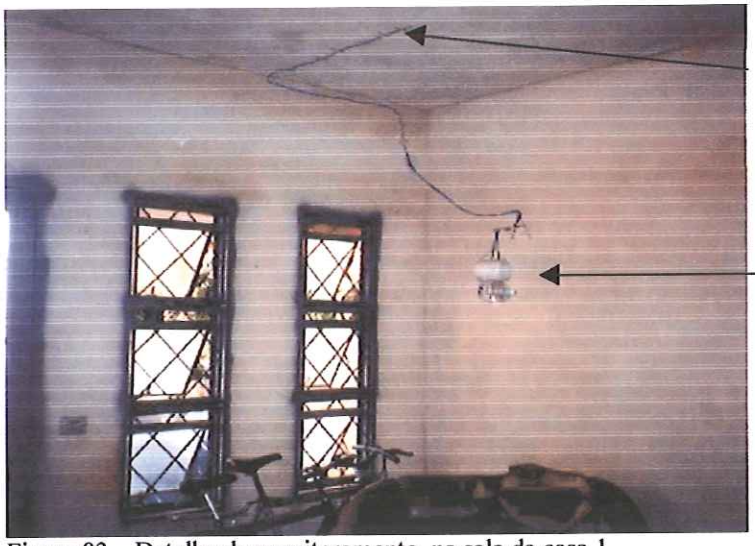


Figura 03 – Detalhe do monitoramento, na sala da casa 1.
Acima, fixação do termopar que registra a temperatura superficial (teto).
À direita, fixado na parede à 1,85m do piso, termopares para registro de temperatura de bulbo seco (tbs) e temperatura de bulbo úmido (tbh).

2) aquisição de imagens de satélites GOES (Geostationary Operational Environment Satellite), via rede mundial de computadores (internet), bem como a descrição sinóptica (análise dos processos atmosféricos em macroescala) por meio do Boletim de Informações Climáticas – Infoclima (INPE/CPTEC, 2000) e, ainda, do Instituto de Pesquisas Meteorológicas da UNESP (2000). Essas imagens representam a situação da circulação atmosférica num determinado momento. O INPE disponibiliza imagens de diversos horários, variando dia-a-dia, o que possibilita visualização do dinamismo dos vários sistemas atmosféricos operantes na região, tais como centros anticiclônicos e ciclônicos, frentes frias, etc.. Foram utilizadas as imagens de satélite do horário 12:00 GTM (Horário segundo Greenwich), devido ao fato de que a seqüência desse horário permitiu a percepção do dinamismo e deslocamento sobre a região Sudeste, tanto do sistema atmosférico mPa, no primeiro episódio, quanto do sistema atmosférico mTa, no segundo episódio selecionado. O INPE não disponibilizou a imagem desse horário no dia 13/10. Foi necessário escolher o horário das 18:00 GTM, o horário disponível mais próximo da situação analisada, para o referido dia, sem no entanto, interferir na percepção do dinamismo do sistema atmosférico mTa. Esses horários, anteriormente mencionados, obedecem normas internacionais de observações meteorológicas, segundo a Organização Mundial de

Meteorologia – WMO, cujos horários de transmissão são 00:00, 06:00, 12:00 e 18:00 horas GTM (WMO, 2001).

3) análise dos dados de superfície e determinação dos episódios. Foram escolhidos dois episódios, o primeiro descrevendo uma situação de inverno com a presença de massa de ar Polar sobre a região, e o segundo descrevendo uma situação de primavera, onde houve domínio de uma massa de ar quente e seca, provocando as mais altas temperaturas externas, na última década. No segundo episódio, o sistema intertropical, representado pela mTa atuou sobre a região.

4) confecção dos gráficos para os episódios e para análise das variações climáticas da temperatura externa em relação a temperatura interna, bem como a avaliação do comportamento térmico no interior das casas ocupadas.

Aleatoriamente, foram escolhidas duas residências ocupadas para serem monitoradas, identificadas como casas nº 1 e nº 2, de um programa de assistência social da Prefeitura do Município de Descalvado – SP.

Para coletar os dados do comportamento térmico das casas foram instalados sensores, no quarto de casal e na sala de cada uma delas, cujos parâmetros coletados foram:

- temperatura superficial (teto),
- temperatura de bulbo úmido (tbh) e
- temperatura de bulbo seco (tbs).

Ambas temperaturas, tbs e tbh, foram tomadas a uma altura de 1,85 m do chão e os valores das temperaturas superficiais (teto), por meio de termopares tipo T (cobre/constantan), conectados ao *datalogger* e ao sistema multiplexador (AM416), que permite ampliar a capacidade de aquisição de dados para 32 canais.

O sistema de aquisição de dados possibilitou o monitoramento de ambas as casas, conforme figura 04, a seguir.

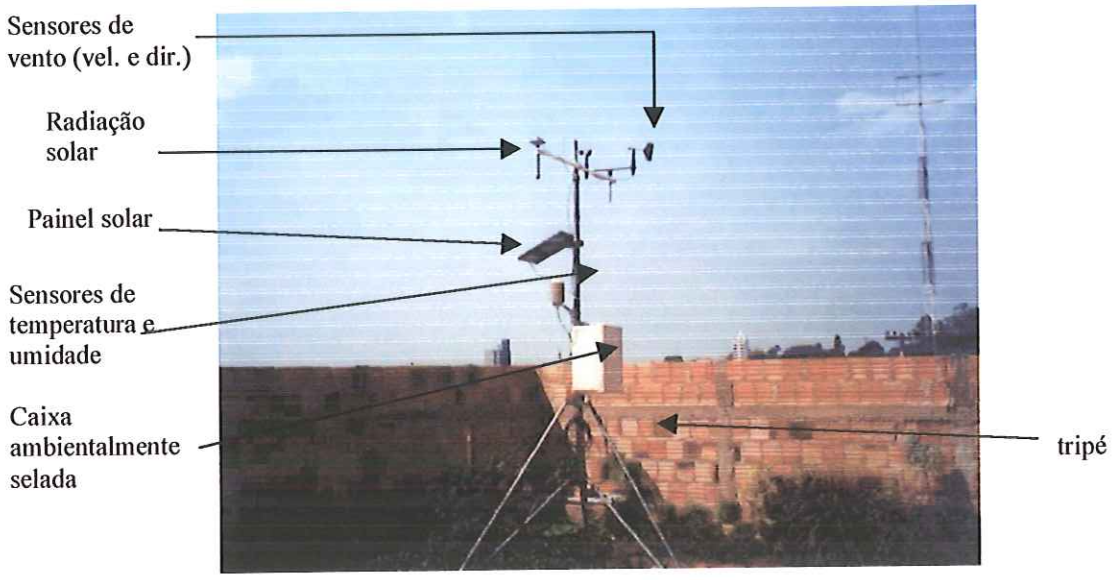


Figura 04 – Estação Automática CR10X Campbell Scientific Inc. localizada no quintal da casa 1, na fachada Nordeste. Observa-se caixa ambientalmente selada, tripé, painel solar, sensores de temperatura, umidade e radiação solar, anemômetro e anemoscópio.

No período estudado, entre agosto a outubro de 2000, os dados foram coletados e armazenados na estação. Durante as visitas de campo foram descarregados por meio do *storage module* (módulo de armazenamento) para, posteriormente, serem transferidos ao microcomputador, via software de programação PC208 W (programa específico da Campbell Scientific Inc.) e interface de comunicação SC32A.

Para análise e confecção dos gráficos da temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e radiação solar foi utilizado o programa Microsoft *Excel for Windows.*

A abordagem dinâmica do clima foi utilizada como referencial teórico nessa investigação, levando-se em conta a análise do comportamento térmico das casas monitoradas, por meio do entendimento das relações do clima exterior e do clima interior, traduzidos pelos parâmetros de conforto, que na maioria das vezes são

compostos por dois ou mais elementos do clima: temperatura e umidade do ar, radiação solar global e velocidade dos ventos.

O desenvolvimento da pesquisa foi fundamentado no trabalho realizado por VECCHIA (1997), que utilizou abordagem dinâmica do clima, por meio de episódios representativos do fato climático, para o estudo e análise de eventos do Conforto Humano afeito ao Ambiente Construído. Segundo o autor op. Cit., esse método de investigação é baseado no avanço de frentes tendo em sua retaguarda massa Polar Atlântica.

A presente pesquisa utilizou episódios representativos como instrumento de avaliação de comportamento térmico das edificações por constituírem períodos de observação que representam padrão de comportamento, por meio das flutuações, provocadas por uma única seqüência peculiar da massa Polar que penetrou, com características próprias, com particular rigor e duração, na medida em que avançou e predominou sobre o local.

A seleção dos episódios (de 31/08 a 04/09/2000, no inverno e de 12 a 15/10/2000, na primavera) se deu pelo acompanhamento dos estados atmosféricos, por meio de observações visuais, durante o trabalho de campo em Descalvado, da ocorrência de nebulosidade, formação de nuvens, etc., bem como a interface dos dados meteorológicos com as imagens de satélite.

A escolha da escala temporal (episódios representativos do fato climático) foi determinada de acordo com os propósitos do objetivo desse estudo afeito ao ambiente construído, bem como do tempo de amostragem do monitoramento. Portanto, utilizou-se a escala instantânea (tempo real), considerando informações meteorológicas horárias.

Quanto à escala espacial, utilizou-se a escala microclimática, devido ao fato de se tratar de pequenos espaços (casas ocupadas). Essa escala tem como unidade de superfície alguns metros, com uma escala cartográfica de até 1:2.000, que corresponde a representação de setores de habitação. Portanto, adequada a atender aos objetivos propostos nessa investigação.

Em relação aos materiais, serão descritos, a seguir, os procedimentos adotados na parte experimental dessa pesquisa.

a) medidores de temperatura interna (bulbo seco – tbs, bulbo úmido – tbh e superficial): termopares

A medição de temperatura com termo-elementos se baseia no efeito termoelétrico (termopares). Interligando-se dois fios de diferentes materiais, por exemplo cobre – constatan utilizado nesse experimento, e colocando-se os pontos de ligação em contato com diferentes temperaturas, obtém-se uma força eletromotriz (f.e.m.), que é denominada tensão termolétrica. Para medição de temperatura pelo método acima descrito, observa-se as seguintes fases: interligam-se os fios em dois extremos (ponto de medição – pm); levam-se os outros dois extremos a uma temperatura constante (ponto de referência – pr); e fecha-se o circuito, por meio de um aparelho indicador.

A tensão medida é relacionada como diferença de temperatura entre pm e pr, situando-se, normalmente, em um local com temperatura geralmente conhecida e ligado ao ponto de medição, por meio de um fio de compensação.

O esquema da figura 05, a seguir, representa o conjunto utilizado para confecção dos termopares tipo T semelhante ao usado na pesquisa:

1- depósito de argônio
2- manômetro
3- registro de carga
4- registro de descarga
5- tubulação e câmara de vidro com eletrodo
6- eletrodo de solda com avanço manual
7- sistema de armazenamento e de descarga de energia

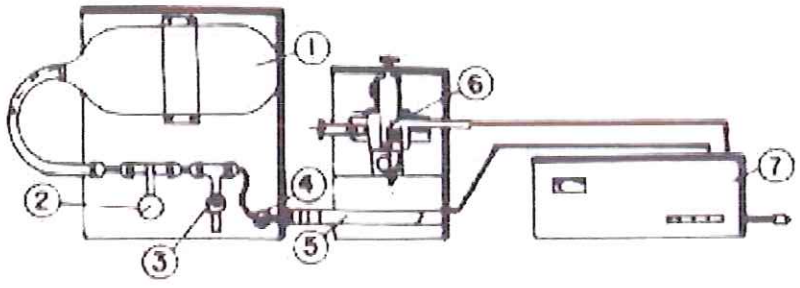


Figura 05 – Esquema para confecção de termopares tipo T
Fonte: LOMBARDI et al., 1983 *apud* OLIVEIRA, 1994.

Os termopares (cobre – costantan/Cu – Ct), modelo IR- Cable Extension tipo T Puc-Puc 2x24 ANG-A NSI-of 7724, utilizados nessa pesquisa foram confeccionados no Núcleo de Engenharia Térmica e Fluidos, do Departamento de

Engenharia Mecânica, da Escola de Engenharia de São Carlos/USP. Na construção dos termopares seguiu-se a seguinte seqüência:

1. limpeza das extremidades do fio, usando lixa fina;
2. lavagem em três tipos de solventes;
3. as extremidades foram enroladas usando pinças;
4. foi cortada a parte enrolada a 2 cm da pinça;
5. foi soldada com descarga elétrica (argônio), em atmosfera neutra; usando um eletrodo do mesmo material que o usado em um dos fios do par. Esse procedimento gerou um termopar onde, depois da solda, formou-se uma esfera. A figura 06 mostra a confecção dos termopares no Núcleo de Engenharia Térmica e Fluidos.

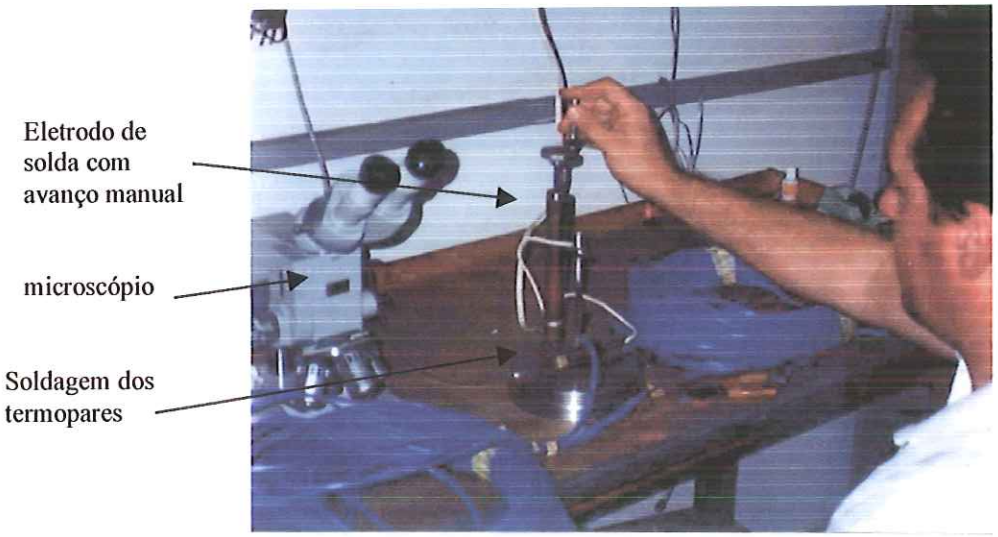


Figura 06 – Confecção dos termopares.
Observa-se o técnico no momento de soldagem dos termopares, por meio de descarga elétrica, cujo eletrodo de soldagem é de avanço manual.
O microscópio é utilizado para verificação da conformação geométrica da soldagem.

Para que fosse possível os registros de temperatura interior, foram executados os passos, descritos a seguir, de instalação de equipamentos, inicialmente na casa nº 1, depois na casa nº 2.

b) instalação de equipamentos

Em cada casa foram fixados seis sensores (termopares tipo T), sendo distribuídos da seguinte maneira:

1) casa 1, depois na casa 2

- 01 (um) termopar fixado na superfície do teto, a uma altura de, aproximadamente, 2,80 m do chão, no intuito de registrar a temperatura superficial interna;

- 01 (um) termopar tipo T para temperatura de bulbo seco (tbs), a uma altura de 1,85 m do piso, com a proteção de PVC (*shield*) branco (10 cm), conforme figura 07, com a finalidade de evitar influências no registro e monitoramento da temperatura do ar interna; destina-se à avaliação do comportamento térmico do ar ambiente, no interior das casas ocupadas e envolve mecanismos de troca de calor por condução, convecção e radiação;

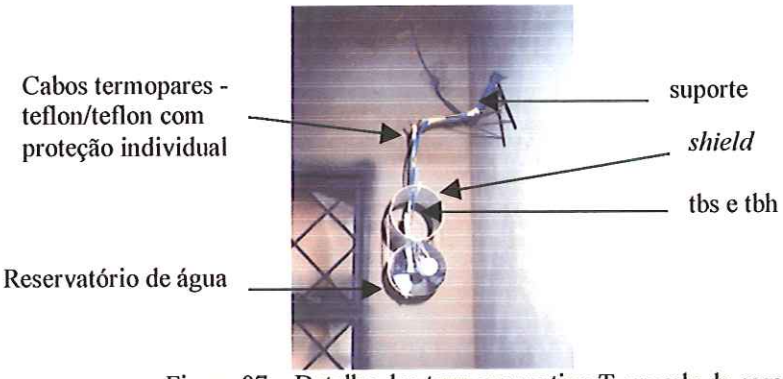


Figura 07 – Detalhe dos termopares tipo T, na sala da casa 1. Observa-se o equipamento feito manualmente (psicrômetro não aspirado), utilizando garrafa plástica (PET) como reservatório de água não destilada, cuja gaze de puro algodão foi emergida.

- 01 (um) termopar tipo T para temperatura de bulbo úmido (tbh), a uma altura de 1,85 m do piso, envolvido com gaze fina de puro algodão, mergulhada em recipiente com água, com a proteção (*shield)*, conforme figura 07.

c) Sistema automático de aquisição de dados e descrição do equipamento

A Estação Meteorológica Automática, instalada em Descalvado (SP) está basicamente composta por:

- 01 CR 10X (datalogger) - *datalogger Campbell Scientific Inc.*, CR10X;
- 01 Sensor de temperatura - (-35 a 50^{0}C) e umidade relativa do ar (0 a 90%), Vaisala;
- 01 Anemômetro/01 Anemoscópio – RMYoung anemômetro (0 a 60m/s).Wind Sentry (direção e velocidade);

- 01 Sensor para pressão barométrica – (800 a 1060mB), Vaisala;
- 01 Sensor de radiação solar global - LI-COR (400 a 700nM). Radiação direta e difusa.
- 01 bateria recarregável de 12 V (PS12 LA) – reguladores de voltagem, filtros e proteção contra queda de raios;
- 01 Painel solar - produção de energia;
- 01 Abrigo meteorológico para sensor de temperatura e umidade relativa, não aspirado, RMYoung.

O sistema de aquisição de dados referentes ao desempenho térmico das casas ocupadas é composto de duas unidades básicas: um *datalogger* CR10X e um multiplexador AM416, de 32 canais de aquisição de dados (figura 08), que fazem a coleta automática e o armazenamento dos dados registrados pelo sistema de aquisição, que coleta os dados das temperaturas de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e temperaturas superficiais, no interior das casas ocupadas.

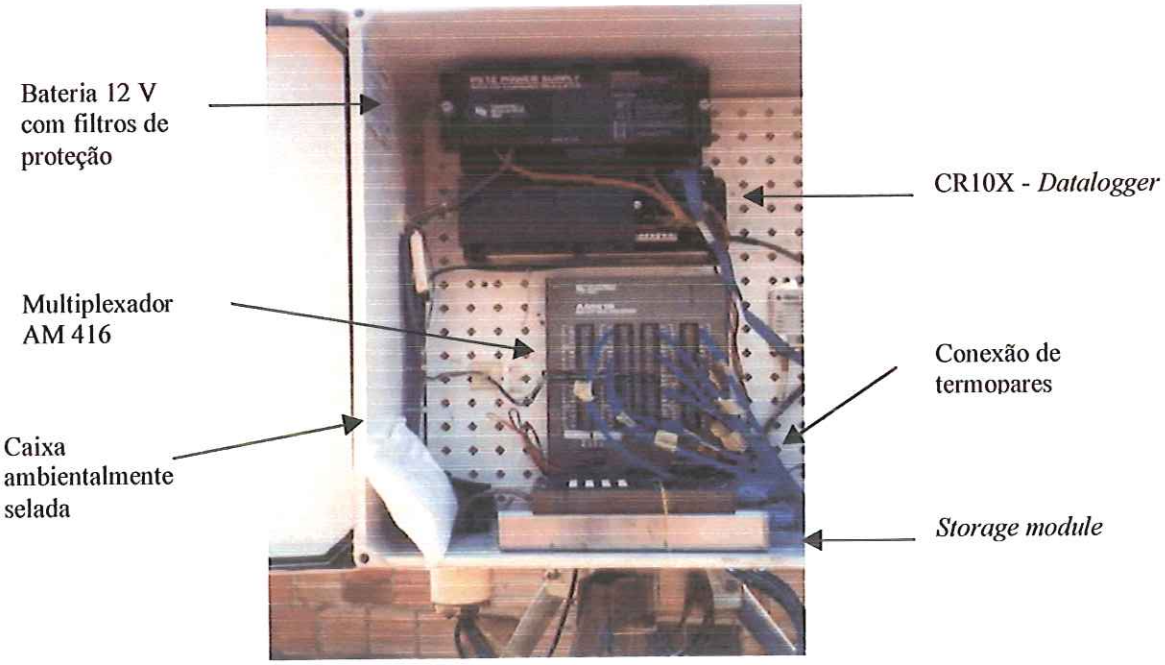


Figura 08 – Detalhe do interior da caixa ambientalmente selada, que compõe o sistema de aquisição de dados instalado em Descalvado.

O sistema automático de aquisição de dados trata-se de *datalogger*, tipo CR10X da *Campbell Scientific, com* multiplexador AM416. Esse sistema mantém conectados os termopares Tipo T (Cobre-Constantan). A figura 09 mostra o esquema original do *datalogger* com suas funções e instruções de programação.

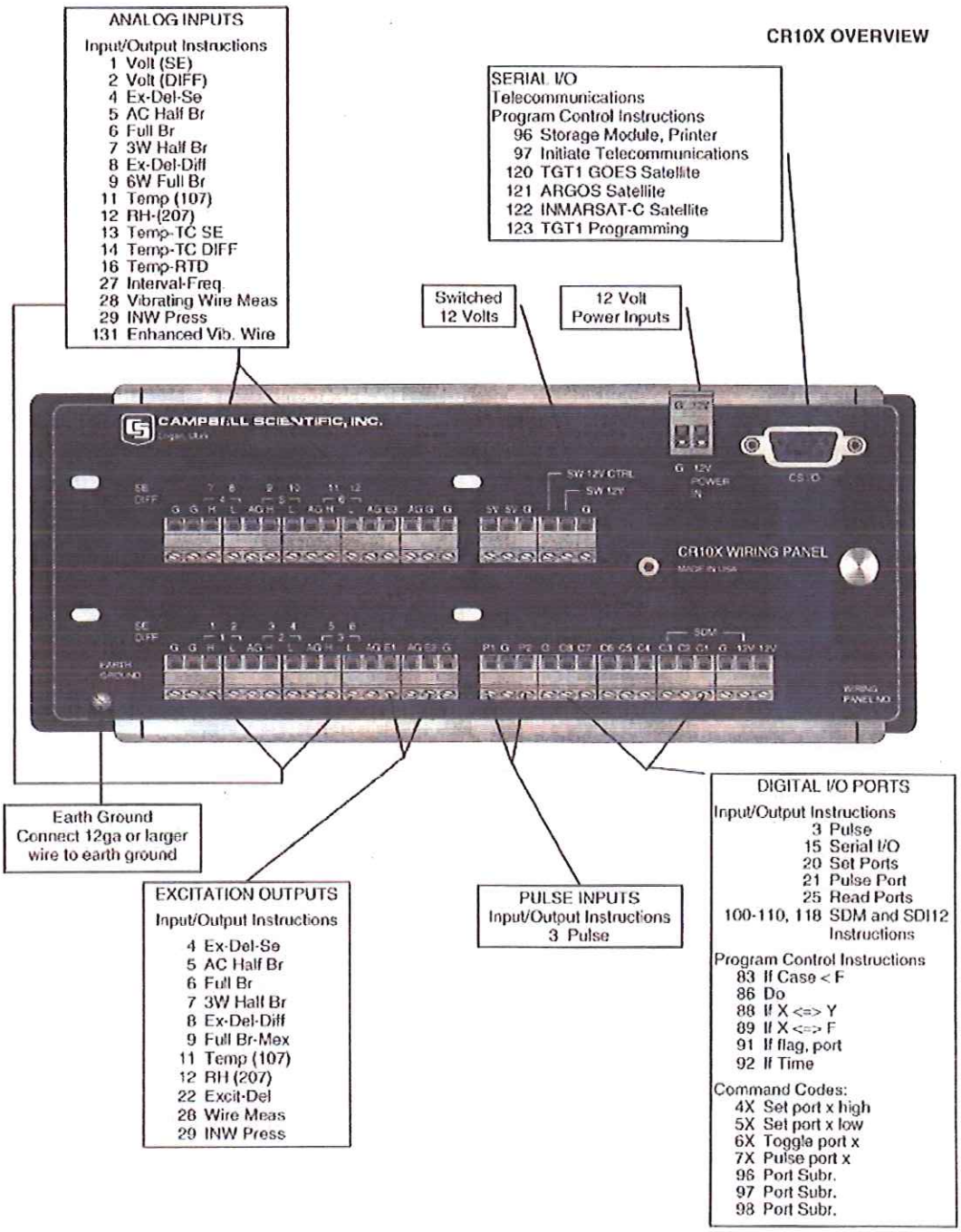


Figura 09 – Vista do CR10X – *datalogger*. O esquema permite visualizar o painel e entender o funcionamento desse tipo de equipamento, por meio das funções e instruções de programação.
Fonte: Campbell Scientific, Inc., 1997.

O sistema de aquisição dos dados possui terminal para conexão de 12 sensores embutidos, com porta de comunicação de 40Kb de memória RAM interna, baterias internas recarregáveis e recarregador de bateria.

Os componentes de apoio são:

- 01 filtro e conector (SR32A), para conexão e comunicação entre microcomputador, *storage module* e *datalogger* (interface de comunicação direta);
- 01 conector com alimentador para conexão entre microcomputadores e os módulos de armazenamento e transporte dos dados coletados (*storage module*); e
- 01 *software* PC208W, para a programação e comunicação com o CR10X (*datalogger*), bem como manipulação dos dados adquiridos automaticamente: aquisição e armazenamento tipo PC.

Foram tomados os registros de 30 segundos, definindo-se as médias a cada 30 minutos, sendo este o intervalo adotado pelo experimento. Salienta-se que a Organização Mundial de Meteorologia – OMM estabelece registros a cada 60 segundos, estabelecendo-se médias a cada hora (WMO, 2001).

Na figura 10, tem-se vista da fachada Nordeste da casa 1, na qual a estação automática foi implantada. Pode-se observar a caixa ambientalmente selada fixada no tripé, painel solar, sensores de medição de valores de temperatura externa do ar, bem como o medidor de temperatura de bulbo seco (tbs) e bulbo úmido (tbh).

Figura 10 – Vista da fachada Nordeste (fundos) da casa 1. Pode-se observar a caixa ambientalmente selada e demais componentes do sistema de monitoramento. Pode-se perceber a conexão dos termopares Tipo T entre a estação e a casa 1.

d) Formatação dos gráficos

Para o presente trabalho foram desenvolvidas duas planilhas de dados (clima exterior e interior), adquiridos pelo sistema automático CR10X, em programa Microsoft *Excel for Windows*. A primeira se refere ao episódio compreendido pelo período de 31 de agosto a 04 de setembro de 2000 e, a segunda, ao episódio compreendido pelo período de 12 a 15 de outubro de 2000.

As planilhas estão divididas nas seguintes partes:

1) dados de transporte (dados brutos sem tratamento);

2) dados horários (dados com análise de consistência);

3) gráfico dos elementos atmosféricos externos e, finalmente

4) análise comparativa do comportamento das casas ocupadas entre temperaturas externa e internas;

A seguir, são exemplificados:

1) dados de transporte (dados brutos sem tratamento).

Tabela 02 – Dados brutos externos, sem tratamento

id. externo	ano	dia	hora	temp.	umidade	radiação	pressão	vel. vento	dir. vento
100	2000	245	30	18.32	99.3	0	941	.116	122.2
100	2000	245	100	18.27	100.4	0	941	.107	80.8
100	2000	245	130	18.19	100.7	0	940	.021	69.38
100	2000	245	200	17.94	101.9	0	940	.173	.1
100	2000	245	230	17.76	103.4	0	940	.11	.376
100	2000	245	300	17.84	103	0	940	.016	176.4
100	2000	245	330	17.78	102.9	0	941	.114	222.6
100	2000	245	400	17.91	101.9	0	941	.035	243.1
100	2000	245	430	17.8	101.8	0	941	.014	190.8
100	2000	245	500	17.54	101.7	.002	941	.028	180.1
100	2000	245	530	17.45	101.7	0	941	.007	201.6
100	2000	245	600	17.52	101	0	941	.148	196.5
100	2000	245	630	17.58	100.5	.105	942	.193	185.5
100	2000	245	700	17.61	99.7	3.689	942	.186	196.4
100	2000	245	730	17.75	99.1	8.27	942	.127	198.2
100	2000	245	800	17.63	100.8	27.82	941	.152	16.35
100	2000	245	830	18.18	98.8	145.7	941	.251	98.2
100	2000	245	900	19	98.1	360.7	942	.546	137.9
100	2000	245	930	19.85	94.2	393.1	942	.533	109.8
100	2000	245	1000	21.32	89.1	615	942	.297	130
100	2000	245	1030	22.66	81.9	718	942	.695	76.2
100	2000	245	1100	22.76	81.7	616.9	942	.615	101
100	2000	245	1130	23.11	78.5	470.2	942	.781	65.12
100	2000	245	1200	23.12	78.4	276.7	941	.358	63.56

Podem ser observados os dados coletados por meio do *storage module* que foram transportados para planilha Excel. Nota-se que em alguns parâmetros adquiridos, como o caso da coluna de radiação solar, a presença de valores (0,002 às 5:00 h e 3.689 às 7:00 h) não apresentam consistência. Outro exemplo pode ser visto na coluna de velocidade do vento, os valores foram transportados com o acréscimo de um ponto. Na coluna de direção de vento aparecem alternadamente separação das casas dos valores por vírgula e ponto.

Para Tabela 02, anteriormente apresentada, a configuração das colunas, da esquerda para direita, apresenta os seguintes dados: identificador externo, ano, dia, intervalos horários, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global, pressão atmosférica, velocidade e, finalmente, direção dos ventos. Essa tabela representa parte dos dados horários originais, que são no total de 24 horas, com intervalos de 30 minutos.

Para Tabela 03, a seguir, a configuração das colunas, da esquerda para direita, apresenta os seguintes dados: identificador interno, ano, dia, intervalos horários, temperatura do ar no quarto casa 1, temperatura do ar (tbs) da sala casa 1, temperatura do ar no quarto da casa 2 e temperatura do ar na sala da casa 2. A Tabela 03 é apenas um exemplo, sendo que as demais colunas trazem os valores da temperatura do bulbo úmido (tbh) nos diversos cômodos monitorados. Esse modelo de tabela apresenta, de maneira ilustrativa, apenas 12 horas, sendo que os originais possuem 24 horas de monitoramento, com intervalos de 30 minutos.

Tabela 03 – Dados brutos internos, sem tratamento.

id. interno	ano	dia	hora	tbs qto. 1	tbs sala 1	tbs qto. 2	tbs sala 2	tbh qto. 1	tbh sala 1	tbh qto. 2	tbh sala 2
200	2000	245	30	21.03	20.3	21.26	19.92	21.06	21.23	20.25	22.01
200	2000	245	100	20.93	20.19	21.2	19.89	21.02	21.19	20.2	21.94
200	2000	245	130	20.85	20.12	21.16	19.83	20.97	21.17	20.1	21.79
200	2000	245	200	20.73	20	21.05	19.75	20.89	21.15	19.9	21.74
200	2000	245	230	20.63	19.9	21	19.7	20.83	21.08	19.88	21.57
200	2000	245	300	20.55	19.82	20.95	19.64	20.77	21.01	19.88	21.47
200	2000	245	330	20.47	19.74	20.9	19.63	20.7	21	19.73	21.45
200	2000	245	400	20.43	19.65	20.86	19.55	20.67	20.96	19.66	21.38
200	2000	245	430	20.38	19.57	20.83	19.46	20.66	21.14	19.46	21.19
200	2000	245	500	20.31	19.5	20.76	19.43	20.58	20.85	19.37	21.25
200	2000	245	530	20.18	19.29	20.61	19.36	20.47	20.72	19.34	21.22
200	2000	245	600	20.07	19.11	20.51	19.25	20.38	20.59	19.24	20.98
200	2000	245	630	20.01	19.12	20.58	19.35	20.4	20.76	19.12	20.66
200	2000	245	700	19.92	18.96	20.32	19.18	20.31	20.64	18.81	20.44
200	2000	245	730	19.92	18.96	20.38	19.07	20.31	20.71	18.77	20.38
200	2000	245	800	19.84	18.98	20.47	18.91	20.21	20.61	18.69	20.19
200	2000	245	830	19.61	18.7	20.21	18.73	20.04	20.49	18.56	20.1
200	2000	245	900	19.63	18.7	20.22	18.92	20.1	20.9	18.62	20.27
200	2000	245	930	19.76	18.81	20.65	19.06	20.28	21.37	18.99	20.62
200	2000	245	1000	19.99	19.36	21.04	19.41	20.47	21.54	19.29	21.17
200	2000	245	1030	20.7	20.58	21.97	19.98	21.12	22.2	19.96	22.03
200	2000	245	1100	21.28	20.56	22.14	20.57	21.81	22.97	20.57	22.83
200	2000	245	1130	21.79	20.74	22.62	21.02	22.41	23.52	21.02	23.35
200	2000	245	1200	21.79	20.44	22.67	20.95	22.48	23.64	21.19	23.47

Observa-se uma consistência nos dados transportados. Nessa estrutura de planilha, para a plotagem dos gráficos, é necessário desconsiderar as quatro primeiras colunas, uma vez que o programa não reconhece as informações nelas contidas.

2) dados horários com análise de consistência (externos e internos).

A Tabela 04 exemplifica apenas os dados externos como foram trabalhados na planilha *Excel for Windows* para confecção dos diversos gráficos, cujo procedimento foi semelhante para os dados internos.

Tabela 04 – Dados externos do dia 31/08/2000

Hora	t.externa	Umidade	Radiação	pressão	vel. vento	dir. vento
00:30	18,32	99,3	0	941	0,116	122,2
01:00	18,27	100	0	941	0,107	80,8
01:30	18,19	100	0	940	0,021	69,38
02:00	17,94	100	0	940	0,173	0,1
02:30	17,76	100	0	940	0,11	0,376
03:00	17,84	100	0	940	0,016	176,4
03:30	17,78	100	0	941	0,114	222,6
04:00	17,91	100	0	941	0,035	243,1
04:30	17,8	100	0	941	0,014	190,8
05:00	17,54	100	0	941	0,028	180,1
05:30	17,45	100	0	941	0,007	201,6
06:00	17,52	100	0	941	0,148	196,5
06:30	17,58	100	0	942	0,193	185,5
07:00	17,61	99,7	4	942	0,186	196,4
07:30	17,75	99,1	8,27	942	0,127	198,2
08:00	17,63	100	27,82	941	0,152	16,35
08:30	18,18	98,8	145,7	941	0,251	98,2
09:00	19	98,1	360,7	942	0,546	137,9
09:30	19,85	94,2	393,1	942	0,533	109,8
10:00	21,32	89,1	615	942	0,297	130
10:30	22,66	81,9	718	942	0,695	76,2
11:00	22,76	81,7	616,9	942	0,615	101
11:30	23,11	78,5	470,2	942	0,781	65,12
12:00	23,12	78,4	276,7	941	0,358	63,56
12:30	23,75	78,6	656,5	940	0,644	57,16
13:00	24,98	74,2	919	939	0,622	72,3
13:30	25,48	73,1	653,7	939	0,499	57,14
14:00	25,9	71,4	549,2	939	0,39	85,8
14:30	26,48	68,81	687,8	938	0,441	104,7
15:00	27,3	65,29	621,6	938	0,252	123,2
15:30	27,99	62,39	387,1	937	0,126	185,2
16:00	28,03	62,43	436,4	937	0,188	205,2
16:30	26,93	66,16	159,3	937	0,216	114,5
17:00	26,42	67,87	106	937	0,206	88,7
17:30	25,92	69,62	38,79	937	0,215	132,7
18:00	25,34	72,2	31,22	937	0,351	129,7
18:30	24,33	74,4	1,98	937	0,182	154,9
19:00	23,87	76,2	0	938	0,062	154,3
19:30	23,31	78,7	0	938	0,122	197
20:00	21,92	84,1	0	938	0,617	174,6
20:30	21	88,3	0	938	0,513	171,4
21:00	20,52	89,7	0	939	0,781	174
21:30	19,96	91,2	0	940	1	183,6
22:00	17,72	93	0	939	1	173,1
22:30	16,79	99,2	0	939	1	167,7
23:00	16,78	95,8	0	939	1	156,7
23:30	16,81	95,2	0	939	1	151,4
00:00	16,91	95,3	0	940	0,687	123,2

Verifica-se que a primeira coluna foi configurada de modo que o programa consiga reconhecer como hora. Na coluna dos valores de umidade relativa do ar nota-se registros de 100%, o que corresponde a imprecisão do sensor, calculado com precisão de até 90%.

3) gráficos dos elementos atmosféricos externos.

A figura 11, a seguir, exemplifica o gráfico de temperatura e umidade relativa do ar, dia 03/09/2000.

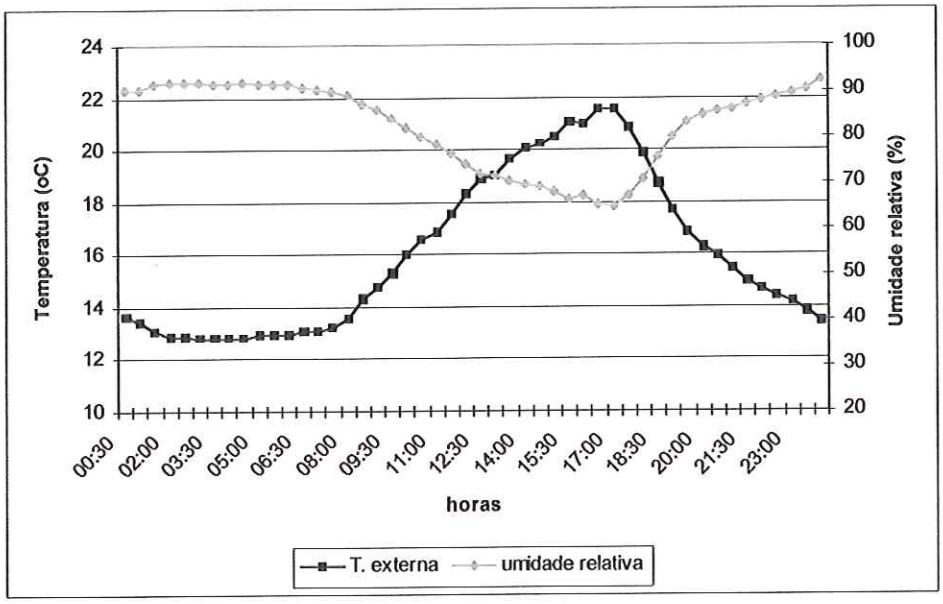


Figura 11 – Gráfico-exemplo do dia 03/09/2000, contendo temperatura externa do ar e umidade relativa.

Foram gerados gráficos diários, com intervalos horários de trinta minutos, para ambos os episódios analisados, dos elementos atmosféricos: temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e radiação solar global, semelhantes ao exemplo anteriormente mencionado.

Para cada elemento atmosférico, foram gerados, também, gráficos dos dois episódios analisados, de modo a facilitar a visualização das flutuações ocorridas em cada período estudado.

4) análise comparativa do comportamento das duas casas ocupadas entre temperaturas externa e internas.

A figura 12 exemplifica o gráfico do comportamento térmico de ambas as casas no primeiro episódio representativo do fato climático, episódio de inverno.

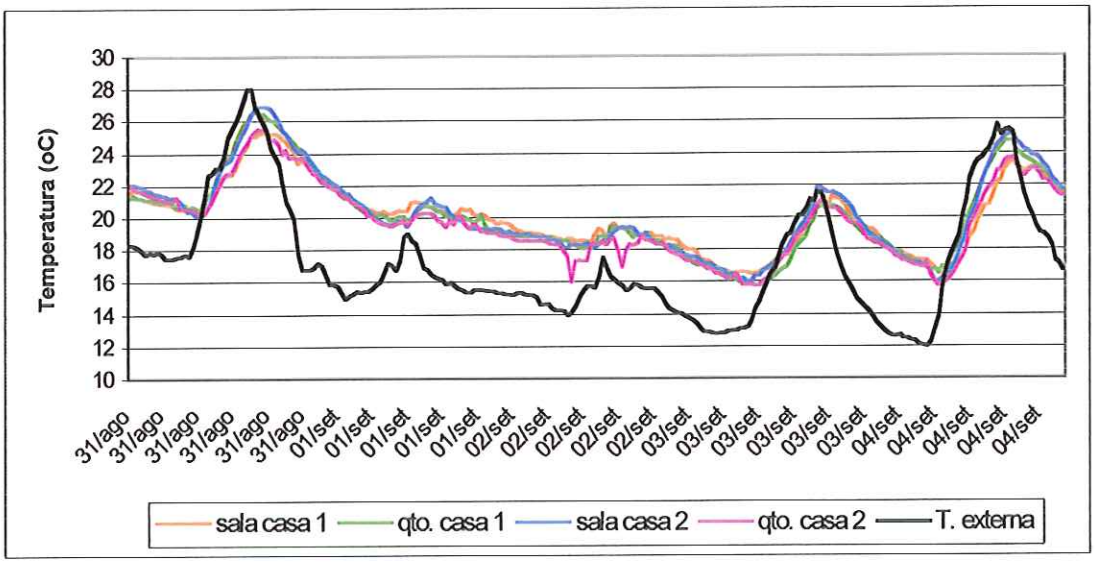


Figura 12 – Gráfico do comportamento térmico das duas casas ocupadas, do período de 31/08 a 04/09/2000, em relação a temperatura externa do ar.

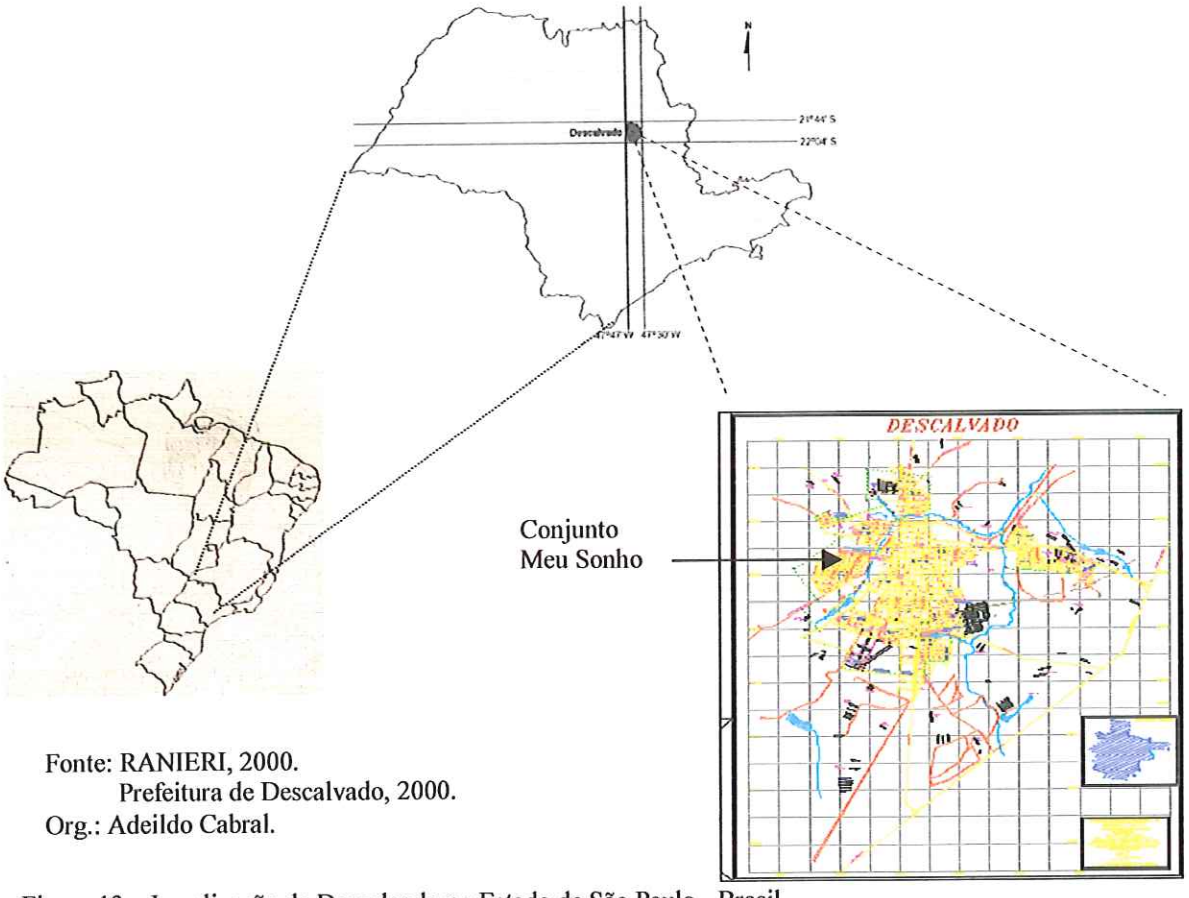
Foi gerado gráfico, igual ao exemplo da figura 12, também para o episódio de primavera.

Foram gerados, ainda, gráficos de comportamento térmico das casas ocupadas para cada dia, com intervalos de 30 minutos, de modo a possibilitar melhor visualização e análise.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Descalvado (figura 13) localiza-se na porção Nordeste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas: 21° 54' 05'' S (latitude) e 47° 37' 26'' W (longitude), tendo como limites: a Norte os Municípios de Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro, ao Sul Analândia, a Leste Porto Ferreira e Pirassununga, a Oeste com São Carlos, ocupando uma área de 757,2 km^2 (IBGE, 1994), com altitude em torno de 684 metros.

O Município apresentou no censo de 2000 (IBGE, 2001), 28.972 habitantes, sendo que 24.190 ocupam a área urbana e 4.782 a área rural.



Fonte: RANIERI, 2000.
Prefeitura de Descalvado, 2000.
Org.: Adeildo Cabral.

Figura 13 – Localização de Descalvado no Estado de São Paulo - Brasil

Quadro natural

Segundo a geomorfologia, a região do estudo está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, como apresenta OLIVEIRA (1995), uma macroregião onde predominam os terrenos de formas alongadas e de baixas amplitudes altimétricas. O Município de Descalvado destaca-se, nesse contexto regional, pela heterogeneidade de sua paisagem, atribuída à presença das cuestas basálticas. Ao interromper as terras baixas da Bacia do Paraná, as cuestas introduzem diferenças locais de clima, solo e relevo.

Quanto ao embasamento geológico, predominam a Formação Santa Rita do Passa Quatro, ocupando 50% da área, sendo o restante dominado por terrenos do Quaternário; Formações Intrusivas Básicas; Serra Geral; Botucatu; Pirambóia; Itaqueri; Pirassununga e Corumbataí.

A hidrografia da região é representada pelas Bacias Hidrográficas do Mogi, Pardo, Bonito e Médio Grande, tendo como rios principais: Ribeirão do Pântano, Bonito e Mogi – Guaçu. Na área do estudo, observam-se importantes elementos que ajudam a compor o cenário dos recursos hídricos, recarga de aqüíferos subterrâneos; áreas de várzea, cachoeiras e zonas de mananciais.

Em relação a vegetação natural e ocupação do solo, RANIERI (2000) mostra que as florestas naturais representam 0,9 %; capoeira 3,8 %; cerradão e cerrado 4,8%,vegetação de várzea 1,3 %. A grande maioria das áreas de vegetação natural foi substituída pela agropecuária, que hoje representa, segundo o autor (op. Cit.), cerca de 88 % da área total do Município.

Clima da região

A região Sudeste, segundo análise de VIANELLO & ALVES (1991), é provavelmente a região brasileira que possui maiores contrastes climáticos em razão da diversidade de fatores que atuam: maritimidade contrastando com a continentalidade, altitudes elevadas, depressões intermontanhas, baixadas litorâneas, áreas semi-áridas (norte de MG), regiões montanhosas e elevadas precipitações ao longo de todo o ano. Os sistemas frontais predominam no inverno. Para os autores

(op. Cit.), o relevo é importante fator na distribuição das temperaturas e das precipitações. A região acha-se também sob a ação dos sistemas atmosféricos de grande escala: anticiclone do Atlântico Sul, baixa do Chaco, alta polar, etc.

Quanto a caracterização dinâmica, MONTEIRO (1973) enfatiza a região do estudo como sendo de clima controlado por massas equatoriais e tropicais, caracterizando-se por climas tropicais alternadamente secos e úmidos. A característica marcante dessa região é conferida pela existência de um período seco muito nítido, quando a freqüência de chuva diminui consideravelmente no sentido dos paralelos, culminando no setor norte que se constitui na área de inverno mais nitidamente seca do Estado.

Segundo a caracterização Clássica, o clima da região é do tipo Cwa, de acordo com a classificação de KÖEPPEN (1900) apud PITTON (1985), sendo C – grupo mesotérmico; w – seca no inverno, e temperatura do mês mais quente é superior a 22°C. Segundo esse método, portanto, a região é classificada como clima quente de inverno seco.

Na revisão da literatura, encontrou-se somente citação do clima da região na "*homepage*" de KASTEIN (1997), que aponta o clima da região como do tipo *temperado*, com temperatura média em torno de 24° C e umidade relativa do ar *entre 20 e 30%.* O índice pluviométrico situa-se entre 1100 mm a 1300 mm por ano, cuja precipitação pluviométrica mínima é de 30 mm. A máxima fica em torno de 200mm e a média anual 165 mm. No entanto, o autor (op. Cit.) não referendou a origem dessas informações.

Em um catálogo promovido pela Prefeitura de Descalvado e a Unicastelo (DESCALVADO, 2000), as informações sobre o clima de Descalvado são as mesmas de KASTEIN (1997), no entanto, as fontes não são citadas.

4.1. Caracterização das casas populares e sua localização

As casas estudadas estão situadas no Conjunto Popular Meu Sonho, no Parque Morada do Sol, em Descalvado – SP, e são formadas por 22 unidades, sendo que foram ocupadas efetivamente apenas treze (13). As demais se encontram em fase de acabamento, até o presente momento.

Foram construídas sob promoção da Secretaria de Ação Social da Prefeitura Municipal de Descalvado, em regime de mutirão, cujo objetivo do projeto é reintegrar as famílias de baixa renda ao convívio social, recuperando a auto-estima e a cidadania, promovendo, ainda, a participação do indivíduo como agente ativo no processo de construção de moradias populares em parceria com o Poder Público.

Os lotes utilizados são remanescentes (sobras) do loteamento Morada do Sol, da Companhia de Habitação Popular do Estado. Ocupam uma estreita faixa ao longo da Rua São Carlos, conforme evidencia a figura 14, sendo que para o aproveitamento dos mesmos, a Prefeitura local promoveu o trabalho de aterramento e nivelamento, de modo a permitir a implantação das casas.

Figura 14 – Planta do Loteamento Morada do Sol (sem escala)
A planta apresenta a área reservada para a implantação das casas do Projeto Meu Sonho.
As duas casas escolhidas para o monitoramento localizam-se na Rua das Margaridas, próximo a esquina da Rua São Carlos. Nota-se a presença de área verde (fundo de vale), próxima às casas ocupadas, sendo essa um benefício adicional nas áreas urbanas. Por estar localizada num fundo de vale, a área verde não representa obstáculo para o fluxo de ventos.

EESC • USP Biblioteca CAMPUS DE S. CARLOS

As casas são ocupadas por famílias constituídas por casal e dois filhos, com costumes de cotidiano semelhantes, uma vez que a mãe permanece durante o dia em casa cuidando dos filhos e dos afazeres domésticos. O fato das casas serem ocupadas adiciona variáveis na diversidade de utilização dos cômodos, refletindo no estudo do comportamento térmico, pois as atividades exercidas, diariamente, no interior contribuem para que haja variações térmicas nos ambientes interiores.

Os terrenos possuem declive em direção à Rua São Carlos (conforme figura 15), sendo circundados de áreas verdes, em fundo de vale (figura 16). As duas casas estudadas são vizinhas e implantadas na Rua das Margaridas, n^{os} 230 (na qual a estação automática foi instalada) e 220.

Figura 15 – Fachada da casa 1.
Pode-se observar a declividade em direção à rua São Carlos.

Figura 16 – Vista do Fundo de Vale. Em segundo plano, vista parcial do Conjunto Meu Sonho.

As plantas baixas, abaixo, são semelhantes (ALTO NÍVEL, 1999) e possuem fachada frontal voltada para o Sudoeste. A sala, de ambas as casas, é voltada para Sudoeste e os quartos para o Nordeste. As residências possuem 05 cômodos (sala, 2 quartos, banheiro e cozinha), com um total de 40,60 m^2 de área construída.

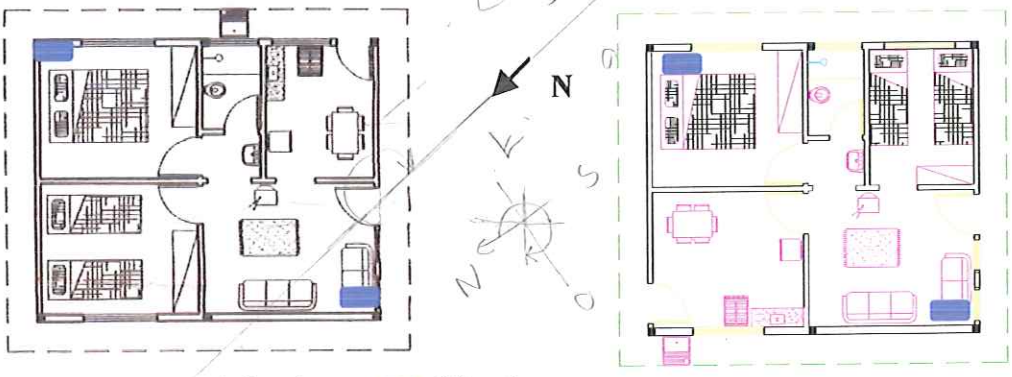


Figura 17 – Planta baixa-tipo Casa 1 (sem escala)

Cômodos monitorados

Figura 18 – Planta baixa Casa 2 (sem escala)

A figura 18, na página anterior, mostra a planta baixa da casa 2, que modificou a função original de dois cômodos, alternando a cozinha para um dos quartos, bem como abriu uma porta, na cozinha, para a parte de trás do terreno.

Quanto aos materiais, foram ambas construídas com vigas e pilares de concreto, pré- moldado, forro de laje alveolar, com paredes em alvenaria de blocos de concreto, rebocadas internamente. A figura 19 exemplifica o kit mínimo do esquema construtivo das casas.

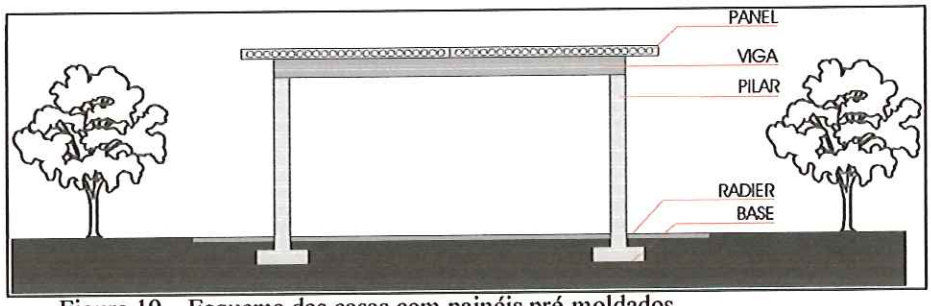


Figura 19 – Esquema das casas com painéis pré-moldados.
Fonte: VECCHIA et al., 1999.

Segundo VECCHIA et al. (1999), dentre as vantagens dos painéis pré-fabricados na construção de habitações populares estão o baixo custo de fabricação desse sistema construtivo por m^2, a velocidade da produção e de montagem dos painéis pré-moldados, a quantidade de perdas de materiais são pequenas nas construções, construção se torna mais otimizada em relação ao sistema convencional.

Apenas a casa 2 possui pintura interna, na cor branca. Externamente, as casas não possuem reboco, ou pintura até o presente momento. A cor externa predominante é cinza, devido ao bloco de cimento utilizado (figura 20). Internamente, as casas possuem piso cerâmico e o teto (laje alveolar) com reboco sem pintura (casa 1), e pintura na cor branca (casa 2).

Figura 20 – Bloco de cimento, com dimensões de 10 x 20 x 40 cm

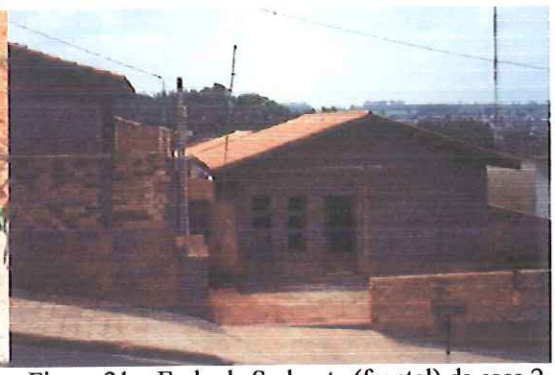


Figura 21 – Fachada Sudoeste (frontal) da casa 2 sem pintura. Nota-se a diferença de nível entre a casa 1, à esquerda, e a casa 2, à direita.

Quanto à cobertura, ambas as casas possuem telha cerâmica capa-canal, com duas águas e inclinação de 30%; a estrutura é de madeira na casa 1 (figura 22) e metálica na casa 2, conforme modelo da figura 23.

Figura 22 – Detalhe da estrutura de madeira (tesoura, caibros e ripas) da cobertura da casa 1.

Figura 23 – Modelo de estrutura metálica. A foto mostra a estrutura metálica de cobertura sobre vigas de concreto e pilares.

A distância entre as casas é de, aproximadamente, 3,0 metros uma da outra, sendo separadas por um muro de alvenaria de tijolos cerâmicos, criando um razoável fluxo de ar entre ambas.

Quanto às esquadrias (portas e janelas), são metálicas de cor escura, orientadas da seguinte forma:

- fachada Sudoeste (fachada principal) possui porta de (0,80m x 2,10m) e janelas (0,50m x 1,60m), conforme figura 24;

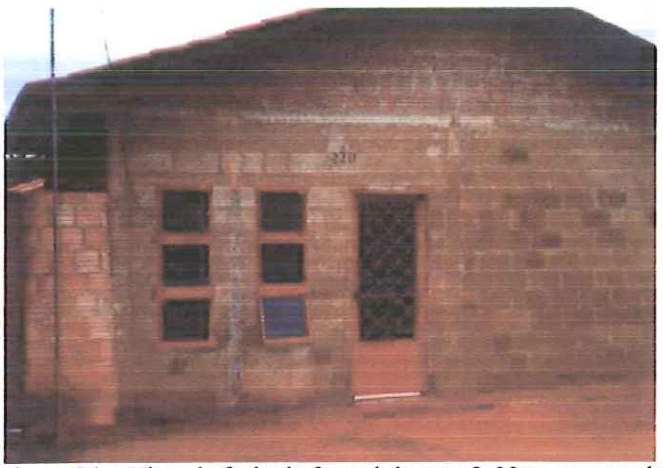


Figura 24 – Vista da fachada frontal da casa 2. Nota-se o modelo das esquadrias (porta e janelas) e, ainda, parede sem reboco e pintura.

- fachada Sudeste possui janela do quarto de casal (1,00m x 1,20 m, sendo apenas 40% de efetiva abertura), janela de banheiro (1,00m x 0,60m), porta da cozinha (0,80m x 2,10m) e janela da cozinha (1,00 x 1,20m); como mostra a figura 25 casa 1;

Figura 25 – Vista da fachada Sudeste (lateral) da casa 1.
Observa-se que esse espaço é utilizado como área de serviço,
Paredes sem reboco e pintura e esquadrias de cor escura.

- fachada Noroeste possui janela do quarto (1,00m x 1,20m); e, finalmente,
- fachada Nordeste (de fundos) não possui aberturas. Com as modificações feitas na casa 2, abriu-se uma porta (0,80m x 2,10m) na fachada Nordeste, fechando com alvenaria a abertura anterior da porta na fachada Sudeste.

As casas estão situadas em terreno com dimensões de 10 m x 20 m, com recuo frontal de 4,85 m, recuo de fundos de, mais ou menos, 7,50 m; e recuos laterais de 1,50 m. A casa 1 possui quintal com solo exposto e uma pequena parte com vegetação. A parte frontal é revestida com brita, apresentando uma pequena área coberta (abrigo) para automóvel no lado esquerdo, de dimensões 4,50 m x 4,85 m.

A casa 2 possui quintal com piso em cimento, suas laterais e a parte frontal são de solo exposto sem vegetação. A figura 26 a mostra a fachada da casa 1 (esquerda) e a figura 27, a fachada casa 2 (direita).

Figura 26 – Fachada frontal da casa 1.
Mostra-se a proteção (abrigo) para automóvel, servindo de proteção contra os raios solares.

Figura 27 – Fachada frontal da casa 2.
Nota-se a ausência de revestimento de piso ou de abrigo para automóvel, na área frontal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são apresentados da seguinte maneira:

1) Caracterização dos episódios, cuja organização foi descrita pelos itens, a seguir:
   1.1) análise da configuração da circulação atmosférica predominante nos dias do episódio descrito, constando de imagens de satélite GOES, que mostram o deslocamento de eventuais frentes frias, de modo a apresentar características de massas de ar sobre a região de estudo;
   1.2) comentários e estudos dos gráficos relativos às variáveis climáticas registradas em superfície, notadamente, por meio dos gráficos de temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica e radiação solar;
   1.3) dados de superfície coletados pela estação automática de dados meteorológicos Campbell Scientific, Inc. CR10, instalada na casa 1, no município de Descalvado – SP;

2) análise do episódio representativo de 31 de agosto a 04 de setembro de 2000 e suas repercussões nas casas ocupadas;

3) análise do episódio representativo de 12 a 15 de outubro de 2000 e suas repercussões nas casas ocupadas.

5.1. Caracterização e análise do episódio representativo de inverno e suas repercussões no comportamento térmico das duas casas ocupadas

O episódio representativo do fato climático, compreendido pelo período de 31 de agosto a 04 de setembro de 2000, foi selecionado para caracterização e análise devido ao fato da representatividade imposta (avanço de massa de ar Polar sobre a região) pelas condições atmosféricas. Segundo informação do Boletim de Informações Climáticas (INPE/CPTEC, 2000) durante o mês de setembro, sete sistemas frontais atuaram no país, ficando este número um pouco acima da média histórica, que é de seis sistemas. A passagem de vórtices ciclônicos em altos níveis, frentes frias e o forte gradiente térmico de temperatura contribuiu para a formação de áreas de instabilidades sobre as regiões Sul e Sudeste. Massas de ar frio causaram declínio da temperatura nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste.

Ainda, segundo o Infoclima (INPE/CPTEC, 2000), foi observado especificamente para a região Sudeste, precipitações em quase toda essa região.

Em situação de primavera, o avanço de frentes alcançam, na maioria das vezes, a latitude do Trópico de Capricórnio, embora observe-se uma certa continuidade com menor nitidez e intensidade, essa freqüência se alonga pelos meses de setembro e outubro, sem provocar as chuvas habituais. No entanto, a entrada dessas frentes provocam repercussões no regime de ventos da região, como fortes rajadas de ventos, por meio das linhas de instabilidades.

Nesse sentido, a situação transicional de inverno para primavera, quando as massas de ar Polares começam a perder vigor habitual, peculiar dessa época do ano, observando-se a penetração de frentes em caráter dissipado com maior freqüência, esse episódio descreve entrada de uma frente fria de média intensidade. Caracteriza-se pela etapa Pré-frontal (prenúncio e avanço) e Pós-frontal (domínio e transição), com ocorrência de chuvas e trovoadas, de acordo com MONTEIRO (1968).

A situação vivenciada nesse período de inverno, no qual houve estresse térmico de frio-úmido, permitiu análise de comportamento térmico das casas ocupadas frente às excitações climáticas e, ainda, estabelecer os períodos em que houve adequado desempenho térmico, por meio dos gráficos de temperatura e umidade relativa do ar, utilizando-se os limites propostos por GIVONI (1992).

5.1.1. Análise do episódio representativo de 31/08 a 04/09/2000.

O presente episódio descreve a presença de uma massa de ar Polar que avançou sobre a região Sudeste, tendo como fase de avanço os dias 31/08 e 01/09 (figuras 28 e 29, respectivamente), fase de domínio os dias 02 e 03/09 (figura 30) e fase de transição o dia 04/09/2000 (figura 31). O INPE não disponibilizou a imagem do dia 02/09.

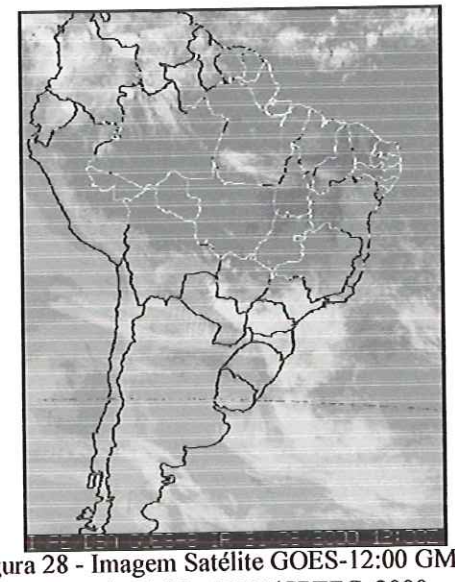


Figura 28 - Imagem Satélite GOES-12:00 GMT
Dia 31/08 - INPE/CPTEC, 2000
FASE DE AVANÇO

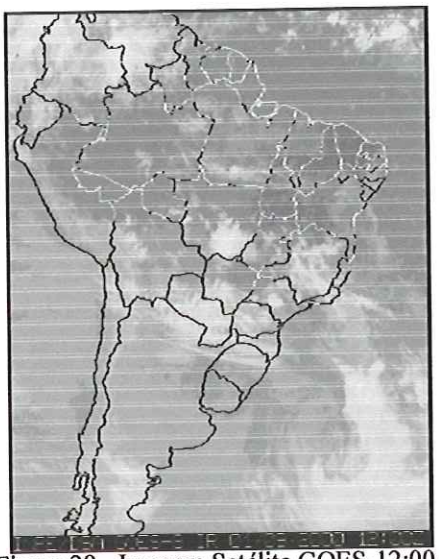


Figura 29 - Imagem Satélite GOES-12:00 GMT
Dia 01/09 - INPE/CPTEC, 2000
FASE DE AVANÇO

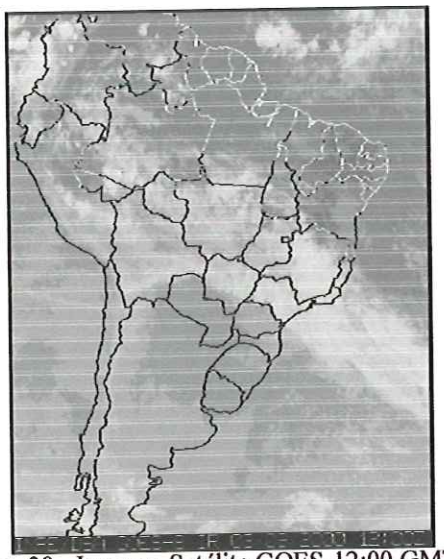


Figura 30 - Imagem Satélite GOES-12:00 GMT
Dia 03/09 - INPE/CPTEC, 2000
FASE DE DOMÍNIO

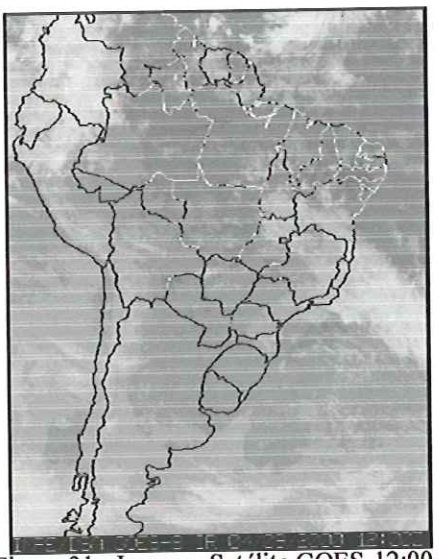


Figura 31 - Imagem Satélite GOES-12:00 GMT
Dia 04/09 - INPE/CPTEC, 2000
FASE DE TRANSIÇÃO

Como observação, segundo informações sinópticas do INPE/CPTEC (2000), constatou-se que os dias que antecederam o período de 31/08 a 04/09 tiveram a presença de massa de ar Polar sobre a região Sudeste, que avançou para o Oceano Atlântico.

A frente fria que atuou no período analisado provocou nebulosidade com ocorrência de chuvas e trovoadas (INPE/CPTEC, 2000). Conforme pode ser observado pelos dados tomados em superfícies (Descalvado – SP), por exemplo da radiação solar global (figura 32), temperatura e umidade relativa do ar (figura 33). O dia 31/08 tratou-se de um dia peculiar, de situação Pré-frontal.

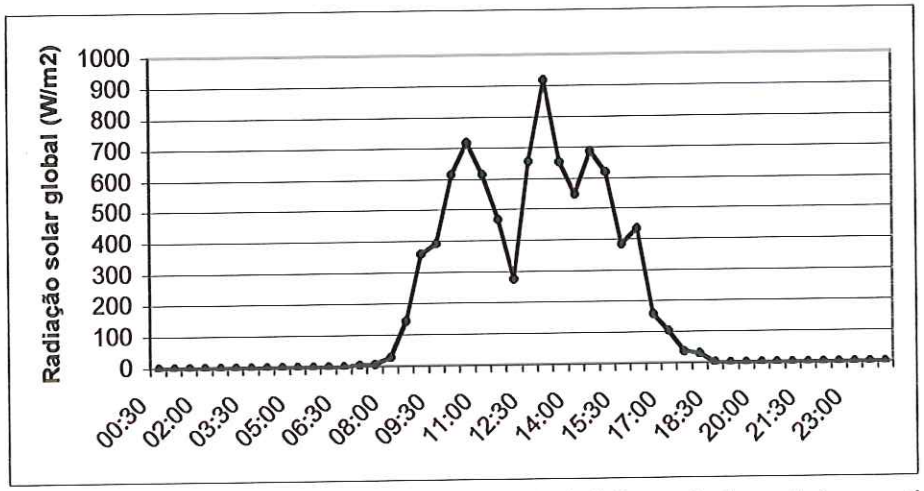


Figura 32 – Radiação Solar Global, dia 31/08/2000. A deformação da parábola, a partir das 10:30h, de 700 para 280 W/m^2, denuncia a possível presença de nebulosidade e de chuvas.

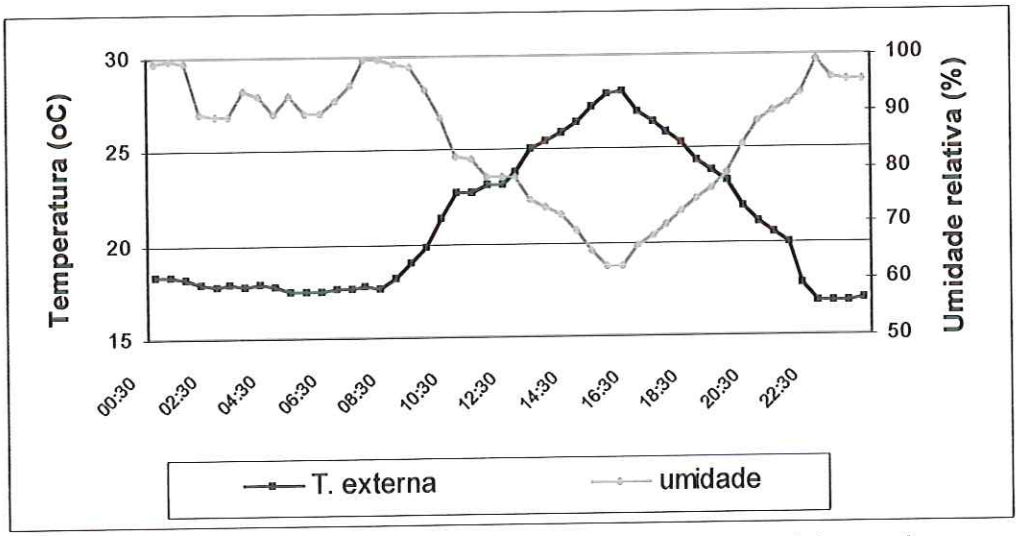


Figura 33 – Temperatura e umidade relativa do ar, dia 31/08/2000. No período matutino, as temperaturas alcançaram registros de até 17° C, elevando-se, gradualmente, a partir das 10:30 h. Nessa hora, a umidade relativa registrava 82%.

O dia 01/09 pode ser considerado fase de Avanço, com a presença de frente fria sobre o Oceano Atlântico, na altura do litoral do Paraná. Observa-se na figura 29, na página 48, uma área de instabilidade associada a um sistema de baixa pressão, situado sobre o Estado de São Paulo, Paraná, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (INPE/CPTEC, 2000).

A descrição sinóptica do dia 02/09/2000 (INPE/CPTEC, 2000) relata que uma frente fria atuou no Estado de São Paulo, que chuvas e trovoadas estavam ocorrendo em toda a região. Como conseqüência das chuvas concentradas, no nordeste e leste de São Paulo, houve declínio das temperaturas, conforme anteriormente citado, que se caracterizou como a fase de domínio. A penetração da frente fria, sobre a região, impôs fortes mudanças no comportamento climático.

No dia 03/09, figura 30, na página 48, pode se observar que a frente fria continuou atuando entre os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Sobre o Estado de São Paulo muita nebulosidade foi observada, sendo que somente nas regiões nordeste e leste do estado ocorreram chuvas. Durante esse dia, foram registradas no Estado de São Paulo temperaturas entre 14°C e 20°C (IPMet, 2000) e as maiores velocidades do vento registradas no Estado de São Paulo ficaram entre 52 km/h, em Campinas, e 39 km/h em Bauru (IPMet, 2000).

A imagem do satélite GOES (figura 31, na página 48) mostra a frente fria sobre o Oceano Atlântico, no litoral do Espírito Santo e no Sul da Bahia. Esse sistema afastou-se mais do continente, porém continuou provocando nebulosidade nos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Devido à circulação dos ventos, em níveis baixos da atmosfera, houve muita nebulosidade no centro-leste de São Paulo e Paraná. Uma massa de ar seco atuou no centro-norte da Argentina, Uruguai, região Sul do Brasil, Paraguai, Mato Grosso do Sul, oeste e sul de São Paulo. O dia 04/09, portanto, caracterizou-se como dia de transição, da fase Pós-frontal.

5.1.2. Radiação Solar no período de 31/08 a 04/09/2000

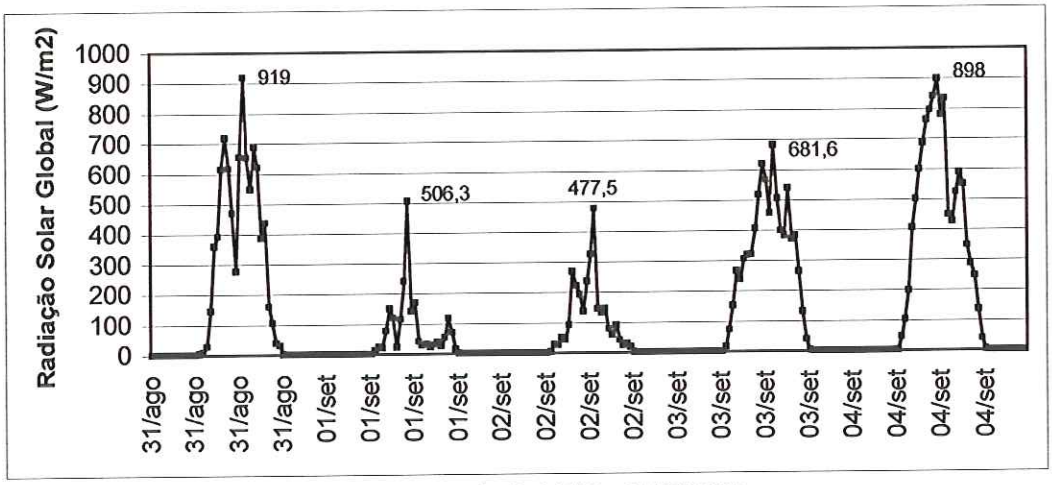


Figura 34 – Radiação Solar Global, no período de 31/08 a 04/09/2000.
A seqüência mostra o comportamento da radiação solar global, cujas senóides evidenciam a redução dos seus valores habituais em função da nebulosidade, entre os dias 31/08 e 01/09, cuja redução foi de 919 para 506,3 W/m^2. Observa-se no dia 01/09 que os valores diminuíram acentuadamente de 506,3 para 10 W/m^2, no momento em que se deu a entrada da frente fria. Esse fato indica a presença de forte nebulosidade sobre a região. A configuração da senóide continua sofrendo descontinuidade pela presença de nebulosidade, nos dias posteriores, porém com sensível acréscimo de valores, com tendência de retomar o comportamento normal.

A configuração do dia 31/08 da radiação solar global é peculiar da fase de avanço, quando pode-se depreender, na figura 34, a ocorrência de nebulosidade evidenciada pela deformação na sua trajetória normal da parábola, que foi de 290 W/m^2 a 919 W /m^2.

Pode-se concluir que no dia 01/09, na figura 34, há deformação na sua trajetória normal da parábola. Essa configuração da radiação solar global evidencia a ocorrência de nuvens.

No dia 02/09, os valores da radiação solar global se reduzem em função da nebulosidade, com ou sem a ocorrência de chuvas, fato que impede o aquecimento do solo e, portanto, a elevação da temperatura do ar. Na figura 34, conclui-se, ainda, que houve redução dos valores da radiação, no momento de transição da fase de avanço para domínio.

O dia 03/09 caracterizou-se como etapa Pós-Frontal. Analisando-se os valores da radiação solar global, na figura 34, pode-se verificar o domínio da massa de ar Polar, desde o período matutino, conforme demonstram as descontinuidades da

parabólica habitual da radiação. A ocorrência de nuvens reduziu os valores da radiação solar global e ocasionou chuvas na região, nesse período.

O dia 04/09 caracterizou-se como dia de transição da etapa Pós-frontal. Isso pode ser acompanhado por meio do gráfico da radiação solar global (figura 34, na página anterior). No período matutino, a curva parabólica da radiação solar global apresentou-se na sua forma habitual, sem a presença de nuvens. Pode se notar, no período vespertino, a possível presença e ação da nebulosidade. A partir desse dia, houve a tendência da parábola da radiação solar global ser circunscrita de maneira habitual.

5.1.3. Pressão atmosférica no período de 31/08 a 04/09/2000

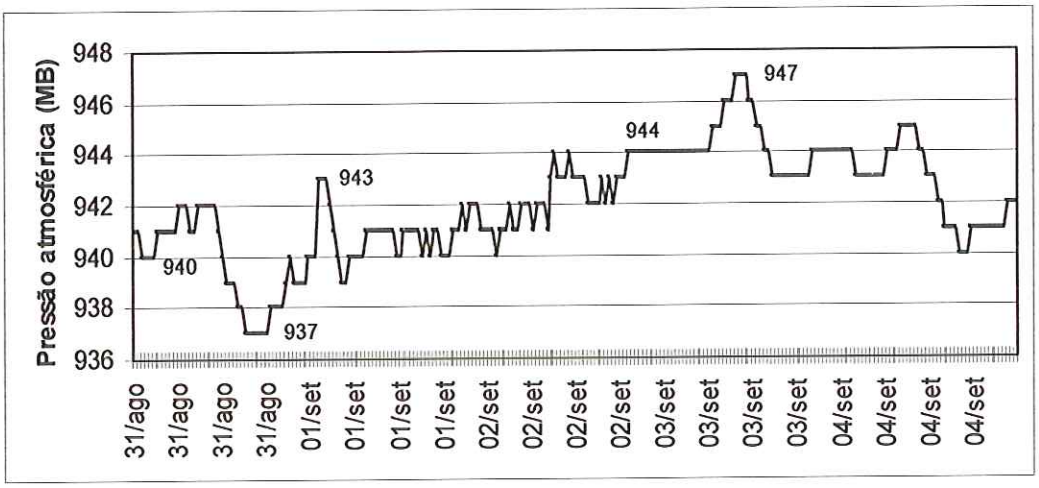


Figura 35 – Pressão atmosférica, no período de 31/08 a 04/09/2000.
A figura representa os gráficos referentes aos dias 31/08, 01/09, 02/09, 03/09 e 04/09/2000, procurando mostrar o comportamento da pressão atmosférica, nas fases de avanço, domínio e transição. A pressão atmosférica apresenta tendência de queda a partir do dia 31/08, durante o avanço da frente fria sobre a região. A partir do dia 02/09 ocorreu a elevação dos valores.

Durante o episódio, nas etapas Pré e Pós-frontal, o comportamento da senóide denuncia a tendência de queda ou aumento de valores registrados de pressão, configurando o seguinte comportamento: na fase de avanço, alteração na configuração da senóide e sensível queda nos seus valores nos momentos que antecedem a entrada da frente. Portanto, a pressão atmosférica é um importante elemento denunciador da presença de frentes Polares em uma determinada região.

No dia 31/08, pode-se constatar queda de 5mB em curto espaço de tempo, com valores respectivamente máximos e mínimos de 942 e 937 mB.

Conforme figura 35, na página anterior, o valor máximo de registro do dia 01/09 foi 943 mB, modificando a configuração senoidal da pressão barométrica. A amplitude ocorrida neste dia foi de 4 mB. Esses valores denunciam a fase de avanço da massa de ar Polar.

Conforme se verifica na figura 35, os altos valores (944mB) da pressão atmosférica, registrados no dia 02/09, evidenciam uma tendência normal da pressão atmosférica após a entrada da frente Polar, característica da fase de domínio.

Após o momento da entrada da frente Polar, a tendência de acréscimo nos registros da pressão atmosférica se mantém até o final do episódio. O menor valor registrado, no dia 03/09, foi o de 943 mB, enquanto que os valores máximos da pressão atmosférica atingiram 947 mB.

A pressão atmosférica atingiu, no dia 04/09, valores de 945 mB, com tendência de queda (quando um novo ciclo se inicia) e retornando sua características habituais da senóide.

5.1.4. Temperatura e umidade do ar no período de 31/08 a 04/09/2000

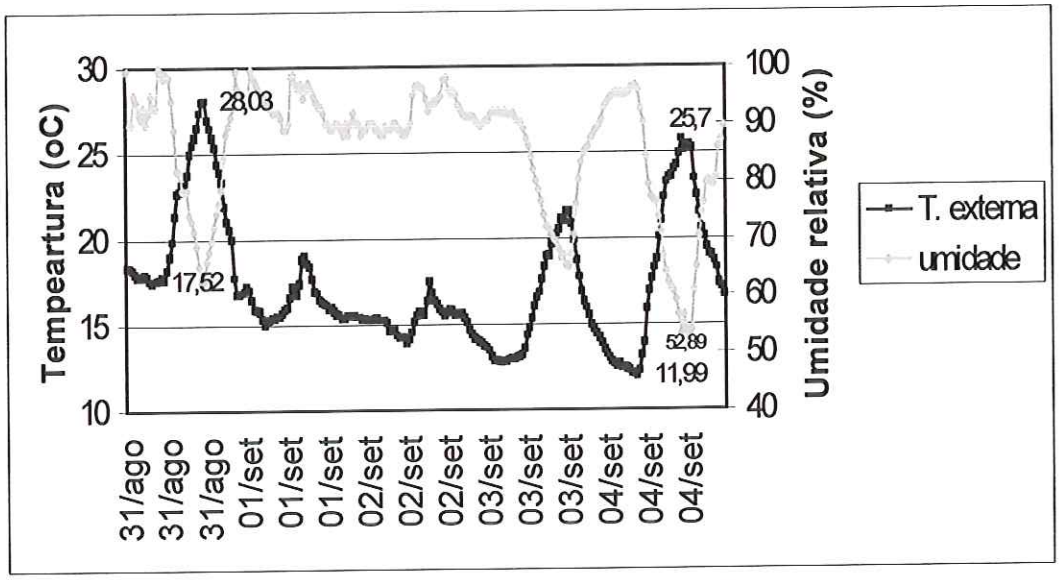


Figura 36 – Temperatura e umidade relativa do ar, no período de 31/08 a 04/09/2000.
O gráfico mostra o comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar, cujos valores registrados na fase de avanço, denunciam a entrada da frente fria, que pode ser observado pela ruptura dos valores da temperatura e umidade relativa do ar. Na fase de domínio, dias 02 e 03/09, os valores registrados repetem o comportamento do dia anterior. Observa-se que há uma retomada da tendência habitual da senóide, a partir do final do dia 03/09/2000.

Durante o dia 31/08 as noites foram frias e úmidas, enquanto que as manhãs foram confortáveis. Os valores da temperatura foram de 27°C e da umidade relativa do ar alcançaram, aproximadamente, 60%.

De acordo com figura 36, as noites e as manhãs do dia 01/09 foram frios e úmidos. A menor temperatura registrada foi 15°C, durante a madrugada. A umidade relativa do ar apresentou amplitude de 6%, no intervalo de 11:00h às 14:00h.

Os valores da umidade relativa do ar permaneceram sempre elevadas, conforme figura 37, na página seguinte, que representa o gráfico da temperatura e umidade relativa do ar, para o dia 01/09/2000.

É uma tendência habitual que na entrada de frente Polar as temperaturas tenham quedas acentuadas e elevação dos valores da umidade relativa do ar.

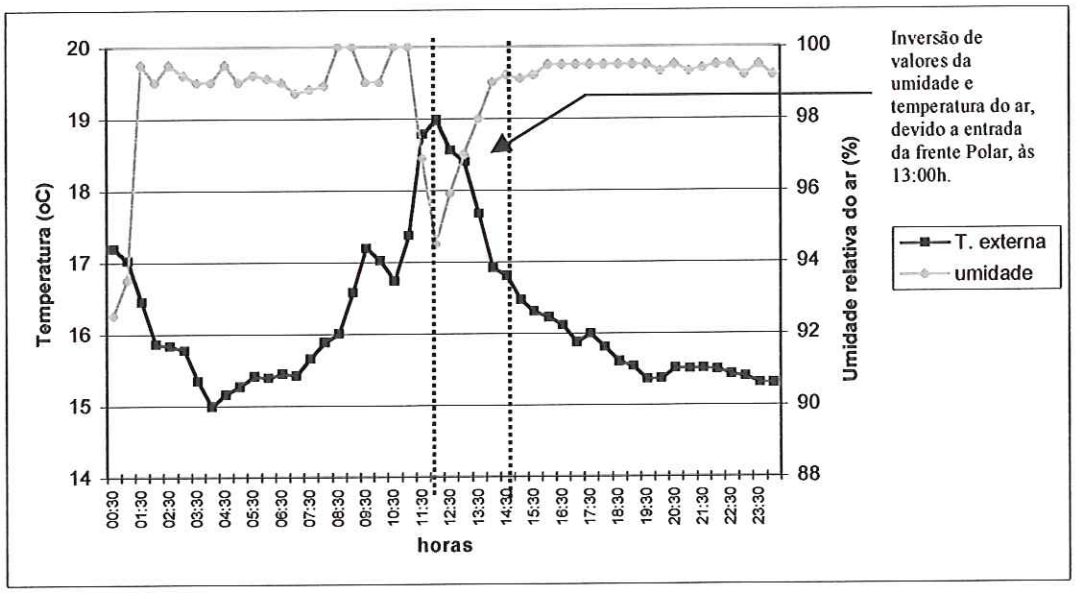


Figura 37 – Temperatura e umidade relativa do ar, no dia 01/09/2000.

Dia 01/09, dia em que a frente fria penetrou sobre a região de Descalvado, ocorreu uma inversão acelerada dos valores de temperatura e umidade relativa do ar. As habituais senóides desapareceram e, no momento da penetração, às 13:00h, as curvas tenderam a se inverter (figura 37).

Nos dias 02 e 03/09, fase de domínio, os valores máximos da temperatura do ar se mantiveram abaixo de 17°C, sendo que as temperaturas, no dia 02/09, aproximaram-se dos 14°C, portanto dias frios e úmidos.

Com a penetração da massa Polar Atlântica sobre a região, os valores da temperatura diminuem na fase de domínio Pós-frontal, que podem ampliar, mais ainda, durante esta fase. A amplitude térmica do dia 03/09 atingiu o valor de 9°C, conforme figura 36, na página anterior, tendo sido registrado, nesse dia, como menor valor de temperatura externa do ar, 13°C.

Dia 04/09, a amplitude da temperatura do ar aumentou para 12°C, ou seja, sofreu um acréscimo de 3°C em relação ao dia anterior. Os valores mínimos permaneceram baixos, atingindo registros inferiores a 12°C. A massa manteve reduzidas as temperaturas do ar, porém, aos poucos, foi perdendo seu teor de umidade que ainda é elevado. Esse dia caracterizou-se como fase de transição,

portanto os valores de temperatura tenderam a elevar-se, ao contrário da umidade relativa do ar que baixou, alcançando 60%.

5.1.5. Comportamento térmico das casas ocupadas, no período de 31/08 a 04/09/2000.

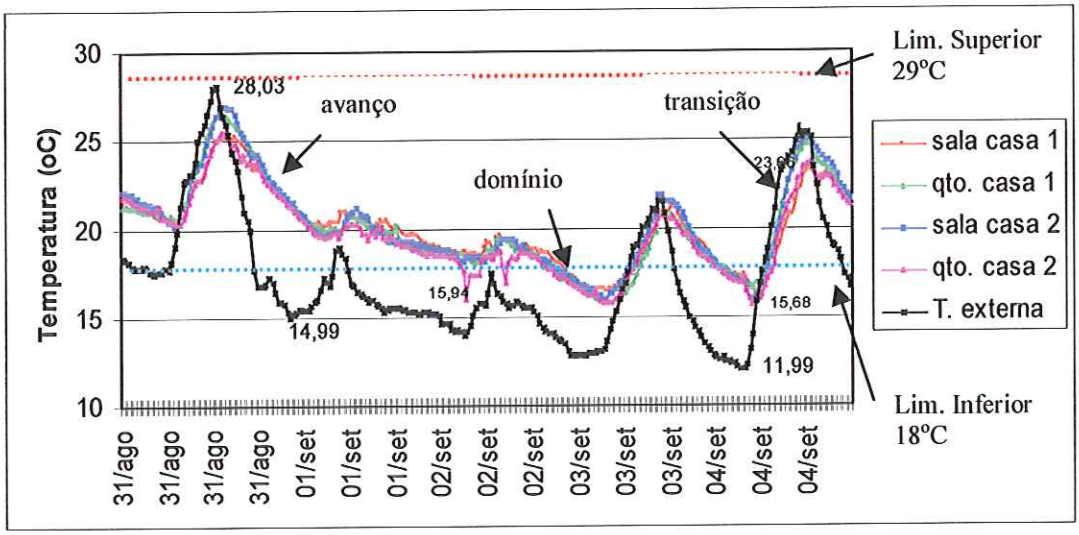


Figura 38 – Variação dos valores da temperatura do ar e das temperaturas internas das casas ocupadas, no período de 31/08 a 04/09/2000.
No gráfico, o espaço abaixo do limite inferior corresponde ao estresse de frio, em relação à temperatura. O espaço acima da linha de limite superior eqüivale ao estresse de calor. Percebe-se que não houve, durante esse episódio, nenhum momento em que as temperaturas exterior e interiores ultrapassaram o limite superior de 29°C. Por outro lado, durante os dias 02, 03 e 04/09, houve situações em que as temperaturas interiores decresceram, ultrapassando o limite inferior de 18°C.

Para análise das condições de comportamento das casas ocupadas foi adotado o diagrama de GIVONI (1992), cujos limitantes, indicadores de conforto térmico, situam-se entre 18° e 29°C, para temperaturas e 20% e 80%, para umidade relativa do ar. No item 2.5 da revisão da literatura, na página 15 dessa dissertação, esses limites apresentados para a zona de conforto térmico de GIVONI (1992) são discutidos mais detalhadamente.

De maneira a melhor visualizar o comportamento térmico das casas ocupadas em relação à temperatura externa, durante o episódio de inverno, nas fases Pré-frontal e Pós-frontal, foi construído o gráfico da figura 38.

No dia 31/08, fase de avanço, as temperaturas externas alcançaram os valores mais altos registrados durante o episódio analisado (28,03°C), com amplitude externa de 11°C. A temperatura externa obteve valores mais elevados por influência da radiação solar global, que nesse dia alcançou o patamar de 919W/m^2.

Os dias 01 e 02/09 (caracterizado como fase de avanço para domínio) apresentaram temperaturas exteriores mais baixas permanecendo quase sempre abaixo do limite inferior de 18°C, o que repercutiu nas casas ocupadas, que tiveram registros de temperaturas internas em todos os cômodos por volta dos 20°C ou menor.

Durante o dia 01/09, as temperaturas internas nas duas casas se mantiveram abaixo do limite superior, ou seja, 29°C, proposto por GIVONI (1992). No entanto, no final da noite, as temperaturas internas ficaram muito próximas do limite condicionante mínimo do referido autor, mesmo quando as temperaturas externas indicavam cerca de 15°C, mantendo uma diferença de, aproximadamente, 4°C. É importante ressaltar que esse dia apresentou-se frio e úmido, quando ocorreram reduzidos valores da temperatura do ar (figura 39) e, inversamente, os maiores registros da umidade relativa do ar (próximos de 100%).

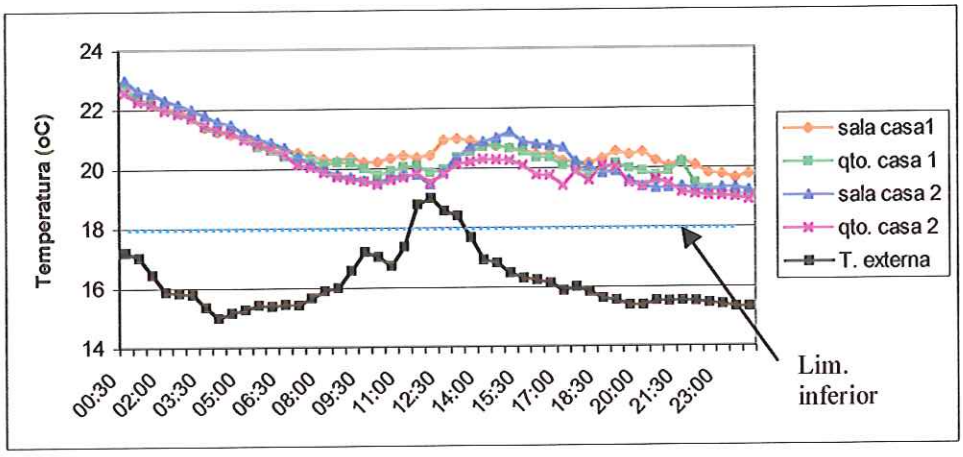


Figura 39 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 01/09/2000.
O gráfico apresenta a configuração das temperaturas interiores em relação à temperatura exterior, constatando-se o bom desempenho térmico das casas ocupadas frente ao frio não muito intenso.

No dia 02/09, configurou-se a fase de domínio culminando com o estresse térmico de frio úmido. O período vespertino normalmente responsável por valores elevados da temperatura foi alterado pela entrada da frente fria, que além do frio, trouxe, na massa de ar Polar, altos valores de umidade relativa do ar, superiores a 90%.

Conforme figura 38, na página anterior, pode se perceber que as diferenças das temperaturas externa e internas mantiveram-se praticamente constantes, na faixa

de até 4°C. No dia 02/09, as temperaturas internas estiveram acima do limite inferior de 18°C; excetuando-se dois momentos em que o quarto da casa 2 apresentou valores de menor temperatura, de acordo com a figura 40. Importante ressaltar que esses dois momentos ocorreram, um no período da manhã às 09:00h e outro no período da tarde às 15:30 h.

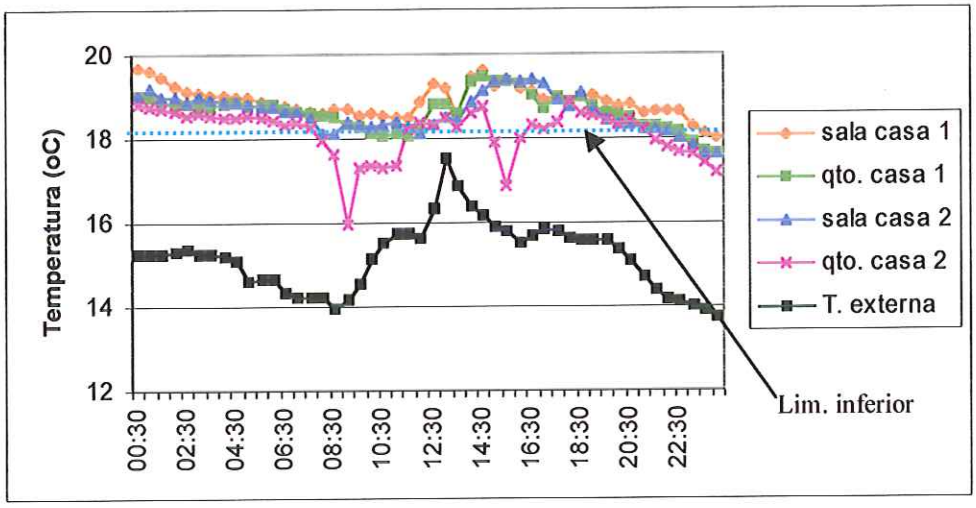


Figura 40 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 02/09/2000.
O gráfico apresenta as temperaturas interiores que estiveram sempre acima dos valores da temperatura exterior do ar. Ressalte-se que apenas o quarto da casa 2 teve duas situações em que houve uma maior aproximação dos registros da temperatura exterior.

Uma observação importante em relação as temperaturas internas das casas ocupadas é que esse quarto (casa 02) sempre esteve com temperaturas mais reduzidas se comparadas aos demais cômodos de ambas as casas. Analisando os motivos que poderiam estar influenciando esse resultado, acredita-se que a abertura de porta para a fachada Nordeste que, de acordo com seus moradores, sempre fica aberta, pode estar auxiliando no fluxo de vento no interior da edificação, fazendo com que a ventilação natural fosse efetiva, fato que resfria o ambiente. Outro elemento, observado durante as visitas de campo, que poderia estar contribuindo para essa diferença de temperatura seria o sombreamento que a casa 1 exerce sobre a casa 2.

No dia 03/09 (continuando em fase de domínio), as diferenças entre temperaturas externa e internas alcançaram cerca de 3°C, nos momentos em que a temperatura externa registrava menores valores, caso das primeiras horas da madrugada. No período da manhã até, aproximadamente, às 11:30h os ambientes

interiores de ambas as casas estiveram abaixo do limite inferior de 18°C, adotado por GIVONI (1992), seguindo o aumento da temperatura exterior. No entanto, a partir das 19:30h, quando a temperatura exterior registrou valores menores que 18°C, todos os ambientes interiores permaneceram acima deste limite até o final do dia, conforme figura 41.

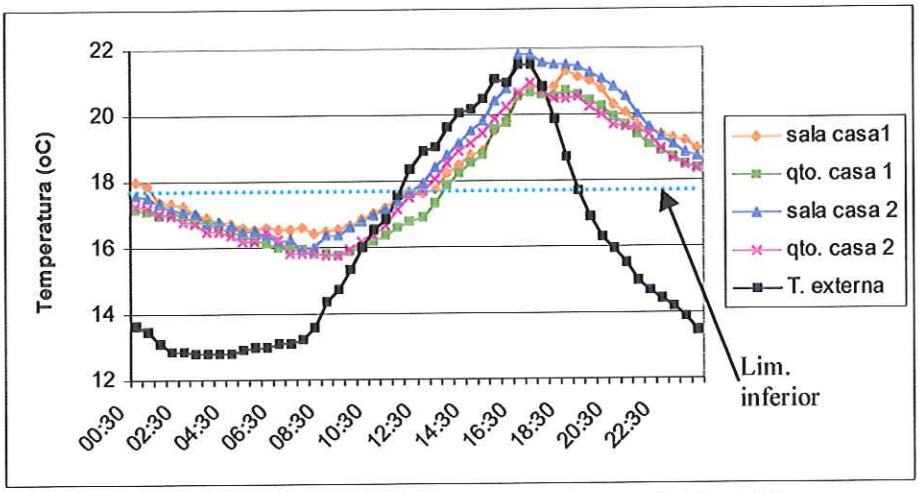


Figura 41 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 03/09/2000.
A figura mostra que as casas ocupadas, no período matutino, estiveram fora da zona de conforto proposta por Givoni. Apresentaram, no entanto, bom desempenho térmico, no período vespertino, mesmo quando houve redução nos valores das temperaturas exteriores.

No dia 04/09/2000, fase de transição, após o domínio da massa Polar sobre a região de Descalvado, etapa final do episódio, a menor temperatura exterior registrada foi de 11,99°C, no final da madrugada, e o maior valor ocorreu por volta das 15:30h, com registro de, aproximadamente, 26°C (figura 42, na página seguinte).

O valor da amplitude térmica continua aumentando em relação ao dia anterior, passando de 9°C (dia 03/09) para 13°C, o que traduziu a ação da radiação solar global atuando na ausência de nebulosidade. Mesmo quando as temperaturas externas apresentavam valores abaixo do limite inferior (18°C), os ambientes interiores das casas ocupadas registravam valores com diferença de até 4°C, para mais. Após às 11:00h os ambientes interiores registraram temperaturas acima do limite inferior até o final do dia.

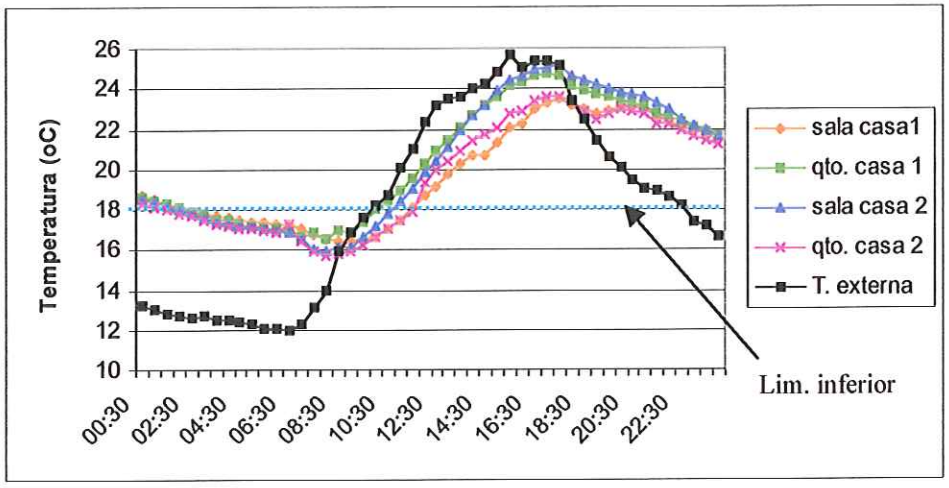


Figura 42 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 04/09/2000.
As casas ocupadas apresentaram bom desempenho térmico, notadamente a partir das 11:00h, mantendo-se com temperaturas dentro da zona de conforto proposta por Givoni, até o final do dia.

Pode-se depreender que, em nenhum momento, os cômodos estiveram acima do limite superior de Givoni, que seria de 29°C. Esse episódio analisado representa uma situação transicional de inverno para primavera, quando as massas de ar Polares costumam penetrar na Região Sudeste, com maior vigor, provocando alterações na amplitude térmica diária e fazendo com que a temperatura externa seja reduzida.

De acordo com a variação dos valores da temperatura exterior do ar e das temperaturas interiores, descrita anteriormente na figura 38, na página 56, as casas ocupadas permaneceram dentro dos limites inferiores e superiores de temperatura, propostos por GIVONI (1992), durante praticamente todo o episódio, excetuando 3 momentos em que as temperaturas externas alcançaram seus menores índices, a saber: dias 02 (14°C), 03 (13°C), 04 (12°C) de setembro de 2000, o que reduziu os valores das temperaturas interiores.

No dia 02/09, a menor temperatura interior foi de 15,94°C, no quarto da casa 2; dia 03/09 os registros de menor temperatura interior ficaram em torno de 16°C. E, finalmente, dia 04/09, ocorreu o menor valor de temperatura interior de todo o período analisado, que foi de 15,69°C, registrado também no quarto da casa 2.

Importante ressaltar que durante praticamente todo o episódio, a umidade relativa do ar registrou valores superiores a 80%, vindo a apresentar uma queda acentuada no dia 04/09 (fase de transição), quando os indicadores mostravam significativo aumento de temperatura do ar.

A configuração desse quadro imposto pela umidade relativa do ar, na maioria das vezes, contribuiu para que o desempenho térmico, no interior das casas, fosse empurrado para fora da zona de conforto, proposta por GIVONI (1992).

A respeito da influência desse elemento atmosférico, VAREJÃO-SILVA (2000) afirma que o conhecimento da quantidade de vapor de água existente no ar é essencial em vários ramos da atividade humana, sendo que um dos parâmetros utilizados para definir o grau de conforto ambiental para pessoas e animais é a umidade atmosférica reinante no local em questão.

Portanto, a umidade relativa do ar quando excessiva pode ser uma desvantagem, especialmente em condições de calor, para os habitantes das casas ocupadas, por causa do aumento da transpiração. Por outro lado, os reduzidos valores de umidade relativa do ar são muito mais suportáveis que o excesso, porém há a sensação de desconforto, devido ao ressecamento da pele e das mucosas.

5.2. Caracterização e análise do episódio representativo de primavera e suas repercussões no comportamento térmico das duas casas ocupadas

O episódio representativo do fato climático compreendido entre o período de 12 a 15 de outubro de 2000 (transição de primavera – verão) foi selecionado para caracterização e análise devido ao fato da representatividade permitida pelas condições atmosféricas, notadamente, pela constatação do registro das mais elevadas temperaturas em Descalvado – SP, que ocorreram no dia 14 de outubro de 2000, com valores que alcançaram até 37,16°C, bem como acentuada queda nos níveis de umidade relativa do ar (aproximadamente 22%).

Nesse período ocorreu a atuação de uma massa Tropical Atlântica (ar seco), sobre a região, que impediu a entrada de frentes frias que permaneceram vários dias sobre o Sul do Brasil e que, posteriormente, desviou as frentes Polares em direção ao Oceano Atlântico.

Pode-se dizer que houve uma excepcionalidade climática durante esse episódio, devido a permanência dessa massa de ar, de característica quente e seca, sobre a região de Descalvado, que teve como conseqüência a ocorrência das temperaturas do ar mais elevadas, registradas nos últimos dez anos, notadamente, na região de São Carlos (35,5°C, segundo a EMBRAPA), Ribeirão Preto (36°C, segundo o Instituto Agronômico de Campinas) e Descalvado (37,16°C, segundo a presente investigação).

A figura 43 mostra o comportamento da temperatura exterior do ar e da umidade relativa do dia 14/10/2000, evidenciando elevado registro de temperatura.

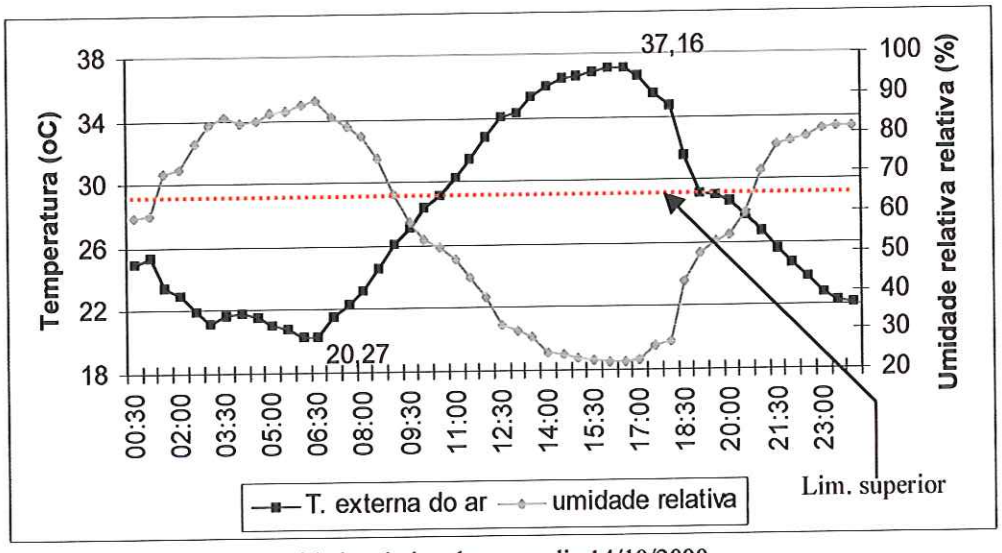


Figura 43 – Temperatura e umidade relativa do ar, no dia 14/10/2000.
Fase de domínio da massa Tropical Atlântica, sobre a região, evidenciada pelos reduzidos valores da umidade relativa do ar e dos elevados registros da temperatura do ar. Nesse dia, em particular, registrou-se a maior temperatura do ar exterior da última década.

Esse episódio, período de curta duração, quando a massa Polar não conseguiu penetrar sobre a região, desviando-se para o Oceano Atlântico, interrompendo o seu ciclo habitual, representou uma situação distinta à descrita, anteriormente, no item 5.1.4, na página 54 dessa dissertação.

Segundo indica a figura 43, houve ocorrência de provável estresse térmico de calor seco, no período vespertino, combinando estresse por queda nos valores da umidade relativa do ar, observando-se os índices de GIVONI (1992). Nesse período (vespertino), a umidade relativa do ar restringiu-se entre 20 e 40%.

A análise desse episódio de primavera permitiu evidenciar o ritmo climático que foi imposto pela circulação atmosférica sobre a região e suas repercussões sobre o ambiente construído.

5.2.1. Análise do episódio representativo de 12/10 a 15/10/2000.

De acordo com o Boletim de Informações Climáticas (INPE/CPTEC, 2000) durante o mês de outubro, observou-se um aumento gradativo de nuvens profundas sobre a Amazônia Central e a região Sul do Brasil. Os episódios de chuva generalizada foram registrados na região Sul.

Em outubro, sete sistemas frontais atuaram no país, ficando este número um pouco acima da média histórica, que são de seis sistemas frontais (INPE/CPTEC, 2000). A passagem de perturbações em altos níveis e frentes frias contribuíram para a formação de áreas de instabilidades sobre as regiões Sul e Sudeste, e no sul do Mato Grosso do Sul. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil houve aumento de temperatura, devido ao transporte de ar quente, a partir da região Norte, e ao grande número de dias ensolarados.

Ainda segundo o Infoclima (INPE/CPTEC, 2000), foi observado, especificamente para a região Sudeste, a formação de linhas de instabilidades na quarta semana do mês, devido a passagem de sistemas frontais, causando chuvas, ventos fortes e queda de granizo em algumas localidades.

O presente episódio, a seguir, descreve a presença de uma massa de ar tropical Atlântica que atuou sobre a região de Descalvado, conforme as figuras 46 e 47, imagens de satélite GOES (INPE/CPTEC, 2000), na página seguinte. O episódio teve início com a etapa Pré-frontal, fase de prenúncio, no dia 12/10 (figura 44) e fase de avanço, no dia 13/10 (figura 45).

Salienta-se que não houve a fase de domínio e transição, que completaria o ciclo, pois conforme dito anteriormente, a frente fria foi desviada para o Oceano Atlântico. Portanto, os dias 14 e 15/10/2000 (figuras 46 e 47, respectivamente), representam o domínio da massa Tropical Atlântica sobre a região de Descalvado.

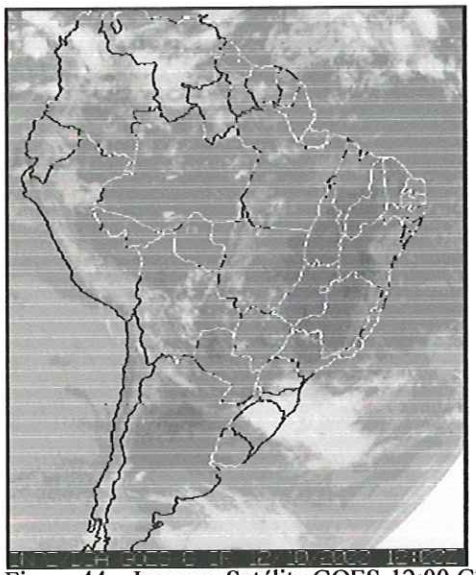


Figura 44 – Imagem Satélite GOES-12:00 GTM
Dia 12/10 INPE/CPTEC, 2000
FASE DE PRENÚNCIO

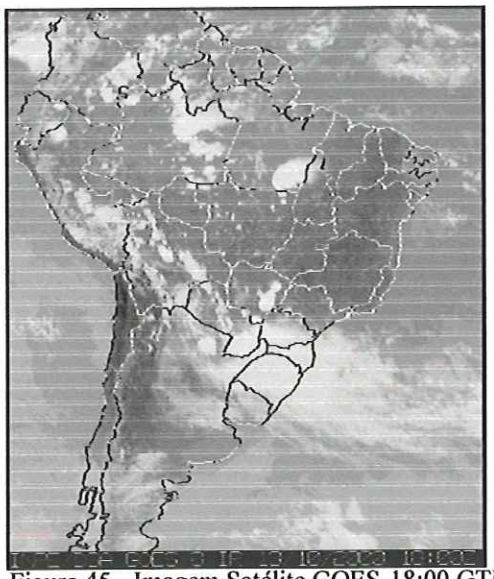


Figura 45 - Imagem Satélite GOES-18:00 GTM
Dia 13/10 INPE/CPTEC,2000.
FASE DE AVANÇO

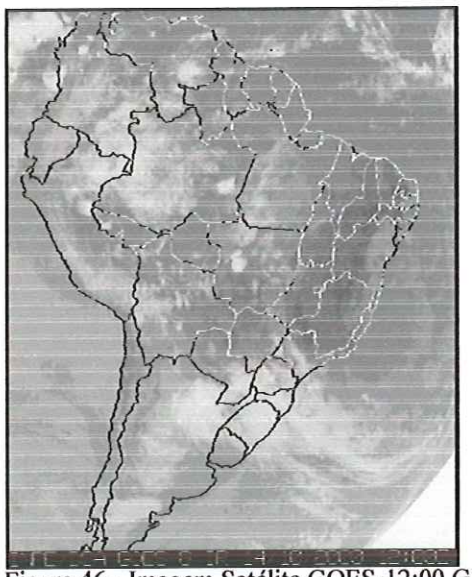


Figura 46 - Imagem Satélite GOES-12:00 GMT
Dia 14/10 INPE/CPTEC, 2000.
DOMÍNIO DA MASSA TROPICAL
ATLÂNTICA

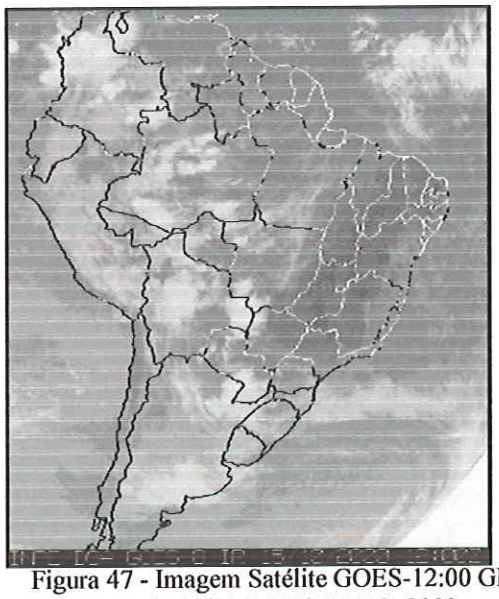


Figura 47 - Imagem Satélite GOES-12:00 GMT
Dia 15/10 INPE/CPTEC, 2000.
DOMÍNIO DA MASSA TROPICAL
ATLÂNTICA

De acordo com descrição sinóptica (IPMet, 2000), uma frente fria moderada/forte atuou sobre o centro-norte, no Estado do Rio Grande do Sul, com chuvas e trovoadas associadas. Uma massa de ar quente e úmida predominou sobre o Sudeste do Brasil e, ainda, sobre o Estado do Paraná, conforme figura 44.

Na fase de tentativa de avanço da massa Polar atlântica, dia 13/10 (figura 45), a frente fria caminhou em direção às faixas sul e leste do Estado de São Paulo,

mantendo as condições de instabilidade, provocando chuvas e trovoadas no sul do Brasil e no Estado de São Paulo. A massa de ar frio na retaguarda desse sistema tem seu centro localizado no nordeste da Argentina e Uruguai.

A seguir, os dias 14 e 15 de outubro de 2000 encerram a descrição e análise desse curto episódio representativo do fato climático, de transição de primavera – verão. A partir dessa data, nova frente fria configurou-se no Sul do País, enquanto que o ar polar tropicalizou-se sobre o efeito da radiação, que foi mais intensa, alterando suas características iniciais.

O sistema frontal que provocou chuvas e trovoadas no Paraná e em Santa Catarina no dia anterior, continuou atuando com chuvas fracas nesses Estados, começando a se deslocar para o oceano. No Estado de São Paulo foi observada pouca nebulosidade. No dia 14/10, ocorreu a atuação de uma massa de ar seco sobre a região, massa Tropical Atlântica (IPMet, 2000), que impediu a entrada de uma frente fria que permaneceu sobre a região Sul, por vários dias.

Para o dia 15/10, conforme figura 47, na página anterior, devido a existência de um vórtice ciclônico em altos níveis o tempo continuou sem alteração no Sudeste do Brasil, ou seja, pouca existência de nebulosidade e a manutenção de temperaturas elevadas do Nordeste ao Sudeste do Brasil.

5.2.2. Radiação Solar no período de 12 a 15/10/2000

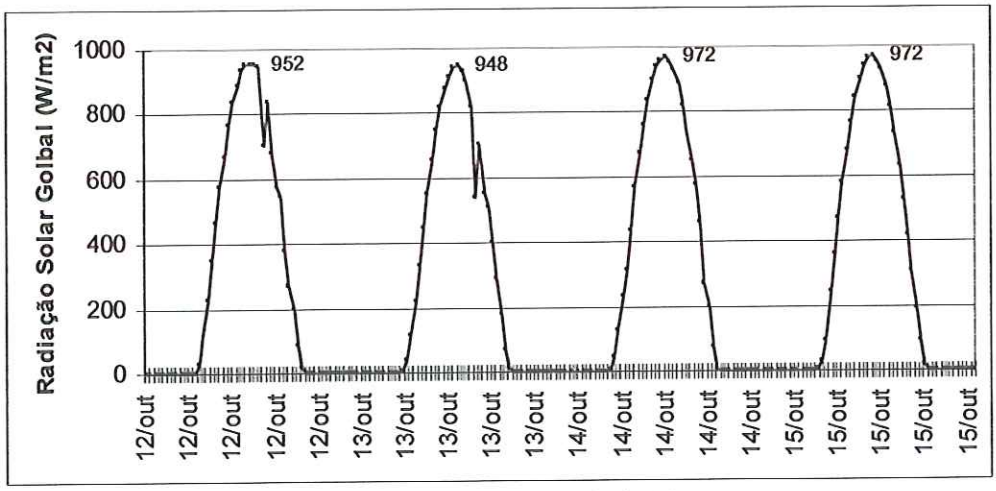


Figura 48 – Radiação Solar Global, no período 12 a 15/10/2000.
A seqüência mostra o comportamento da radiação solar global. As formas parabólicas são praticamente idênticas, alterando-se apenas quando sofreram pequena descontinuidade. Percebe-se os altos valores da radiação solar global, ultrapassando registros de 950 W/m^2.

Na etapa Pré-frontal, o dia 12/10, caracterizou-se como fase de prenúncio. Pela manhã, com céu limpo, a radiação solar global circunscreveu sua parábola habitual, conforme figura 49. Nota-se a presença da ação de nebulosidade, a partir das 14:00h até às 16:30h.

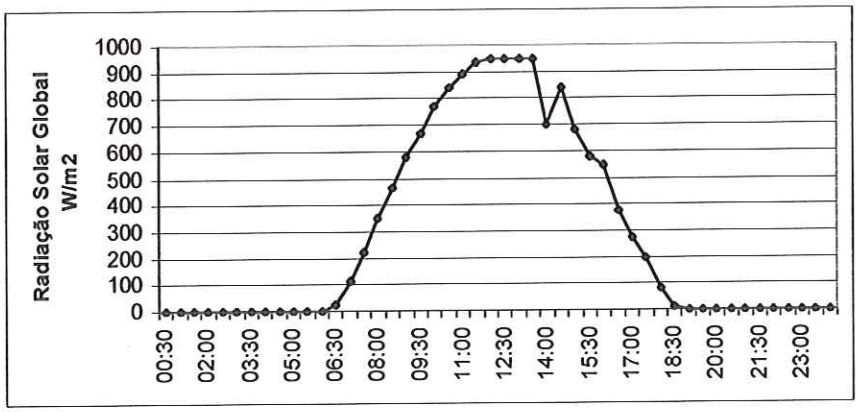


Figura 49 – Radiação Solar Global, no dia 12/10/2000.
O gráfico evidencia a atuação da radiação solar global e poucos efeitos da nebulosidade, no período matutino. A descontinuidade da parábola é verificada no período vespertino.

A curva parabólica da radiação solar global no dia 13/10 apresentou-se na sua forma habitual, no período da manhã; sendo perceptíveis as descontinuidades oriundas da presença de nebulosidade sobre a região. Essas alterações ocorreram no período vespertino.

De acordo com a figura 48, na página anterior, o comportamento da radiação solar global é praticamente idêntico, nos dias 14 e 15/10. As parábolas denunciam a ausência de nebulosidade, confirmada pelas observações do IPMet (2000). Sua atuação sobre as superfícies é fundamental para o processo de aceleração da dissipação da massa polar.

5.2.3. Pressão atmosférica, no período de 12 a 15/10/2000.

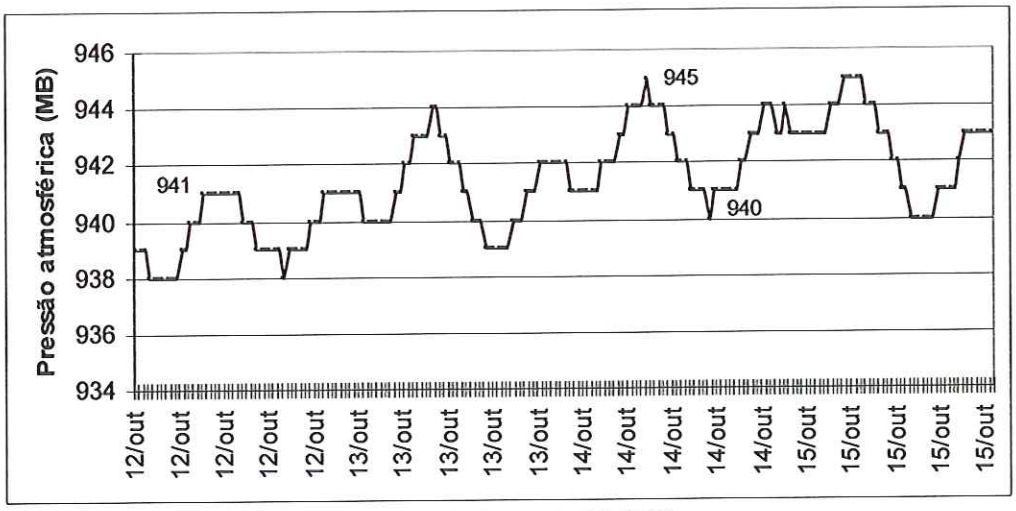


Figura 50 – Pressão atmosférica, no período de 12 a 15/10/2000.
A pressão atmosférica apresenta tendência de elevação a partir do dia 13/10, na fase de prenúncio, tendo seu maior registro no domínio da massa Tropical Atlântica.

Conforme figura 50, verifica-se que no dia 12/10, o maior registro observado foi de 941 mB, o menor valor de 938 mB, sendo a amplitude de 3 mB.

Nota-se um aumento da pressão atmosférica, a partir do dia 13/10, alcançando o valor máximo de 944 mB. Em seguida, ocorreu uma significativa queda nos valores da pressão, cuja amplitude foi de 5 mB, num intervalo de seis horas, alcançando o menor valor diário de 939 mB, portanto a diferença da amplitude diária entre os dias 12 e 13/10 foi de 2 mB.

Nos dias 14 e 15/10, os valores da pressão atmosférica continuaram a se elevar. O maior valor de todo o episódio, registrado em ambos os dias 14 e 15/10, foi de 945 mB.

5.2.4. Temperatura e umidade do ar, no período de 12 a 15/10/2000

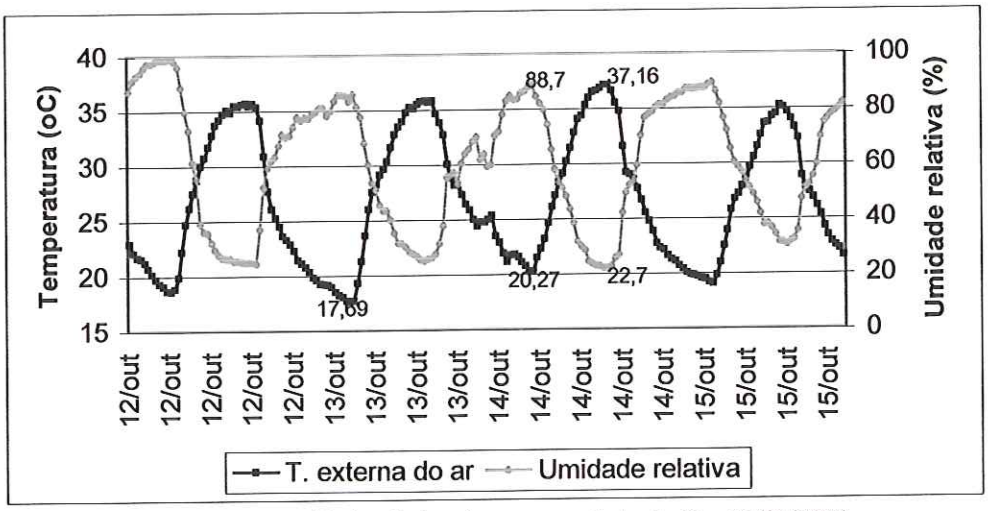


Figura 51 – Temperatura e umidade relativa do ar, no período de 12 a 15/10/2000. Observa-se no gráfico que o comportamento da senóide, de ambos parâmetros analisados, segue sua seqüência habitual, porém indica que os valores de temperatura do ar ultrapassaram a marca dos 37°C, no dia 14/10/2000.

A temperatura do ar, no dia 12/10, ultrapassou a marca dos 35°C. A amplitude térmica nesse dia foi de 21°C. A umidade relativa do ar, quando os valores da temperatura excediam os 35°C, acusava valores menores do que 25%. Esse teor mínimo de umidade relativa foi verificada no período vespertino, o qual pode-se indicar uma situação de calor seco, agravando, ainda mais, a possível condição de estresse térmico ao qual os moradores das casas ocupadas de Descalvado estiveram submetidos.

Os valores de temperatura do ar registrados no dia 13/10 alcançaram o menor índice do período analisado, 17,69°C. A amplitude térmica diminuiu pouco em relação ao dia anterior, passando de 21° para 18°C. A umidade relativa do ar continua registrando reduzidos valores, apresentando, no período vespertino, índices menores de 30%.

Ocorreu, durante os dias 14 e 15 /10, elevação dos registros de temperatura do ar exterior, devido a presença da massa Tropical Atlântica, o conseqüente aumento da radiação solar global. O maior valor da temperatura do ar, de todo o episódio analisado, foi de 37,16°C, no dia 14/10; sendo este, provavelmente, o maior registro dos últimos dez anos.

No entanto, no dia 14/10, a umidade relativa do ar, conforme figura 51, atingiu seus menores valores, por volta de 22%. Essa situação configurou-se num

período de provável estresse térmico de calor seco, conforme foi mostrado anteriormente, por meio da figura 43 (pag. 63), no início da descrição do episódio de primavera.

5.2.5. Comportamento térmico das casas ocupadas, no período de 12 a 15/10/2000.

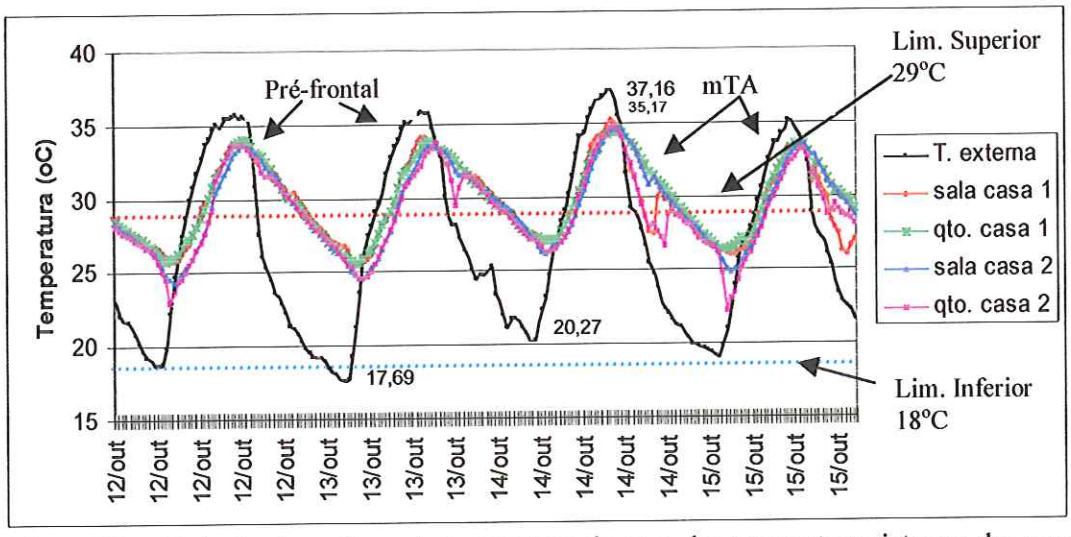


Figura 52 – Variação dos valores da temperatura do ar e das temperaturas internas das casas ocupadas, no período de 12 a 15/10/2000.
A seqüência mostra que o episódio de primavera registrou elevados valores da temperatura do ar externa, fazendo com que as temperaturas interiores seguissem essa tendência. Mesmo sobre essas condições, as casas ocupadas estiveram, durante a maior parte do período analisado, dentro dos limites de temperatura do ar superior, 29°C, em linha pontilhada vermelha e inferior, 18°C, em linha pontilhada azul.

Para tornar mais claro o entendimento do comportamento térmico das casas ocupadas, no período de 12 a 15 de outubro, episódio de primavera, foi elaborado o gráfico da figura 52, com destaque aos limites superiores e inferiores, segundo GIVONI (1992), respectivamente, limites pontilhados vermelho e azul.

Durante quase todo o episódio, as temperaturas internas se apresentaram, nos cômodos da casa 1, acima de 25°C, enquanto a casa 2 registrou temperaturas inferiores a 25°C, nos dias 12, 13 e 15/10, mesmo quando as temperaturas externas registravam, aproximadamente, 20°C.

O episódio analisado foi marcado por valores elevados de temperatura do ar externa, que fez com que as temperaturas internas dos cômodos também se elevassem.

Depreende-se, ainda, que na maior parte do episódio, as casas ocupadas estiveram dentro dos limites superior (29°C) e inferior (18°C) propostos por GIVONI (1992), representados, na figura 52, na página anterior, pelas linhas pontilhadas. Para maior detalhamento, as análises diárias são descritas a seguir.

As casas ocupadas estiveram acima do limite superior de 29°C, no dia 12/10 (figura 53), a partir da 11:30h até o final do dia, levando-se em consideração os limites de GIVONI (1992), sendo que no início da madrugada os valores da temperatura interior ficaram muito próximos do limite de desconforto térmico (temperatura do ar interna).

Quando as maiores temperaturas internas chegaram a 33,6°C, os valores da temperatura do ar externa acusavam 35,7°C e a umidade relativa externa do ar apresentava-se com 25%.

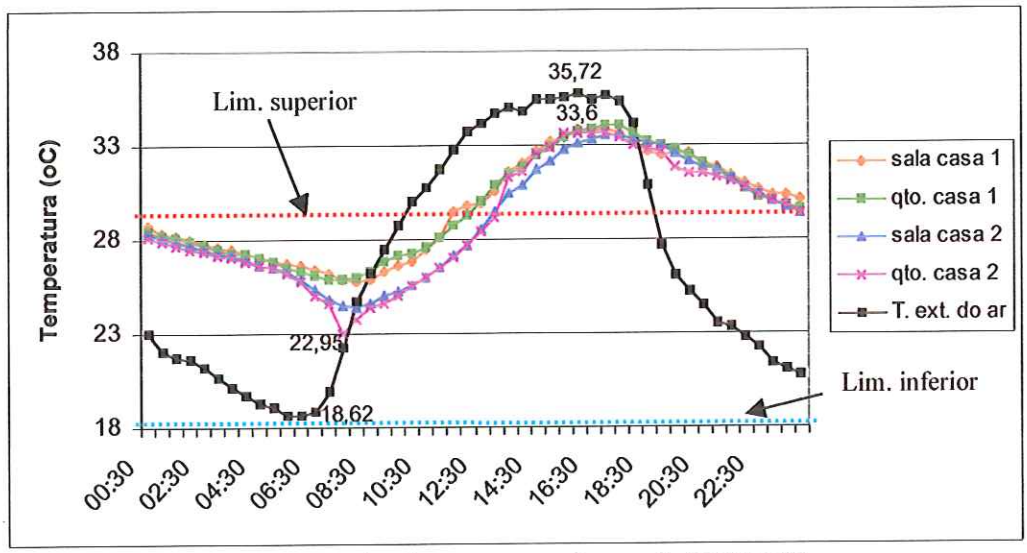


Figura 53 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 12/10/2000.
Depreende-se que o quarto da casa 2 apresentou uma situação de menor temperatura, em relação aos outros cômodos, alcançando registro de 22,95°C. Nesse momento, a diferença entre a sala e o quarto da casa 2 era de 1,5°C.

Conforme figura 54, levando-se em consideração os índices de B. Givoni, os cômodos das casas ocupadas mantiveram-se acima de seu limite superior para temperatura do ar, a partir das 11:30h, até o final do dia 13/10.

A temperatura do ar externa, no dia 13/10, atingiu patamares superiores a 35°C, notadamente entre 13:00h e 17:30h. A amplitude térmica diária registrada foi de 18°C, um pouco abaixo da registrada no dia anterior, que foi de 21°C.

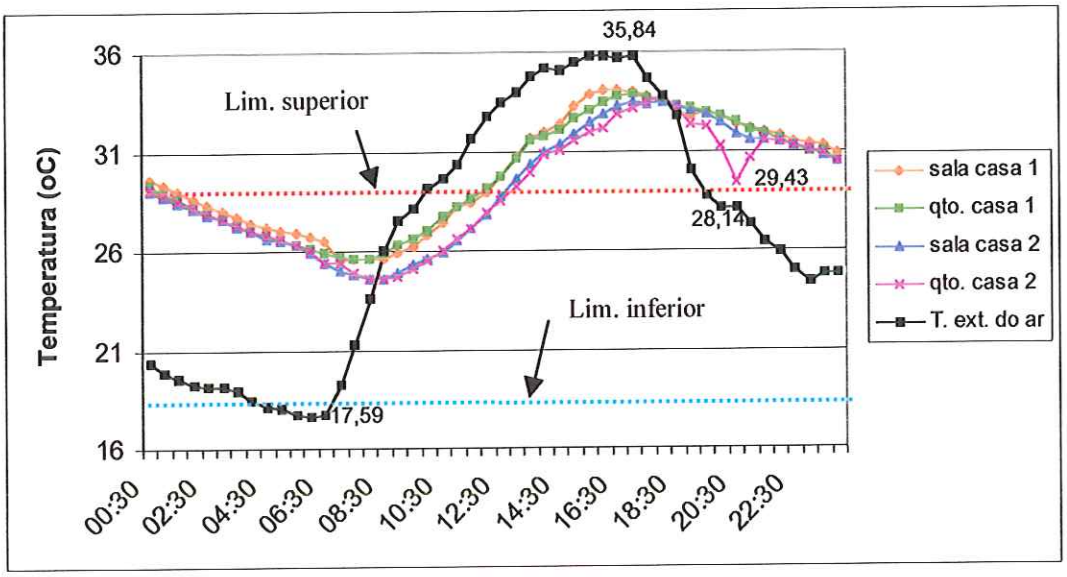


Figura 54 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 13/10/2000.

O gráfico permite depreender que, no período matutino, as casas ocupadas tiveram bom desempenho térmico. No entanto, no período vespertino e noturno, mantiveram-se com valores de temperatura do ar interna acima do limite superior de 29°C, proposto por GIVONI (1992).

Ressalta-se que o quarto da casa 2 apresentou, no período noturno, momento de queda na temperatura, o que aproximou do limite superior. Nesse momento, a diferença entre a sala e o quarto da casa 2 era de 2,42°C.

Sobre o domínio da massa Tropical Atlântica, as temperaturas internas e externa continuaram com valores elevados. A partir das 00:00h às 03:00h e no intervalo das 11:00h às 21:00h, do dia 14/10 (figura 55), as casas ocupadas estiveram acima do limite superior de B. Givoni.

No dia 14/10, a diferença de temperatura interna dos cômodos entre si e em relação a outra casa foi de até 2°C, excepcionalmente a partir das 18:30h.

Quando a temperatura externa atingiu 37,16°C (a maior registrada no episódio), a maior temperatura interna registrada foi de 35,17°C, na sala da casa 1; os demais cômodos registravam temperaturas um pouco abaixo de 35°C.

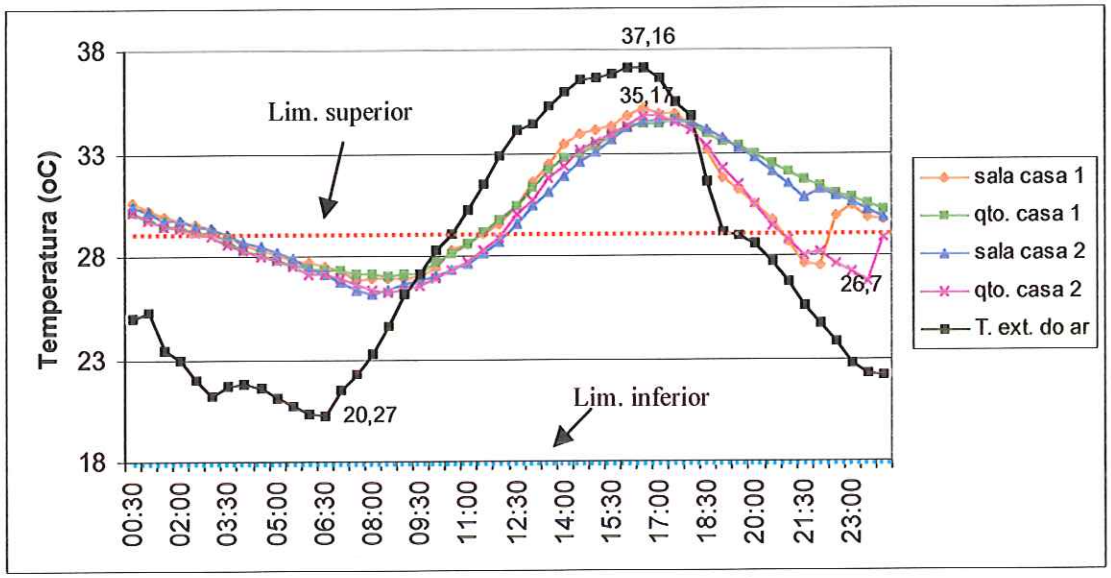


Figura 55 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 14/10/2000.
A temperatura exterior manteve-se sempre acima de 20°C, durante todo o dia, enquanto que, entre as temperaturas internas, o menor registro (26,7°C) ocorreu na sala da casa 2.

No dia 14/10, o quarto da casa 2 apresentou momento de queda de temperatura, no período noturno, sendo que a diferença entre a sala e o quarto da casa 2, nesse momento, era de 3,5°C.

No dia 15/10, último dia do episódio analisado, as casas ocupadas estiveram dentro dos limites propostos por GIVONI (1992), das 02:30h às 12:30h e a partir das 20:30h, somente em dois cômodos (sala da casa 01 e quarto da casa 02).

Conforme figura 56, os maiores valores da temperatura interna foram registrados quando houve elevação dos valores da temperatura do ar externa, sendo seu pico máximo de 35,26°C, às 16:00h, enquanto o valor mais elevado da temperatura interna registrado, nesse momento, foi de 33,3°C. A amplitude da temperatura do ar externa, nesse dia, atingiu, aproximadamente, 16°C.

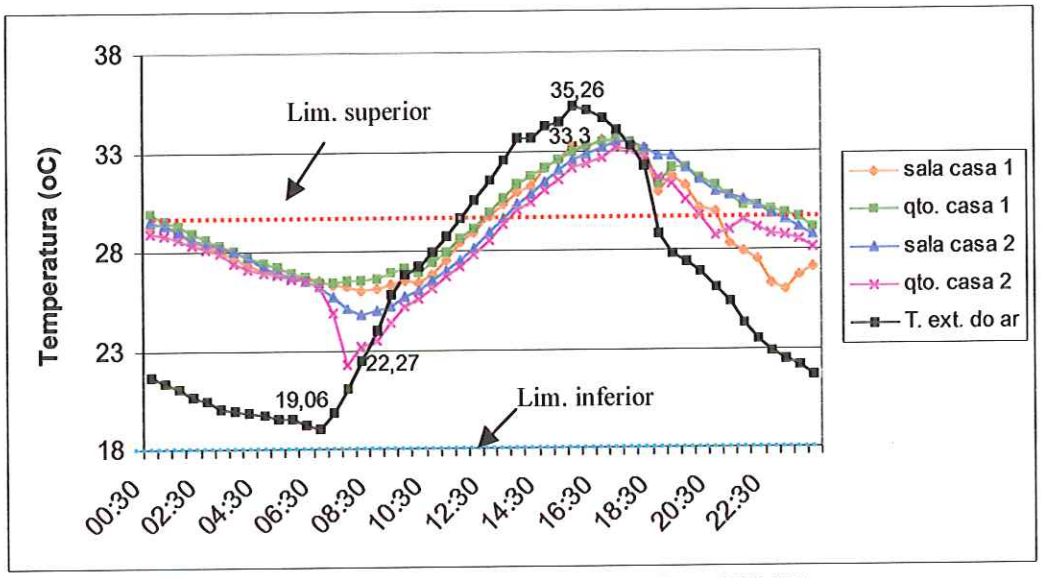


Figura 56 – Comportamento térmico das casas ocupadas, no dia 15/10/2000.
No período matutino, as casas ocupadas estiveram entre os limites propostos por B. Givoni. No entanto, percebe-se que a casa 2 apresentou uma situação diferenciada, com temperaturas mais reduzidas em relação a casa 1, num breve intervalo de 07:00h às 10:30h.

No intervalo, das 07:00h às 10:30h, no momento de queda da temperatura do quarto da casa 2, a diferença para a sala da mesma casa, era de 2,7°C. No período vespertino, as casas não apresentaram bom desempenho térmico, a partir das 12:30h, permanecendo nessa situação, fora do limite superior, até às 20:30h.

Durante o período analisado, sobre o domínio da massa Tropical Atlântica, ocorreu situação de possível estresse térmico de calor seco, em ambas as casas. O comportamento térmico das casas ocupadas foi semelhante durante todo o período, cujas temperaturas do ar internas acompanharam o comportamento da temperatura do ar exterior.

6. CONCLUSÕES

A abordagem dinâmica como instrumento de interpretação do clima e de sua gênese, utilizando os mecanismos da circulação atmosférica, foi importante para definir a precisão e a representatividade dos dados meteorológicos, tomados em superfície (estação em Descalvado), bem como a aplicação no estudo do desempenho térmico das casas ocupadas.

A utilização dos episódios representativos foi importante, nessa investigação, como ferramenta metodológica aplicada ao estudo do clima e a interpretação de suas variações por meio do comportamento climático, para compreender o desempenho térmico das casas analisadas.

Ressalta-se que a aplicação dos conceitos relacionados à abordagem dinâmica do clima e a utilização da metodologia, proposta por MONTEIRO (1973) e utilizada por VECCHIA (1997) para conforto humano afeito ao ambiente construído, que fez uso dos episódios representativos do fato climático, foram fundamentais para a exeqüibilidade da investigação, possibilitando a análise de duas situações especiais, de frio e calor, repercussões peculiares no comportamento térmico das casas ocupadas monitoradas e, sobretudo, identificando períodos críticos para a avaliação das condições de desempenho térmico do ambiente construído.

Quanto ao tema estudos climáticos e ambiente construído pode-se decorrer que se trata da primeira investigação sobre clima e desempenho térmico em habitações ocupadas, na cidade de Descalvado – SP.

Ainda que o estudo de desempenho térmico em casas ocupadas seja mais representativo se comparado à simulações ou à utilização de protótipos experimentais, no campo do conforto térmico, a maioria dos trabalhos analisados, durante a revisão da

literatura, descreve experiências de outros países, principalmente, do hemisfério Norte. Sua adoção poderia comprometer alguns resultados de pesquisas quando da aplicação de métodos adotados para esses países.

Os estudos realizados por meio de modelos e simulações computacionais são válidos, no entanto, na maioria das vezes, não estão vinculados a um experimento que possa dar consistência aos resultados obtidos.

Nessa investigação optou-se por estudos de desempenho térmico com a utilização de habitações ocupadas, onde seus ocupantes mantiveram suas atividades diárias, durante toda fase do monitoramento, sem que precisassem modificar seus afazeres, o que poderia comprometer os resultados.

Em relação a parte experimental da pesquisa, foram identificados alguns pontos que se acredita serem essenciais para o desenvolvimento da investigação. O primeiro foi a disponibilidade da estação climatológica automática, CR10X Campbell Scientific, Inc., e o conjunto de sensores necessários, bem como cabos (termopares), pelo Grupo de Pesquisa de Climatologia Aplicada, do Centro de Recursos e Ecologia Aplicada – CRHEA, o que dispensou os custos financeiros com aquisição do equipamento.

O tipo de instrumento utilizado na pesquisa, estação CR10X e os respectivos sensores, permitiu que os registros fossem coletados em pequenos intervalos, de 30 minutos, como requer a escala microclimática recomendada por MONTEIRO (1976), utilizada também por CUADRAT & PITA(1997), eliminando a utilização de equipamentos individuais, o que poderia acarretar diversas incorreções, na hora da coleta dos dados, bem como dispensou o auxílio de recursos humanos necessários quando a coleta é individual. Possibilitou, ainda, a redução dos deslocamentos São Carlos – Descalvado, consequentemente, minimizando os custos operacionais da pesquisa. Dessa forma, a estação automática garantiu a necessária precisão e representatividade dos registros horários.

O segundo refere-se à escolha das casas no Conjunto Meu Sonho, em Descalvado – SP, para monitoramento do desempenho térmico. Nessa fase do projeto, ocorrida em agosto de 2000, contou-se com a colaboração da Secretaria de Ação Social da Prefeitura do Município, que forneceu apoio institucional e logístico.

Por último, o mais importante de todos, o aceite dos moradores das duas casas, que permitiram a instalação dos equipamentos e o monitoramento dos cômodos, sem que isso lhes causassem nenhum constrangimento. Acredita-se que os proprietários entenderam o propósito da investigação em contribuir para o estudo e análise dos problemas na área de conforto térmico dos ambientes.

No entanto, é conveniente ressaltar que ocorreram alguns percalços durante a fase de execução da pesquisa, principalmente, em relação ao deslocamento São Carlos – Descalvado, a preocupação com a segurança do equipamento, a dificuldade de instalação dos termopares nos cômodos, observando os critérios técnico-científicos necessários, para não alterar a rotina dos moradores e a constante preocupação em não causar danos à estrutura das casas.

A análise dos episódios de inverno (31/08 a 04/09/2000) e de primavera-verão (12 a 15/10/2000) permitiu evidenciar o ritmo climático da região de Descalvado, com ênfase na dinâmica das variações de temperatura e umidade relativa do ar, estabelecendo-se uma identificação do padrão de comportamento do clima local.

O primeiro período foi caracterizado pela entrada de frente Polar de média intensidade sobre a região, causando flutuações no clima local, com repercussões no comportamento térmico das casas ocupadas, pela ocorrência de estresse térmico de frio-úmido, evidenciando que, frente ao frio, pouco se pode fazer para manter as condições de Conforto.

Na segunda situação analisada, sob atuação da massa Tropical Atlântica, houve o impedimento do avanço da frente sobre a região de Descalvado, mantendo-se a massa quente e seca, predominando nesse período. A frente Polar desviou-se para o Oceano Atlântico. A atuação desse sistema atmosférico impôs condições de estresse térmico de calor para os habitantes das casas ocupadas. No caso de desconforto pelo calor ainda se pode incrementar melhorias no desempenho térmico dos edifícios, a exemplo da instalação de isolamento térmico, ventilação natural, pintura clara, etc.

Por meio dos resultados discutidos e apresentados na investigação, chegou-se a algumas conclusões, que acredita-se serem as mais importantes.

No episódio representativo de transição inverno – primavera, verificou-se, por meio da análise do desempenho térmico, que alguns cômodos de uma mesma casa e em relação a outra, as casas ocupadas tiveram comportamento térmico diferente, em períodos do dia diferenciados, ou seja, alternaram-se os momentos em que estiveram dentro do limitante de conforto inferior (18°C) e superior (29°C) de temperatura, de acordo com GIVONI (1992). Isso leva a pensar que os mesmos materiais construtivos, a localização e a posição dos cômodos não se caracterizaram como elementos únicos das condições de desempenho térmico. Outras variáveis atuaram e interferiram, em diferentes horários, por causa do tipo de atividade realizada em cada casa, uma vez que as diferenças de temperaturas dos cômodos apresentaram variação de 1 a 3°C, em períodos específicos.

A maior variação de temperatura aconteceu entre o quarto da casa 2 e os demais cômodos monitorados, geralmente, temperatura mais reduzida durante todo o episódio. Analisando-se os motivos que poderiam estar influenciando o resultado, observou-se que a abertura de porta para a fachada Nordeste que, de acordo com seus moradores, sempre se mantém aberta, pode ter auxiliado no fluxo de vento, fazendo com que a ventilação natural fosse efetiva, resfriando o ambiente. Outro elemento, observado durante as visitas de campo, que pode ter contribuído para essa diferença de temperatura, foi o sombreamento que a casa 1 exerce sobre a casa 2.

O quarto da casa 2, portanto, foi identificado, nessa pesquisa, como sendo o cômodo que apresentou mais reduzida temperatura, o que, para o episódio de frio-úmido, significou uma situação desconfortável para os ocupantes. No entanto, para o episódio de calor, essa redução foi mais oportuna e agradável, observando-se elevados valores de temperatura do ar.

Em todos os dias do experimento, episódio de transição de inverno – primavera, onde ocorreram prováveis condições de estresse térmico de frio-úmido, cuja temperatura mínima atingiu, aproximadamente, 12°C, as duas casas apresentaram bom desempenho térmico, sendo que, durante a maior parte dos dias analisados, se mantiveram dentro da zona de conforto, proposta por B. Givoni. Isso, provavelmente, ocorreu devido à massa térmica dos envolventes das casas.

Quando as temperaturas externas estavam abaixo do limite inferior de 18°C, o interior das casas ocupadas estava cerca de 3°C acima dos valores externos registrados. Isso significa que o isolamento da massa térmica das casas ocupadas retém calor, evitando perdas térmicas significativas. Portanto, apresentando bom desempenho térmico e nível de qualidade de boa edificação de interesse social, mais alto que o regularmente feito no Brasil.

No episódio representativo de transição primavera – verão, os ambientes interiores das casas ocupadas estiveram, durante todo o período analisado, com temperaturas acima do limite inferior (18°C), adotado como referência mínima para o conforto térmico, segundo GIVONI (1992). No entanto, alguns cômodos de uma mesma casa e em relação a outra tiveram comportamento térmico diferentes em períodos do dia diferenciados, ou seja, alternaram-se os momentos em que estiveram abaixo do limite superior (29°C) de temperatura.

Essa situação aconteceu diante da presença da massa de ar quente, quando as temperaturas internas do ar acompanharam os valores da temperatura exterior do ar. Isso causou efeitos indesejáveis no desempenho térmico das casas ocupadas, onde constatou-se os maiores ganhos térmicos, durante o dia.

Em condições de estresse térmico de calor, cuja temperatura máxima atingiu 37,16°C, no dia 14/10/2000, ambas as casas mantiveram temperaturas interiores menores do que as registradas no exterior, em torno de 2°C. No entanto, os ambientes interiores das casas ocupadas estiveram acima do limite superior de 29°C de conforto térmico. Essas condições foram, provavelmente, agravadas pelo excesso de radiação solar incidente (acima de 950 W/m^2), falta de ventilação suficiente no local, calor refletido pelas ruas pavimentadas, entre outros fatores.

Durante todo o episódio, levando-se em consideração os índices de conforto térmico de B. Givoni, desenhados nos gráficos de comportamento térmico, pode-se concluir que as casas ocupadas estiveram fora da zona de conforto térmico, na maior parte do período analisado. Isso devido ao fato da combinação de elevados índices de temperatura e os reduzidos valores da umidade relativa do ar interna, fazendo com que

os indivíduos das casas ocupadas de Descalvado enfrentassem possível estresse térmico de calor seco.

Nas condições de possível estresse térmico de calor ocorrido no episódio analisado, entende-se que a orientação adequada das fachadas, bem como das aberturas orientadas para a direção predominante dos ventos poderia ter favorecido a circulação interna do fluxo de ar, fundamental para garantir a ventilação cruzada efetiva nas casas ocupadas, minimizando a sensação de desconforto dos indivíduos.

Pode-se concluir, também, que os resultados comprovam uma razoável adequação das casas ocupadas frente às excitações impostas pelo clima, estresse de frio e de calor, na região de Descalvado, diante do bom desempenho térmico apresentado por aquelas.

Em síntese, pode-se perceber que as temperaturas internas das casas, no episódio de inverno, mantiveram-se mais afastadas das temperaturas externas, devido ao fato das casas reterem calor, durante a noite, ou seja, devido suas características termofísicas (massa térmica). Por outro lado, no episódio de primavera-verão, as temperaturas interiores aproximaram-se das temperaturas exteriores do ar, que foram bastante elevadas.

No período de inverno, as casas ocupadas apresentaram substancial desempenho térmico. Enquanto que, no período de primavera, apresentaram razoável desempenho térmico, passível de ser equacionado no intuito de melhorar a situação de conforto térmico, por meio de soluções alternativas ao projeto original, tais como: melhoria das técnicas de ventilação natural, isolamento térmico, aproveitamento das aberturas, sombreamento, por meio de vegetação natural, proteção contra os raios solares diretos, entre outras.

Por fim, conclui-se que os resultados obtidos do desempenho térmico atestam que, durante os episódios analisados, as casas apresentaram comportamento bastante semelhante entre si. Fato que reflete o uso do material construtivo e a localização. Depreendeu-se que o comportamento da temperatura interna das casas ocupadas obedeceu dois procedimentos. Durante os momentos de calor, as temperaturas internas

EESC • USP Biblioteca Campus de S. Carlos

dos cômodos, de ambas as casas, acompanharam de mais perto a temperatura externa do ar, onde apresentaram alguma dificuldade em perder calor.

Na situação de possível estresse de frio, o desempenho térmico das casas foi melhor, retendo calor durante o período noturno e aquecendo as madrugadas frias (reduzidas temperaturas e ventos).

Considerando-se o fato de que as casas são habitações de interesse social, construídas em regime de mutirão com o apoio da Prefeitura de Descalvado, o projeto atende às necessidades dos moradores quanto à adequação das condições de desempenho térmico, no ambiente. Assim, adotando-se pequenas soluções para corrigir algumas ineficácias do projeto original, já discutido anteriormente, pode-se alcançar substanciais melhorias nas condições favoráveis ao desempenho térmico que atenda as necessidades gerais do indivíduo.

Em anexo encontram-se os resumos ou *abstracts* do trabalhos científicos, apresentados em Simpósios e Congressos, nacionais e internacionais, utilizando-se os resultados contendo os dados experimentais dessa pesquisa em Descalvado – SP, bem como resultados divulgados pela imprensa escrita local sobre essa investigação, como forma de prestação de serviço à comunidade local.

Como sugestão para ampliar o conhecimento a respeito de desempenho térmico em ambientes construídos, sugere-se:

1) Realização de monitoramento de casas ocupadas, acompanhada de questionários, os quais serviriam de embasamento para compreensão dos acontecimentos e hábitos cotidianos das famílias, bem como sua sensação de bem-estar em determinados momentos do dia, que contribua para a indicação de condições necessárias para o conforto geral do indivíduo.

2) Proposta de monitoramento de casas ocupadas com diferentes tipos de cobertura, por meio de episódios representativos do fato climático, para avaliar o comportamento térmico das coberturas e sua repercussão no conforto humano.

3) Validação da Fórmula Experimental de GIVONI (1998) – *Predictive Formula* aplicando-a na avaliação de comportamento térmico de edificações, ou seja, continuação do trabalho atual em andamento.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AULICIEMS, A. & SZOKOLAY, S. V. (1997). *Thermal comfort.* PLEA-Notes. Brisbane: University of Queensland.

ALTO NÍVEL. (1999). *Residência unifamiliar – casa popular, na Rua das Margaridas, nos 220 e 230.* Descalvado: 04 fls. Originais em papel vegetal.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering (1985). *Handbook of Fundamentals.* New York: ASHRAE.

BATTISTELLE, R. A. G., SILVA, A. C.; LOPES, E. M. & CABRAL, N. R. A. J. (2000). Descrição climática dinâmica da região de Bauru e Ilha Solteira- SP, por meio de um episódio representativo. In: *XI Congresso Brasileiro de Meteorologia* . Rio de Janeiro: SBMET.

CAMPBELL SCIENTIFIC, INC. (1997). *CR10X measurement and control module - operator`s manual.* Utah: Campbell Scientific.

CONTI, J. B. (1997). Epistemologia, métodos e técnicas em Geografia Física - Climatologia. In: *VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.* v. II Curitiba: UFPR.

_____. (1998). *Clima e meio ambiente.* São Paulo: Atual.

CONTI, J. B. & FURLAN, S. A. (1996). Geoecologia: o clima, os solos e a biota. In: *Geografia do Brasil.* ROSS, J. L. S. (org.). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

CUADRAT, J. M & PITA, M. F. (1997). *Climatologia.* Madrid: Editora Catedra.

DEMILLO, R. (1998). *Como Funciona o Clima.* Trad. por Túlio Camargo da Silva. São Paulo: Quark Books.

DESCALVADO. (2000). *Parceria que deu certo: Unicastelo e Descalvado* (catálogo). Descalvado: Prefeitura Municipal de Descalvado/Unicastelo.

FANGER, P. O. (1972). *Thermal comfort: analysis and application in environmental engineering.* New York: Mac Graw-Hill.

GIVONI, B. (1989). Study human comfort. In: *Urban design in different climates.* Villarroel, L. (1997). Efecto de la expación urbana sobre la temperatura de Santiago - Quinta Normal. Santiago do Chile.

_____ (1992). *Comfort, climate e analysis and building design guidelines.* Energy and building, v 18. July/92.

_____. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design.* Van Nostrand Reinhold Co. Distributed by John Wiley and Sons.

_____ (1999). Minimum climatic information needed to predict performance of passive buildings in hot climates. In: *Plea'99 Passive and low energy architecture – sustaining the future.* v.1. Brisbane: edited by Steven S. Szokolay.

GIVONI, B & VECCHIA, F. A. S. (2001). Predicting Thermal Performance of Occupied Houses. In: *PLEA 2001.* Florianópolis: PLEA (no prelo).

HERTZ, J. B. (1998). *Ecotécnicas em Arquitetura: como projetar nos Trópicos úmidos do Brasil.* São Paulo: Pioneira.

HUMPHREYS, M. A. (1992). Thermal comfort requirements, climate and energy. In: *Proceedings. 2nd World Renewable Energy Congress. Reading,* UK. P 1725-1734.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (1994). *Sistema de Informações Estatísticas e Geográficas (SIEG).* Software em CD – Rom. São Paulo: IBGE.

_____. (2001). *População residente, por sexo, situação do domicílio e taxa de crescimento anual – 2000.* http://www.ibge.gov.br (fevereiro).

ILERA, F. A. & GARCÍA, F. F. (1992). Consideraciones sobre la valoración educativa de la confortabilidad ambiental de la ciudad. In: *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.* Nº 14. P 67 – 84. Madrid: AGE.

INFOCLIMA – Boletim de informações climáticas (2000). *As condições climáticas sobre o Brasil durante setembro e início de outubro de 2000.* Nº 10, ano 7. http://www.cptec.inpe.br/meteoimagens/ (março).

INNOVA. (2001). *Thermal Comfort.* http://www.innova.com.dk (março).

INPE/CPTEC – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2000). *Imagens do satélite GOES.* http://www.cptec.inpe.br/meteoimagens/ (março).

IPMet – Instituto Pesquisas Meteorológicas. (2000). *Descrição sinóptica dos dias 31/08 a 09/09/2000 e dos dias 08 a 17/10/2000.* http://www.ipmet.unesp.br/estacao/estacaomensal.html (fevereiro).

IZARD, J. L. & GUYOT, A. (1983). *Arquitetura Bioclimática.* 2ª ed. Colección Tecnologia y Arquitetura. México: Ediciones Gustavo Gili, S.A.

KASTEIN, L. C. A. (1999). *Dados Geográficos do Município de Descalvado.* http://www.ifqsc.sc.usp.br/hpp/rafael/geograf (setembro).

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A & SZOKOLAY, S. V. (1977). *Vivienda y edifícios en zonas cálidas y tropicales*. Traduzido por Emílio Romero Ros. Madrid: H. Blume.

LOPES, A. A.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, A. C. & CABRAL, N. R. A. J. (2000). Análise de um episódio representativo no período de 16 a 24 de novembro de 1999 em Bauru - SP. In: *VI Simpósio do curso de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da EESC/USP e V Simpósio do curso de Especialização em Educação Ambiental*. São Carlos: CRHEA/EESC/USP.

MAHONEY, C. (1971). *Climate house design*. New York: United Nations.

MONTEIRO, C. A. F. (1968). *Grande região Sul*. v. IV, tomo 1. Rio de Janeiro: IBGE.

_____ .(1969). *A frente polar atlântica e as chuvas na fachada sul-oriental do Brasil*. Série Teses e Monografias. Nº 1. São Paulo: IGEOG-USP.

_____. (1971). *Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade Climática em São Paulo e Achegas Para Um Programa de Trabalho*. São Paulo: IGEOG - USP.

_____.(1973). *A dinâmica climática e as chuvas de inverno na fachada sul oriental do brasil: estudo geográfico sob forma de atlas*. São Paulo: IGEOG-USP.

_____. (1999). O estudo geográfico do clima. In: *Cadernos geográficos*. Ano 1. Nº 1. Florianópolis: Departamento de Geociências/CFH/UFSC.

OLGYAY, V. (1963). *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

OLIVEIRA, A. C. (1994). *Avaliação do comportamento de uma habitação de madeira frente a condicionantes climáticos*. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Escola de Arquitetura/ EESC /USP.

OLIVEIRA, H. H. (1995). *Proposta de criação e caracterização da área de proteção ambiental de Descalvado -SP*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Biociências /USP.

PITTON, S. E. C. (1985). *Análise de Sistemas de Organização Climática do Espaço*. Dissertação (Mestrado). Rio Claro: IGCE/UNESP.

_____. (1997). *As cidades como indicadoras de alterações térmicas*. Tese (Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP.

PREFEITURA DE DESCALVADO (2000). Secretaria de Obras. *Mapa do município de Descalvado – SP*. Descalvado: escala automática (Autocad). 1 mapa color. Disquete.

RANIERI, V. E. L. (2000). *Discussão das potencialidades e restrições do meio como subsídio para o zoneamento ambiental O caso do Município de Descalvado – (SP)*. Dissertação (Mestrado). São Carlos: CRHEA/EESC/USP.

RIVERO, R (1985). *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural.* Porto Alegre: Luzzato Editores/ Editora da UFRGS.

SANTOS, M. (1996). *A natureza do espaço: técnica, espaço e tempo – razão e emoção.* São Paulo: Hucitec.

SERRA, R. (1999). *Arquitectura y climas.* Barcelona: Editora Gustavo Gili.

SILVA, A. C.; BATTISTELLE, R. A. G.; LOPEZ, E. M. L. & CABRAL, N. R. A. J. (2000). La descripción climática dinámica de la región de las ciudades de Bauru y Ilha Solteira en el Estado de São Paulo – Brasil por Intermédio de un episodio representativo. (Anais CD-Rom). In: *VI Congreso Internacional Ciencias de la Tierra*. Santiago: Instituto Geográfico Militar.

SILVA, A. C. & VECCHIA, F. A. S. (2000). Estudos climáticos como contribuição a gestão urbano- rural no município de Descalvado – SP (Anais). In: *IV Simpósio de Climatologia Geográfica.* Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/CREA-RJ.

SORRE, M. (1951). Le Climat. In: *Le fondments de la Geographie Humain.* 3ed. Paris: Armand Colin.

SPIRN, A. W. (1995). *O jardim de granito*. Trad. por Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: EDUSP.

SZOKOLAY, S. V. (1980). *Enviromental science handbook.* New York: John Wiley & Sons Inc.

TANABE, S. I. (1988). *Thermal comfort requirement in Japan.* Tokyo: Waseda University Press.

TARIFA, J. R. (1975). *Fluxos polares e as chuvas de primavera – verão no estado de São Paulo*: uma análise quantitativa do processo genético. São Paulo: IGEEOG/USP.

_____. (2001). Objeto e método da Climatologia. *In: Climatologia I, on line.* http://www.clima1.hpg.com.br.

TARIFA, J. R. & ARMANI, G. (2001). As unidades climáticas urbanas da cidade de São Paulo: os climas e a (re) produção do espaço nas metrópoles. In: *VIII Encuentro de Geógrafos de América Latina*. Santiago do Chile: Universidad de Chile.

TERJUNG, W. H. (1966). *Physiologia climates of the conterminous United States:* a bioclimatic classification based on man. Annals A. A. G., 56, p. 141-179.

UNESP – Universidade do Estado de São Paulo (2000). Dados da Estação Meteorológica. http://www.ipmet.unesp.br (agosto).

VAREJÃO-SILVA, M. A. (2000). *Meteorologia e Climatologia.* Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

VECCHIA, F. A. S. (1997). *Clima e Ambiente Construído*: A abordagem dinâmica aplicada ao Conforto Humano (Tese de doutorado). São Paulo: FFLCH/USP.

VECCHIA, F. A. S. et al. (1999). Vivendas prefabricadas en paneles ahuecados: su aplicación para el tema de huracanes y sismos. In: *II seminario Iberoamericano sobre cubiertas y entrepisos para la construccion y rehabilitacion de vivenda.* Havana: CYTED.

VECCHIA, F. A. S., GIVONI, B. & SILVA, A. C. (2001). Analysing Thermal performance of occupied houses in Descalvado – Brazil. In: *PLEA 2001.* Florianópolis: PLEA. (Previamente aprovado pelo Scientific Committee – Plea 2001).

VIANELLO, R. L. & ALVES, A. R. (1991). *Meteorologia básica e aplicações.* Viçosa: Universidade Federal de Viçosa.

VILLA, E. A. (2000). A abordagem dinâmica do clima: descrição de um episódio representativo para a região de São Carlos – SP. In: *VI Simpósio do curso de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da EESC/USP e V Simpósio do curso de Especialização em Educação Ambiental*. São Carlos: CRHEA/EESC/USP.

WMO – World Meteorological Organisation. (2001). http://www.wmo.ch/index-en.html (janeiro).

8. ANEXOS

ANALYSING THERMAL PERFORMANCE OF OCCUPIED HOUSES IN DESCALVADO - BRAZIL[1]

F. Vecchia (University of São Paulo, Brazil), B. Givoni (UCLA, USA) and A. Silva (Federal Centre of Technological Education of Ceará, Brazil)

ABSTRACT

The main goal of the present paper, part of a wide researching sustainable development project, is to detail description of the "Sonho Meu" from Descalvado, Brazil. It is also, a housing model of the CYTED Sub-Program XIV.5 – "Con Techo"; P10X10 Housing Program thermal behavior evaluation, experimental procedures and measured daily patterns of the indoor and outdoor temperatures considering the regional pattern of atmospheric circulation.

The procedure of development of formulas predicting the daily indoor maximum, average and minimum temperatures of this type of occupied houses are reported at another paper in this 20001 PLEA Conference (by B. Givoni and F. Vecchia).

The paper "Analyzing Thermal Performance of Occupied Houses in Descalvado, Brazil" intends to describe an automatic measurement of an experimental research about Social Dwellings Thermal Comfort, considering the climate genesis and its influence among the outdoor and indoor air temperatures. The house descriptions is an important matter because the " Meu Sonho" houses has good building quality level, higher than the regular made in Brazil.

[1] Trabalho aceito para o PLEA 2001
The 18th Conference on Florianópolis - Brazil

PREDICTING THERMAL PERFORMANCE OF OCCUPIED HOUSES[2]

B. Givoni (UCLA, USA) and F. Vecchia (University of São Paulo, Brazil)

ABSTRACT

Vecchia conducted extensive measurements of indoor temperatures in two occupied houses, each one with four rooms (including a kitchen), in Descalvado, Brazil. A detailed description of the houses, the experimental procedure and the measured daily patterns of the indoor and outdoor temperatures are reported in another paper in this Conference (Vecchia, Givoni and Silva).

This paper describes a procedure of developing formulas, predicting the daily indoor maximum, average and minimum temperatures of this type of the occupied houses. The formulas were developed on the basis of data collected in September 2001 and was checked and finalised by applying the formulas to data collected in October. Then the formulas were validated by comparison to data collected in November 2001. The formulas are applicable only to the houses similar to those monitored in Descalvado.

It has been found that the daily indoors maximum, average and minimum temperatures can be predicted on the basis of the outdoors daily average temperatures. The prediction of the indoor maxima can be improved slightly by incorporating daily averages of solar radiation in the formula. The prediction of the indoor minima can be improved slightly by incorporating daily diurnal swings in the formula.

---

[2] Trabalho aceito para o PLEA 2001
The 18th Conference on Florianópolis - Brazil

ESTUDOS CLIMÁTICOS COMO CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO URBANO-RURAL NO MUNICÍPIO DE DESCALVADO – SP - BRASIL[3]

Silva, Adeildo Cabral da
Prof. CEFET – CE – Mestrando em Ciências da Engenharia Ambiental
CRHEA/USP Bolsa PICDT/CAPES
adeildocs@bol.com.br

Vecchia, Francisco
Prof. Dr. do Departamento de Hidráulica e Saneamento
EESC/USP – São Carlos
fvecchia@sc.usp.br

ABSTRACT

The purpose of these paper was to study climatic conditions of Descalvado – SP (located in Northeast of São Paulo State), through climate's Dynamic approach as subsidy to urban administration's process – rural of Municipal district. In research's first phase, automatic monitoring was used for climate data's acquisition through automatic climatic stations (CR10X Campbell Scientific Inc.) in a habitation area formed by 22 units (Popular Group My Dream). In that group, a CR10X was installed, being collected temperature data (indoor and outdoor). Results obtained through monitoring and representative episode's analysis of climatic facts, in the first phase of research, supplied information to improve evaluation and use of potentialities of atmosphere front adversities from variations imposed by climate to human comfort and urban – rural administration.

[3] Trabalho apresentado no IV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, no Rio de Janeiro, em 2000 e no VIII Encontro de Geógrafos da América Latina, em Santiago do Chile, em 2001.

ESTUDOS CLIMÁTICOS E AMBIENTE CONSTRUÍDO NO MUNICÍPIO DE DESCALVADO –SP[4]

Silva, A. C., Cabral, N. R. A. J. & Vecchia, F. A. S.

RESUMO

O objetivo principal do trabalho foi estudar as condições climáticas de Descalvado – SP (localizada no Nordeste do Estado), por meio da abordagem Dinâmica do clima como subsídio ao processo de gerenciamento urbano – rural do Município. Foi utilizado o monitoramento automático para aquisição de dados climatológicos por meio de estações climáticas automáticas (CR10X, Campbell Scientific Inc.) em um conjunto habitacional formado por 22 unidades (Conjunto Popular Meu Sonho) com a finalidade de fazer coletas (24 horas) de parâmetros externos: temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar, regime de ventos predominantes (direção e velocidade). Em alguns cômodos de duas casas desse conjunto, foram instalados termopares, coletando-se dados de temperatura e umidade do ar (interno). Um elemento importante durante o monitoramento foi o acompanhamento dos dados registrados nas estações automáticas e sua relação com as imagens geradas pelo satélite GOES (INPE/ CPTEC.) que permitiram monitoramento contínuo dos mecanismos de circulação atmosférica (registros de episódios de penetração de frentes frias na região). O estudo possibilitou a geração de subsídios importantes ao gerenciamento urbano do município. Os resultados obtidos por meio do monitoramento e da análise de episódios representativos dos fatos climáticos forneceram informações para melhorar a avaliação e aproveitamento das potencialidades do ambiente construído frente as adversidades advindas das variações impostas pelo clima ao conforto humano.

[4] Trabalho apresentado no VI Simpósio do curso de Pós-Graduação em ciências da Engenharia Ambiental, São Carlos, em 2000 e no I Encontro de Pesquisa e Pós-Graduação do CEFET/CE, Fortaleza, em 2001.

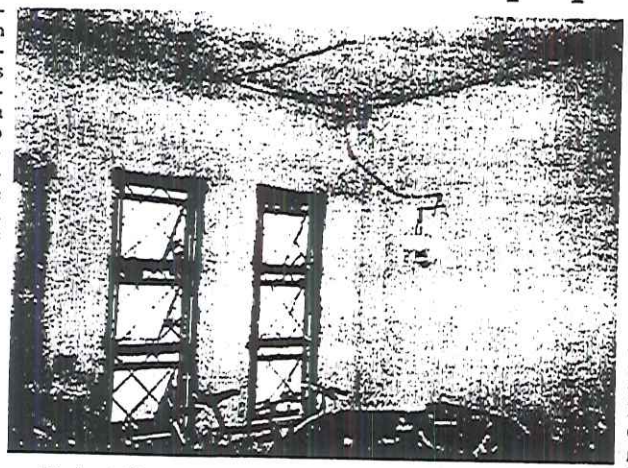
DESCALVADO

O COMÉRCIO

14 de Outubro de 2000

Divulgados os primeiros resultados das pesquisas da estação climática no Parque Morada do Sol

Durante a semana, estiveram em Descalvado os professores universitários Francisco Vechia (professor orientador da USP) e Adeildo Cabral da Silva (professor da CEFET - Ceará (que defende tese de Mestrado com projeto de Descalvado), os quais divulgaram os primeiros resultados de pesquisas da estação climática, instalada em duas residências no Parque Morada do Sol, residências estas do programa Meu Sonho.



Flecha indica sensores instalados no interior das residências

O projeto, que é uma parceria da Prefeitura Municipal e USP de São Carlos, visa analisar o conforto climático das residências de conjuntos habitacionais, ou seja, saber se as construções estão de acordo com o clima da localidade; se os materiais utilizados são os propícios; se produzem calor excessivo ou temperaturas muito baixas, sendo que estas pesquisas poderão determinar os dados climáticos de Descalvado, que ainda não são conhecidos.

Este projeto (que é realizado com recursos da FAPESP) se iniciou há aproximadamente um mês e meio, com o monitoramento - realizado pelo professor Adeildo - das residências, através de sensores introduzidos no interior das edificações. A princípio a idéia era a monitoração do clima e a temperatura, porém, o projeto deverá ter um crescimento gradual e portanto, as pesquisas deverão atingir o solo, a água e o ar.

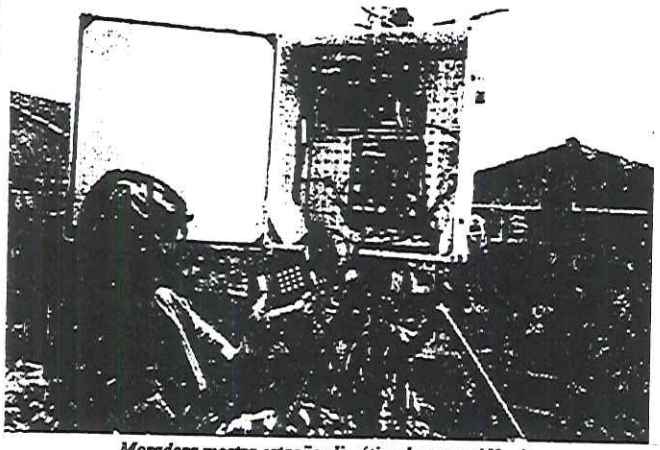
De acordo com os dados fornecidos pelos professores Francisco e Adeildo, absorvidos de gráficos preliminares, as edificações do Projeto Meu Sonho estão satisfatórias, apresentam uma boa inversão térmica e estão bem resguardadas do ponto de vista climático.

Conforme salientou o professor Francisco, o projeto Meu Sonho é um dos melhores projetos habitacionais, levando-se em consideração custos e qualidade ambiental. O mesmo, que é responsável por estudos na área de conforto climático, disse que mesmo nos gráficos preliminares, é possível afirmar que os moradores estão 'bem instalados'.

Os pesquisadores da USP anunciaram ainda que, a partir deste projeto, num futuro bem próximo, abrirão-se estudos para diferentes técnicas para a arquitetura, no que diz respeito à determinação de espaço, pois tudo deverá ser levado em consideração, como por exemplo, o lugar ideal de uma janela, onde é preciso mais iluminação, entre outros, objetivando primeiramente o bem-estar e conforto das pessoas, como também o aproveitamento do espaço, resultando numa economia em diversos aspectos.

O projeto em Descalvado, que deverá ser conhecido em outros Estados e também no exterior, através de conferências das quais deverão participar os professores Francisco e Adeildo, irá se desenvolver até o final do verão.

Na oportunidade, os pesquisadores salientam a cooperação dos moradores na aceitação do trabalho, pois sem a compreensão dos mesmos, não seria possível obter os dados e tampouco desenvolver as pesquisas.



Moradora mostra estação climática de sua residência

Concluído, quinta 05/10 18h00

JORNAL FLAGRA

Porto Ferreira/Descalvado, 06 de outubro de 2000 - Ano II - nº 130 - Valor avulso R$1,00
Correspondências: rua Dr. Humberto Gabrielli, nº 521★Fone: (019) 583-4385 - Descalvado SP★C.G.C. 02.560 732/0001-61★home-page: www.jornalflagra.com.br

Técnicos da USP começam a implantar estação climática em Descalvado

Wagner R.

Descalvado – Esta semana técnicos de engenharia e de qualidade de vida da USP implantaram em algumas residências da cidade, principalmente no bairro Morada do Sol, medidores que deverão informar previamente as condições climáticas do município.

Isso apenas antecipa a implantação da estação climática em Descalvado, que é mais um projeto que foi elaborado pela administração Lito que deverá interferir na qualidade de vida da população. "Conhecendo o estado climático da cidade, poderá desenvolver planos de ambientação, como plantio de árvores adequadas para que a cidade tenha um clima mais ameno", disse o engenheiro, técnico em qualidade de vida da USP, Franscisco Vecchia.

SÁBADO, 14 DE OUTUBRO DE 2000 TRIBUNA DE DESCALVADO

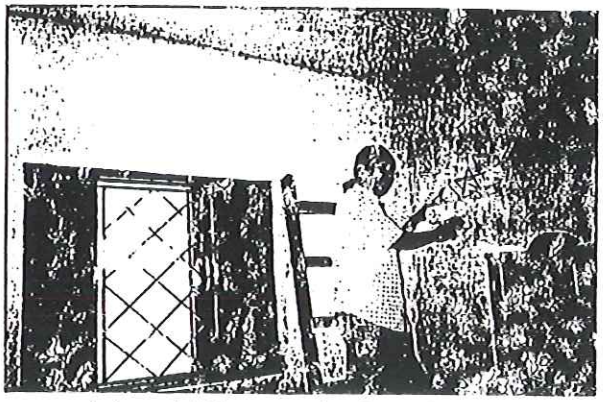
Professores universitários instalam estação climática em Descalvado

Os professores Adeildo Cabral da Silva, e Francisco Vecchia, da USP/ São Carlos, estiveram, na última quarta-feira, 11, em Descalvado visitando a Estação Climática que está instalada em duas casas populares do Projeto Sonho Meu (Bairro Morada do Sol), do Fundo Social de Solidariedade do Município.

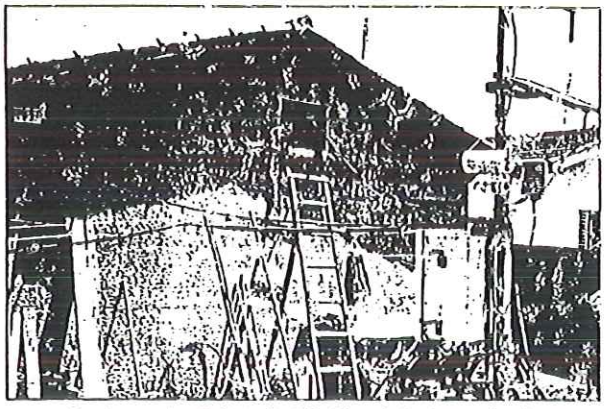
O professor Adeildo está defendendo uma tese de mestrado, e, essa estação climática faz parte do seu projeto. O professor Francisco é o orientador, e, disse ele que este trata-se de um projeto experimental, no qual é possível avaliar com detalhes as condições climáticas do Município, e o efeito das mesmas nas residências, nas formas com que são construídas.

O prefeito Lito, junto com os professores, esteve visitando as residências do Projeto Meu Sonho, no bairro Morada do Sol, na qual estão instalados os equipamentos da Estação Climática, e, de acordo com o professor Francisco, este trata-se de um equipamento de última geração, que mede desde a umidade relativa do ar, até a velocidade e direção do vento, tanto dentro das residências quanto fora.

Este projeto tem o objetivo de desenvolver residências que estejam de acordo com as características climáticas da região.



Professor Adeildo com o projeto de estação climática

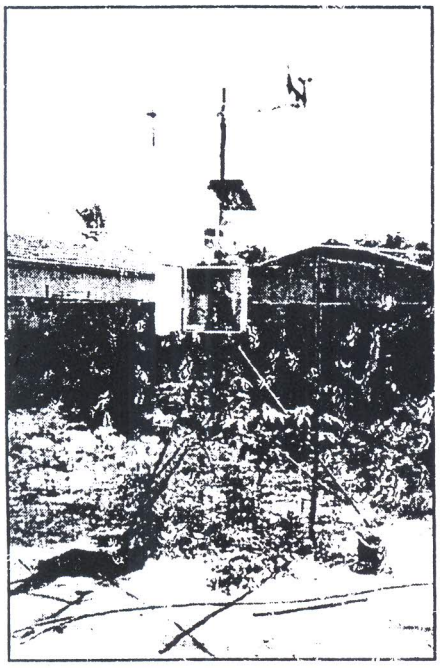


Equipamentos da Estação Climática do Professor Adeilto

Jornal A Palavra

Mais que um Jornal, um canal de comunicação.

INFORMATIVO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE DESCALVADO



ESTAÇÃO CLIMÁTICA DE DESCALVADO

O Professor da CEFET-CE, Adeildo Cabral da Silva e o engenheiro de produção do Departamento de Engenharia da USP-SCarlos, Francisco Vecchia (professor orientador), estão montando um Projeto sobre a Estação Climática de Descalvado, com aparelhos próprios para estudo das mudanças climáticas e meteorológicas. Foram montados em algumas casas da Morada do Sol um sistema de aparelhagens que gerenciam temperatura ambiente, interna e externa das casas.