

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: INTERÇÃO BIOSFERA-ATMOSFERA**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM
EDIFICAÇÃO HABITADA E NÃO HABITADA NA
CIDADE DE CUIABÁ-MT**

ELZIO JOSÉ VITÓRIO PACHECO

**PROF. Dr. ALFREDO JORGE
ORIENTADOR**

**Cuiabá, MT
Dezembro – 2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: INTERÇÃO BIOSFERA-ATMOSFERA**

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO EM
EDIFICAÇÃO HABITADA E NÃO HABITADA NA
CIDADE DE CUIABÁ-MT**

ELZIO JOSÉ VITÓRIO PACHECO

*Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Física e Meio
Ambiente da Universidade Federal de
Mato Grosso, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Mestre em
Física e Meio Ambiente.*

**PROF. Dr. ALFREDO JORGE
ORIENTADOR**

Cuiabá - MT
Dezembro - 2007

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais:

Enio Correa Pacheco (in memoriam) e
Elza Victorio Pacheco, aos meus filhos:
Eduardo, Glauco, Igor e Eric, aos meus
netos: Kauã, Sophia e Yasmin, e a
minha companheira Marqueli.

AGRADECIMENTOS

Ao senhor Deus por me conceder esta graça;

Ao meu orientador Professor Doutor Alfredo Jorge pela paciência, dedicação e confiança;

Ao meu amigo Professor Doutor José de Souza Nogueira pela grande oportunidade de realizar este curso;

À Professora Doutora Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pelo grande incentivo;

Ao Mestre e Doutor Carlos Ralph Musis que muito me ajudou nas estatísticas;

Aos meus amigos: os irmãos Luciano Guilherme Barbosa dos Santos e Luis Guilherme Barbosa dos Santos que muito me ajudaram na confecção e correção da introdução e do abstract deste trabalho.

Aos amigos e colegas da “Pracinha da Mandioca” pelo incentivo em terminar este trabalho;

Aos colegas de curso que muito me ajudaram: Carlos César Wyrepkowsky e Carlos Eduardo Rondon (Caju).

A todos os professores do curso: José de Souza Nogueira, Sérgio Roberto de Paulo, Jose Holanda Campelo Junior, Francisco de Almeida Lobo e Carlos Ralph Musis.

À professora: Thaíz Zago pela dedicação e paciência no inglês Instrumental;

E a todos que de maneira direta e indireta colaboraram com este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE TABELAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problemática.....	1
1.2. Justificativa	6
1.3. Estrutura do Trabalho.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. Introdução	9
2.2. Clima.....	14
2.2.1. Classificação do Clima	16
2.2.2. O Clima e a Cidade de Cuiabá.....	18
2.3. Importância do Conforto Ambiental	21
2.3.1. O Incremento do Estudo de Conforto Ambiental	22
2.3.2. Princípios Básicos no Conforto Ambiental	27
2.4. Caracterização Climática da Região Centro-Oeste	30
2.5. METODOLOGIAS NACIONAIS PARA AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES.....	31
2.5.1. Impactos no Ambiente e na Edificação	32
2.6. ÍNDICES E ESCALAS DE CONFORTO TÉRMICO.....	34
2.6.1. Métodos de Avaliação do Conforto Térmico.....	37
2.7. ZONAS DE CONFORTO.....	39
2.7.1. Carta Bioclimática de Olgyay	39
2.7.2. Carta Bioclimática de Givoni (Atualizada em 1992).....	40
2.7.3. Zona de Conforto da ASHRAE	42
2.8. Norma Brasileira de Avaliação do Desempenho Térmico desde 1990.....	43
2.9. O Homem e o Conforto Térmico	44
2.10. Disponibilidade De Dados Climáticos Para A Cidade De Cuiabá-Mt.	45

2.11. Arquitetura e Clima.....	45
2.11.1. A Evolução Da Arquitetura No Brasil.....	48
2.11.2. A Evolução da Arquitetura em Cuiabá.....	51
3. LOCALIZAÇÃO E AREA DE TRABALHO.....	56
4. MATERIAL E MÉTODOS	65
4.1. MATERIAIS UTILIZADOS NAS MEDIÇÕES	65
4.1.1. Termômetro de globo digital	65
4.1.2. Radiômetro Infravermelho com mira laser digital portátil	66
4.1.3. Anemômetro	66
4.2. MÉTODOS	67
4.2.1. Coleta de Dados In Loco	67
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	70
5.1. Estação 1(VERÃO).....	70
5.2. Estação 2 (INVERNO).....	85
5.3. Ano de Referência Climático - Arquivo TRY- Carta Bioclimática.....	98
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111
6.1. SUGESTÕES.....	112
7. BIBLIOGRAFIAS	115
7.1. Bibliografias Citadas.....	115
7.2. Bibliografias Consultadas	119

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Localização geográfica de CUIABÁ no Brasil e América do Sul	19
FIGURA 2 – Localização geográfica da cidade de Cuiabá no Estado de Mato-Grosso	20
FIGURA 3 – Carta Bioclimática Alterada de GIVONI.....	25
FIGURA 4 - Localização da casa 1 conjunto habitacional Morada da Serra	57
FIGURA 5 - Fachada Leste da casa 01	58
FIGURA 6 - Fachada Oeste da casa 01	58
FIGURA 7 – Planta baixa da casa 01.....	59
FIGURA 8 - Localização de habitações populares avaliadas de Cuiabá-MT.....	62
FIGURA 9 – Fachada da casa 02.....	63
FIGURA 10 – Planta baixa da casa 02.....	63
FIGURA 11 - Termômetro de Globo Digital da marca Instrutherm	65
FIGURA 12 - Radiômetro infravermelho com mira laser digital portátil	66
FIGURA 13 - Anemômetro	67
FIGURA 14 - Precipitação e temperaturas típicas do clima Aw segundo Köppen ...	69
FIGURA 15 – Frequência Bulbo Seco da casa 01	74
FIGURA 16 - Frequência Bulbo Seco da casa 02.....	75
FIGURA 17 – Frequência de Bulbo úmido da casa 01.....	76
FIGURA 18 - Frequência de Bulbo úmido da casa 02	77
FIGURA 19 – Frequência de Temperatura Radiante da casa 01	78
FIGURA 20 - Frequência de Temperatura Radiante da casa 02.....	79
FIGURA 21 – Frequência de Umidade Relativa da casa 01.....	80
FIGURA 22 - Frequência de Umidade Relativa da casa 02	81
FIGURA 23 – Gráfico interativo da umidade relativa das casas 01 e 02	83
FIGURA 24 - Gráfico interativo do Bulbo Seco das casas 01 e 02.....	83
FIGURA 25 – Gráfico interativo da Temperatura Radiante das casas 01 e 02	84
FIGURA 26 - Frequência de Bulbo Seco da casa 01.....	88
FIGURA 27 - Frequência de Bulbo Seco da casa 02.....	89
FIGURA 28 - Frequência de Bulbo Úmido da casa 01	90
FIGURA 29 - Frequência de Bulbo Úmido da casa 02	91
FIGURA 30 - Frequência de Temperatura Radiante da casa 01.....	92
FIGURA 31 - Frequência de Temperatura Radiante da casa 02.....	93
FIGURA 32 - Frequência da umidade Relativa da casa 01	94
FIGURA 33 - Frequência da umidade Relativa da casa 02	95
FIGURA 34 - Gráficos interativos de Bulbo Seco das casas 01 e 02.....	96
FIGURA 35 - Gráficos interativos de Bulbo Úmido das casas 01 e 02	97
FIGURA 36 - Gráficos interativos de Temperatura Radiante das casas 01 e 02.....	97
FIGURA 37 - Gráficos interativos de Umidade Relativa das casas 01 e 02.....	98
FIGURA 38 - Carta Bioclimática casa 01 Estação 1	102
FIGURA 39 - Carta Bioclimática casa 01 Estação 2	103
FIGURA 40 - Carta Bioclimática casa 02 Estação 1	104
FIGURA 41 - Carta Bioclimática casa 02 Estação 2	105
FIGURA 42 - Carta Bioclimática casa 01 Estações 1 e 2.....	106
FIGURA 43 - Carta Bioclimática casa 02 Estações 1 e 2.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Métodos para determinação do conforto térmico.....	38
Tabela 2 - Período de dados coletados – CASA 01	56
Tabela 3 - Período de dados coletados – CASA -02.....	61
Tabela 4 – Estatística casas 01 e 02	70
Tabela 5 – Estatística Descritiva casas 01 e 02.....	72
Tabela 6 - Sumário- Processamento- Casas 01 e 02	85
Tabela 7 - Descritiva	86
Tabela 8 – Tabela Cruzada de Estação * Casa * Região de Conforto	109

PACHECO, E. J. V. – **Análise de desempenho térmico em edificações com habitantes e sem habitantes da cidade de Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal analisar o desempenho térmico de duas casas (habitações) populares, uma já em uso, com moradores e outra ainda não habitada. Não foram isoladas as diversas variáveis que influenciam na temperatura interna de um ambiente, ao contrário, procurou-se caracterizar o desempenho das edificações em uso através da temperatura interna. As casas em estudo fazem parte de um programa de habitação do Governo do Estado de Mato Grosso, “Moradia Para Todos”. A casa não habitada (protótipo) está situada no Parque de Exposições da ACRIMAT próximo das margens do Rio Cuiabá, e a outra com moradores fica situada no bairro Morada da Serra, na região do grande CPA. Para realização deste trabalho foi necessário efetuar medidas “in loco”, para levantarmos a capacidade térmica de cada habitação no que diz respeito à: temperatura radiante, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa e fluxo do ar. Após a coleta de dados foi realizada a análise estatística através do programa SPSS 13.0, SPSS 15.0, montado o arquivo TRY (ano de referência climático) para elaboração da Carta Bioclimática de Cuiabá mais atualizada, com isto foi possível analisar os dados e chegar a algumas conclusões.

Palavras - chaves: habitações, capacidade térmica e análise estatística.

PACHECO, E. J. V. – **Analysis of the thermal performance in homes in residents and trh other empty in the city of Cuiabá -MT.** Cuiabá, 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

ABSTRACT

This essay's objective is to analyze the thermal performance on two popular houses (governmental Project of habitations), one of them already being used, with residents, and the other one completely empty. It hasn't been isolated, the several variables that may influence the internal temperature on a close environment, on the contrary, what's been pursuit was the performance of the buildings in usage regarding the internal temperature. The houses, that had been studied are part of a program of in habitation from the government of the state of Mato Grosso, called "Moradia Para Todos" (Housing for All) The house that's empty (the prototype), located at "Parque de Exposições" (Exhibition Park) of ACRIMAT, located next to the banks of the Cuiabá River, and the other house, with residents, is located in Morada de Serra neighborhood, a region within the great C.P.A. To the accomplishment of this work it was necessary to take measures "in loco", in order to obtain data on the thermal capacity on each habitation with regards to radiant heat, temperature of humid/dry bulb, relative humidity and air flux.

After the data was collected, the statistic analysis was done using the SPSS 13.0 and 15.0 programs. In order to situate the habitations within the Bioclimatic of Givoni, more resent to Cuiabá, it has been created the archive TRY (Year Reference Temperature), using data collected from both houses and by them, it was possible to analyze the data and come to a few conclusions.

Key words: habitations, thermal capacity and statistic analysis.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Problemática

As culturas do viver, do construir, do ocupar e do habitar são as principais temáticas ou referências conceituais que envolvem conforto térmico em teoria, prática e aplicabilidade.

Na cultura do viver está inserida uma grande diversidade de elementos, dentre os quais mais se destaca: a cultura do uso dos espaços externos e internos. No espaço externo às construções, privilegiam-se, na maioria dos casos, as possibilidades (de interferência não estrutural, ou seja, de mudanças e modificações não físicas) de adequação do espaço construído ao entorno imediato e ao entorno urbano.

O significado disto é simplesmente a adequação do que venha ser implantado ao que já existe. E esta adequação pode ser considerada fator que gera, na prática, conforto ambiental. Em situações específicas, como nos micro-ambientes, ou micro-climas (consideradas as características de cada região brasileira) podem ser confirmados diferentes perspectivas, que abraçam diferentes conceitos e técnicas construtivas, adequação ao contexto imediato e urbanístico e oferecimento de conforto térmico pleno.

Na cultura do construir, no acadêmico e profissionalizado, são estudadas e aplicadas técnicas e materiais que permitam a adequação do espaço construído, servindo-se desses suportes, para a qualificação desse espaço como ambiente detentor de condições ambientais internas que possam ser categorizadas como minimamente funcionais. Diferentemente do meio empírico, onde essas técnicas e materiais são utilizados sem o conhecimento do seu benefício, sob a ótica da ausência de experiências que envolvem análise científica com apresentação de dados concretos, pormenorizados em laudos formais.

A maneira, a forma que os espaços são ocupados permite a análise da eficácia ou não do preparo técnico-construtivo prévio ao qual o espaço fora objeto de estudo. O uso adequado desses espaços planejados para oferecer conforto ambiental tem

como determinante um trabalho de informação mínima ao usuário. Esta informação é que prepara o usuário para entender o espaço que terá disposto a si; a interpretar os elementos técnico-constructivos que estão subentendidos em todo o espaço construído.

A questão da cultura do habitar, onde estão concentrados todos os elementos componentes da rotina, do cotidiano do usuário em relação aos espaços ainda em planejamento ou já construídos é que determinará também se espaço funcionará efetivamente. São observações dependentes de olhares próximos ao da análise comportamental, que envolvem percepções mais apuradas sobre o usuário, seus pensamentos e atitudes, na utilização do espaço que é oferecido a ele.

A criação de zonas de conforto, internas e/ou externas, no caso específico do clima o brasileiro, demanda análises bastante profundas, haja vista a diferença entre os estados da região norte, com os estados da região sul do país, por exemplo.

Cada região tem suas técnicas e constructivas, empíricas que sejam, de compreender e atuar no espaço ocupado, interno ou externo, e adequar a inserção (o objeto construído) aos fatores condicionantes e determinantes para pleno uso (no sentido da adequação micro-climática) desse espaço. Os suportes objetivos e subjetivos devem estar disponíveis ao usuário, sempre, permitindo a ele a compreensão e o uso correto e adequado do espaço que ocupará.

Os suportes técnico-constructivos e mesmo o suporte de caráter subjetivo podem ser oferecidos partindo-se das possibilidades reais de transmissão de informação, seja ela utilizada por quaisquer meios disponíveis, da transmissão oral a um meio altamente especializado, que compreenda a tecnologia de ponta como referência para tal.

As zonas de conforto a serem criadas ou apenas complementadas, sejam internas ou externas, coletivas ou individuais, dependem de contextualizações e aplicações objetivas e reais, levadas à prática, referenciadas em estudos previamente realizados (estudos de caso ou similares) ou partindo-se de um nível zero de informações, caso ocorra. Esta última situação demanda tempo e recursos, porém apresenta resultados de maior nível de qualidade, sujeita a menores índices de equívocos técnicos durante todo o processo.

O clima tropical de nosso continente, pela pouca agressividade, isto relativizando-se a realidade climática brasileira às condições desérticas ou glaciais dos extremos do planeta, requer atenção no sentido de que seja valorizado como componente de um conjunto, de uma unidade e dele se tire partido. Esta unidade é composta de fatores que vão do tempo e suas quase que inúmeras variações à utilização final do espaço oferecido ao uso. Nesta realidade, a produção brasileira de espaços construídos (para as mais diversas finalidades funcionais), deve privilegiar esse conceito, sugerindo integração – do interno com o externo - entre os espaços, resultando em uso pleno no sentido do conforto térmico eficiente outrora planejado.

O conforto térmico, no sentido amplo, compreende uma série de fatores empíricos, técnicos e humanos que o categorizam como funcional ou não, como já mencionado anteriormente. Dentre os principais fatores condicionantes e determinantes para pleno e satisfatório resultado em conforto térmico estão a orientação solar, a direção dos ventos e a tecnologia a ser utilizada, no caso específico de ambientes projetados - isto de forma generalizada, pois estão implícitos diversos outros elementos também condicionantes e determinantes para um resultado completo. A orientação solar permite que se observe de que maneira se comporta a natureza, o sol, em relação ao espaço físico ou natural ou artificial. A direção dos ventos dará subsídios para as propostas técnicas executivas como o dimensionamento de portas, janelas e outros tipos de aberturas que favoreçam a circulação do ar nos moldes do que a técnica mostra como eficiente para a que se tenha um espaço de clima confortável. A tecnologia compreende o que há de disponível oferecido pela indústria moderna para adequação dos espaços construídos à necessidade do usuário exatamente no quesito conforto térmico.

As questões climáticas mundiais da atualidade requerem soluções constantes, específicas e cada vez mais tecnologicamente avançadas para adequação dos espaços já existentes à necessidade de conforto térmico. Mudanças climáticas praticamente passam despercebidas, até o momento em que são observadas no contexto individual do ser humano e nos micro-climas dos quais ele está inserido. As percepções individuais dessas mudanças climáticas estendem-se, posteriormente, a percepções coletivas, que demonstram a real necessidade de estudos mais profundos e busca de

resultados mais rápidos para adequação a essas variações térmicas, em pequena ou grande escala.

O Brasil, por ser de dimensões continentais, apresenta inúmeras particularidades com relação ao conceito de conforto ambiental. Para cada região há resposta técnica diferente e correspondente. Para o clima brasileiro essas soluções são caracterizadas por inúmeras modalidades empíricas ou acadêmicas, na busca pelo conforto térmico, na situação em que seja necessário aplicá-lo, isto é, implantação de elementos construtivos que se constituam em favorecedores de um bom condicionamento térmico. Observe-se o uso de materiais naturais, como palha e argila, no interior do país. Esta particularidade une técnica construtiva e adequação climática – no âmbito do empirismo. A esta situação correspondem também, na devida interpretação e relativização, os objetivos pertinentes à prática de ações de fundo preservacionista. Já nas grandes cidades, no meio urbano, devido a um suporte de conhecimento técnico-industrial mais acessível, a diferença reside nos rápidos resultados que são obtidos, concernentes à aplicabilidade desses recursos num menor espaço de tempo, bem como num pré-planejamento embasado em rigores técnico-científicos.

Em situação mais específica, na cidade de Cuiabá, onde clima e tempo são, sob determinadas perspectiva, estáveis – verão quente e úmido / inverno frio e seco, essas particularidades são complementadas com a inserção de equipamentos que complementem as características físicas de um objeto que pretenda oferecer conforto térmico eficiente. O clima urbano está diretamente ligado ao desenvolvimento horizontal e vertical da cidade; à urbanização. Com a diminuição ou exclusão de áreas verdes para que sejam implantados espaços artificiais tem-se a impermeabilização do solo que - em consequência, haja vista essa provável e possível pavimentação: concreto, asfalto, etc. – promove a formação das “ilhas de calor”, que são pontos que apresentam fisicamente ao usuário notáveis variações de temperatura do ar. E é deste momento, desta percepção, desta análise, que partem as medidas saneadoras ou estruturais, que significam, respectivamente, ações de pouca intervenção e ações de intervenção direta e modificadora do espaço urbano, coletivo ou individual. Estas ações são os resultados equivalentes para uma “produção urbana” acelerada e do crescimento desordenado da cidade. Esta situação resulta no

aparecimento de várias regiões de clima diferenciado, dentro de uma macro-região (a cidade), insatisfatório no que diz respeito ao conforto térmico. Para o meio urbano da contemporaneidade a solução se apresenta, sem dúvida, na aplicação de medidas estruturais, onde são postas em execução intervenções físicas que vão da abertura de espaços previamente pavimentados a intervenções em sistemas de infra-estrutura, como galerias de águas pluviais, esgoto e tratamento adequado aos cursos d'água, bolsões de vegetação, naturais ou artificiais.

Partindo para a interpretação de casos individuais, no aspecto do uso privado, o que se pode fazer, de início, é a adequação do objeto de uso sustentada em experiências técnicas pré-existentes, que oferecem orientação teórica e prática para um resultado pleno em conforto térmico. Agregados aqui estão os estudos de novas tecnologias, inclusive de aproveitamento, reaproveitamento e reciclagem de materiais para uso em espaços que pretendam a um conforto térmico satisfatório. Esses materiais (alumínio, plástico, etc.) são, de maneira geral descartados ou enviados para finalidades que não estejam ligadas ao conforto térmico, porém, em caso de re-uso, oferecem suporte à melhoria das condições de conforto de espaços privados e coletivos em clima como o brasileiro, na forma de forrações, coberturas, isolantes e correlatos.

A relação ser humano / conforto térmico é bastante complexa. Sempre se apresenta com inúmeros graus de dificuldade para que se chegue a propostas finais ou soluções adequadas. No entanto, esta complexidade – das abordagens iniciais às propostas aplicadas – é que garante um resultado final correto para necessidades do ser humano em busca de melhores condições individuais ou coletivas de para o seu bem estar físico.

1.2. Justificativa

Em virtude do pequeno número de edificações estudadas e projetadas para a otimização do conforto térmico na cidade de Cuiabá-MT, torna-se clara a necessidade do presente desenvolvimento da pesquisa que visa a obtenção de dados sobre a adequação dos materiais a serem empregados nos projetos arquitetônicos destinados nas cidade de clima tropical. Devemos destacar as habitações populares, pois devem acompanhar o progresso tecnológico, sem que se perca a preocupação da adaptação à região, clima e principalmente o custo para os usuário.

Avaliar-se-á as condições de conforto térmico de duas residências com metodologias construtivas, alvenaria tradicional, do projeto de habitação popular, realizado pelo governo estadual de Mato Grosso através da SINFRRA (Secretaria de Infra-Estrutura). Após a avaliação será realizado um diagnóstico das condições térmicas encontradas e serão feitas sugestões de estratégias com o intuito de melhorar o desempenho térmico das habitações populares para a cidade de Cuiabá-MT.

O objetivo geral deste trabalho busca analisar o desempenho térmico das metodologias construtivas mais utilizadas para habitações populares no Estado de Mato Grosso em Cuiabá-MT. Por consequência de tal abrangência, também foram obtidos especificamente: o conforto térmico oferecido por cada uma das residências frente ao clima da região; os fatores de maior influência no desempenho térmico das edificações; a tipologia construtiva mais utilizada no Estado, que apresenta melhor desempenho térmico para o clima da região. Devemos também fazer uma análise estatística tanto da casa habitada assim como da casa desabitada. Faremos uma análise destes resultados estatísticos e através destas informações propor melhores condições para as futuras construções de habitações populares para Cuiabá-Mt, podendo gerar assim certa economia de energia e proteger o meio ambiente com o conforto térmico adequado.

Para que a arquitetura seja realmente apropriada ao meio ambiente, muitas vezes deve-se tratar da interação de cinco elementos: a temperatura do ar, a radiação solar, o vento, a umidade e as precipitações.

Sabendo dos problemas sócios econômicos e das dificuldades dos programas habitacionais em implantar novos conjuntos habitacionais, sabe-se que esses elementos passam despercebidos nos projetos de implantação.

Principalmente pela vasta extensão territorial do Brasil e diferentes regiões climáticas, a ausência de uma padronização leva o governo buscar soluções muitas vezes imediatistas sem se preocupar com a realidade climática regional, visando apenas o custo.

A arquitetura é uma particularidade de cada indivíduo, uma mesma pessoa pode ver a arquitetura de várias formas, mas ele sabe muito bem o que lhe é confortável ou não, o que é adequado ao seu estilo de vida, as dimensões e necessidades da família.

1.3. Estrutura do Trabalho

O item um, introdução, trás um apanhado geral do conforto térmico, falando principalmente: das culturas do viver, do construir, do ocupar e do habitar. Neste item os problemas encontrados nas casas e a justificativa de como tentar resolver os problemas.

A parte dois é composta da revisão bibliográfica que é subdividida em quatro partes: uma fala do clima da cidade de Cuiabá e da região Centro-Oeste a outra se trata da importância do conforto ambiental, a seguinte refere-se a métodos de como avaliar o desempenho, índices, escalas e zonas de conforto e finalmente temos a evolução da arquitetura num geral.

O item três vem mostrar a área em que foi feito este estudo e a localização das habitações na cidade de Cuiabá capital do Estado de Mato Grosso

O item quatro mostra a maneira de melhor avaliar o desempenho térmico da habitação através dos materiais utilizados para obter os dados e como estes foram processados, e quais os métodos empregados.

Na parte cinco apresentam-se os dados e fazem-se análises dos mesmos através de programas estatísticos, com os quais possamos avaliar o desempenho térmico no interior das unidades habitacionais.

O item seis apresenta as considerações finais tiradas das análises de dados estatísticos, gráficos, histogramas, cartas bioclimáticas do desempenho térmico da habitação, indicando também pequenas estratégias para obter o mínimo de conforto para as casas populares de Cuiabá-MT.

A parte sete trás as fontes de consultas para realização deste trabalho, as bibliografias consultadas e as citadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Introdução

De acordo com a história, em 8 de abril de 1719, Pascoal Moreira Cabral acompanhado de bravos bandeirantes portugueses aqui chegou para desbravar e esta terra prosperar. A partir daí começou a corrida pelo ouro e a nossa querida Cuiabá foi se desabrochando e se tornou uma cidade que no início tinha um cenário arquitetônico composto de ocas dos índios e pequenos casebres onde morava a população cuiabana. Casas estas geminadas e situadas em travessas tortuosas que compõe uma relíquia histórica da nossa terra.

O centro da cidade quase se mantém por inteiro até os dias de hoje, atualmente está protegido como patrimônio histórico, salvo algumas de suas características foram mudadas e até retiradas do cenário e substituída, como foi o caso da Catedral do centro da cidade.

A evolução chegou com o passar dos anos e com ela a mão-de-obra mais qualificada, materiais mais diversificados, técnicas novas em construção e estilos arquitetônicos mais arrojados mudaram muito o visual da cidade. Como toda e qualquer evolução tem seus lados positivos e negativos. Um dos fatores positivos foi a chegada de pessoas de outras cidades e de outros estados, trazendo novos conhecimentos em especial um dos fatores negativos foi sobre a construção civil desenvolvimento muito rápido e desordenado sem um planejamento de visão para o futuro.

De acordo com Xavier (1999), a preocupação do homem com seu bem estar e conforto é diretamente proporcional à evolução da humanidade, ou seja, quanto mais evoluídas são as pessoas, mais exigentes ficam com relação ao seu conforto e bem estar.

Outro fator negativo foi o intenso processo de urbanização, responsável pelo fenômeno da “ilha de calor” que trouxe prejuízos tanto ao clima urbano quanto a

edificação propriamente dita. O clima de Cuiabá foi agravado nos últimos 22 anos, vítima das construções de edifícios e ruas asfaltadas em substituição as áreas verdes.

Observando o centro histórico de Cuiabá verifica-se que as casas daquela época, têm à altura do pé-direito que variam entre 4,0m até 5,0m o qual facilita a circulação e entrada de ar na edificação, ao passo que as de hoje têm uma altura de aproximadamente 2,80m. Suas paredes tinham uma espessura que variavam entre 0,50m a 0,65m e chegavam até 1,00m as quais dificultam a transmissão de calor e até mesmo de som, e as de hoje têm uma espessura bem reduzida de 0,15m podendo ser um dos causadores do desconforto do ambiente.

Para que se otimize o máximo a edificação depois de pronta, é necessário que o arquiteto, além da preocupação com o lado estético e funcional da obra, também deve atentar com o bem estar físico e psíquico dos indivíduos que ocuparão a edificação. O conforto térmico é um dos requisitos básico para uma casa bem projetada, principalmente nessas regiões em que o clima é motivo para arrojadas discussões. O conforto térmico para Cuiabá é um desafio muito grande para os profissionais da área. O vento que aqui circula é muito fraco e a insolação muito alta. O tipo de esquadrias e a posição das janelas também são levados em consideração, mas não trazem grandes resultados.

Outro ponto considerado é a escolha de material que irão compor a obra, uma vez que o calor é transmitido para o interior do ambiente através das paredes, pisos e telhados. “Detalhes”, pequenos “Detalhes”, fazem a diferença na absorção de calor, e isto, pode acarretar um melhor ou pior desempenho térmico. Sabemos que todos os elementos de uma edificação são importantes no desempenho térmico, porém, depois da cobertura, a parede é o principal elemento arquitetônico responsável pela absorção de calor existente no interior da habitação.

A preocupação humana com a melhoria da qualidade de vida vem crescendo ao longo dos anos proporcionalmente ao desenvolvimento tecnológico. Isto propicia um aumento positivo nos estudos de soluções e alternativas que melhorem o desempenho térmico e conforto ambiental nas habitações para nossa região; comprovando métodos de mensuração de sensações, para comparar parâmetros de índices utilizados e padronizados mundialmente (NOGUEIRA et al., 2005).

Os estudos de conforto térmico, pela sua própria natureza, apresentam caráter multidisciplinar, possuindo ligação estreita com a área de Engenharia, em várias de suas modalidades, de Arquitetura, das Ciências da Saúde e Ciências Humanas. Para a concepção de um ambiente adequado, em termos de conforto térmico e lumínico, deve-se ter a clara noção e conhecimento do local onde o mesmo irá ser edificado, em termos de clima e estratégias que possam ser utilizadas, conhecimento esse que é obtido através de estudos de bioclimatologia.

O conforto térmico como uma sensação humana situa-se no campo do subjetivo e acredita-se que a satisfação das pessoas com um ambiente dependa de fatores físicos, fisiológicos e psicológicos. Os fatores físicos determinam as trocas de calor do corpo com o meio, os fisiológicos, como a aclimatização, referem-se a alterações na resposta fisiológica do organismo resultante da exposição continuada a determinada condição térmica e os fatores psicológicos relacionam-se a diferenças na percepção e na resposta a estímulos sensoriais, fruto da experiência passada e da expectativa do indivíduo.

A condição de conforto térmico a que está sujeita uma pessoa em um ambiente interno, é normalizada através da Norma Internacional ISO 7730 (1984), a qual é baseada nos estudos realizados por Fanger (1970), na Dinamarca. Eles se basearam no modelo físico de balanço de calor entre o homem e o meio ambiente, através do qual todo o calor gerado pelo organismo humano pela execução de atividades deve ser dissipado em igual proporção ao ambiente, a fim de que não haja nem acúmulo nem perda excessiva de calor no interior do organismo. Dessa maneira, o organismo humano pode ser comparado a uma “máquina térmica”, a qual gera calor quando executa algum tipo de trabalho. O calor gerado pelo organismo deve então ser dissipado em igual proporção ao ambiente, para que não se eleve nem diminua a temperatura interna do corpo.

Assim o conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem estar experimentada por uma pessoa, como resultado de uma combinação satisfatória, nesse ambiente, da temperatura radiante média, umidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar com a atividade desenvolvida e a vestimenta utilizada.

Sendo assim, hábitos, costumes e especificidades da população analisada, como etnia, hábitos sociais e religiosos e padrões comunitários, também devem ser levados em consideração nos estudos de conforto térmico, dados às diferenças de resposta dos usuários dependendo da cultura e aclimatação de cada população.

Estando o meio-ambiente já bastante comprometido com altos índices de poluição do ar, da água e do solo, que trazem múltiplas implicações à vida humana; as únicas soluções viáveis para o mundo são as sustentáveis, soluções que atendem aos problemas humanos sem o comprometimento das gerações futuras.

Com a evolução das pesquisas em habitação, a construção de uma edificação sustentável e adaptada ao clima envolve quatro etapas, sendo a última a da concepção arquitetônica. A primeira etapa é a de levantamento dos dados climáticos e meteorológicos do local e sua análise. O segundo passo é a avaliação do impacto das variáveis climáticas em termos psico-fisiológicos. A terceira etapa trata da implementação tecnológica para a solução do problema conforto-clima, solução que pode ser obtida através de cálculos de orientação, necessidade de sombras, e balanço interno de temperatura que pode ser conseguido com a aplicação de materiais. A quarta etapa seria a conjunção final de todas as soluções em harmonia arquitetônica.

(Nos últimos trinta anos, muitos estudos sobre conforto térmico foram realizados em situações reais do cotidiano em todo o mundo, no Brasil os mais relevantes recentemente foram realizados por ARAÚJO e XAVIER, 1996 e LAMBERTS, 1999).

Sendo Cuiabá, a área de estudo escolhida, pretende-se avaliar as condições de conforto térmico, de duas casas de padrão popular.

Pretende-se, portanto contribuir para com os estudos científicos sobre o nível de conforto térmico nas habitações de padrão popular em Cuiabá-MT para uma correta verificação da adaptação dos projetos ao clima na cidade.

Os estudos e pesquisas desenvolvidas no Brasil na área de avaliação do desempenho térmico de residências uni familiares vem crescendo, no sudeste e sul do Brasil esses estudos vêm se destacando.

Os estudos, nessa área, reúnem informações com características climáticas específicas, assim pode-se compreender a caracterização dos climas regionais, podendo distinguir a avaliação do desempenho térmico em edificações residenciais

uni familiares de uma forma mais concreta, podendo alcançar resultados em conformidade com as metodologias e normalização nacional.

Entre as pesquisas que vem sendo realizadas no Brasil, podem-se destacar os trabalhos que vem sendo desenvolvidos no IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo), no CIENTEC (Fundação de Ciência e Tecnologia, de Direito privado, vinculado à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul), no LABEEE (Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina) entre outros.

Pesquisas estas vêm se destacando e possibilitando a implantação de uma metodologia específica para as avaliações e de fácil aplicação, podendo ser adaptáveis a um tipo construtivo regional e climático.

Barbosa (1997), em suas citações, comenta que as normas da França e a do Estado da Califórnia, nos EUA, se sobressaem por explicitarem uma forma de alcançar conformidade através de pacotes de soluções construtivas, que são possíveis de se implantar na metodologia específica para avaliação do desempenho térmico em edificações residenciais uni familiares no Brasil. Tais pesquisas realizadas no Brasil e no exterior foram observadas quanto aos índices e zona de conforto térmico aplicáveis na metodologia específica para avaliação do desempenho térmico em edificações, observando as características climáticas específicas.

No estado de Mato Grosso, os registros dos dados climáticos e séries temporal representativa são muito escassos, isso dificulta a obtenção de um tipo climático representativo.

Apesar de dados e registros recentes, serem iniciais pode-se avaliar o desempenho térmico em função de dados e variáveis obtidos em medições “in loco,” adequando-se no desenvolvimento do trabalho proposto.

Existem hoje, vários estudos relacionados ao clima urbano, isso se deve às migrações ocorridas do campo para a cidade, gerando um aumento considerável na taxa populacional das mesmas. Com a superpopulação, e o número cada vez maior de indústrias, edifícios, solos impermeáveis e com a diminuição das áreas verdes, as grandes cidades passaram a ser locais inapropriados para uma vida saudável.

Com isso, uma das principais preocupações para Cuiabá, assim como para outras cidades, é o aumento da temperatura, o que acaba por causar inúmeras

conseqüências às pessoas que aqui vivem; como cansaço excessivo, mal estar, pressão baixa, desânimo, entre outros.

Em conseqüência às alterações climáticas ocorridas nas áreas urbanas, as edificações também sofrem mudanças quanto ao térmico. Mesmo sendo um assunto muito discutido em termos de estudos, é pouco considerado na hora da execução das edificações. Em Cuiabá o conforto térmico deveria obter maior atenção por parte dos profissionais da área, uma vez a temperatura bastante elevada da cidade cria um grande problema de desconforto às pessoas.

2.2. Clima

Para Mascaró (1991), tempo é o estado atmosférico em certo momento, considerado em relação a todos os fenômenos meteorológicos: temperatura, vento, umidade, etc. Esse estado é essencialmente variável. Entretanto num determinado lugar, em meio às essas contínuas mudanças, distingue-se algo de constante, de previsível, que se constitui o que se chama CLIMA.

Assim o clima pode ser definido como a função característica e permanente do tempo, num lugar, em meio a suas múltiplas variações, os elementos mais importantes, que tem forte efeito no nível de conforto do ambiente interno, são: o sol (luz e calor), a umidade, temperatura, vento e precipitação, todos esses elementos são afetados pelo lugar e seu entorno: o micro clima, as vezes chamado de clima do lugar, dentro de um macro clima mais amplo.

Segundo Monteiro (2003), as transformações na população mundial, bem como o processo de urbanização, geraram cidades com expressiva degradação das condições de vida e de ambiente urbano, conseqüência de uma queda da qualidade da atmosfera urbana e dos problemas humanos a ela correlatos apresentou intensificação paulatina no momento mais atual.

Em 1977, a Organização Mundial de Meteorologia - OMM propôs o estudo do clima baseando-se na importância das interações entre atmosfera e a superfície terrestre, sendo chamado de sistema climático e constituindo o modelo climático global, (CAMPELO Jr. et al., 1991).

Novas pesquisas e trabalhos foram iniciados a partir desse estudo proposto, vários pesquisadores buscaram apresentar uma nova visão da influência do clima e seus fatores no sistema atmosférico. Tais modificações climáticas podem ser em áreas urbanas, notando-se as maiores, podendo resultar em verdadeiras Ilhas de Calor.

Romero (2000) faz uma diferenciação entre elementos meteorológicos ou climáticos e fatores climáticos, atribuindo aos primeiros à função de definir o clima e ao segundo a função de dar-lhes origem ou determiná-los. Os fatores climáticos seriam: radiação solar, circulação atmosférica, repartição das terras e dos mares, relevo do solo, correntes marítimas, revestimento do solo. Os elementos do clima seriam: temperatura do ar, regime dos ventos, umidade do ar, nebulosidade e precipitações.

Costa (2002) considera como fatores climáticos globais à radiação, latitude, altitude, massas de água e terra; os locais, a temperatura, umidade, movimento do ar e precipitações. Os fatores climáticos locais determinam as condições do microclima, isto é, o clima em um local restrito, como por exemplo, uma cidade, bairro, uma rua ou mesmo uma edificação em uma camada de ar junto ao solo.

2.2.1. Classificação do Clima

A classificação climática auxilia no estabelecimento e generalidades das regiões climáticas, que são qualquer porção da superfície da Terra com elementos climáticos e características similares.

Devemos considerar três níveis para diferenciar escalas climáticas e desta forma procuramos identificar o clima por meio de uma divisão ordenada e hierárquica, sendo elas: macroclima, mesoclima e microclima de modo a permitir que cada uma delas possa ser relacionada com a imediatamente superior e inferior.

1. MACROCLIMA: Podendo ser chamado de clima original ou clima regional é o resultado da situação geográfica e orográfica. Corresponde ao clima médio ocorrente num território relativamente vasto, exigindo, para sua caracterização, dados de um conjunto de postos meteorológicos; em zonas com relevo acentuado os dados macroclimáticos possuem um valor apenas relativo exigindo, para sua caracterização, dados também de um conjunto de postos meteorológicos.

2. MESOCLIMA: Ou clima local, que corresponde a uma situação particular do macroclima, ou seja, o macroclima sofre localmente modificações em vários de seus elementos, o que determina um mesoclima (clima local). Normalmente, é possível caracterizar um mesoclima através dos dados de uma estação meteorológica, permitindo avaliar as possibilidades de uma cultura, do clima de floresta ou de uma vertente. A superfície abrangida por um mesoclima pode ser muito variável, podendo fazer referência a situações bastante particulares do ponto de vista de exposições, declividade ou altitude, por exemplo. Muitas vezes o termo topoclima é utilizado para designar um mesoclima onde a orografia constitui um dos critérios principais de identificação, como por exemplo, o clima de um vale ou de uma encosta de montanha.

3. MICROCLIMA: Corresponde às condições climáticas de uma superfície realmente pequena, ou seja, ao clima de micro escala. Podem-se considerar dois tipos

de microclima: microclima natural – que corresponde a superfícies da ordem de 10 m a 100 m; e, microclima da planta – o qual é caracterizado por variáveis climáticas (temperatura, radiação) medida por aparelhos instalados na própria planta. O termo genérico de bioclima é utilizado para essa escala que visa o estudo do meio natural e das técnicas de cultivo.

Koppen 1948 publicou pela primeira vez a classificação climática, baseada nas médias anuais e mensais de temperatura e precipitação, o método classificatório é baseado na observação do ‘crescimento das plantas’, não só pela importância mais como pela analogia com a vida humana. Dois elementos principais determinam a cobertura vegetal:

- 1-Temperatura – que define as espécies possíveis;
- 2-Chuva – que permite ou não a sua existência.

Para Koppen (1948) a vegetação nativa é a melhor expressão da totalidade de um clima, e as plantas instrumentos meteorológicos capazes de medir todos os elementos climáticos integrados, dado esse motivo que muitos dos limites climáticos são definidos em função da vegetação.

Apesar do método de KOPPEN ser o mais tradicional e universalmente aceito, ainda existem algumas críticas. Segundo Trewartha (1954, p. 226), as principais críticas são:

- 1 - A escassez de observações meteorológicas em grandes partes do mundo faz com que uma classificação climática com limites bastante rígidos seja insatisfatória, gerando algumas incoerências;
- 2 - Alguns limites climáticos foram estabelecidos considerando-se a paisagem natural, outros foram estabelecidos aleatoriamente;
- 3 - Fórmulas desenvolvidas para climas em terras baixas foram utilizadas para altitudes maiores.

A classificação de Thornthwaite (1948) emprega três índices climáticos – eficiência da precipitação, concentração sazonal de chuvas e eficiência térmica – para diferenciar e localizar limites climáticos. Esses limites são determinados comparando-se precipitação e evapotranspiração, independentemente da vegetação, tipo e uso do solo. Ao contrário de Koppen, aqui a vegetação é considerada apenas como um mecanismo físico pelo qual a água é transportada do solo para a atmosfera.

Tanto Koppen quanto Thornthwaite empregam combinações de letras para designar tipos climáticos.

Para Gomes (1980), existe dificuldade prática das classificações, uma vez que elas não atendem nem às necessidades específicas dos pesquisadores nem a objetivos diversos. As classificações de Thornthwaite e Koppen, tradicionais e universalmente aceitas, apresenta-se muito gerais.

2.2.2. O Clima e a Cidade de Cuiabá

O município de Cuiabá, com uma extensão territorial de, aproximadamente, 3000Km², está situado entre as coordenadas geográficas de 15°10', 15°50' de latitude sul e 50°50', 50°10' de longitude oeste, na região central do Brasil, na região denominada depressão cuiabana como mostra as Figura 01 e 02.

Segundo Maitelli (1994), a depressão cuiabana, parte integrante da depressão do Rio Paraguai, compreende uma área rebaixada, localizada à margem esquerda do Rio Cuiabá, limitando-se ao sul com Pantanal Mato-grossense. A oeste, noroeste e norte com a Província Serrana e a leste com a Chapada dos Guimarães. Localiza-se na confluência de três importantes biomas brasileiros: o Pantanal, o Cerrado e a Floresta Amazônica.

A topografia da depressão cuiabana é, de modo geral, rampeada com inclinação de norte para sul. A altimetria está em torno de 250 metros no limite sul e atinge 450 metros no limite norte.

Cuiabá é conhecida como uma das capitais mais quentes do Brasil. Seu clima é do tipo Aw de Koppen, isto é, Tropical Semi-úmido, com quatro a cinco meses secos e duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão) (MAITELLI, 1994).

Segundo Maitelli (1994) coloca que dessa forma, durante a primavera-verão, as temperaturas se mantêm constantemente elevadas, principalmente, na primavera, estação na qual o sol passa pelos paralelos da região, dirigindo-se para o Trópico de Capricórnio e a estação chuvosa ainda não teve início. No inverno, são registradas temperaturas estáveis, baixa umidade do ar, e altas amplitudes térmicas diárias elevadas temperaturas. Entretanto, ocorrem baixas de temperatura, resultantes da

invasão do Anticiclone Polar, que transpõe a Cordilheira dos Andes após caminhar sobre o Oceano Pacífico, provocando um forte declínio na temperatura do ar com céu limpo e pouca umidade específica. A essa ação direta do Anticiclone Polar dá-se o nome de “friagem” e sua duração é, em média, de três a quatro dias.



FIGURA 1 – Localização geográfica de CUIABÁ no Brasil e América do Sul

FONTE: Guia Geográfico do Brasil e do Mundo - www.guiageo.com.br.

O núcleo urbano de Cuiabá, segundo Rosa & Jesus (2003), iniciou sua colonização efetiva em fins de 1722 e recebeu foros de cidade em 1818. Sua origem está ligada ao ciclo do ouro, que promoveu o processo de imigração inicial para a região.

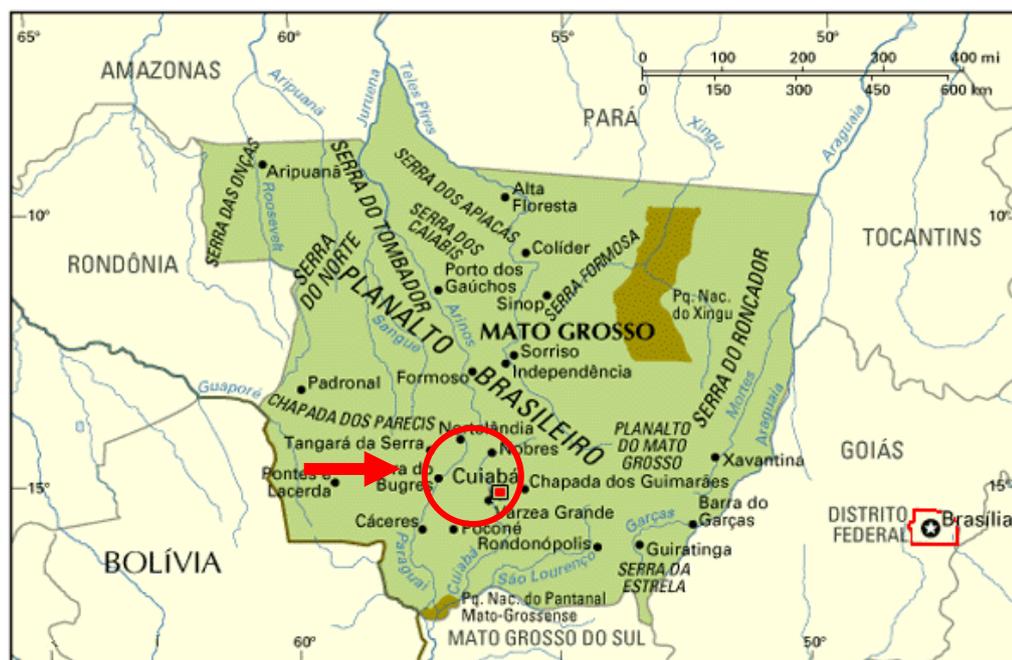


FIGURA 2 – Localização geográfica da cidade de Cuiabá no Estado de Mato Grosso

FONTE: GuiaNet Brasil - www.guianet.com.br.

Em 17 de setembro de 1818, a vila foi elevada à cidade. Em 1825, se tornou capital da província, contando com cerca de sete mil habitantes. Em meados do século XIX, já estando unida a parte principal e a portuária da cidade, a população já atingia quase 10 mil habitantes. No século XX, a ligação rodoviária com São Paulo e Goiás e a aviação comercial, a partir de 1940, trouxeram o desenvolvimento da capital. O grande marco do crescimento, no entanto, têm início na década de 70, quando o governo federal inicia um programa de povoamento do interior do país, oferecendo vantagens aos que para lá se mudassem. Em cinco anos (de 1970 a 1975) a população passou de 83 mil para 127 mil pessoas, SILVA (2005).

Atualmente, o número de habitantes está estimado em 700.000. Esse “boom” populacional provocou uma série de alterações da paisagem, da vida da cidade, do uso do solo, e de ocupação urbana, IBGE (2002).

A cidade compartilha uma malha viária do século XVIII de traçado irregular, principalmente no centro, com ruas estreitas, características das técnicas do planejamento urbano da época que não previa os meios de transportes atuais, alternadas com largas avenidas que se multiplicaram após 1970.

Em função do grande crescimento demográfico, foram edificados grandes conjuntos habitacionais, principalmente nas regiões norte e nordeste da cidade. A arquitetura dessas áreas de expansão urbana difere muito das características das construções do centro da cidade e utiliza padrões arquitetônicos standardizados, que em pouco ou em nada se adequam às rigorosas condições climáticas de Cuiabá.

2.3. Importância do Conforto Ambiental

Tem-se observado uma grande frequência de projetos de edificações sem a devida preocupação com os fatores ambientais. Dessa forma percebemos que grande parte das edificações, principalmente as de padrão popular sofrem desnecessariamente com os rigores climáticos de um país predominantemente tropical, como é o Brasil. Isso acontece no mundo todo, diferenciando-se apenas os países ricos que por outro lado, enfrentam grandes desperdícios de energia para climatizar os ambientes internos mediante calefação ou refrigeração artificial.

O clima pode afetar todo o tipo de atividades executadas em uma edificação, por este motivo salienta-se a importância do conforto ambiental, fundamentalmente em habitações de programas habitacionais, onde o foco geralmente se mantém no custo. É por este motivo que o estudo da climatologia assume tal relevância atualmente, deve fazer parte de todas as fases de projeto arquitetônico indo desde a análise do clima em relação à habitação, até o impacto da edificação ao meio.

A partir do conhecimento de dados climáticos da região específica onde se projeta, é possível para o engenheiro e/ou arquiteto tomar melhores decisões que se reverterão em desempenho térmico e lumínico ainda em fase de projeto.

Apesar de pouco utilizados nos dias atuais, os estudos sobre arquitetura bioclimática começaram ainda antes de Cristo, de acordo com Markus & Morris (1980), Vitruvius no século I a.C. já buscava soluções de abrigo contra intempéries, bem como manter o equilíbrio em soluções formais, estruturais e funcionais.

Ele descreve com detalhes a trajetória do Sol e sua influência no clima, de acordo com as estações do ano. Descreve o estudo das sombras no mesmo período em várias cidades como Roma, Alexandria, Rodes e Atenas e ainda complementa

com a descrição da construção de relógios, com o objetivo que o dia equinocial, solsticial e hibernal fossem divididos em doze partes iguais.

Em seu livro *Da Arquitetura*, Vitruvius descreve as descobertas acerca das leis de incidência dos raios solares sobre a Terra, através de sombras produzidas em diferentes pontos da superfície terrestre. Narra ainda sobre a trajetória e a influência do Sol nas temperaturas dos astros durante os doze meses do ano.

Segundo Kruger (1993), os trabalhos de Vitruvius “foram influenciados pelos elementos do clima e suas recomendações se referem constantemente à necessidade de adequação das construções aos fatores climáticos”.

Olgay (1963) escreve um livro sobre o trabalho com a arquitetura solar, passiva ou bioclimática, onde trata do clima e sua relação com o ser humano, apresentando exemplos urbanos e arquitetônicos.

Pietrobon (1999) definiu a Arquitetura Bioclimática como o uso da tecnologia que se baseia na correta aplicação dos elementos arquitetônicos, com o objetivo de proporcionar ao ambiente construído um alto grau de conforto higrotérmico com o mínimo consumo energético. Para sua conceituação de Arquitetura Bioclimática, ele ainda salienta que na arquitetura, existem três aspectos a serem considerados:

- 1- Aspecto físico: diretamente relacionado com os sentidos, conforto humano;
- 2 - Aspecto climático: ambiental, visa à redução do consumo energético;
- 3 - Aspecto da relação com a totalidade das diferentes funções humanas: sem ser um objeto definido por nenhuma delas singularmente seu caráter estético.

Dessa forma, a Arquitetura Bioclimática visa, através da inclusão de uma visão estética, funcional, temporal e locacional; auxiliar no desempenho da edificação utilizada.

2.3.1. O Incremento do Estudo de Conforto Ambiental

Galileu desenvolveu o termômetro em 1593, e Torricelli o barômetro de mercúrio, em 1643, possibilitando as medições que tiveram início nos séculos XVII e XVIII. Na década de 1770 redes de meteorologia foram implantadas na França, e em

1817 na Prússia, em 1818, Howard publicou os resultados de medições realizadas em Londres mostrando a existência de um microclima urbano, fato até então unanimamente ignorado.

Segundo Markus & Morris (1980), os primeiros princípios básicos para avaliação de condições climáticas a se tornar mensuráveis foram temperatura e pressão.

O recurso utilizado pelos arquitetos, até então, era o manejo da geometria solar por meio de gráficos, para o projeto de elementos de sombra e a representação do percurso do Sol no projeto. Era o que de mais notável havia em todo o desenvolvimento da climatologia científica e instrumentação meteorológica disponível a partir do século XVIII mediante dados teóricos e empíricos.

Segundo Koenigsberger (1977) et al. apud Araújo (2001), o progresso dos estudos das primeiras tentativas para determinação de parâmetros de conforto térmico ao longo do tempo, teve início na Europa no século XIX, momento em que começou um movimento visando à melhoria das condições de higiene e salubridade. As primeiras exigências foram estabelecidas em princípio para minas e para as indústrias metalúrgicas e têxteis, ambientes de trabalho nos quais havia altos índices de doenças profissionais.

Era necessária a elaboração de um único índice que abrangesse todas as variáveis ambientais com a devida exatidão para que o estudo dos fatores que interferem no conforto do ambiente fosse realizado. Este índice seria, então, relacionando à resposta de seres humanos que vivem em condições climáticas específicas.

Sendo assim, o termômetro quente, desenvolvido por Heberden, em 1826, constituía um medidor de conforto primitivo, relacionando pela primeira vez a sensação de conforto a outros fatores, além da temperatura do ar. Seguiram-se o desenvolvimento de equipamentos como o cata termômetro (também usado como anemômetro), por Hill, em 1914, e o termômetro de globo, por Vernon, em 1930, dentre outros. Também em 1930, Bedford desenvolveu um conjunto de aparelhos apropriados para as medições, (ARAÚJO, 2001).

Apenas a partir de 1923, segundo Scarazzato (1988), é que começaram a ser estudados métodos e padrões para estimar índices de conforto térmico.

Primeiramente surgiram dois tipos básicos de índices, o termométrico ou fisiológico, que mede o desgaste físico ou o esforço que o indivíduo emprega sob determinadas condições, e o subjetivo, que tenta prever sob que condições de temperatura, umidade, velocidade do ar, pode uma pessoa sentir-se confortável. Posteriormente foi desenvolvido um terceiro tipo que, embora subjetivo, foi criado a partir de dados mensuráveis do nível de exsudação, sendo assim psicofisiológico.

Conforme Araújo (2001), somente nos recentes setenta anos

“é que uma grande quantidade de experimentos foi realizada com o objetivo de identificar a interação entre o corpo humano e o meio ambiente. Dados quantitativos foram sendo determinados, principalmente, pelos higienistas industriais, pelos engenheiros de ar condicionado e pelos engenheiros térmicos (mecânicos)”.

Mais tarde foram desenvolvidos estudos que relacionavam os efeitos do clima no Homem, dentre estes se cita Givoni (1962) com sua Carta Bioclimática que apresentava um índice de estresse térmico, na tentativa de demonstrar que a secreção de suor é necessária para o cálculo do resfriamento evaporativo no balanço da produção metabólica e trocas térmicas com o ambiente segundo mostra a Figura 3, com a carta posteriormente modificada pelo Laboratório de Eficiência Energética/Labee na Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, onde TBS representa a temperatura de bulbo seco, TBU, temperatura de bulbo úmido e na coluna vertical a umidade do ar.

ZONAS:

1. Conforto
2. Ventilação
3. Resfriamento Evaporativo
4. Massa Térmica p/ Resfr.
5. Ar Condicionado
6. Umidificação
7. Massa Térmica/Aquecimento Solar
8. Aquecimento Solar Passivo
9. Aquecimento Artificial
10. Ventilação/Massa
11. Vent./Massa/Resf. Evap.
12. Massa/Resf. Evap.

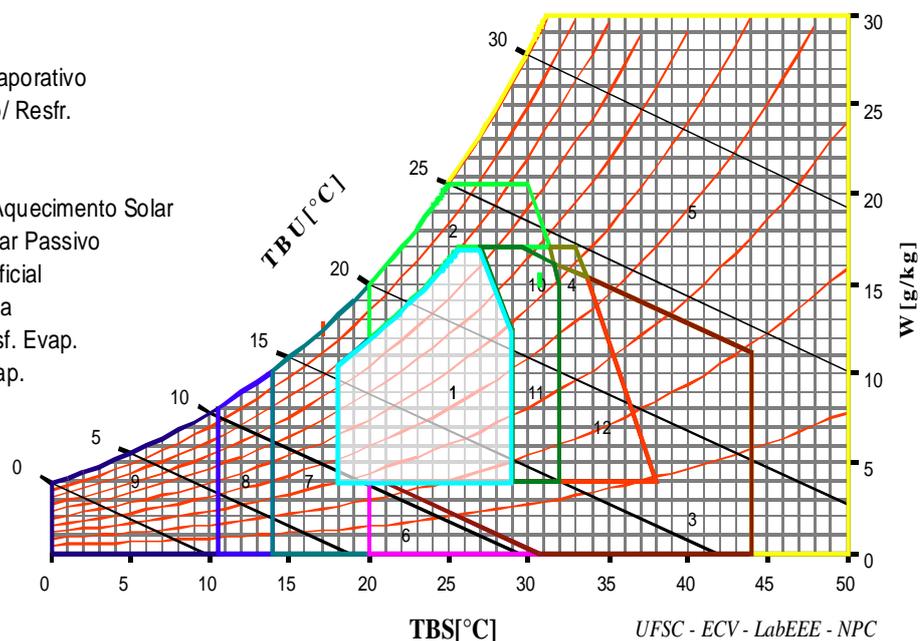


FIGURA 3 – Carta Bioclimática Alterada de GIVONI

FONTE: UFSC – ECV – LABEEE – NPC.

Na década de 1960, os irmãos Olgyay, nos Estados Unidos, desenvolveram o primeiro procedimento com o objetivo de adequação de uma edificação às condições do clima, criando a expressão “projeto bioclimático”. Victor Olgyay sugeriu o roteiro para a construção bioclimática em quatro etapas:

- a) Análise dos dados climáticos anuais da região;
- b) Avaliação biológica baseada nas sensações humanas;
- c) Soluções tecnológicas para reduzir os impactos do clima e usar as vantagens existentes e
- d) Aplicação arquitetônica das conclusões obtidas nas três primeiras fases e desenvolvimento equilibrado dos elementos conforme a necessidade (OLGYAY, 1963).

De acordo com Dumke (2002), em 1970, Fanger realizou um importante trabalho na área de investigação relacionada aos estudos da sensação de conforto térmico.

Seu trabalho está voltado à aplicação de parâmetros de conforto na indústria de ar-condicionado. Em sua obra *Thermal Comfort*, Fanger (1970), se evidencia uma visão do estudo do conforto térmico como necessariamente inter e multidisciplinar, abrangendo disciplinas como transferência de calor e massa, fisiologia e psicofísica, ergonomia, biometeorologia, arquitetura e engenharia têxtil.

A visão de Fanger (1970) se reflete na formulação de sua complexa equação geral, em que são correlacionadas: a “sensação térmica” com a atividade metabólica do corpo humano, a vestimenta e o ambiente (temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura radiante média), destacando-se a necessidade de se considerar o efeito combinado das diversas variáveis.

Para Fanger (1970) ficou determinado três requisitos de conforto:

- a) O balanço térmico (equilíbrio da produção de calor pelo corpo com a perda de calor para o ambiente);
- b) A temperatura média da pele (relacionada às sensações de conforto) e
- c) Taxa preferencial de sudorese para o conforto, em função da taxa metabólica.

No Brasil, dentre os trabalhos sobre conforto térmico a nível acadêmico de maior saliência, poder-se-ia destacar Roriz (1987), Scarazzato (1988), Frota & Schiffer (1999) com a edição de um manual, entre outros. No contexto atual são de relevância ainda os trabalhos da ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, que promove e consolida a interação entre grupos de pesquisa nessa área.

O conforto ambiental tem se revelado um assunto bastante atual e controvertido nas últimas décadas e tem recebido atenção especial de muitos estudiosos, motivados pela crise energética mundial que propicia trabalhos que busquem maneiras de economizar energia resfriando ou aquecendo o ambiente conforme a região climática do local, adequando novos materiais e técnicas que garantam o conforto dos usuários.

2.3.2. Princípios Básicos no Conforto Ambiental

O conforto térmico é classicamente definido, segundo Fanger (1970), como sendo, "**uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico**", incluída em normas e manuais de conforto térmico como a ASHRAE 55 (1989).

Os estudos de conforto propõem o estabelecimento de um estado térmico para o ambiente, relacionando suas variáveis físicas, a fim de que um menor número de pessoas esteja insatisfeito com o mesmo. O conforto térmico é principalmente observado em função de seis variáveis, sendo quatro ambientais: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade relativa do ar e umidade absoluta do ar; e duas pessoais: a atividade física, metabolismo, e a resistência térmica oferecida pela vestimenta.

A temperatura do ar (t_a , em °C), segundo Xavier (1999), é uma variável que determina a troca de calor por convecção entre o corpo humano e o ambiente circundante, pode ser medida através de sensores de expansão de líquidos ou sólidos, termômetros elétricos, de resistência variável ou termopares.

A temperatura radiante média (TRM) é a temperatura ambiente de uma circunvizinhança, calculada através dos dados obtidos com o termômetro de globo, um radiômetro de duas esferas, um sensor esférico ou elipsoidal à temperatura do ar constante, através das temperaturas superficiais das superfícies ao redor do corpo humano, ou ainda através das temperaturas radiantes planas determinadas nas seis direções ao redor do indivíduo. Essa circunvizinhança é considerada uniformemente negra para eliminar o efeito de reflexão, com a qual o corpo (globo negro) troca tanta quantidade de energia quanto à do ambiente atual considerado.

O termômetro de globo negro é o dispositivo mais usual na determinação dessa variável, sendo que, nesse caso a temperatura média radiante é obtida por observações dos valores simultâneos da temperatura de globo, t_g , e da temperatura e velocidade do ar ao redor do globo. Para o globo negro de 0,15 m de diâmetro (globo padronizado), a temperatura média radiante pode ser calculada por uma das duas expressões: Equação 01 e Equação 02 (SAMPAIO, 2006).

No caso de convecção natural:

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + 0,4 \cdot 10^8 |t_g - t_a|^{1/4} \cdot (t_g - t_a)]^{1/4} - 273 \dots \dots \dots \text{Equação 01}$$

No caso de convecção forçada:

$$TRM = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot V_a^{0,6} (t_g - t_a)]^{1/4} - 273 \dots \dots \dots \text{Equação 02}$$

Onde:

V_a = velocidade do ar ao nível do globo, em m/s;

t_a = temperatura do ar, em °C;

t_g = temperatura de globo, em °C.

Quanto à velocidade relativa do ar (V_a em m/s), de acordo com Ruas (2002), é a resultante de duas componentes que atuam sobre o corpo, a velocidade do ar incidente sobre a pessoa, considerando-a parada, e o movimento do corpo na realização de uma tarefa, considerando o ar parado. Essa variável é considerada por conta da transferência de calor por convecção e por evaporação na posição da pessoa. Os tipos de equipamentos mais comuns para a medição da velocidade do ar, são os anemômetros de fio quente, e os anemômetros de esfera aquecida.

Para a determinação do coeficiente de convecção utilizado na expressão do balanço térmico ou da carga térmica atuando sobre a pessoa, posteriores, a velocidade do ar considerada é a velocidade relativa do ar, V_{ar} . Essa é a velocidade do ar final atuando sobre a pessoa levando em consideração a velocidade absoluta do ar no ponto e o incremento a essa velocidade causado pelos movimentos das pessoas de acordo com a atividade desempenhada. A velocidade relativa do ar pode ser calculada de acordo com a equação abaixo, segundo a ISO 7933 (1989):

$$V_{ar} = V_a + 0,0052 (M - 58) \dots \dots \dots \text{Equação 03}$$

Onde:

V_a = velocidade do ar com relação a uma pessoa imóvel, velocidade absoluta, em m/s;

M = taxa metabólica em função da atividade desempenhada, em W/m².

A ventilação pode ser natural ou forçada, e a natural pode ocorrer de acordo com dois princípios; por diferença de pressão ou por efeito chaminé.

Segundo Lamberts (2000):

“A umidade do ar conjuntamente com a velocidade do ar intervém na perda de calor por evaporação. Como aproximadamente 25% da energia térmica gerada pelo organismo é eliminada sob a forma de calor latente (10% por respiração e 15% por transpiração) é importante que as condições ambientais favoreçam estas perdas. À medida que a temperatura do meio se eleva, dificultando as perdas por convecção e radiação, o organismo aumenta sua eliminação por evaporação. Isto mostra a importância de uma ventilação adequada. (...) A umidade absoluta representa o peso de vapor d’água contido em uma unidade de massa de ar (g/kg) e a umidade relativa, a relação entre a umidade absoluta do ar e a umidade absoluta do ar saturado para a mesma temperatura”.

A determinação usual da umidade absoluta é feita através da utilização de um psicrômetro, equipamento que mede simultaneamente a temperatura de bulbo seco, ou do ar e a temperatura de bulbo úmido aspirado. Com essas duas leituras, o valor da umidade do ar é obtido pela utilização das relações psicrométricas constantes da ISO 7726 (1998), relações essas que se apresentam graficamente através da carta psicrométrica.

Muitas vezes, em estudos de conforto é utilizada a noção de umidade relativa do ar, "e", adimensional, ao invés de umidade absoluta, a qual pode ser definida como a quantidade de vapor de água contida em um volume de ar úmido, com relação ao valor máximo de vapor de água que poderia estar contido nesse volume de ar, a uma dada temperatura. É dada pela razão entre a pressão parcial do vapor de água no ar úmido, p_a , e a pressão de saturação do vapor de água, p_{as} , à mesma temperatura e à mesma pressão atmosférica. Pode ser determinada pela equação abaixo:

$$e = P_a/P_{as} \dots\dots\dots \text{Equação 04}$$

Essa umidade relativa também pode ser expressa em percentagem, UR, sendo sua determinação expressa conforme equação abaixo:

$$UR = 100. e \dots\dots\dots \text{Equação 05}$$

A primeira variável pessoal é o metabolismo, um processo de produção de energia no corpo através do consumo de combustíveis orgânicos. Desse processo, 80% da energia produzida são transformadas em calor que deve ser dissipado para que o organismo se mantenha em equilíbrio. Quando o ambiente apresenta condições térmicas inadequadas, o sistema termo-regulador é ativado, reduzindo ou aumentando as perdas de calor pelo organismo através de alguns mecanismos de controle, como reação ao frio e ao calor. Quando o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termo-regulação, perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo compatível com a atividade realizada, experimenta-se a sensação de conforto térmico.

A outra variável pessoal é a vestimenta, que representa um obstáculo para as trocas de calor por convecção. Ela representa um isolante térmico formando uma camada de ar próxima ao corpo mais ou menos aquecida conforme seu ajuste ao corpo e a porção que protege. A vestimenta reduz também a sensibilidade do corpo às variações de temperatura e de velocidade do ar.

2.4. Caracterização Climática da Região Centro-Oeste

Segundo Duarte (1995), três sistemas de circulação interferem na região Centro-Oeste: sistema de correntes perturbadas de Oeste, representado por tempo instável no verão; sistema de correntes perturbadas de Norte, representado pela CIT, que provoca chuvas no verão, outono e inverno no norte da região e sistema de correntes perturbadas de Sul, representado pelas frentes polares, invadindo a região no inverno com grande frequência, provocando chuvas de um a três dias de duração.

Duarte (1995) ainda afirma que nos extremos norte e sul da região, a temperatura média anual é de 22°C e nas chapadas varia de 20° a 22°C. Na primavera-verão, são comuns temperaturas elevadas, quando a média do mês mais quente varia de 24° a 26°C. A média das máximas de setembro (mês mais quente) oscila entre 30° e 36°C.

O inverno é uma estação amena, embora ocorram com frequência temperaturas baixas, em razão da invasão polar, que provoca as friagens, muito comuns nesta época do ano. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 15° e 24°C, e a média das mínimas, de 8° a 18°C, sendo rara a ocorrência de mínimas absolutas negativas.

A caracterização da pluviosidade da região se deve quase que exclusivamente ao sistema de circulação atmosférica. A pluviosidade média anual varia de 2.000 a 3.000 mm ao norte de Mato Grosso e a 1.250 mm no Pantanal Mato-grossense.

Apesar dessa desigualdade, a região é bem provida de chuvas. Sua sazonalidade é tipicamente tropical, com máxima no verão e mínima no inverno. Mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano se precipitam de novembro a março. O inverno é excessivamente seco, pois as chuvas são muito raras.

2.5. METODOLOGIAS NACIONAIS PARA AVALIAR O DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

A análise do desempenho térmico é um método considerado essencial para diagnosticar problemas em áreas específicas, tais como: conforto térmico, lumínico, conservação de energia, velocidade de troca do ar, entre outros.

Após ocupação esse ambiente construído passa a ter um papel social pleno, sua eficiência pode ser medida através de análises de variáveis climáticas, entrevistas com usuários, análise comportamental, avaliando sensações e percepções de valores dos usuários.

O IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológico) tem se preocupado em formular uma metodologia para essa avaliação térmica.

Uma seqüência de trabalhos desde 1981 vem expressando a evolução das pesquisas nessa área, realizadas pelo Instituto esses trabalhos vem normalizar a avaliação dessas habitações de forma que se possa validar por todo território nacional, incluído um zoneamento climático.

Além de variáveis climáticas como a radiação solar, outros assuntos relacionados como admissividade térmica de elementos e componentes da

edificação, a transmitância térmica, a condensação, o desconforto do usuário, sombreamento entre demais temas, estão sendo pesquisados e comparados valores de limites estabelecidos onde essa avaliação passa a ser feita com maior adequação.

2.5.1. Impactos no Ambiente e na Edificação

Segundo Goulart (1993), os elementos climáticos podem influenciar na definição e implantação de determinadas áreas, como áreas de recreação, parques industriais e a determinação de indústrias a serem implantadas. Conhecendo o clima da região, pode-se evitar ou minimizar os riscos ambientais, e ainda, através de tratamento paisagístico adequado pode-se acentuar as características climáticas desejáveis ou amenizar as indesejáveis.

A interação dos elementos climáticos na área urbana pode afetar sobremaneira o meio ambiente, tanto que existe uma área de estudo criada para observar seus efeitos e problemas chamados Climatologia Urbana.

Nessa área avalia-se primeiramente a influência do clima no local exato do assentamento e na distribuição adequada deste, afinal climas e relevos distintos exigem soluções distintas. Em áreas mais áridas são preferidos modelos mais densos, já em regiões úmidas é preferível uma solução mais aberta para facilitar a ventilação.

A má distribuição de zonas urbanas nas cidades pode ocasionar problemas no clima local, como a locação errônea de parques industriais, rotas de tráfego ou centros comerciais, gerando o que conhecemos como “ilhas de calor”. Um simples entendimento da ventilação das cidades poderia solucionar tais problemas com a correta localização dos eixos das avenidas principais, proporcionando uma ventilação mais livre.

De acordo com Lombardo (1985), as ilhas de calor correspondem a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de uma circulação local. É um fenômeno que se constitui parte do estudo do clima urbano e reflete a interferência do homem na dinâmica dos sistemas ambientais. Os edifícios desempenham papel significativo na caracterização da ilha de calor. De manhã, as paredes dos edifícios expostas diretamente ao sol apresentam temperaturas mais elevadas que a dos telhados e as das áreas no entorno.

O calor acha-se concentrado entre as paredes das ruas mais estreitas. Ao meio dia, os telhados e as áreas estão bem aquecidos, ao passo que as paredes não expostas apresentam temperaturas menos elevadas. Durante a noite, as edificações liberam a energia acumulada durante o dia, funcionando como bolsas de água quente, irradiando energia em várias direções.

A ilha de calor pode proporcionar um clima de deserto artificial, em dias extremamente quentes e secos, causando grande desconforto térmico. No verão, em áreas próximas a corpos d'água, com altos valores de pressão, a sensação de um ar aquecido e úmido é desconfortável.

Em Cuiabá-MT, Maitelli (1994) aponta para o fato de que o acréscimo das temperaturas provavelmente encontra-se relacionado ao armazenamento de calor nos atributos do ambiente urbano durante o dia e liberado para o ar no período noturno. Dessa forma, o ar torna-se mais aquecido pelo contato com essas superfícies, provocando um acréscimo nas temperaturas mínimas, observados em geral no período noturno. Por outro lado, os desmatamentos, deixando muitas vezes o solo nu ou com vegetação rala, também exercem influência no maior armazenamento e liberação de calor.

Fontes de água e pequenos lagos artificiais, que aumentam a evaporação, bem como colunas de árvores e espaços abertos também podem ser utilizados para a redução da temperatura. Fazendo-se uso destes recursos e de outros se consegue melhorias significativas no clima local, (LOMBARDO, 1985).

Na edificação em si a preocupação com os elementos climáticos é de suma importância; a escolha do tipo de materiais, orientação, aberturas e desenho em planta pode ser definitiva em termos de desempenho térmico e lumínico. A correta locação de aberturas, por exemplo, pode melhorar muito a ventilação cruzada. As paredes e o telhado também devem ser cuidadosamente estudados, o uso de isolamento ou proteção nas paredes, a inclinação, orientação ou utilização de ático no telhado pode ser crucial em termos de redução das temperaturas internas.

Outro fator de grande relevância é o uso das cores, as cores das paredes externas ou coberturas podem aumentar ou reduzir a condução de calor para o interior. Cor clara, principalmente o branco, tem alta refletividade, diminuindo a

transmissão de calor. Quanto mais escura for a cor, maior o ganho de calor no ambiente interno.

São inúmeras as vantagens em se trabalhar com os dados climáticos do local, os ganhos em desempenho são garantidos, e isso ressalta ainda mais a importância da climatologia aplicada na construção civil.

2.6. ÍNDICES E ESCALAS DE CONFORTO TÉRMICO

Com a superpopulação, e o número cada vez maior de indústrias, edifícios, solos impermeáveis e com a diminuição das áreas verdes, as grandes cidades passaram a ser locais inapropriados para uma vida saudável.

Com isso, uma das principais preocupações para Cuiabá, assim como para outras cidades, é o aumento da temperatura, o que acaba por causar inúmeras consequências às pessoas que nela vivem, como cansaço excessivo, mal estar, pressão baixa, desânimo, entre outros.

Em consequência às alterações climáticas ocorridas nas áreas urbanas, as edificações também sofreram mudanças quanto ao conforto térmico. Mesmo sendo um assunto muito discutido em termos de estudos, é pouco considerado na hora da execução das edificações. Devido às temperaturas elevadas de Cuiabá, o desconforto é um problema para as pessoas, assim deve-se ter atenção para melhorar o desempenho térmico das habitações.

Segundo Mascaró (1983), para cada tipo de clima faz-se necessária uma arquitetura adequada.

O ambiente térmico deve ser avaliado segundo índices e escalas de conforto térmico selecionado para embasamento. O comportamento humano diante das variações térmicas do ambiente é estudado e descrito a fim de se definir índices que expressem a relação entre causa e efeito de suas atividades em relação a valores numéricos representativos do fenômeno.

As escalas de conforto térmico são montadas em termos de sensações subjetivas graduadas por conforto e desconforto térmico, que são então diretamente relacionadas a parâmetros físicos de estímulo.

Através dos índices são estabelecidas zonas de conforto térmico delimitadas graficamente (nomogramas, cartas e diagramas) que prescrevem os parâmetros físicos e estabelecem as zonas de conforto térmico.

Segundo Barbosa (1997), as cartas bioclimáticas são definidas como base nas zonas de conforto térmico e elementos de previsão de comportamento térmico das edificações, associando três informações:

1. O comportamento climático do entorno;
2. A previsão de estratégias indicadas para a correção desse comportamento climático por meio do desempenho esperado na edificação;
3. A zona de conforto térmico.

Além da avaliação do conforto térmico, e das análises do comportamento térmico e demais variável que diretamente influenciam no comportamento da habitação, pode-se destacar ainda a Avaliação Pós-Ocupação (APO), segundo Duarte (1995), a APO é um dos métodos correntes de avaliação de desempenho de ambientes construído, priorizando aspectos de uso, operação e manutenção, considerando essencial o ponto de vista dos usuários, *in loco*.

O clima de Cuiabá é caracterizado, segundo Maitelli (1994), como sendo quente-úmido, e as características gerais para essas regiões são para Sobenis *apud* LOPES (1993) as seguintes:

1. Altas temperaturas: 24°C a 32°C;
2. Pequena variação diária e sazonal: 3°C a 6°C;
3. Umidade relativa: 55% a 100%;
4. Radiação solar intensa;
5. Céu claro e brilhante ou nebuloso;
6. Ventos regulares ou fortes durante chuvas intensas (≥ 40 km/h);
7. Alta precipitação anual (> 2000 mm).

Requisitos físicos da habitação para essas condições:

1. Aproveitamento máximo da sombra;
2. Proteção do sol e da chuva (beirais, brises, corredores e galerias);
3. Facilitação da ventilação com aberturas, janelas, pisos elevados e espaços abertos;

4. Construção leve ou de baixa capacidade térmica e de alta transmitância, evitando aquecimento excessivo;
5. Consideração da cobertura como a componente habitacional mais importante, com baixa capacidade térmica e pouca superfície exposta;
6. Utilização de cores claras para baixa absorção de calor.

O projeto de Norma NBR - 02:135.07.003 (2003), que estabelece diferentes Zonas Bioclimáticas para todo o Brasil, conclui que a cidade de Cuiabá está inserida na Zona Bioclimática 7. Para todas as zonas estabelecidas por esta norma, há diretrizes apresentadas como sendo as mais indicadas para cada região. Segue uma série de diretrizes construtivas a serem considerados:

1. Quanto às aberturas: devem ser pequenas, quando referentes à ventilação, isto é, possuir área de vão livre compreendida entre 10% e 15% da área do ambiente. As aberturas devem ser sombreadas;
2. Quanto ao tipo das paredes externas: devem ser pesadas, isto é, possuir transmitância térmica menor ou igual a $2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$, atraso térmico maior ou igual há 6,5 horas e fator de calor solar menor ou igual a 3,5%;
3. Quanto às coberturas: também devem ser pesadas, isto é, possuir transmitância térmica menor ou igual a $2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$, atraso térmico maior ou igual há 6,5 horas e fator de calor solar menor ou igual a 6,5%.

A Norma ainda estabelece que para se obtenha temperaturas internas mais agradáveis, deve-se fazer o uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite quando as temperaturas externas diminuem.

O desempenho térmico de uma edificação está diretamente ligado às características climáticas, às quais está submetida.

Segundo Lopes (1993) há três formas de se intervir arquitetonicamente na edificação para melhorar o seu conforto térmico, através: do controle da energia solar incidente (implantação do projeto, orientação, proteção exterior, localização e características dos componentes externos); do controle de energia solar absorvida

(propriedade superficial dos materiais e componentes da envolvente); e do controle de transmissão térmica e da radiação solar transmitida (propriedade termo-físico interna dos materiais e componentes construtivos da habitação).

O calor gerado pela radiação solar, pode ser sensivelmente reduzido quando alguns princípios básicos são observados, tais como:

1. Adoção de materiais com baixo fluxo e baixa capacidade de armazenamento de calor;
2. Redução de entradas de radiação solar, evitando-se iluminação natural através das coberturas;
3. Otimização da circulação de ar dentro da edificação;
4. Aplicação de um pé-direito correto.

A condição de conforto térmico nada mais é do que o desempenho térmico da edificação, que depende, por sua vez, do clima da região, do uso da edificação, do projeto arquitetônico e da especificação dos materiais a serem utilizados.

2.6.1. Métodos de Avaliação do Conforto Térmico

De acordo com Oliveira e Ribas (1995), a obtenção do conforto térmico se processa quando o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termoregulação, perde para o ambiente calor produzido compatível com a sua atividade. Várias metodologias foram desenvolvidas para conjugar as variáveis climáticas (temperatura, umidade, ventilação e radiação) que influenciam diretamente no balanço térmico do homem com a noção de conforto.

Vários índices de conforto (biofísicos, fisiológicos e subjetivos) foram produzidos para fins de aplicação. A maioria dos índices, contudo, tem limitações em sua aplicação prática, as dificuldades de aplicabilidade surgem do fato desses experimentos terem sido realizados em condições climáticas muito variáveis. Como consequência, cada índice é válido e útil para uma margem limitada de condicionantes que não podem ser empregadas universalmente.

Existem vários métodos destinados a avaliar o conforto térmico do ambiente, através do cálculo do índice de conforto térmico. Alguns dos mais conhecidos no Brasil são os índices de temperatura efetiva, de Yaglou e Houghthen, o índice de

conforto equatorial, de Webb, o método de Olgyay, a carta bioclimática de Givoni, que mais se adequam a região de clima quente.

O índice de temperatura efetiva relaciona a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do vento. O índice de conforto equatorial também leva em consideração os mesmos fatores do anterior, mas, segundo Frota e Schiffer (1995), se adapta as regiões de clima quente e úmido.

O método de Olgyay considera a temperatura e a umidade relativa do ar esquematizando um diagrama bioclimático, Givoni, baseou-se no método Olgyay e produziu uma carta bioclimática para o Brasil, importante para se desenvolver estratégias bioclimáticas a serem adotadas em projetos.

Atualmente, foram desenvolvidas novas técnicas para avaliação do conforto térmico, que incorporam conceitos mais realistas do que os empregados na temperatura efetiva, de Yaglou. Assim, surgiram o método de Fanger ASHRAE (1992). Analisam o maior número de variáveis que os métodos anteriores, estas são temperatura, umidade, velocidade do ar, calor radiante, tipo de atividade e vestimenta.

Nas normas brasileiras a NR-15 (Brasil, 2005) recomenda o método do índice de Bulbo Úmido-Termômetro de Globo (IBUTG) para a avaliação da exposição ocupacional ao calor de trabalhadores durante o ciclo de trabalho, em seus postos.

Tabela 1 – Métodos para determinação do conforto térmico

MÉTODOS	VARIÁVEIS
Método de Olgyay e Givoni	Temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar
Temperatura Efetiva e Índice do Conforto Equatorial	Temperatura, umidade e velocidade do ar
Temperatura Efetiva Corrigida	Temperatura, umidade, velocidade do ar e calor radiante
Índice de Sobrecarga Térmica e Índice de Bulbo Úmido-Termômetro de Globo (IBTUG)	Temperatura, umidade, velocidade do ar, calor radiante e atividade
Método Fanger (ASHRAE)	Temperatura, umidade, velocidade do ar, calor radiante, tipo de atividade e vestimenta

Fonte: GRZYBOWSKI, 2004.

2.7. ZONAS DE CONFORTO

Nos Estados Unidos da América, no período de 1913 a 1923, os primeiros esforços foram organizados para se estabelecer os índices de conforto térmico. Desde então esse assunto vem sendo estudado em diferentes partes do mundo e vários métodos para avaliação de conforto térmico têm sido propostos.

O método mais conhecido e amplamente aceito é o Predicted Mean Vote (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME), que foi desenvolvido pelo professor dinamarquês Ole Fanger e publicado em FANGER (1970).

FANGER (1970) usou dados obtidos em experiências de laboratório, com mais de 1300 pessoas, para estabelecer uma equação que permite, a partir do conhecimento das variáveis ambientais e pessoais, estimar a sensação térmica média de um grupo de pessoas (PMV) quando exposto a uma determinada combinação dessas variáveis. O PMV é dado na seguinte escala de sensações térmicas:

+ 3 – muito calor

+ 2 – calor

+ 1 – leve calor

0 – conforto

- 1 – leve frio

- 2 - frio

-3 - muito frio

A fim de conhecer a quantidade de pessoas termicamente descontentes com um ambiente, Fanger relacionou o valor do PMV com a porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI).

O método de Fanger foi adotado como base para o desenvolvimento de uma norma que especifica condições de conforto térmico para ambientes termicamente moderados (ISO 7730, 1984) e da sua atualização em 1994.

2.7.1. Carta Bioclimática de Olgyay

O diagrama de Olgyay é desenhado entre dois eixos, sendo o eixo vertical o das temperaturas (secas) e o eixo horizontal o das umidades relativas. Entretanto, ele aplica-se estritamente para as condições externas. Olgyay justifica que em suas

experiências as temperaturas internas foram muito próximas das temperaturas externas e sugere que seu diagrama seja utilizado principalmente para edifícios leves em regiões úmidas como o leste dos Estados Unidos onde morou, indicando as estratégias para o interior.

Em Givoni (1992), o diagrama de Olgyay é propício para as condições externas, entretanto existe uma incoerência quanto às estratégias de projeto sugeridas no diagrama para as condições internas.

Segundo Barbosa (1997), os sistemas desenvolvidos por Olgyay e Givoni buscam ampliar a zona de conforto através da adoção de estratégias arquitetônicas que alteram a sensação do clima interno em estudo. Na carta de Olgyay, os limites de conforto foram obtidos de pesquisas efetuadas por fisiologistas. No diagrama bioclimático de Olgyay as condições de temperatura e umidade são plotadas como curvas fechadas ou ciclogramas das médias diárias horárias (24 horas), para cada mês, em uma dada localidade.

2.7.2. Carta Bioclimática de Givoni (Atualizada em 1992)

Givoni (1969) desenvolveu uma carta bioclimática a ser empregada em edifícios para corrigir as limitações do diagrama bioclimático idealizado por Olgyay. A principal diferença entre esses dois sistemas deve-se ao fato de que o diagrama de Olgyay é desenhado entre dois eixos, sendo o eixo vertical para temperaturas (secas) e o eixo horizontal o das umidades relativas, enquanto que a carta de Givoni é traçada sobre uma carta psicrométrica convencional.

Na carta de Givoni (1992) os limites originais de conforto foram determinados com base em pesquisas conduzidas nos Estados Unidos, Europa e Israel, ou seja, países de clima temperado. Entretanto, considerando estudos realizados em países quentes e apoiando-se no fato de que as pessoas que moram em países em desenvolvimento com clima quente e úmido, aceitam limites máximas superiores de temperatura e umidade, a atualização feita pelo autor em 1992 passa a sugerir a expansão destes limites para o caso.

A carta bioclimática passa a ter demarcações de diferentes limites para climas temperados (países desenvolvidos) e para climas quentes (países em desenvolvimento), sugerindo também novos limites das condições climáticas, dentro

dos quais várias estratégias de projeto de edifícios e sistemas de resfriamento natural podem garantir conforto térmico interno.

As opções apresentadas para as estratégias são: ventilação durante o dia, inércia térmica com ou sem ventilação, resfriamento evaporativo direto e resfriamento evaporativo indireto (através de tanques de água no forro).

As variações de temperaturas sugeridas por Givoni (1992) para as condições aceitáveis de pessoas que habitam países desenvolvidos é 18°C a 25°C no inverno e de 20°C a 27°C no verão.

Nos países em desenvolvimento e de clima quente, Givoni (1992) sugere elevar de 2°C à temperatura limite máximo. Essa adaptação é justificada com base em resultado de pesquisa, que alterou a nova carta de temperatura efetiva no limite superior da sensação de conforto, de 27°C para 29°C, quando a velocidade do ar é aumentada de 0,1 para 1,5 m/s.

Os critérios para definir a aceitabilidade da velocidade do ar são diferentes para edifícios residenciais e edifícios de escritórios. A ASHRAE (1981) especifica um limite máximo de 0,8 m/s no interior de escritórios para não levantar papéis, entretanto, em edifícios residenciais, o limite para velocidade do ar pode ser baseado no seu efeito para conforto, o que depende da temperatura.

Givoni (1992) apud Barbosa (1997), explica também que o clima interno em edifícios não condicionados reage mais largamente à variação do clima externo e à experiência de uso dos habitantes, sendo esta diferença um elemento a ser considerado na avaliação da eficiência energética do edifício estudado.

Assim, os limites sugeridos por Givoni (1992) para a zona de conforto térmico de países com clima quente e em desenvolvimento são: no verão em situação de umidade baixa, a variação de temperatura pode ser de 25°C a 29°C, e em umidade alta de 25 °C a 26°C, podendo chegar a 32°C com ventilação de 2,0 m/s; no inverno, os limites são de 18 °C a 25°C.

2.7.3. Zona de Conforto da ASHRAE

Sua utilização foi idealizada para edifícios de escritórios com ar condicionado, mas também pode ser usada na avaliação de edifícios residenciais.

Para Givoni (1992), a zona de conforto da ASHRAE (1981) especifica limites constantes para temperatura do ar e umidade na carta psicrométrica, e desconsidera as atividades das pessoas no ambiente.

No verão, quando o edifício precisa ser resfriado, assim como para o inverno, quando o edifício precisa ser aquecido, diferentes faixas de temperaturas foram descritas, considerando troca nos hábitos de vestimentas sazonais e aumento da conservação de energia.

Nas condições de ar parado (0,15 m/s no inverno e 0,25 m/s no verão), o limite máximo da ASHRAE (1981) para temperatura aceitável no verão se estende de 26°C a 27°C.

A velocidade do ar é elevada de 1°C para cada acréscimo de 0,275 m/s. Acima de 28°C, a velocidade de 0,8 m/s é o valor máximo permitido para o ar no interior.

Na ASHRAE (1981), as altas velocidades de ar não afetam o limite máximo aceitável para umidade.

As temperaturas limites da zona de conforto ASHRAE (1981) são:

a - No verão: (23°C a 26°C), nas seguintes condições:

- 1- Vestimenta igual a 0,5 Clo (unidade usada para expressar o isolamento térmico proporcionado pelas peças e conjunto de vestimentas);
- 2 - Metabolismo menor ou igual a 1,2 Met;
- 3 - Velocidade do ar menor ou igual a 0,15 m/s;
- 4 - PPD (porcentagem de pessoas insatisfeitas) igual a 10%.

b - No inverno: (20°C a 23,5°C), nas seguintes condições:

- 1- Vestimenta igual a 0,9 Clo (unidade usada para expressar o isolamento térmico proporcionado pelas peças e conjunto de vestimentas);
- 2- Metabolismo menor ou igual a 1,2 Met;
- 3- Velocidade do ar menor ou igual a 0,15 m/s

A ASHRAE é utilizada em maior frequência como um padrão para o ambiente interno de espaços com ar condicionados, em habitações de países com climas temperados.

2.8. Norma Brasileira de Avaliação do Desempenho Térmico desde 1990

Na cidade de Gramado-RS, levantou-se a discussão sobre a necessidade de se estruturar uma abordagem desta questão, de forma adequada à realidade brasileira, no I Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído.

No Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, realizado em São Paulo em 1993, o trabalho apresentado por Barbosa e Lamberts (1993) expôs uma proposta de itens a serem desenvolvidos para a norma brasileira de avaliação de desempenho térmico e energético de edifícios, com base no estudo de sete normas estrangeiras, como: definição de símbolos e unidades; cálculo de transmitância térmica; procedimentos para tratamento de dados climáticos; zoneamento bioclimático e metodologia para avaliação de desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares.

Barbosa e Lamberts (1993) organizaram uma lista de itens considerados importantes na avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares, e que poderiam ser desenvolvidos para a norma brasileira, são eles:

1. Transmitância;
2. Sombreamento;
3. Ventilação;
4. Perdas.

Para a recomendação de soluções construtivas em edificações residenciais unifamiliares por zona bioclimática, foi necessário à elaboração de pacotes alternativos de componentes e soluções construtivas globais dentro dos limites prescritos, utilizando os materiais e tipologias construtivas regionais. A norma do Zoneamento Bioclimático Brasileiro – NBR 15220-3/2005 aprovada em 2005 faz referência a todo território nacional dividindo-o em oito zonas distintas.

Segundo Mascaro (1983), para cada tipo de clima faz-se necessária uma arquitetura adequada. Em climas quentes úmidos, as casas estão sobre “pilotis” para

permitir o isolamento da umidade do solo e a ventilação, não só dos edifícios, mas também do meio urbano.

2.9. O Homem e o Conforto Térmico

Pode-se considerar que um indivíduo encontra-se em condições de conforto térmico quando está satisfeito com ambiente térmico circundante, podendo dessa forma desenvolver com perfeição suas atividades no interior do mesmo. Porém a condição de conforto térmico é muito relativa, isto é, depende intrinsecamente de cada pessoa. Dessa forma um ambiente que cause neutralidade térmica a uma pessoa, pode, ao mesmo tempo, causar certo desconforto à outra.

Segundo Jabardo (1984) a neutralidade térmica depende dos seguintes parâmetros, denominados de conforto:

- 1- Atividade associada à produção de energia no interior do corpo humano;
- 2- Resistência térmica da roupa;
- 3- Temperatura do ar ambiente;
- 4- Temperatura radiante média do meio;
- 5- Velocidade relativa do ar;
- 6- Pressão parcial do vapor d'água do ar ambiente (umidade).

2.10. Disponibilidade De Dados Climáticos Para A Cidade De Cuiabá-Mt

Segundo Duarte (1995), em Cuiabá, as pesquisas meteorológicas são feitas desde 1901 pelo observatório meteorológico Dom Bosco, fundado e mantido pelos padres salesianos. Em 1911, integrou-se no INEMET – Instituto Nacional de Meteorologia, e continuou sendo operado pelos salesianos até 1966. Com o fechamento do observatório a 31 de dezembro desse mesmo ano, o arquivo existente desse mesmo ano, o arquivo existente foi transferido para o 9º Distrito de Meteorologia, e as medições passaram a ser feitas pelo INEMET, atual DNMET – Departamento Nacional de Meteorologia, do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.

Entre os dados climáticos disponíveis estão a normas climatológicas do período de 1961 a 1990, do Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, coletado no 9º Distrito de Meteorologia no município vizinho de Várzea Grande – MT, a menos de 1 km após a travessia da ponte sobre o Rio Cuiabá. O estado dispõe de apenas 4 postos meteorológicos do DNMET. Existem também 2 postos da UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso, um localizado no campos da Universidade de Cuiabá e outro na fazenda instrumental no município vizinho de Santo Antonio do Leverger.

Dispõe-se também de dados diários um pouco mais recente do período de 1985 a 1994, do Ministério da Aeronáutica, coletados na estação meteorológica do Aeroporto Marechal Rondon, em Várzea Grande, e de alguns dados isolados obtidos em fontes secundárias.

2.11. Arquitetura e Clima

A relação existente entre o homem e o espaço faz parte da própria experiência do homem no mundo, todas as ações humanas são realizadas no espaço. O espaço construído também é algo antiquíssimo e motivo de preocupação até os nossos dias. Há um número grande de estudos que giram em torno das habitações; são áreas totalmente diversas que se preocupam com o assunto. Mesmo do ponto de vista da

arquitetura existem diferentes áreas a serem pesquisadas, isso porque a habitação é um espaço de morar, variável construtivamente e culturalmente.

A habitação não é apenas um conjunto edificado onde os eventos ocorrem, mas sim um componente essencial dos eventos. Para que uma edificação funcione de forma ideal é necessário se cumprir uma série de exigências que o próprio corpo humano necessita e essas necessidades devem refletir-se, neste caso, na arquitetura proposta.

Para Malard (2002), a criação e a modificação de espaços são processos dinâmicos e as formas arquitetônicas são modeladas na experiência da vida. Segundo a autora, o espaço arquitetônico pode ser então considerado em três níveis: O nível simbólico, que é relacionado ao desejo (às imaginações, emoções e crenças humanas). O desejo impulsiona o homem a agir sobre as coisas organizando-as significativamente, e criando lugares onde possa especializar esse desejo. As questões que são levantadas quando analisamos o nível simbólico podem ser resumidas em ‘Para que é?’; o nível de uso - ou funcional - que diz respeito à maneira mesma como as coisas são organizadas nas espacializações. As questões que são levantadas quando examinamos o nível do uso podem se resumir em ‘Como isto funciona?’; o nível tecnológico, que consiste nos conhecimentos, habilidades, artifícios e técnicas das quais o homem se utiliza para organizar as coisas nas espacializações, criando lugares significativos e funcionais. As questões que dirigimos a esse nível são resumidas em ‘Como fazer isto?’.

A arquitetura eficiente e de resultado positivo é então aquela que contempla, de modo equilibrado, esses três níveis.

Por vezes um nível é negligenciado ou até ignorado quando se projeta ou se analisa a arquitetura, enquanto que os outros dois são priorizados. Quando isso ocorre, há também a simplificação ou a falta de algum elemento que certamente afetará a experiência espacial (a experiência do ‘habitar’, no sentido amplo). Assim, os elementos simplificados (inadequados) ou faltantes se tornam conspícuos, e nesses casos, podem surgir conflitos entre as pessoas (usuários) e os objetos arquitetônicos simplificados, danificados ou ausentes.

Pode haver, entretanto, situações arquitetônicas onde um dos níveis seja realmente preponderante sobre o outro.

A situação de equilíbrio é certamente a mais desejável para a maioria dos projetos arquitetônicos e urbanísticos, embora existam muitos casos em que algum nível pode ser priorizado com relação aos demais. Entretanto, no caso dos projetos habitacionais, não há dúvida de que o equilíbrio deve ser perseguido no seu limite.

Quando se fala em equilíbrio, o que se busca é o cumprimento dos requisitos básicos do processo de morar, como: os de territorialidade, privacidade, identidade e ambiência. Os elementos arquitetônicos que compõem a casa têm de possuir as qualidades que os possibilite realizar tal compromisso.

Malard (2002) diz que, quando qualquer elemento está faltando ou estragado, ele provoca um conflito que acaba por revelar o fenômeno que está sendo afetado. Dessa forma deve-se tentar localizar a falha existente para que se possa solucionar o conflito arquitetônico existente, antes, ressalta-se, do efetivo ato de realizar a proposta arquitetônica.

Nas últimas décadas, houve um crescimento acelerado no ramo da construção civil de habitações populares, devido à carência nesse setor, porém juntamente a esse crescimento tem-se verificado um descontrole quanto à qualidade de tais edificações, haja vista a forma negligenciada com que se vê esse “mercado”, não obstante as visíveis incorreções quanto à sua produção.

Atualmente, um maior número de pessoas tem passado mais tempo dentro de suas casas, em função de novos tipos de hábitos e atividades e a duração dos períodos de lazer, originando assim um aumento no consumo de energia elétrica na procura de um eficiente conforto ambiental no interior das habitações, ocasionado pela falta de qualidade na produção arquitetônica descrita anteriormente.

É por esses motivos que os profissionais da construção civil, de maneira geral, devem estar atentos às soluções de projeto propostas, às técnicas construtivas e aos materiais utilizados em suas construções, para que, em uso pleno, o espaço edificado ofereça desempenho num mínimo de razoabilidade, em todos os aspectos.

Com base nas anotações de Arakaki (2000), teve início, em 1995, o desenvolvimento pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para a Financiadora de Pesquisas e Projetos (FINEP) do projeto “Critérios mínimos de desempenho para habitação térreas de interesse social” que foi incorporada pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional (PBQP da Habitação) que

apóiam os setores da cadeia produtiva, à instalação e aplicação da produtividade e da qualidade. No momento, trata-se ainda de base para discussão a fim de gerar uma norma de desempenho para sistemas construtivos.

Nesta abordagem foram reduzidos para seis os números de exigências consideradas prioritárias no caso de desempenho para habitações térreas de interesse social. O IPT sugere a análise dos seguintes itens: segurança estrutural; segurança ao fogo; estanqueidade à água; conforto térmico; conforto acústico e durabilidade.

2.11.1. A Evolução Da Arquitetura No Brasil

A arquitetura no Brasil durante o período colonial era muito simples, caracterizada pela falta de mão-de-obra qualificada (trabalho escravo) e técnicas construtivas inadequadas. Esta mão-de-obra, chamada de vernácula, ou empírica, detinha conhecimentos práticos apenas. O conhecimento científico só veio a estabelecer-se muito depois, com a industrialização e com o desenvolvimento de pesquisas específicas para tal intento.

Devido à importação dos padrões arquitetônicos de Portugal, as casas seguiam certo padrão com relação ao seu partido arquitetônico, construídas sobre os limites frontais e laterais. As paredes tornavam-se elementos não só de vedação e sustentação das coberturas, como, também, responsáveis pela definição e conservação dos limites das vias públicas.

Os painéis de fechamento vertical, ou as vedações, eram muito espessos e o projeto das edificações eram simples, privilegiando a funcionalidade, porém limitados no sentido estrutural. Esses edifícios apresentavam extensos corredores, pé-direito alto e telhados de duas águas, numa interpretação generalizada.

No século XVIII as construções eram caracterizadas por ser de pau-a-pique, adobe ou taipa-de-pilão. Nas edificações mais simples e mesmo nas mais sofisticadas empregava-se pedra e barro. Em casos mais raros utilizavam-se tijolos ou ainda pedra e cal, (Reis Filho, 1997).

No início do século XIX a integração do Brasil no mercado mundial, efetivada pela abertura dos portos, possibilitou a importação de diversos tipos de

materiais que contribuíram, em grande parte, para alterações sutis no contexto arquitetônico, mas preservando o primitivismo das técnicas construtivas.

Já na segunda metade do século XIX a arquitetura brasileira foi influenciada pelas tendências européias, denominadas neoclássicas, porém apenas os mais abastados puderam aderir tal estilo. Algumas interpretações sugerem-nos a qualificação desses estilos adotados como sendo tardios, isto é, desprovidos de diversos elementos arquitetônicos que pudessem configurá-lo como completo.

Neste mesmo período a importação de materiais era total. A implantação das casas nos terrenos começava a se transformar.

Segundo Reis Filho (1997), foi sob a inspiração do ecletismo e com o apoio dos hábitos diferenciados das massas imigrantes, que apareceram as primeiras residências urbanas com nova implantação, rompendo com as tradições e exigindo modificações nos tipos de lotes e construções. As primeiras manifestações de mecanização na produção de materiais de construção e a presença dos imigrantes como trabalhadores assalariados respondiam pelas alterações das técnicas construtivas nessa época. Surgiram então as casas construídas com tijolos.

Posteriormente, estabeleceu-se o afastamento frontal, permitindo projetos arquitetônicos mais diferenciados, somados ao aperfeiçoamento técnico construtivo.

Reis Filho (1997) ainda afirma que nem sempre as formas arquitetônicas respondiam às mudanças tecnológicas, pois as paredes, mesmo as de tijolo, continuavam a ser confeccionadas com exageradas espessuras.

Ainda na metade deste século, com a instalação das ferrovias e linhas de navegação fluvial, foi possível o acesso às províncias no interior do país dos produtos e inovações até então indisponíveis.

As mudanças sócio-econômicas e tecnológicas ocorridas trouxeram ao Brasil inúmeras transformações nas técnicas construtivas e nas habitações. As técnicas eram importadas, juntamente com os materiais, Reis Filho (1997) ainda explica que os arquitetos e engenheiros dessa época orgulhavam-se de imitar com perfeição, até nos detalhes, os estilos de todas as épocas. Mesmo dependendo largamente de materiais importados, dominavam com eficiência as técnicas de construção e eram capazes de atender às exigências mais complexas de estruturas e acabamento, que lhes eram impostas por uma arquitetura então em rápida evolução.

No final do século XIX as paredes tomaram dimensões menores e uniformes, facilitando a confecção mecanizada de portas e janelas. As paredes externas passaram a ter 0,60m de largura e as internas 0,30m, o pé-direito da edificação se mantinha em aproximadamente 5,00 metros.

Segundo Reis Filho (1997) as paredes das casas, quanto não eram confeccionadas com tijolos aparentes, eram revestidas com massa, com motivos decorativos.

Nos primeiros vinte anos do século XX, surgem as primeiras experiências arquitetônicas mais atualizadas, que se iniciam com a introdução do *art nouveau* e passando pelo neocolonial até chegar ao movimento modernista.

Entre 1920 a 1940, com o início do desenvolvimento industrial, ocorreram as primeiras transformações tecnológicas de importância no país. Começaram a surgir, também, as edificações com pé-direito reduzido.

Na década de 30 cresce o número dos edifícios de residências, graças ao aperfeiçoamento das estruturas metálicas e em concreto. Segundo Reis Filho (1997), durante este período, o concreto se afirmou como elemento básico na construção civil.

Com a utilização das estruturas em concreto, as paredes perderam sua função estrutural, passando a atuar somente como elemento de vedação, feitos em sua maioria de tijolos. Patton (1978) afirma que a parede de vedação, é um conceito que dá ensejo a muitas realizações, tendo incentivado o emprego de novos materiais e elementos laminados.

Com a construção de Brasília, houve uma intensificação muito grande da urbanização e industrialização da história do país. Foi possível perceber as mais variadas composições arquitetônicas. As obras mais representativas buscavam uma sintonia entre as possibilidades crescentes das estruturas e as exigências estilísticas mais complexas do meio.

Com a limitação das importações, na Segunda Guerra Mundial, houve um estímulo para que a indústria brasileira substituísse os produtos importados por produtos nacionais, fazendo assim, com que estes se aperfeiçoassem cada vez mais.

2.11.2. A Evolução da Arquitetura em Cuiabá

Em Cuiabá as mudanças e inovações sofridas no campo da construção civil ocorreram com diferenças temporais. Tudo isso, devido à distância entre os grandes centros e a capital mato-grossense, somados pelas dificuldades de deslocamento e obviamente de transporte, existentes na época.

A atual capital de Mato Grosso nasceu no século XVIII, com ruas tortuosas e estreitas, Freire (1997) afirma que “(...) o espaço produzido reflete, nas curvas e meandros da malha urbana, a ondulação do relevo, a sinuosidade do Rio Coxipó e do Cuiabá, os labirintos dos corixos e vazantes do Pantanal próximo. A luminosidade intensa e o calor escaldante se filtram no desenho da cidade, na sua paisagem de entorno, ajudando a compor o equilíbrio telúrico do ambiente cuiabano”.

Freire (1997) fez uma leitura da evolução da cidade de Cuiabá em três ciclos, e é dessa forma que esta evolução será aqui explicada.

Cuiabá nascida no “Ciclo da Mineração (1722-1820), tempo de abundância em ouro, teve suas primeiras casas de morada de palha, dispostas junto às Lavras do Sutil, considerada a mais rica mancha de ouro então localizada”.

Em 1726, o povoado não apresentava mais características de acampamento provisório (...) foram então erguidas as primeiras casas cobertas de telha, (FREIRE, 1997).

O ouro exercia poderosa atração populacional. Em 1730, com a chegada de uma poderosa monção trazida pelo Ouvidor Geral e Corregedor, imprime um novo ritmo à administração da vila, iniciando as obras da Cadeia, da Casa da Câmara e de novas residências.

A arquitetura das primeiras edificações seguia os padrões paulistas do século XVIII, implantadas sobre os alinhamentos.

O material utilizado nos alicerces era a pedra cristal e os baldrames, largos e altos, feitos de pedra canga. As paredes eram feitas de pau-a-pique e taipa socada, posteriormente surgiram as de adobe. Os materiais que compunham esta mistura eram a terra, o pedregulho e quase sempre o óleo de peixe, (SANTOS, 2001).

No primeiro período o pé-direito era baixo, as fachadas estreitas reproduzindo um único padrão, conferindo certa monotonia à paisagem das ruas. Os telhados eram

de duas águas, com caídas para a rua e para o quintal, cobertos, em sua maioria, por telhas de barro.

Segundo Estulano (1999) as atividades de construção foram intensas nas primeiras décadas. Neste ciclo as casas se concentravam à margem direita da Prainha, do lado esquerdo (igreja do Rosário) as casas surgiam isoladas umas das outras.

Do final do século XVIII ao início do século XIX, a cidade se adensa, definindo melhor sua estrutura e aspecto urbano.

No Ciclo da Sedimentação Administrativa (1820-1968) o ouro começa a se escassear, fazendo a camada dominante iniciar um processo de diversificação da atividade mineradora pelas agropastoris, (FREIRE, 1997).

Neste ciclo, o poder público se define através de construções de grande porte, e incorporação de elementos que imprimem maior requinte às fachadas e aos espaços construídos.

A classe dominante começa a construir os sobrados e as grandes residências térreas que modificaram a fisionomia da cidade. A camada pobre da população, com suas choupanas, casas de palha e casebres de taipa, vai construindo novos espaços para a vila. Essas casas mais humildes localizavam-se nas pontas de rua ou nas áreas periféricas, (ESTULANO & NOGUEIRA, 2000).

Com a promulgação do PRIMEIRO CÓDIGO DE POSTURAS DO MUNICÍPIO, em 04 de Janeiro de 1831, foram tratadas muitas questões da construção civil. Com isso, o poder público procurava combater às construções irregulares e feitas sem licença da Câmara, (ESTULANO, 1999).

Estulano (1999) afirma que, este período caracterizou-se pelo uso de altos pés-direitos que se adequavam muito bem ao clima da região. Definia-se também o uso de platibandas ornamentadas (que escondiam o aspecto pouco elaborado dos telhados), frontões e balaústres.

Os materiais de construção eram, em sua grande maioria, produzidos e extraídos nos arredores da cidade. As olarias próximas produziam as telhas e os ladrilhos necessários às construções, desde as mais ricas até às mais pobres.

O madeiramento da estrutura das paredes e do telhado resultava do aproveitamento de madeiras locais. As soleiras, os portais, as portas e janelas e os soalhos também eram de madeira.

A taipa socada foi muito utilizada durante todo o século XIX, sendo substituída gradativamente pelo adobe. A pedra canga era largamente utilizada nas construções e existia em abundância nas proximidades da cidade, (SANTOS, 2001).

Até o término da Guerra da Tríplice Aliança (março de 1870), Cuiabá era uma verdadeira réplica das aldeias e vilas do norte de Portugal (Minho e Trás-os-Montes), dada a semelhança da arquitetura de seus prédios.

O final do século XIX caracterizou-se pela adoção de novos modelos na arquitetura, por maior adensamento da mancha urbana, conferindo maior nitidez ao traçado das ruas, pela consolidação do Porto Geral e início da integração da pequena localidade de Coxipó da Ponte, sede do distrito de mesmo nome.

Estulano & Nogueira (2000) concluem que, o suporte econômico pelo adensamento da mancha urbana foi garantido pela produção de açúcar e extração da borracha. O bom andamento da economia local permite o incremento de construções em Cuiabá e incorporação de inovações até então inéditas.

Neste momento, nenhum estilo particular se afirma. A arquitetura das residências oscila entre o novo e o velho. A pilastra ou balaústre é o único elemento novo surgido nesse período. Aparecem adornando platibandas, alpendres, peitoris, guarda-corpos e muretas.

Com o Estado Novo, no período de Interventoria de Júlio Müller, na década de 40, inicia-se um novo momento no Ciclo da Administração, (FREIRE, 1997). Esse momento traz a fixação de sólidos pontos de amarração do desenvolvimento urbano e por isso pode ser mais bem visualizado no desenho da cidade.

Foi em 1943, com a vinda de Cássio Veiga, “grande reformador de Cuiabá” e com a deliberação de uma grande valia de verba do governo Getúlio Vargas que Cuiabá ganhou a Avenida Getúlio Vargas. Essa avenida rompeu com os padrões de ruas estreitas, introduzindo no discurso viário da cidade o conceito moderno de via pública. Ela recebeu o calçamento de pedra (paralelepípedos), com alguns trechos pavimentados em concreto. Cuiabá ganhou também a ponte Júlio Müller, o Grande

Hotel, o cine Teatro, entre outras obras como a construção do Colégio Estadual, (FREIRE, 1997).

Outra característica desse momento é a introdução na cidade, de prédios com vários pavimentos, símbolo da modernidade dos grandes centros. Esse tipo de edifício conferia contemporaneidade e “status” de grande cidade.

O Ciclo da Modernização (1968 até a atualidade) foi impulsionado pela construção de Brasília, fortalecendo a região Centro-Oeste.

O ano de 1968 foi um marco para a cidade de Cuiabá, em decorrência da demolição da antiga catedral do Bom Jesus, segundo FREIRE (1997), era o monumento barroco mais importante do Centro-Oeste. A demolição da Matriz expressou as tensões entre o tradicional e o moderno, que antagonizavam a sociedade cuiabana. Foi a partir daí que antigas construções foram derrubadas dando lugar às novas. O moderno caracterizou-se por ser a aversão ao antigo, passando a significar atraso.

O Ciclo da Modernização promove um progresso quantitativo e qualitativo na história de Cuiabá. No sentido da modernização, opõe-se aos ciclos da Mineração e da Administração. Ao mesmo tempo em que incorpora os resultados urbanos dos ciclos anteriores, neles se forja e se justifica, (SANTOS, 2001).

Com a grande demanda de imigração para a região, o crescimento urbano cresceu assustadoramente, obrigando o Governo Estadual a adotar uma política habitacional que viesse atender à população de baixa renda, surgindo então a Companhia de Habitação Popular do Estado de Mato Grosso – COHAB.

Com o surgimento da COHAB, veio a necessidade da implantação de infraestrutura como água, energia e pavimentação, o que valorizou essa área da cidade, estimulando o adensamento dos bairros mais próximos, (ESTULANO & NOGUEIRA, 2000).

O asfaltamento e modernização das avenidas despertam novas aspirações da população, estimulando a manutenção, limpeza e reforma das fachadas das casas, construção de novas edificações e mudança de comportamento social em relação ao uso dos bens públicos. No entorno das modernas avenidas, as residências vão se transformando em casas de comércio diverso, consultórios, escritórios ou são

demolidos para ceder lugar a edificações mais apropriadas ao novo uso. Essa rápida valorização do solo começa a impulsionar o processo de verticalização do centro.

Tudo isso trouxe para Cuiabá novas tendências e estilos de construções. A cada novidade que surge a arquitetura cuiabana se enriquece, mas deve-se sempre ter o cuidado de prezar pela identidade arquitetônica e histórica, original da cidade, enriquecendo-a e não a substituindo.

3. LOCALIZAÇÃO E AREA DE TRABALHO

Inicialmente foi feita a escolha das residências com as quais iremos trabalhar, uma casa habitada situada no Bairro Grande Morada da Serra, intitulada Casa 01 e uma outra desabitada situada no Parque de Exposição da ACRIMAT, intitulada Casa 02, sendo que as duas fazem parte do programa “ Moradia para Todos “ do Governo do Estado de Mato Grosso.

Os dados foram coletados “in loco” nas quatro estações do ano. Os pontos de medição ou locais onde se fixou o aparelho foram escolhidos de forma conveniente com cada habitação, na casa habitada, Casa 01 foram colocados em locais mais próximos às paredes para não incomodar os moradores, ao passo que na Casa 02, não habitada foram colocados nos centros de cada cômodo escolhido.

As medições tiveram como objetivo levantar dados para análise e avaliação do desempenho térmico das residências estudadas dentro do mesmo clima na cidade de Cuiabá-MT, Tabela 2. Sabe-se que durante o período noturno também há trocas de calor, podendo influenciar nos dados coletados pela manhã, mas devido à indisponibilidade de um data logger, não foi possível realizar as coletas no período noturno.

CASA – 01

A tabela 2 mostra o período em que foram coletados os dados desde a primeira estação até a última estação, começo no Verão e final na Primavera.

Tabela 2 - Período de dados coletados – CASA 01

Data de início	Data de conclusão	Estação correspondente
06/03/2006	20/03/2006	VERÃO 21/12 a 20/03
17/05/2006	31/05/2006	OUTONO 21/03 a 20/06
07/08/2006	21/08/2006	INVERNO 21/06 a 20/09
25/09/2006	09/10/2006	PRIMAVERA 21/09 a 20/12

A habitação denominada de Casa 01, Figura 4 esta localizada na Grande Morada da Serra, CPA III. A Casa 01, não sofreu nenhuma intervenção arquitetônica ao longo do

tempo, mantendo-se em seu estado natural conforme entregue ao morador. Sua fachada principal está orientada a leste, Figura 5 e Figura 6.

A habitação possui padrão construtivo mínimo, com um quarto, sala, cozinha, área de serviço descoberta, banheiro, parede em alvenaria comum de meia vez, pintura interna em látex na cor branca e externa látex fosca na cor salmão aplicada diretamente sobre reboco, esquadrias metálicas com pintura esmalte na cor cinza, portas interna de madeira natural, e externas em ferro e vidro pintada na cor cinza, janelas de correr não gradeadas, janela do banheiro basculante, telhado de duas águas com inclinação de 30% em madeira recoberta com telhas cerâmicas, com forro de madeira, piso em cimento queimado desempenado tingido com xadrez na cor verde.

A casa esta inserida em um terreno de 10,00x20,00 m, possuindo uma área construída de 37,91m², Figura 7.



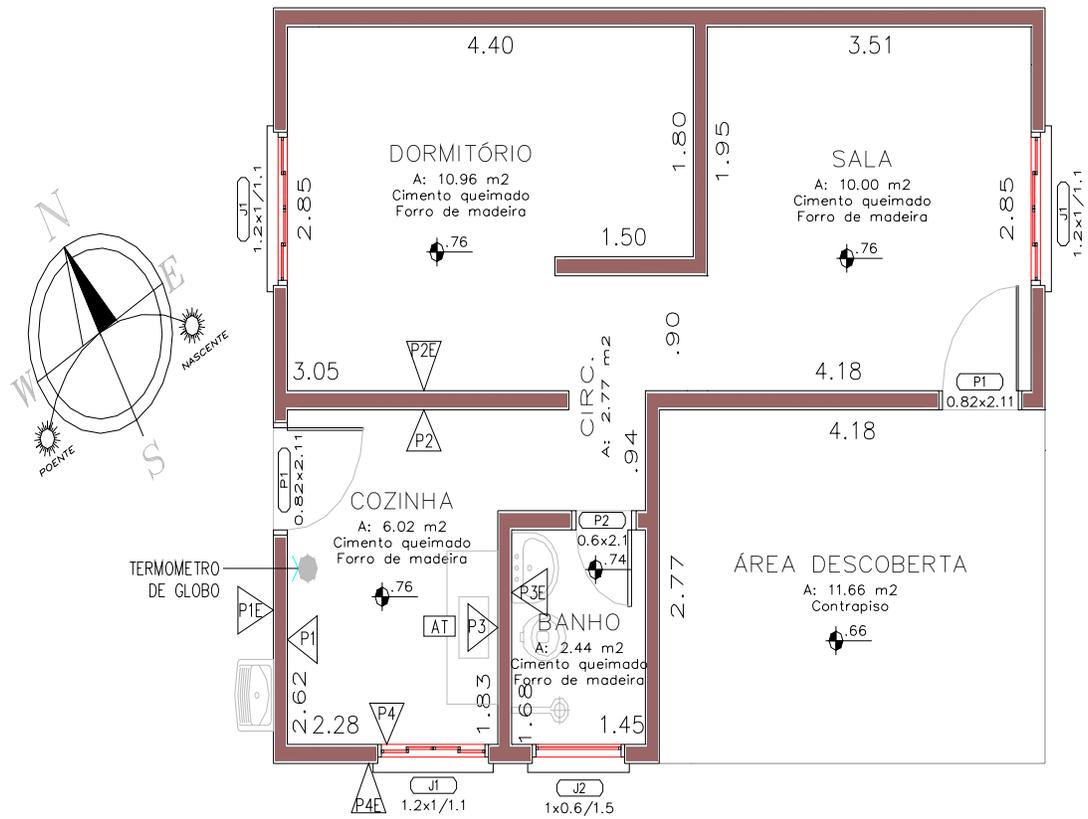
FIGURA 4 - Localização da casa 1 conjunto habitacional Morada da Serra
FONTE:Imagem adaptada Google Earth



FIGURA 5 - Fachada Leste da casa 01



FIGURA 6 - Fachada Oeste da casa 01



PLANTA BAIXA - CASA 1

Sem Escala
A: 37.91 m²

FIGURA 7 – Planta baixa da casa 01

CASA 02

CASA – 02: Orienta a fachada principal para Norte, possui padrão construtivo mínimo, com dois quartos, sala com cozinha, banheiro varanda na entrada principal e área de serviço coberta. Paredes com tijolos seis furos quadrados de 9,2x14, 2x24, 8 cm, reboco paulista de 1,6 cm e espessura total de parede de 12,4 cm em alvenaria comum de meia vez, pintura interna em látex na cor branca e externa acrílica fosca na cor azul diretamente sobre reboco, esquadrias metálicas com pintura esmalte na cor amarela, portas com venezianas não ventiladas, janelas principais com veneziana não ventilada, gradeadas por dentro e sem vidro, janela do banheiro em maxi-ar gradeada sem vidro, telhado de duas águas em madeira recoberta com telhas cerâmicas de 1,0 cm de espessura sem forro e com caixa de água, piso em concreto desempenado tingido com xadrez na cor vermelha. Nas dimensões das características construtivas da residência 02, o volume foi calculado incluindo o ático em razão da casa não possuir forro, no cálculo de envoltória as paredes protegidas das varandas não foram contabilizadas. Os resultados mostram os seguintes dados:

Envoltória: 63,77 m²

Esquadrias: 8,21 m²

Aberturas ventilação: 5,91 m²

Volume: 177,70 m³

Área de cobertura: 54,60 m²

Inclinação do telhado: 39%

Área construída: 39,99 m²

A tabela 3 mostra as estações correspondentes aos períodos de coleta de dados desde seu início até o final da coleta.

Tabela 3 - Período de dados coletados – CASA -02

Data de início	Data de conclusão	Estação correspondente
01/12/2004	20/12/2004	VERÃO 21/12 a 20/03
02/05/2005	21/05/2005	OUTONO 21/03 a 20/06
20/07/2005	08/08/2005	INVERNO 21/06 a 20/09
03/10/2005	22/11/2005	PRIMAVERA 21/09 a 20/12

(As Figuras: 8, apresenta o mapa de localização da casa 02, inserida no parque de exposições da Associação de Criadores de Mato Grosso – ACRIMAT).



FIGURA 8 - Localização de habitações populares avaliadas de Cuiabá-MT.
Fonte: Imagem extraída do Google Earth em 21/11/2007

Na figura 9 apresentamos a fachada da casa 02, vê-se ao fundo e ao lado, outras habitações populares do projeto moradia para todos que não foram estudadas neste trabalho.



FIGURA 9 – Fachada da casa 02

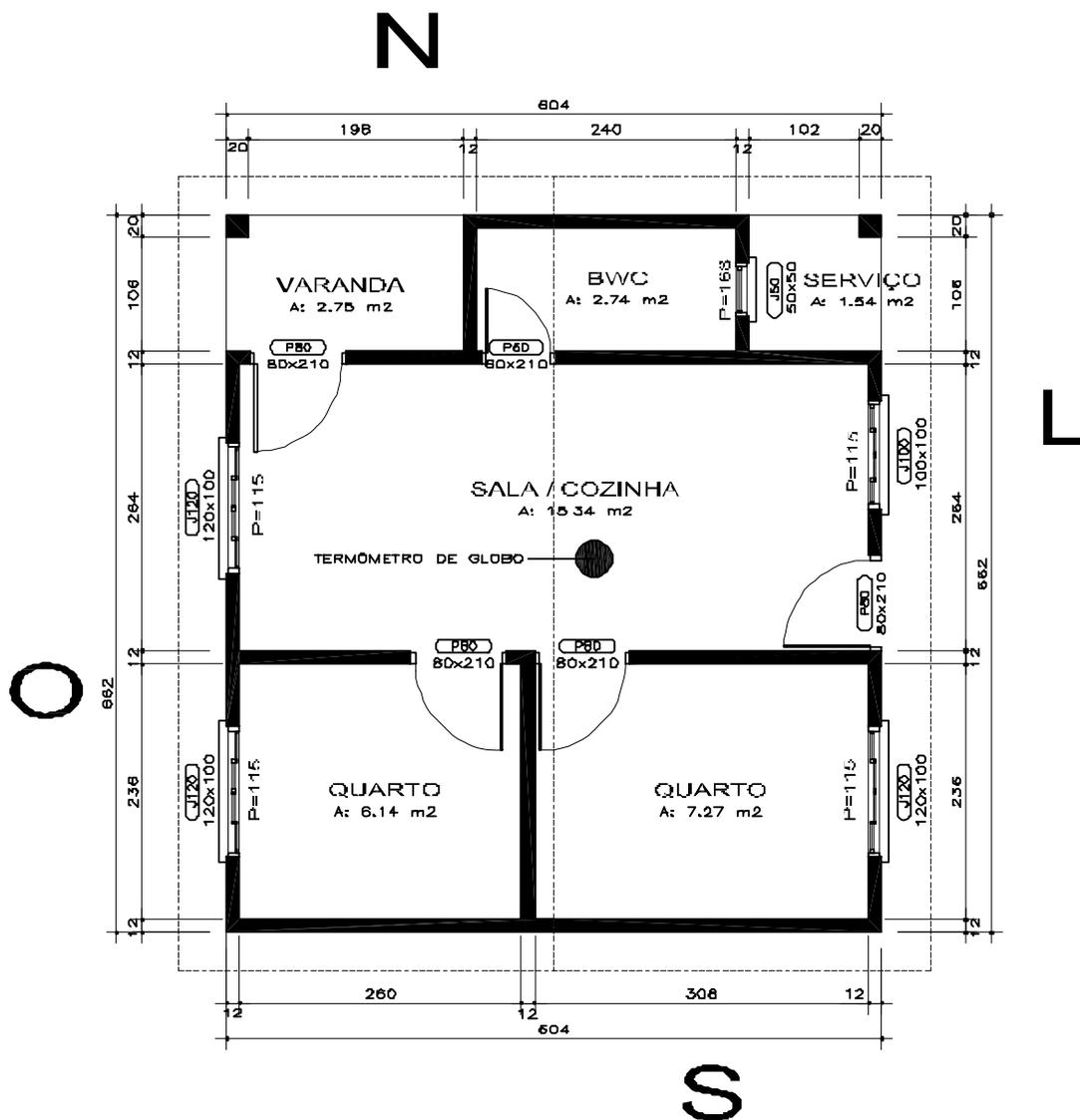


FIGURA 10 – Fachada da casa 02

Assim temos os parâmetros ambientais que foram analisados pelo presente trabalho:

- 1-Temperatura do ar;
- 2-Temperatura radiante média do ambiente;
- 3-Velocidade relativa do ar;
- 4-Umidade relativa do ar ou pressão parcial do vapor de água no ar ambiente.
- 5-Radiação emitida pelos fechamentos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAIS UTILIZADOS NAS MEDIÇÕES

4.1.1. Termômetro de globo digital

A aquisição dos dados Temperatura de Bulbo Seco, Temperatura de Bulbo Úmido e Temperatura Radiante foi possível através do equipamento Termômetro de Globo Digital modelo TGD-100, COD. 02043, da marca INSTRUTHERM, e apresentado na Figura 12. O globo é constituído de uma esfera de cobre com diâmetro de 6" (152,4mm), com haste central, o bulbo úmido é composto de uma haste com copo de 100ml e cordão de pano, o bulbo seco possui uma haste para temperatura ambiente. As hastes tem diâmetro de 4mm x 150mm de comprimento, o aparelho possui temperatura de operação de 0 a 100 °C.



FIGURA 11 - Termômetro de Globo Digital da marca Instrutherm

4.1.2. Radiômetro Infravermelho com mira laser digital portátil

Aparelho que possibilita a coleta das temperaturas radiantes de determinadas superfícies possui display de cristal líquido com iluminação, escala de -25° a 1200°C e/ou -13° a 2192°F , precisão de $\pm 1\%$, modelo TI-800, COD. 04062, marca INSTRUTHERM, Figura 13 . Através desse equipamento foram medidas as temperaturas radiantes internas e externas das paredes, forro e piso.



FIGURA 12 - Radiômetro infravermelho com mira laser digital portátil

4.1.3. Anemômetro

Aparelho que possibilita a coleta da velocidade do vento possui display de cristal líquido (LCD) de 3 1/2 dígitos, escala de Velocidade de 0.4 a 25.0 m/s; Precisão de $\pm 2\% + 1$ dígito, Resolução de 0.1 m/s; modelo THAR 185, marca INSTRUTHERM, Figura -14 . Através desse equipamento foi medido a velocidade do vento interno e externo.



FIGURA 13 - Anemômetro

4.2. MÉTODOS

4.2.1. Coleta de Dados In Loco

O levantamento de dados de desempenho e conforto térmico realizados “in loco”, foram efetuados nas duas habitações selecionadas, durante 15 dias corridos de cada uma das quatro estações do ano para casa 01 e 20 dias para casa 02.

Os pontos de medição selecionados foram escolhidos de forma a garantir uma avaliação. As medições tiveram como objetivo o levantamento de dados para análise do desempenho térmico entre as duas habitações dentro do mesmo clima da cidade de Cuiabá.

O levantamento de dados realizado, de forma geral, buscou informações sobre as características físicas de cada residência selecionada para o estudo, bem como as características térmicas dos elementos construtivos das mesmas perante o clima da cidade nas quatro estações do ano.

CASA 01

Os dados foram medidos “in loco” em um período de 15 dias corridos em cada estação do ano, sendo iniciado às 8hs e com término às 17hs, com medições de hora em hora.

Sabe-se que durante o período noturno também há trocas de calor, podendo influenciar nos dados coletados pela manhã, mas devido a indisponibilidade de um data logger, não foi possível realizar as coletas no período noturno

As medições ocorreram durante 15 dias nas quatro estações do ano, um total de 60 dias de coletas.

As medidas coletadas apresentaram, um período de 10 horas diárias sendo obtidas 20 dados por hora de cada variável, ao final de cada dia chegava-se ao total de 200 dados coletados.

Ao final de cada estação medida chegou-se com 3000 dados e no final das quatro medições que foram realizadas nas quatro estações do ano, sempre durante o mesmo período (15 dias) ao longo de todas as medições chegou-se a um total de 12000 dados.

CASA 02

Foram definidos quatro períodos de coleta de dados de acordo com as quatro estações do ano e ciclos de escassez e abundância de chuvas. Dentro de cada período foram efetivados 20 dias corridos de medição com início às 8h da manhã e término às 17h da tarde. As medições foram realizadas de hora em hora manualmente. Dada a impossibilidade de obtenção de aparelhos de medição mais apropriados, de medição

automática (Data Loggers), não foi possível estender as medições para o período noturno. Sendo assim foram manualmente coletados dados de 200 horas para cada estação do ano estudada.

A primeira estação do ano a ser trabalhada foi o verão, em dezembro de 2004, pico de chuvas conforme a Figura 15, onde é representada a análise de um ano em Cuiabá, posteriormente foram feitas as medições de outono, em maio de 2005, já com o índice de precipitação menor, depois em julho do mesmo ano, época de escassez de chuvas, o inverno, e por último, em outubro de 2005, a primavera, período de aumento da precipitação.

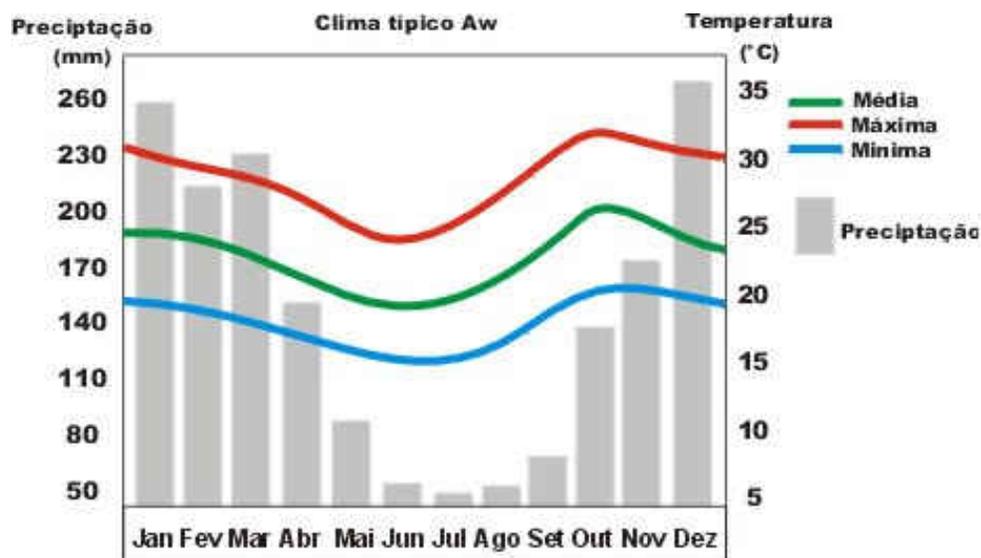


FIGURA 14 - Precipitação e temperaturas típicas do clima Aw segundo Köppen

Para a nossa análise foram escolhidos propositalmente apenas duas Estações, o VERÃO e o INVERNO denominado de ESTAÇÃO -1 e ESTAÇÃO -2, onde existem os pontos máximos e mínimos de chuvas.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Para avaliarmos o desempenho térmico das duas habitações nas duas estações escolhidas, uma pico das chuvas e outra escassez das chuvas, foi necessário após a coleta de dados, analisá-los estatisticamente através de programas como: SPSS 13.0, SPSS 15.0, Analysis Bio, Physicos, arquivo TRY e Cartas Bioclimáticas.

Para fazermos análises estatísticas é bom salientar que: quando o valor calculado é maior que o valor tabelado (0,05) ou 5%, diz-se que as variâncias são homogêneas, isto é, as medidas estudadas não apresentam diferenças significativas entre si. E, quando o valor calculado é menor que o valor tabelado (0,05) ou 5%, entende-se que as variâncias não são homogêneas, isto é, as medições efetuadas possuem diferenças significativas, entre si. Isto quer dizer que o nível de significância adotado para a análise estatística foi num patamar de 95%. Vejam Tabelas.

5.1. Estação 1(VERÃO)

De acordo com as tabelas abaixo foram construídos os histogramas e os gráficos interativos tanto na Estação 1 como na Estação 2 ou VERÃO E INVERNO.

A tabela 4 mostra a média de todas as medidas de temperaturas efetuadas e estudadas, tanto para casa 01 como para casa 02: TBS, TBU, TR e UR, sendo N o número real de medidas realizadas sem perda nenhuma, com 100% no final.

Tabela 4 – Estatística casas 01 e 02 **Case Processing Summary**

	Casa	Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
Bulbo Seco	1	150	100.0%	0	.0%	150	100.0%
	2	220	100.0%	0	.0%	220	100.0%
Bulbo Úmido	1	150	100.0%	0	.0%	150	100.0%
	2	220	100.0%	0	.0%	220	100.0%
Temp. Radiante	1	150	100.0%	0	.0%	150	100.0%
	2	220	100.0%	0	.0%	220	100.0%
UmiRel	1	150	100.0%	0	.0%	150	100.0%
	2	220	100.0%	0	.0%	220	100.0%

A medida da temperatura de bulbo seco (TBS) é dada através de um termômetro comum expresso em Graus Celsius. A medida da temperatura de bulbo úmido (TBU) é dada também por um termômetro comum, só que o seu bulbo é envolvido por um tecido umidecido com água destilada. A temperatura radiante média (TRM) é a temperatura uniforme de um local imaginário no qual a troca de calor por radiação é igual a troca de calor por radiação no ambiente real não uniforme. A umidade relativa (UR) é dada pela razão da tensão parcial de vapor d'água pela tensão de saturação. Ela depende diretamente tanto da TBS como da TBU.

A tabela 5 mostra a estatística descritiva que tem por objetivo básico sintetizar, organizar e descrever uma série de valores de mesma natureza que também nos dá uma visão global das variações sofridas por aqueles valores através de tabelas, gráficos e medidas descritivas. Neste caso vamos analisar o que se passa com as médias, limites inferiores, limites superiores, intervalos de confiança, mediana, variância, desvios, máximos e mínimos, e Curtose.

Tabela 5 – Estatística Descritiva casas 01 e 02

			Statistic	
			Casa	
			1	2
Bulbo Seco	Média		30.287	32.096
	95% Intervalo Confiança para Média	Limite inferior	29.804	31.691
		Limite superior	30.771	32.501
	5% Média Normalizada		30.243	32.160
	Mediana		30.100	32.250
	Variância		8.987	9.292
	Desvio Padrão		2.9978	3.0483
	Mínimo		21.7	25.2
	Máximo		39.6	37.5
	Curtose		.619	-.943
Bulbo Úmido	Média		26.514	26.117
	Limite inferior Limite superior	Limite inferior	26.311	25.955
		Limite superior	26.717	26.278
	5% Média Normalizada		26.507	26.074
	Mediana		26.600	26.100
	Variância		1.589	1.477
	Desvio Padrão		1.2607	1.2154
	Mínimo		23.3	23.7
	Máximo		31.7	37.3
	Curtose		1.403	31.654
Temp. Radiante	Média		30.083	32.569
	Limite inferior Limite superior	Limite inferior	29.652	32.145
		Limite superior	30.513	32.993
	5% Média Normalizada		30.151	32.664
	Mediana		30.200	32.900
	Variância		7.110	10.188
	Desvio Padrão		2.6664	3.1919
	Mínimo		21.1	21.0
	Máximo		35.7	38.3
	Curtose		.325	-.282
UmiRel	Média		.37915	.37971
	Limite inferior Limite superior	Limite inferior	.37885	.37948
		Limite superior	.37945	.37994
	5% Média Normalizada		.37915	.37977
	Mediana		.37900	.38000
	Variância		.000	.000
	Desvio Padrão		.001855	.001730
	Mínimo		.372	.364
	Máximo		.384	.383
	Curtose		1.081	29.906

Após a análise estatística verifica-se que: de acordo com os valores não houve diferença significativa, pois de uma maneira geral os resultados são praticamente iguais, com simetria e homogeneidade. As curtoses aparecem com valores elevados, por alguma falha na coleta de dados, tipo esqueceu-se de molhar o tecido do termômetro de bulbo úmido, aí ele dá a temperatura igual à de bulbo seco. As curtoses são coeficientes de achatamento como as Gaussianas, quando negativas elas se achatam em relação a normal e quando positivas elas se alongam em relação a normal.

A figura 15 mostra a freqüência de distribuição de temperatura interna de Bulbo Seco no período de 06 de março de 2006 à 20 de março de 2006 o qual corresponde a Estação 1. Neste período a temperatura máxima absoluta foi de 40°C e a mínima de 23°C.

Em 74% do tempo, as temperaturas estiveram entre 28°C e 34°C com maior freqüência em 31°C, a temperatura de 40°C esteve presente em 2,6% ao passo que as temperaturas abaixo de 24°C em 1,5% do tempo.

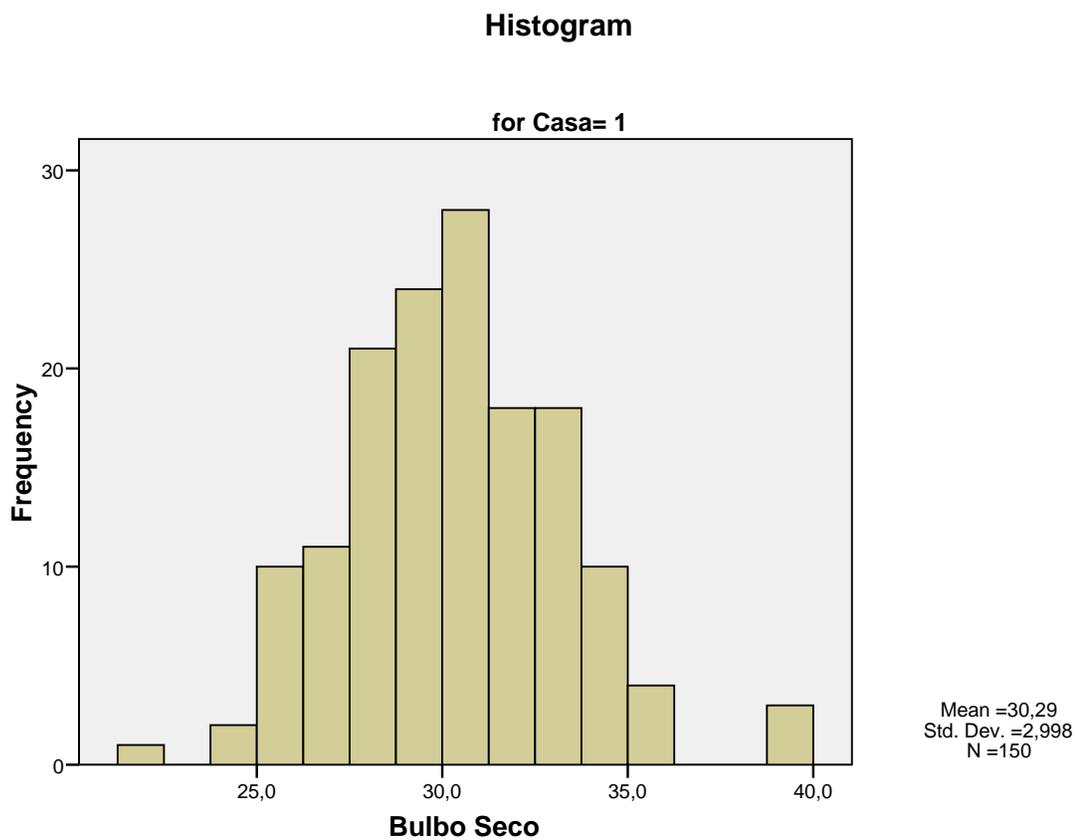


FIGURA 15 – Freqüência Bulbo Seco da casa 01

A figura 16 apresenta a distribuição de freqüência de temperatura de Bulbo Seco interno o qual corresponde ao período de 01 de dezembro de 2004 à 20 de dezembro de 2004 na Estação 1. Neste período a temperatura máxima ocorrida foi de 37,5°C e a mínima foi de 25°C.

As temperaturas medidas oscilaram entre 28°C e 36°C em 86% do tempo com maior freqüência 35,5°C. A temperatura de 37°C esteve presente em pelo menos 2,3% do tempo.

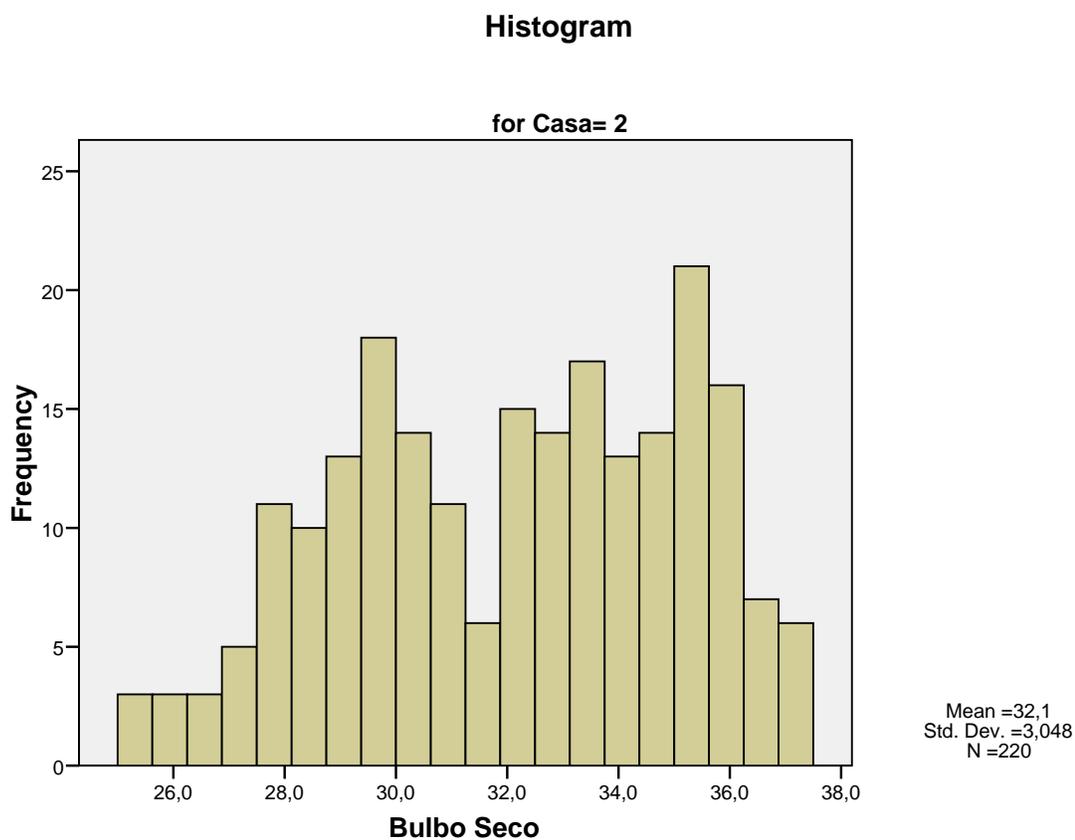


FIGURA 16 - Freqüência Bulbo Seco da casa 02

A figura 17 representa como a temperatura interna de Bulbo Úmido se comportou durante o período de 06 de março de 2006 à 20 de março de 2006 no Verão, Estação 1. A temperatura máxima absoluta foi de 38°C e a mínima foi de 23°C.

As temperaturas medidas oscilaram entre 25°C e 28,5°C pelo menos em 69,3% do tempo medido, com maior frequência em 27°C, a temperatura de 32°C esteve em 0,66% e a abaixo de 25°C em 3,3% do tempo.

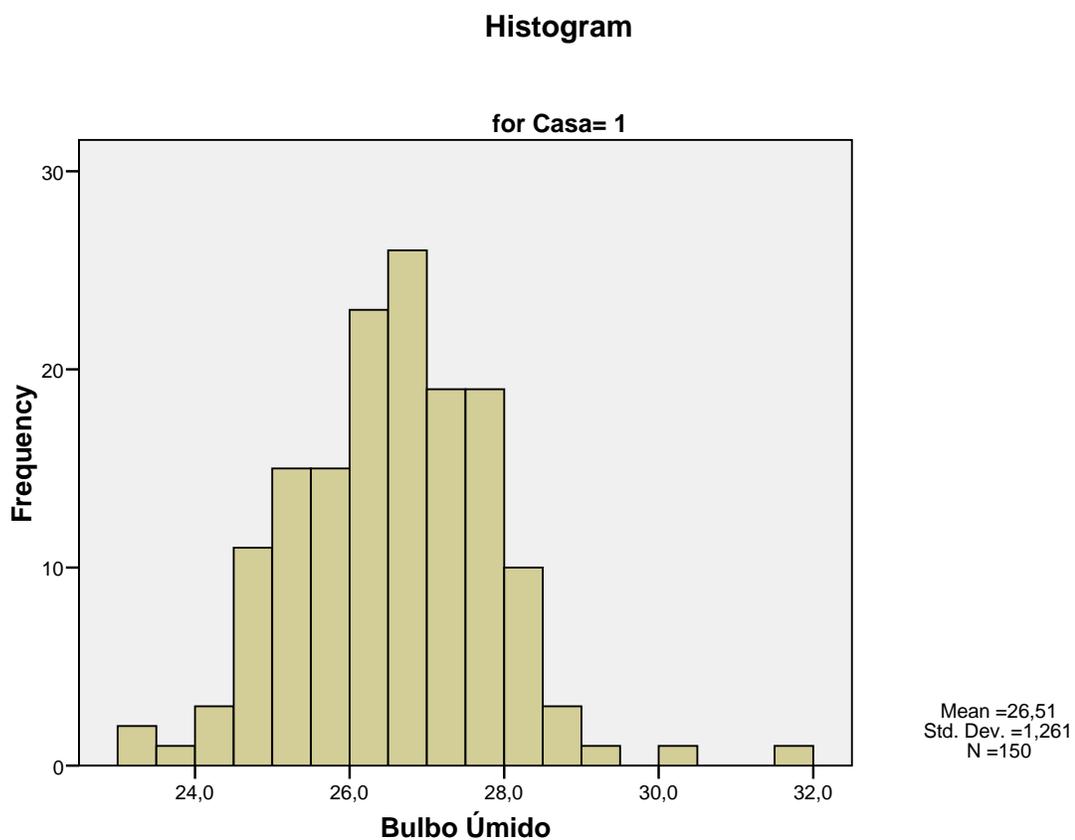


FIGURA 17 – Frequência de Bulbo úmido da casa 01

A figura 18 esta representando a variação da temperatura interna de Bulbo Úmido e a sua freqüência durante o período de 01 de dezembro de 2004 à 20 de dezembro de 2004. A temperatura máxima ocorrida foi de 37°C e a mínima foi de 23°C.

As temperaturas variaram entre 25°C e 27,5°C em 89,5% do tempo, com maior freqüência para 26°C e menor para 23°C e 37°C, a temperatura de 25°C esteve em 3,6% do tempo.

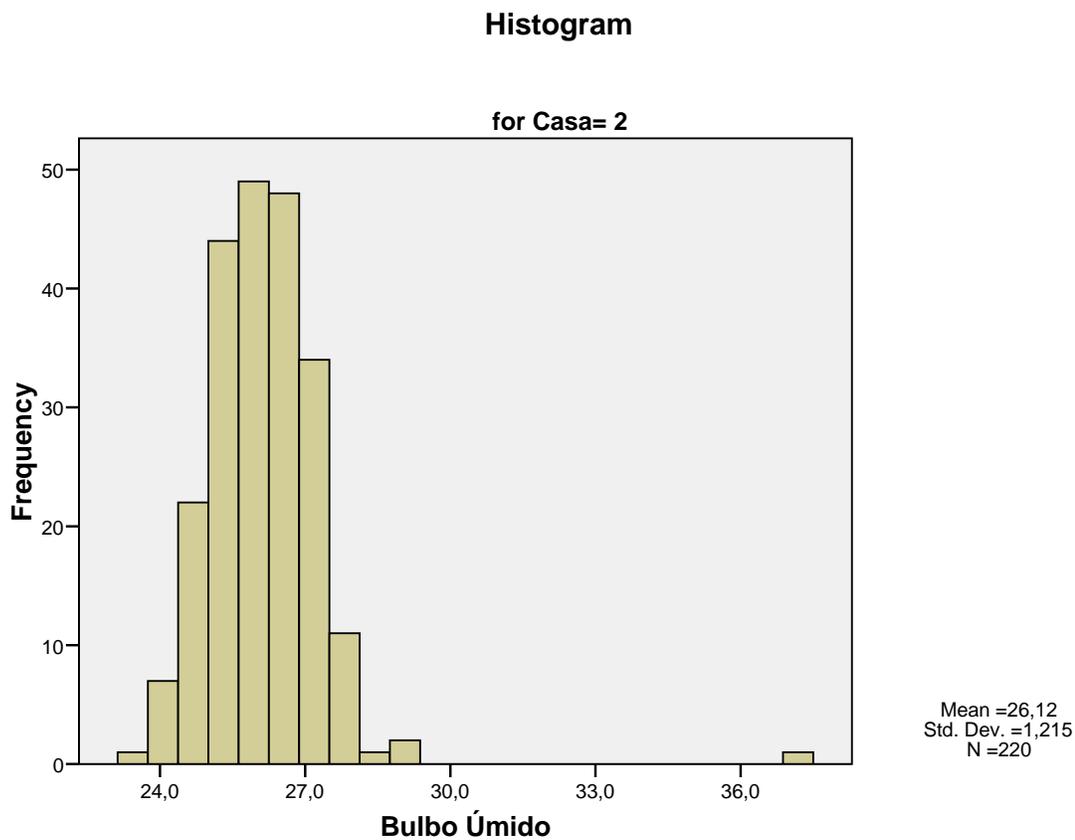


FIGURA 18 - Freqüência de Bulbo úmido da casa 02

A figura 19 mostra como foi o comportamento da temperatura radiante medida pelo termômetro de globo no interior da casa durante o período de 06 de março de 2006 à 20 de março de 2006.

A temperatura máxima atingida foi de 36°C e a mínima de 21°C. Houve uma oscilação da temperatura entre 26,5°C e 33°C em 74,6% do tempo de medição com maior frequência para 30,5°C e menor 21°C.

A temperatura máxima esteve presente em 1,3% das medições e a temperatura mínima em 0,66%.

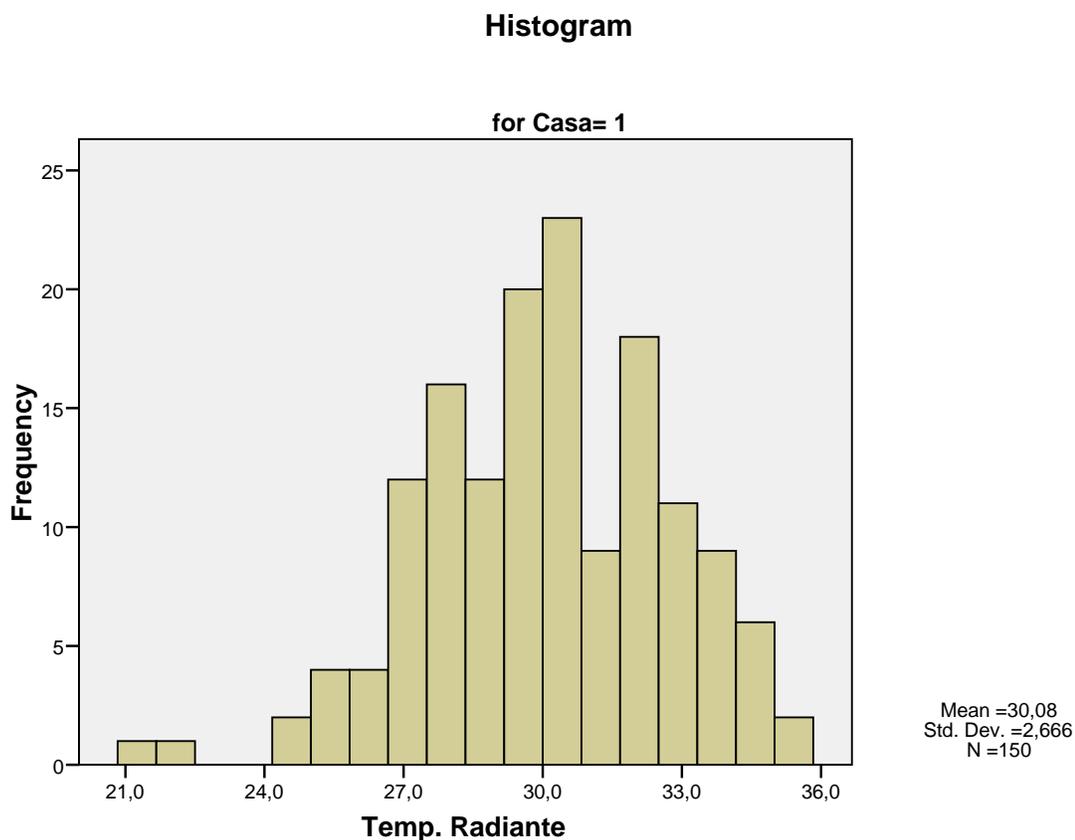


FIGURA 19 – Frequência de Temperatura Radiante da casa 01

A figura 20 representa a variação da temperatura radiante interna medida pelo termômetro de globo na casa 2 durante o período que vai de 01 de dezembro de 2004 à 20 de dezembro de 2004.

O maior valor assumido pela temperatura foi de 37,5°C e o menor valor foi de 21°C.

As variações mais notadas foram entre 27°C e 37°C pelo menos em 80,9% das medições efetuadas no período, com maior frequência para a temperatura de 34°C.

A temperatura máxima esteve presente em 1,8% e a mínima em 0,45%

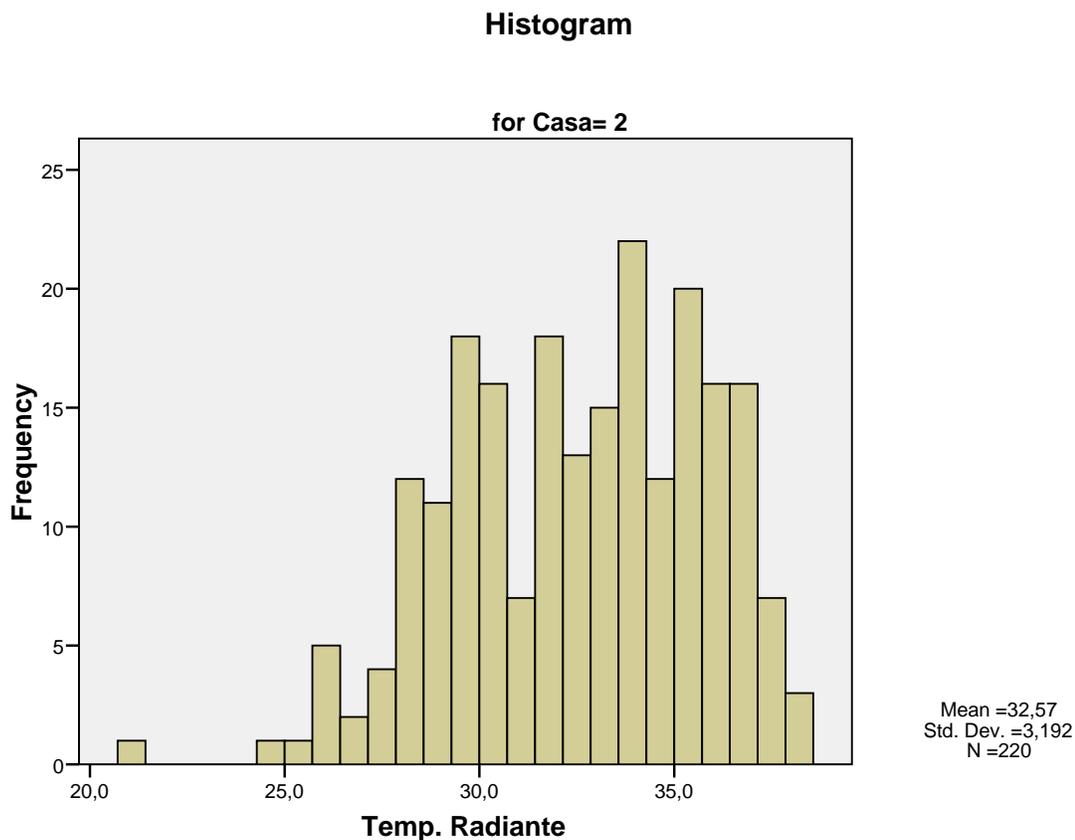


FIGURA 20 - Frequência de Temperatura Radiante da casa 02

A figura 21 representa a frequência com que ocorreu a variação da umidade relativa no período que começou em 06 de março de 2006 e terminou em 20 de março de 2006

A umidade relativa oscilou entre 0,377 e 0,381 e esteve presente em 85% das medidas efetuadas com maior frequência para 0,379 que foi também a média geral, a menor frequência foi para 0,372.

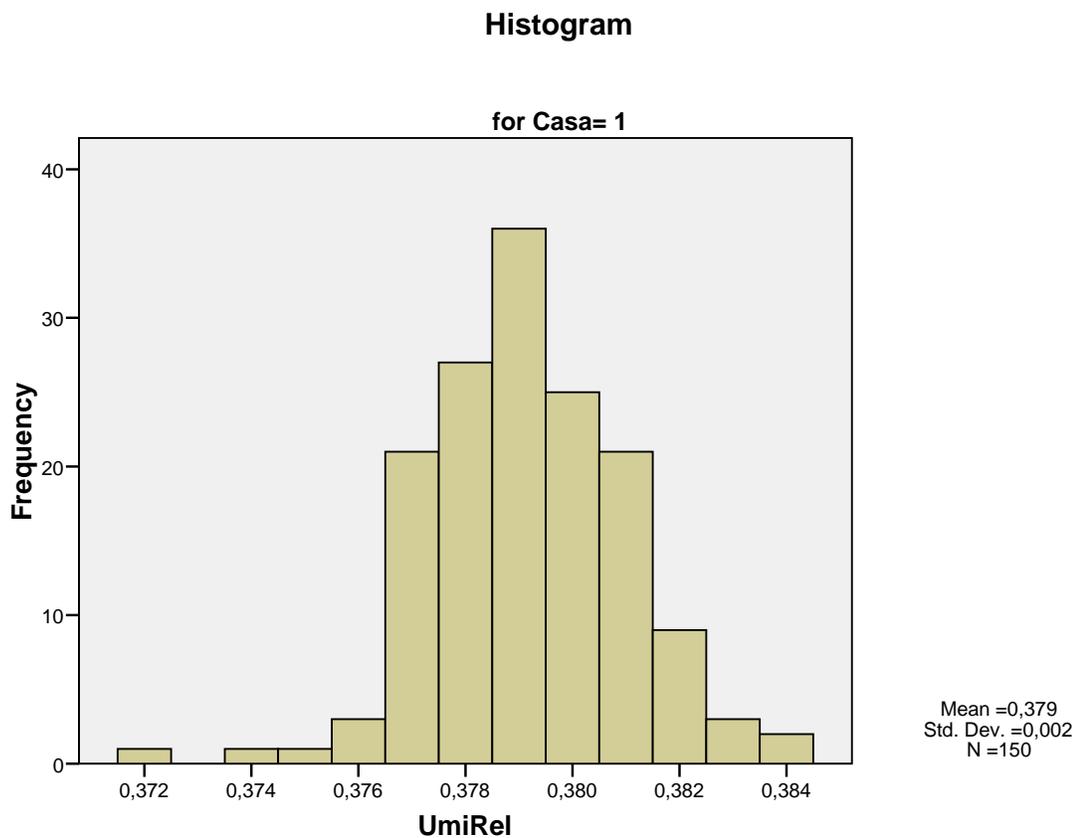


FIGURA 21 – Frequência de Umidade Relativa da casa 01

A figura 22 representa a maneira com que a umidade relativa variou e sua frequência de variação no período compreendido entre 01 de dezembro de 2004 e 20 de dezembro de 2004.

As variações sofridas foram entre 0,377 e 0,381 e esteve presente em 94% das medidas efetuadas com maior frequência para 0,379 e menor para 0,360. A média foi de 0,380 a qual consideramos muito baixas e fora da zona de conforto.

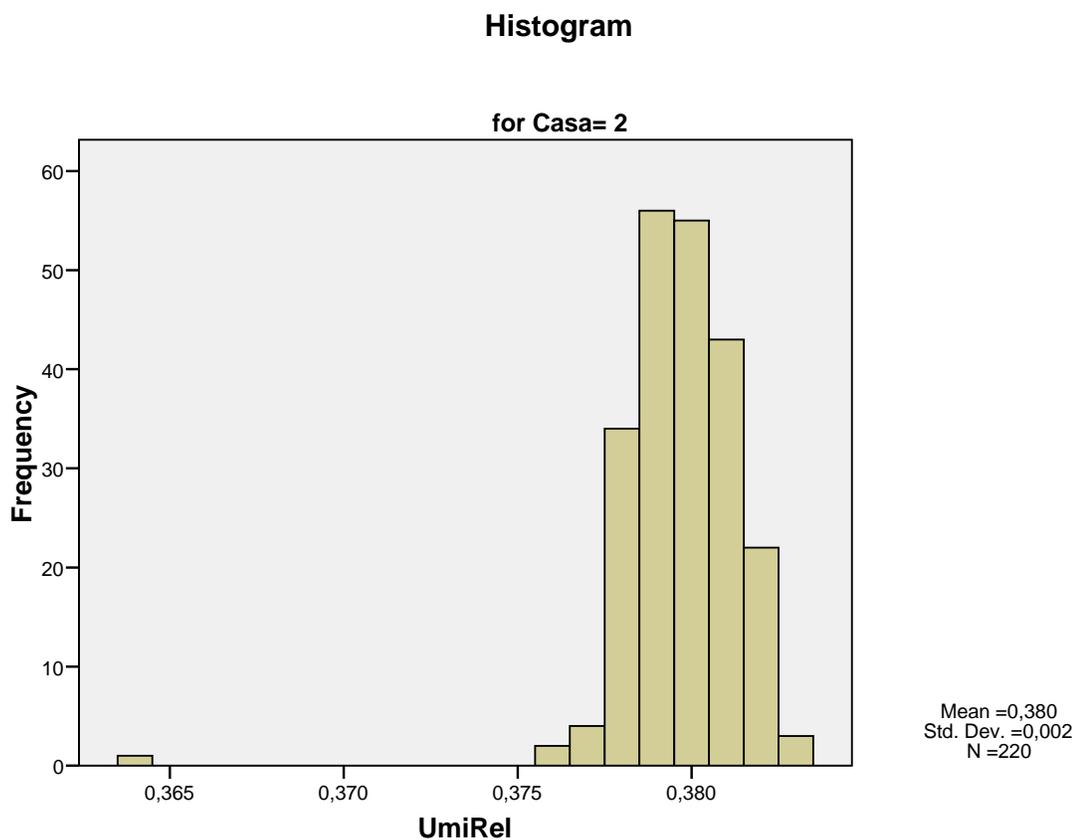


FIGURA 22 - Frequência de Umidade Relativa da casa 02

As figuras 23, 24 e 25 mostram os gráficos interativos da TBS, TR e Umid Relat. das casas 01 e casa 02 na estação 1- Verão. De acordo com análises feitas se nota que os gráficos têm o mesmo direcionamento, porém, com temperaturas diferentes. Seus comportamentos térmicos foram assim descritos: Casa 01 – a temperatura de bulbo seco-TBS às 08horas e 20minutos foi de 28,5°C, 31°C às 12horas e às 17horas foi de 30,5°C. Casa 02 – no início às 08horas e 20minutos foi de 27,8°C, 33,8°C às 14horas e às 17horas a sua temperatura foi de 32°C. A Temperatura Radiante – TR da casa 01 às 08horas e 20minutos era de 27°C, às 14horas de 31,8°C e de 30°C às 17horas Casa 02 às 08h20min temperatura de 28°C, às 14horas de 34,5°C e às 17horas de 30°C. A umidade relativa que é obtida através da relação entre temperatura de bulbo seco (TBS) e temperatura de bulbo úmido (TBU), na casa 01 no início da manhã às 08horas e20minutos foi de 0,3807, às 11horas e 30minutos de 0,3785 e no fim de tarde de 0,379 às 17horas. Casa 02 08horas e20minutos de 0,3815, às 15horas de 0,3785 e às 17horas de 0,381 com uma média de 0,3.

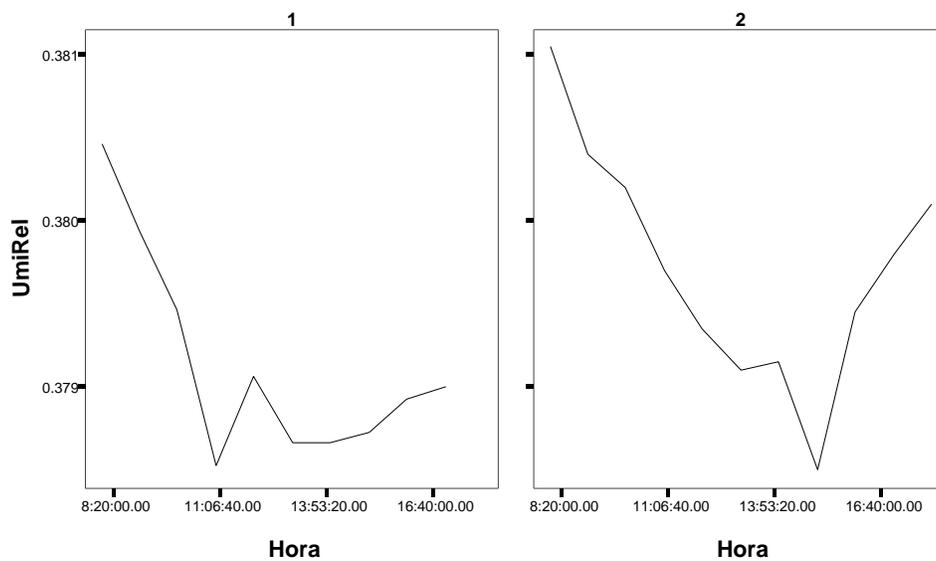


FIGURA 23 – Gráfico interativo da umidade relativa das casas 01 e 02

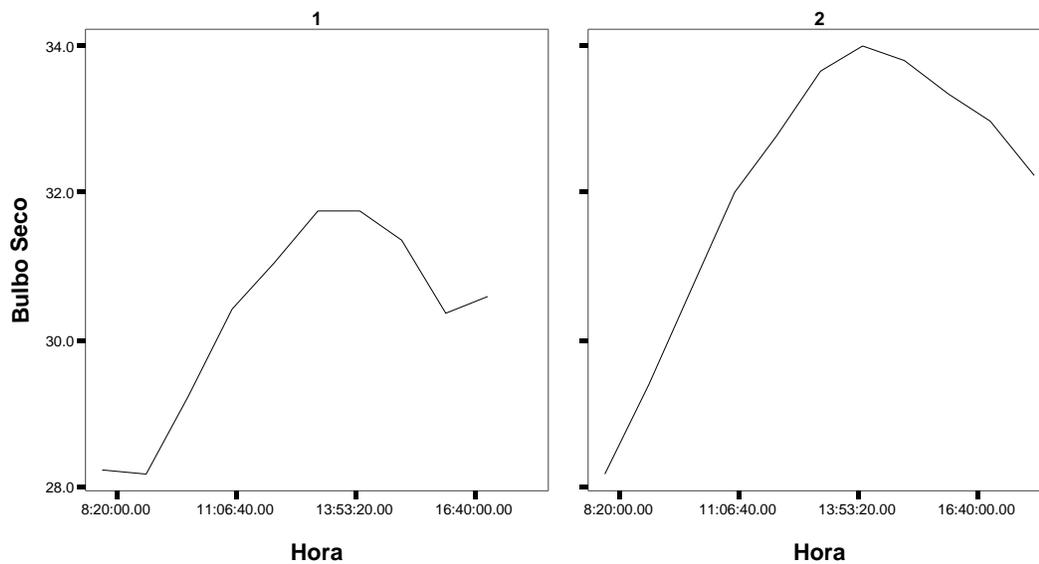


FIGURA 24 - Gráfico interativo do Bulbo Seco das casas 01 e 02

Os gráficos interativos mostram claramente que quando a temperatura sobe a umidade relativa do ar diminui e quando a temperatura diminui a umidade aumenta. Os horários em que existe mais sol as temperaturas são mais elevadas e as umidades relativas mais baixas trazendo sempre o desconforto.

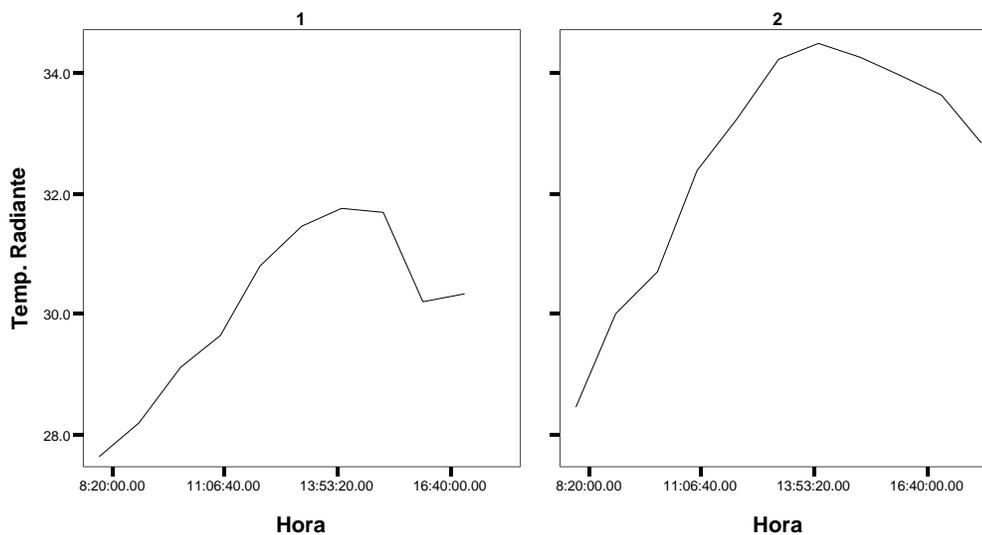


FIGURA 25 – Gráfico interativo da Temperatura Radiante das casas 01 e 02

5.2. Estação 2 (INVERNO)

A tabela 6 mostra a média dos valores da TBS, TBU, TR e UR que foram coletados, estudados e os que foram perdidos com seus respectivos percentuais.

Tabela 6 - Sumário- Processamento- Casas 01 e 02

	Casa	Cases					
		Valid		Missing		Total	
		N	Percent	N	Percent	N	Percent
Bulbo Seco	1	145	97.3%	4	2.7%	149	100.0%
	2	211	95.9%	9	4.1%	220	100.0%
Bulbo Úmido	1	145	97.3%	4	2.7%	149	100.0%
	2	211	95.9%	9	4.1%	220	100.0%
Temp. Radiante	1	145	97.3%	4	2.7%	149	100.0%
	2	211	95.9%	9	4.1%	220	100.0%
UmiRel	1	145	97.3%	4	2.7%	149	100.0%
	2	211	95.9%	9	4.1%	220	100.0%

Tabela 7 - Descritiva

			Statistic	
			Casa	
			1	2
Bulbo Seco	Média		31.981	30.464
	Limite inferior	Limite inferior	31.255	29.786
		Limite superior	32.708	31.142
	5% Média Normalizada		32.162	30.735
	Mediana		33.200	32.100
	Variância		19.592	24.980
	Desvio Padrão		4.4263	4.9980
	Mínimo		21.9	17.2
	Máximo		38.2	37.1
	Curtose		-0.662	-0.806
Bulbo Úmido	Média		22.768	21.407
	Limite inferior	Limite inferior	22.493	21.100
		Limite superior	23.043	21.713
	5% Média Normalizada		22.834	21.450
	Mediana		23.000	21.700
	Variância		2.810	5.095
	Desvio Padrão		1.6762	2.2572
	Mínimo		18.5	15.1
	Máximo		25.9	36.2
	Curtose		-0.358	8.341
Temp. Radiante	Média		32.216	30.876
	Limite inferior	Limite inferior	31.531	30.223
		Limite superior	32.901	31.529
	5% Média Normalizada		32.353	31.115
	Mediana		33.100	32.300
	Variância		17.426	23.157
	Desvio Padrão		4.1745	4.8122
	Mínimo		22.8	18.0
	Máximo		41.2	37.8
	Curtose		-0.612	-0.799
UmiRel	Média		.38454	.38659
	Limite inferior	Limite inferior	.38414	.38613
		Limite superior	.38495	.38704
	5% Média Normalizada		.38446	.38651
	Mediana		.38400	.38600
	Variância		.000	.000
	Desvio Padrão		.002480	.003359
	Mínimo		.380	.366
	Máximo		.391	.396
Curtose		-0.367	6.384	

A tabela 7 mostra a estatística descritiva das médias das temperaturas: TBS, TBU, TR e UR com síntese geral de uma série de valores de mesma natureza. As médias, os limites inferiores e superiores, o intervalo de confiança, as medianas, as variâncias, os máximos e mínimos, os desvios e as curtoses.

Analisando os dados da tabela 7 verifica-se que neste caso houve diferença significativa, pois não existem simetria, nem homogeneidade e muito menos interseção de intervalos.

Na figura 26 observa-se a distribuição da temperatura absoluta, de Bulbo Seco, interna e sua freqüência no período de 07 de agosto de 2006 à 21 de agosto de 2006 no Inverno, Estação 2.

A temperatura variou de 21°C até 39°C com maior freqüência para 35°C e menor 21°C. Nesse período a temperatura entre 30°C e 39°C esteve presente em 68,27% e as temperaturas abaixo de 30°C compareceram em 31,73% das vezes.

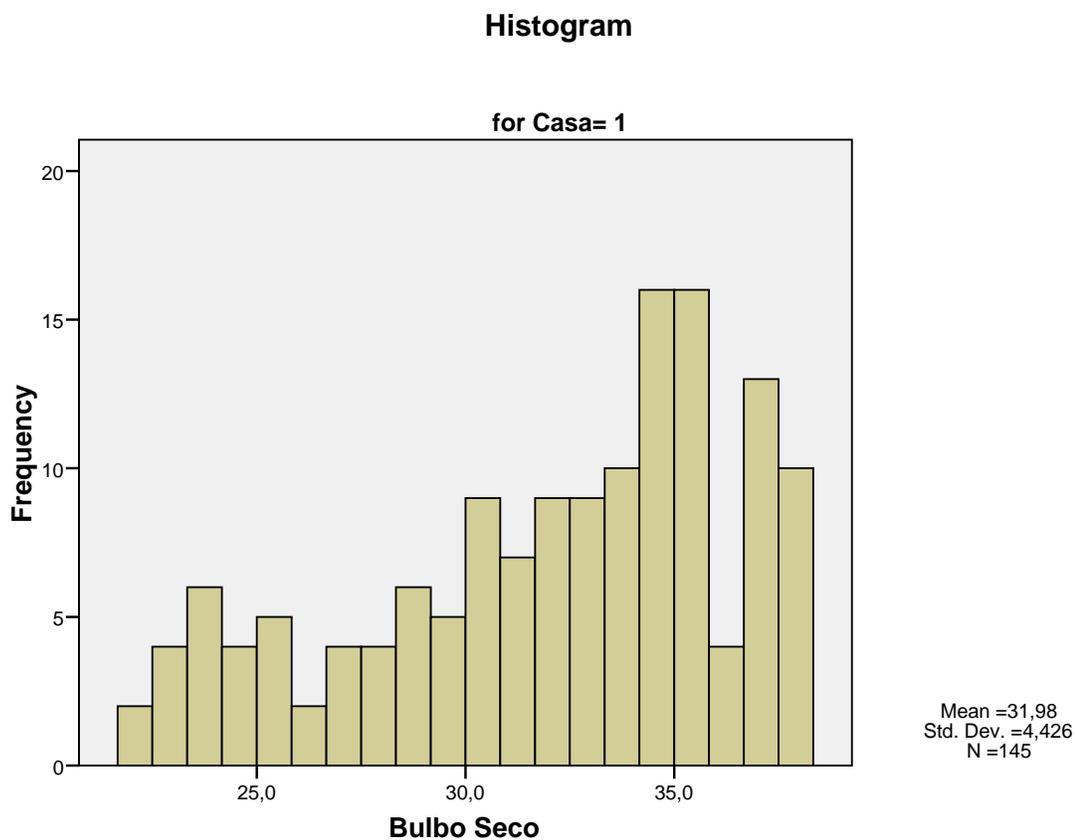


FIGURA 26 - Freqüência de Bulbo Seco da casa 01

Na figura 27 temos distribuição de temperatura interna de Bulbo Seco com sua frequência no período de 20 de julho de 2005 à 08 de agosto de 2005 na Estação – 2 .

A temperatura variou de 17°C à 38°C com maior frequência para 36°C e menor para 17°C e 38°C. Nesse período às temperaturas de 30°C à 37°C compareceram com 55,6% e abaixo de 30°C com 45,4%

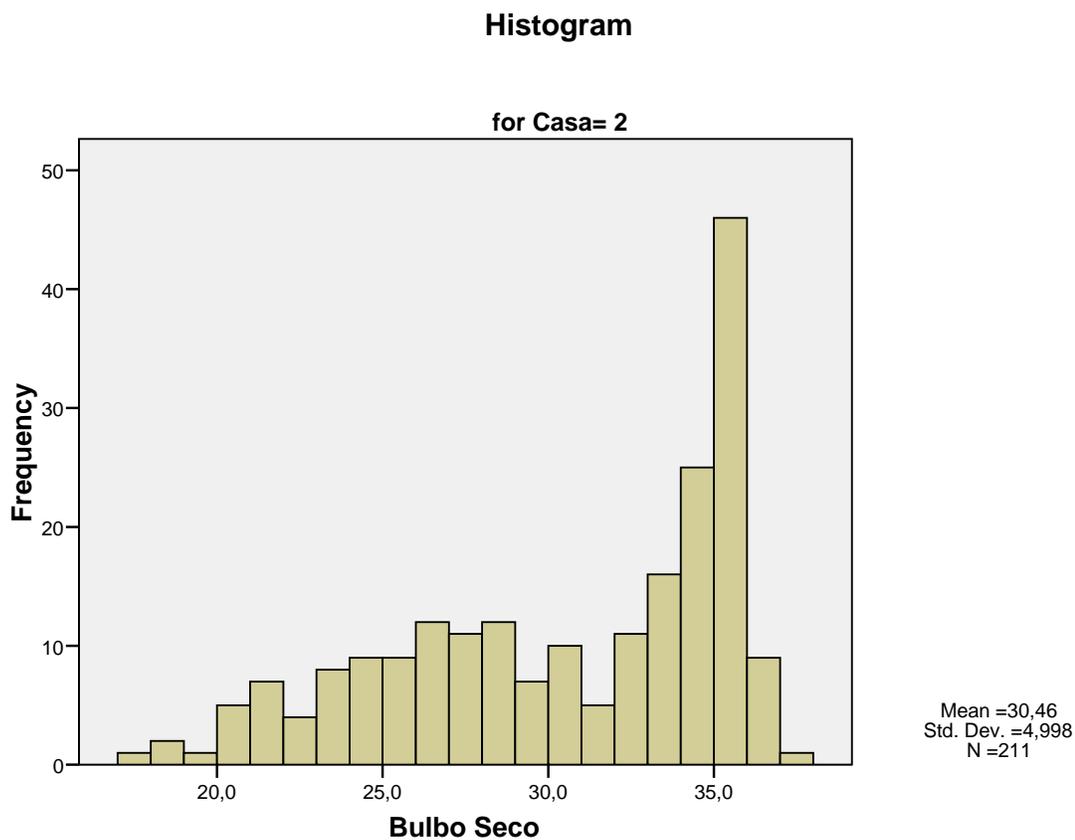


FIGURA 27 - Frequência de Bulbo Seco da casa 02

Na figura 28 têm-se a distribuição de temperatura interna de Bulbo Úmido com sua frequência no período de 07 de agosto de 2006 à 21 de agosto de 2006 na Estação 2.

A temperatura variou de 18,5°C à 26°C com maior frequência para 25°C. No período as temperaturas entre 22°C e 25°C estiveram presentes em pelo menos 70,3% das vezes e as abaixo de 22°C com 29,7%.

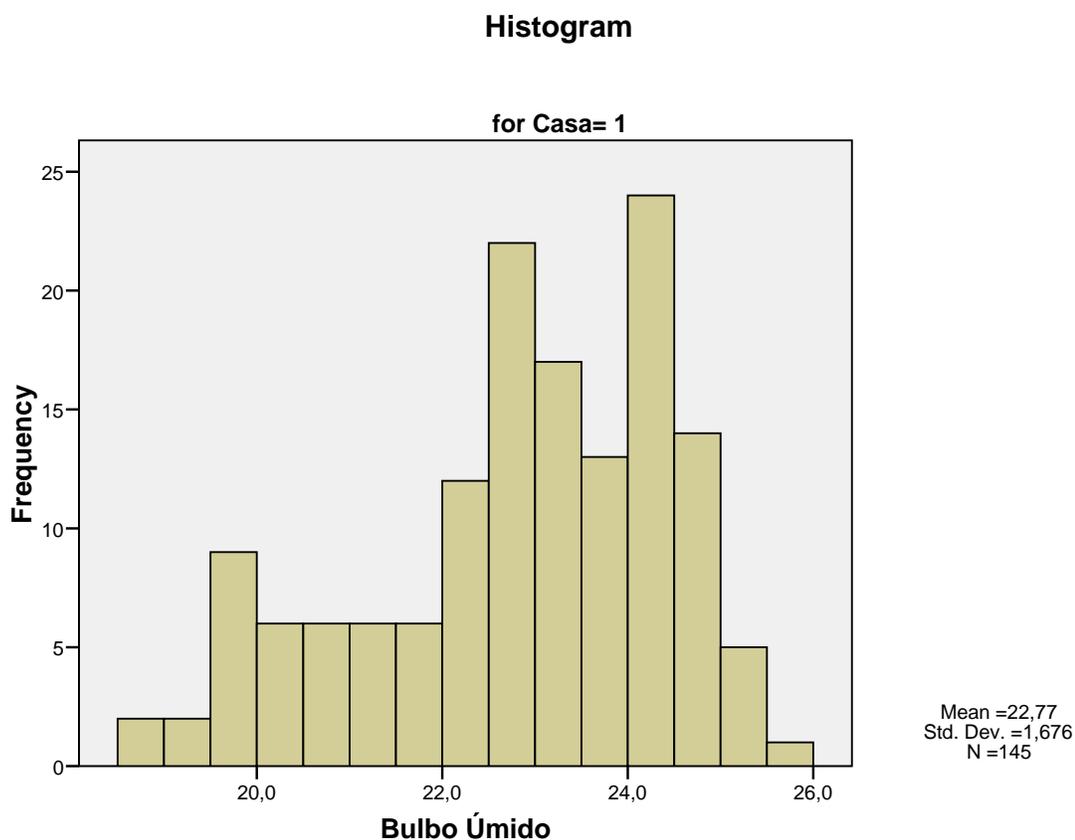


FIGURA 28 - Frequência de Bulbo Úmido da casa 01

Na figura 29 aparece a maneira com que a frequência e temperatura de Bulbo Úmido variaram no período de 20 de julho de 2005 à 08 de agosto de 2005 no inverno, Estação 2.

A temperatura teve variações entre 15°C e 36°C, nesse período às temperaturas entre 20°C e 25°C compareceram em 81% de vezes e abaixo de 20°C com o restante das vezes em 19%.

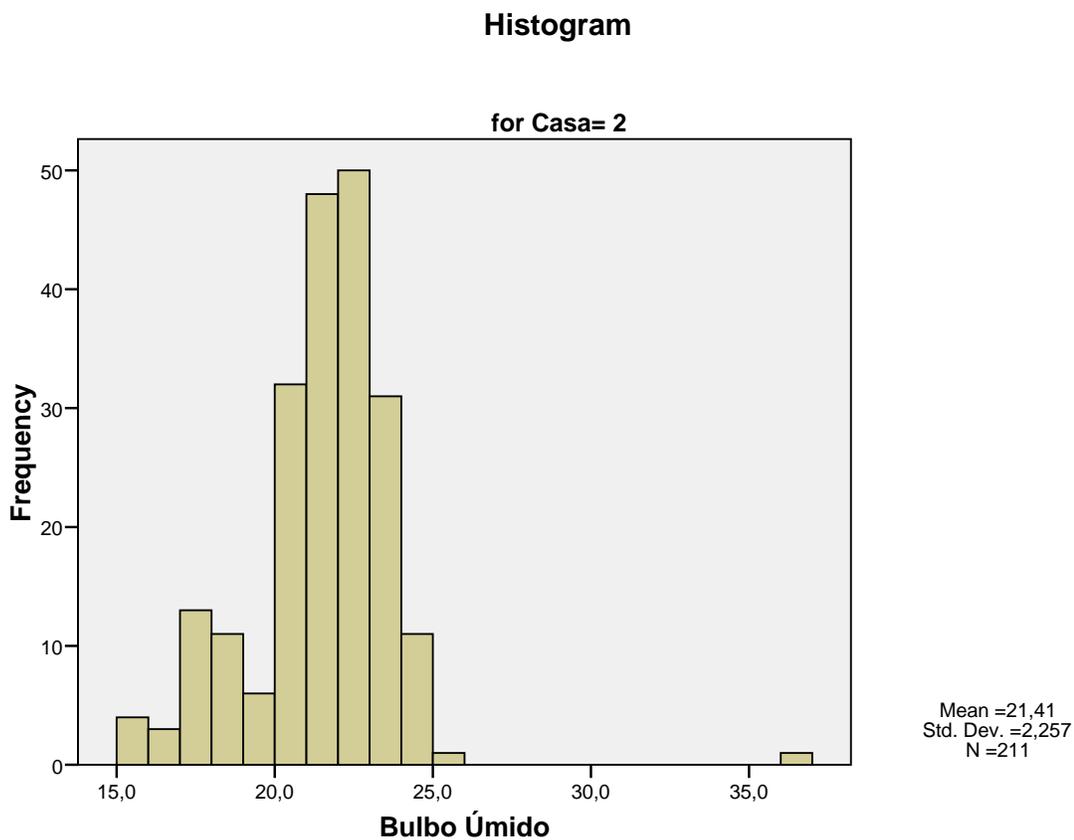


FIGURA 29 - Frequência de Bulbo Úmido da casa 02

Na Figura 30 temos a maneira com que a temperatura radiante variou e sua frequência no período de 07 de julho de 2006 à 21 de agosto de 2006 na Estação 2.

A temperatura oscilou entre 23°C e 40°C com maior frequência para 35°C e menor para 40°C.

Nesse período as temperaturas que mais compareceram foram entre 28°C e 38°C com pelo menos 84,14% e as demais com 15,96%.

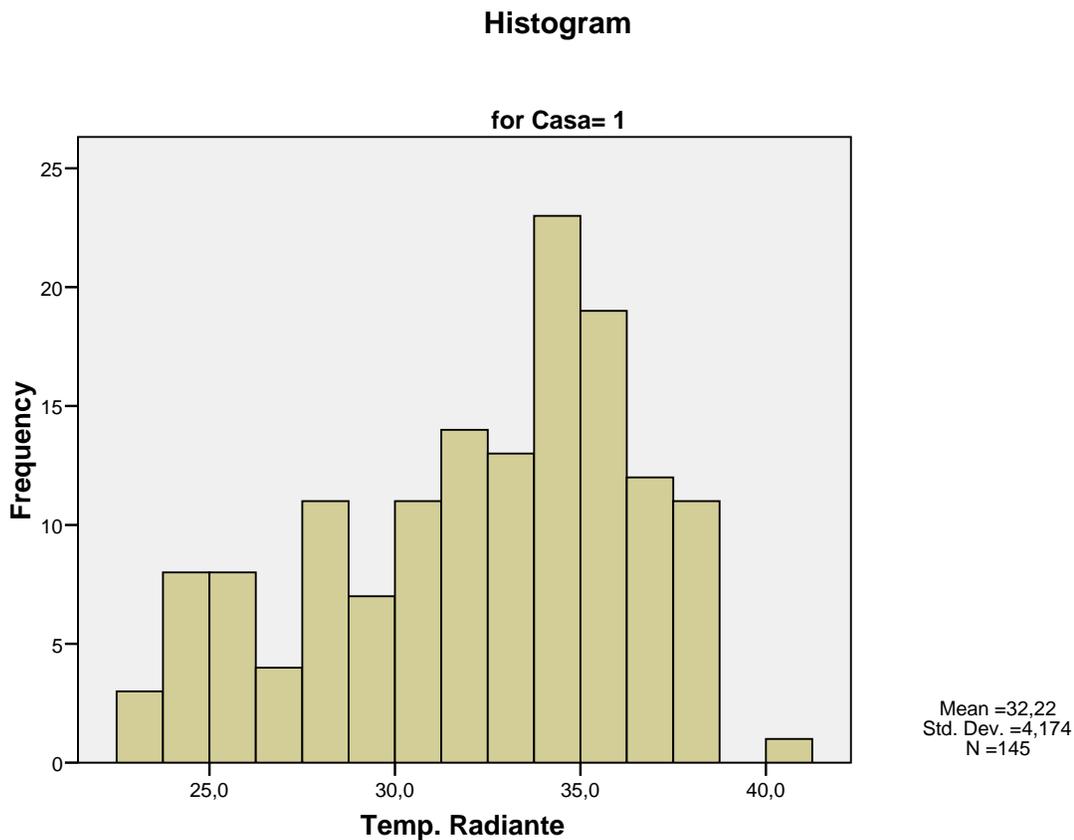


FIGURA 30 - Frequência de Temperatura Radiante da casa 01

Na Figura 31 verifica-se como a temperatura radiante variou e sua frequência no período de 20 de agosto de 2005 à 08 de agosto de 2005 na Estação 2.

A temperatura oscilou entre 18°C a 37°C com maior frequência para 35°C e menor para 18°C.

Nesse período as temperaturas que mais compareceram foram entre 27°C e 36°C com pelo menos 73,9% e as demais com 26,1%.

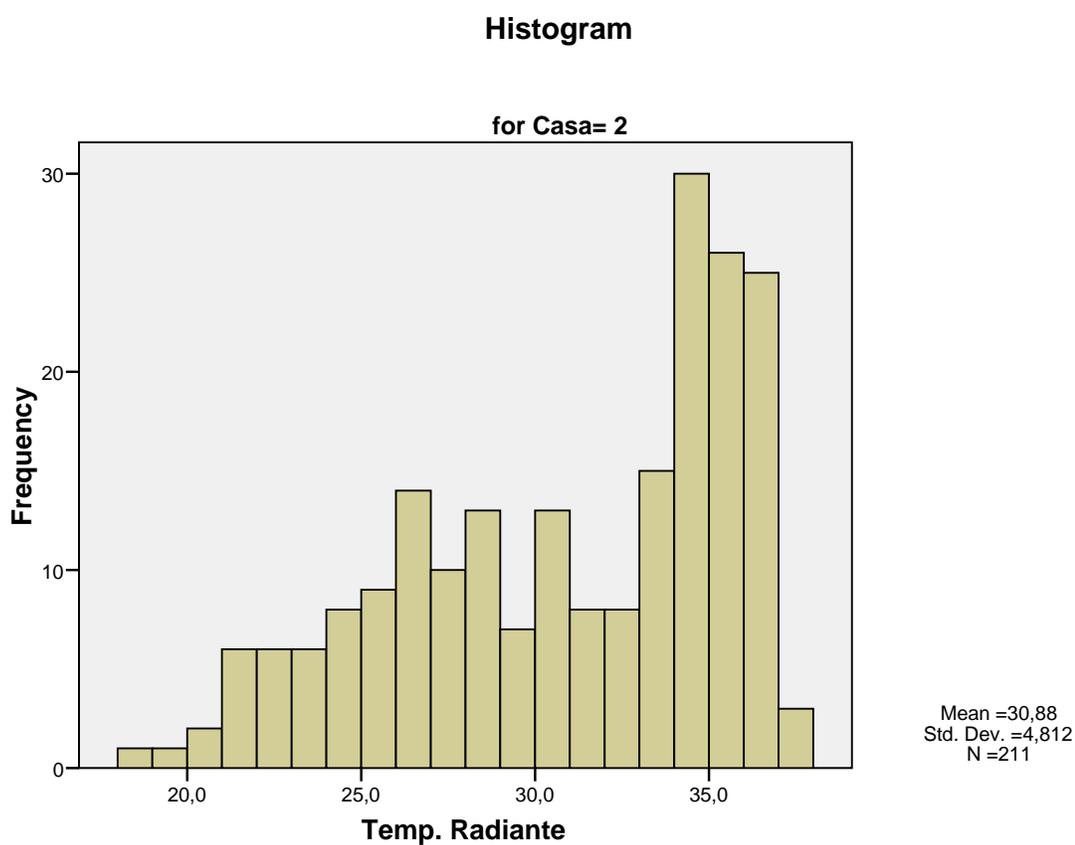


FIGURA 31 - Frequência de Temperatura Radiante da casa 02

Na figura 32 temos a frequência com que ocorre a mudança da umidade Relativa no período de 07 de agosto de 2006 à 21 de agosto de 2006 no Inverno.

A umidade do ar variou de 0,380 à 0,3925 com maior frequência em 0,3835 e menor em 0,380 com uma média de 0,385.

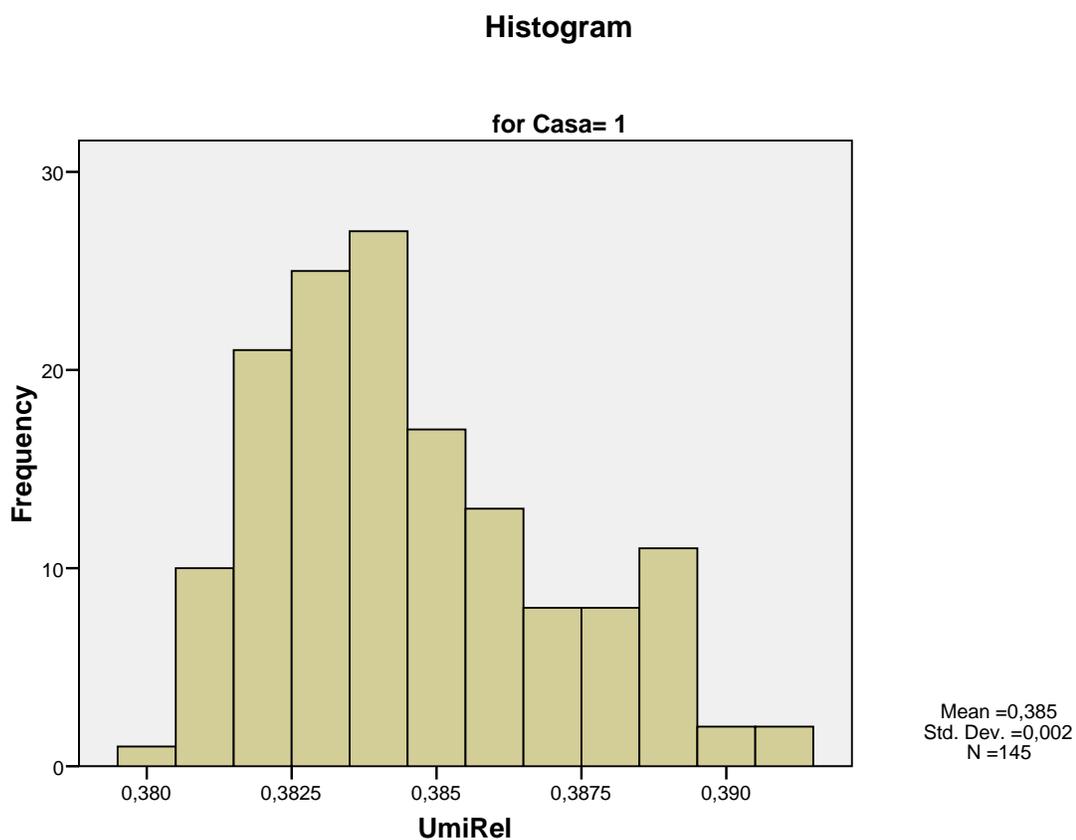


FIGURA 32 - Frequência da umidade Relativa da casa 01

Na figura 33 verifica-se a variação interna da Umidade Relativa do ar no período de 20 de julho de 2005 à 08 de agosto de 2005 no Inverno.

A Umidade relativa do ar oscilou entre 0,385 e 0,395 com maior frequência em 0,3875 e menor 0,365 com média de 0,387.

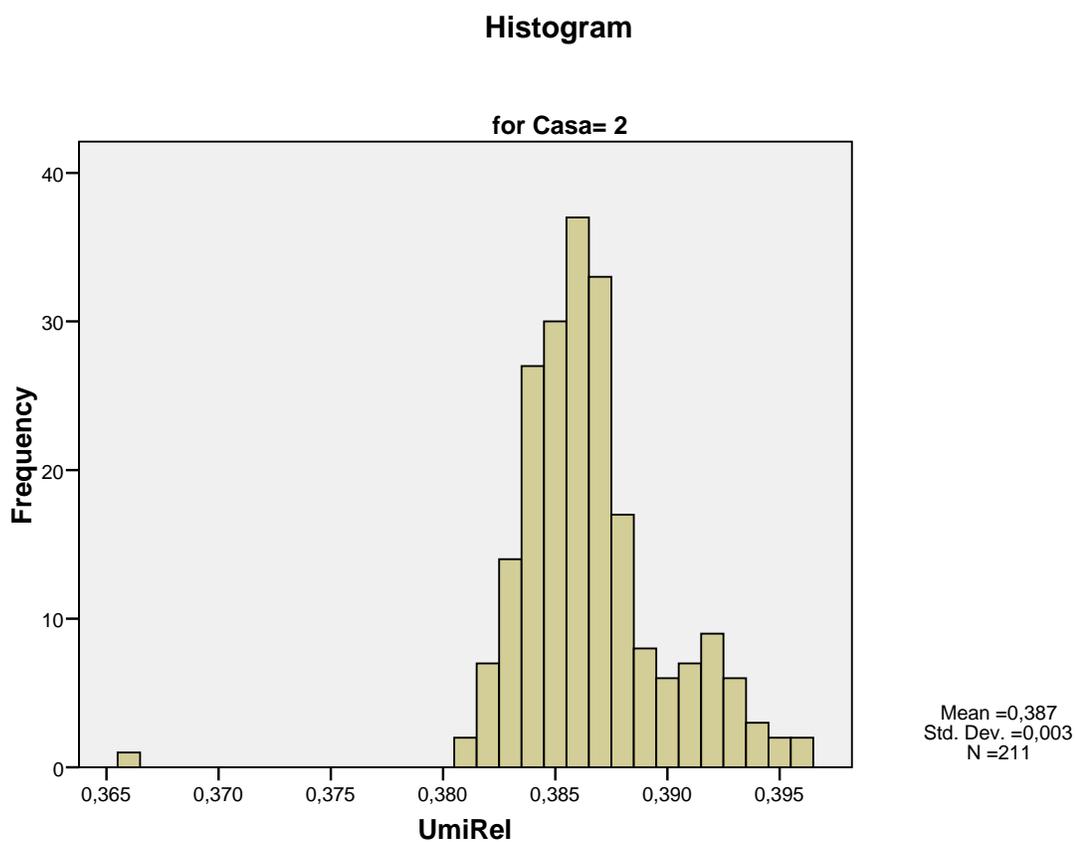


FIGURA 33 - Frequência da umidade Relativa da casa 02

As figuras 35, 36 e 37 mostram os gráficos interativos da TBS, TBU, TR e Umidade Relativa na estação 2 inverno: casa 01 TBS 8horas20 minutos temperatura de 27,5°C, de 23°C às 10horas e 34.5°C às 17horas; casa 02 às 8horas e 20minutos temperatura de 23°C, 34,5°C às 14horas e 31°C às 17horas. A TR da casa 01 começou com 28°C às 08horas e 20minutos depois de 23°C às 10horas e alcançou 34°C às 14horas e 30minutos. Na casa 02 a primeira marcada foi de 24°C às 08horas e 20minutos, depois de 36°C às 14horas e 30minutos e de 30°C às 17horas. A umidade relativa da casa 01 às 08horas e 20minutos foi de 0,386, de 0,387 às 16horas e 0,382 às 17h; na casa 02 foi de 0,389 às 08horas e 20minutos, de 0,385 às 11horas e de 0,384 às 17horas..

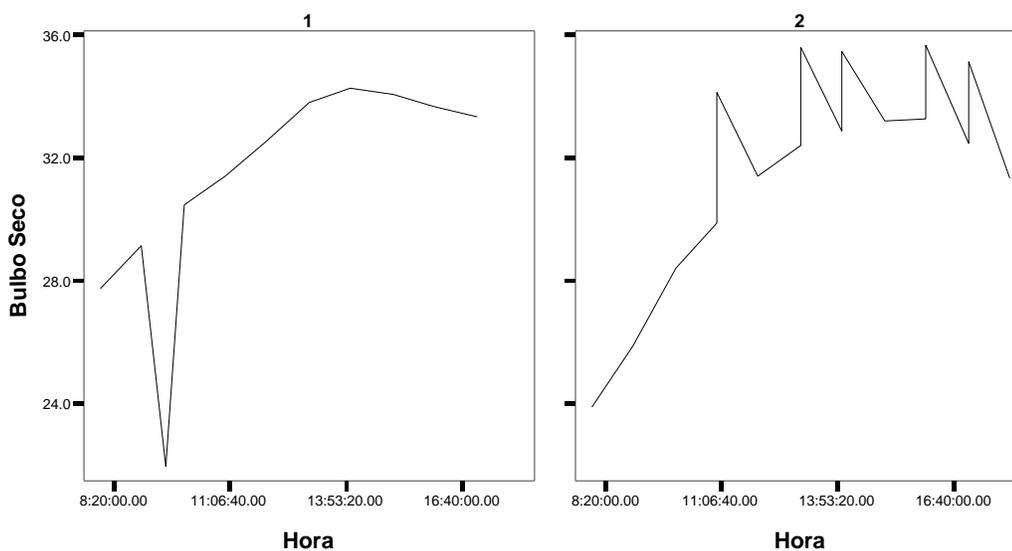


FIGURA 34 - Gráficos interativos de Bulbo Seco das casas 01 e 02

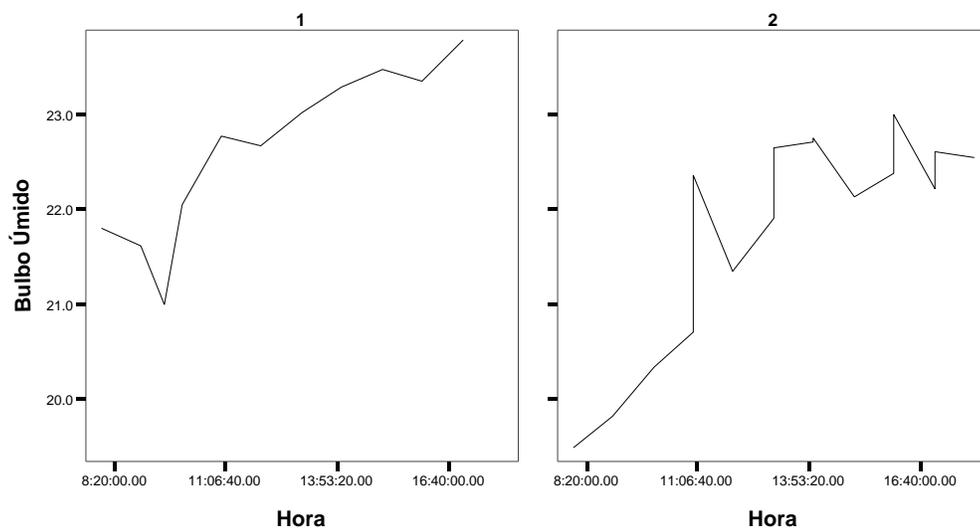


FIGURA 35 - Gráficos interativos de Bulbo Úmido da casas 01 e 02

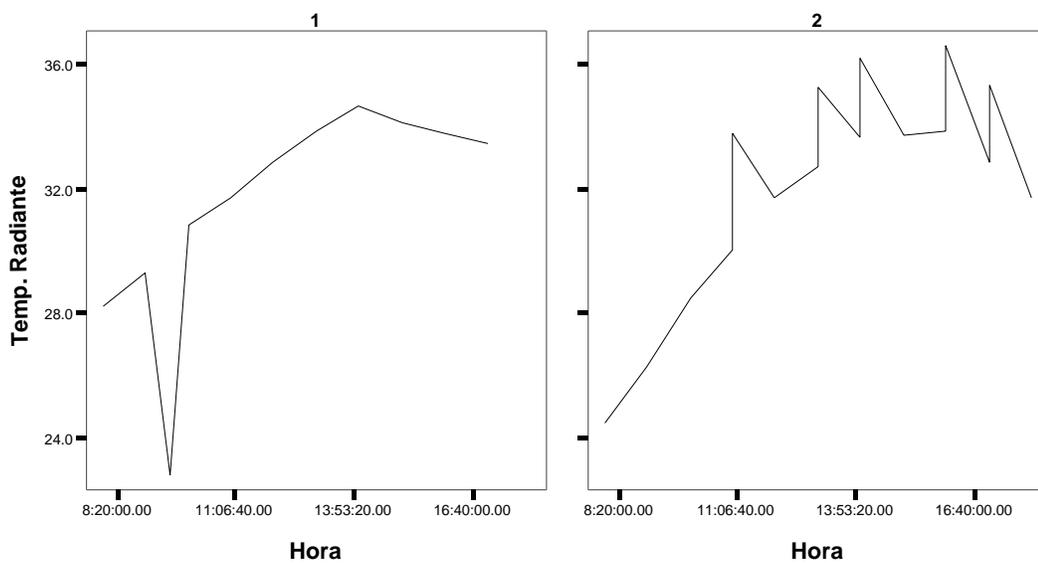


FIGURA 36 - Gráficos interativos de Temperatura Radiante das casas 01 e 02

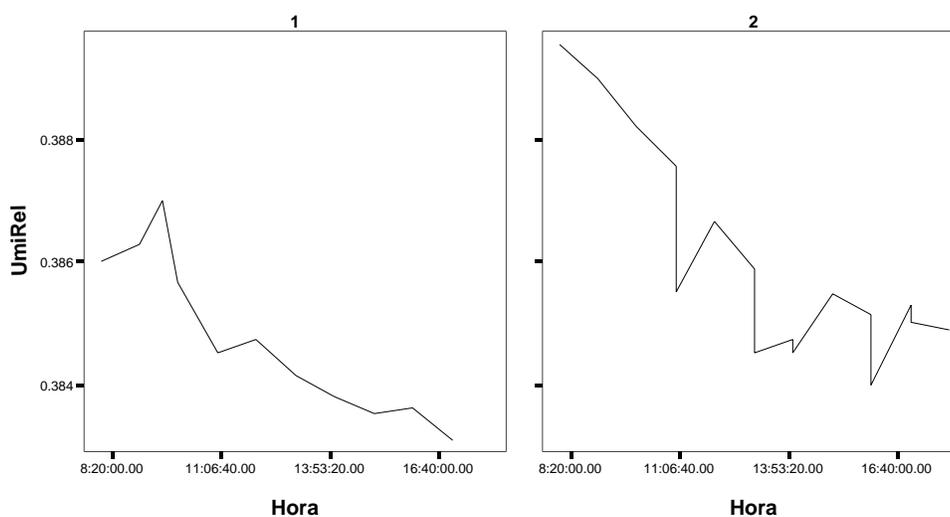


FIGURA 37 - Gráficos interativos de Umidade Relativa das casas 01 e 02

5.3. Ano de Referência Climático - Arquivo TRY- Carta Bioclimática

Conforme GOULART (1993b), a ASHRAE identifica duas fontes de ano climático desenvolvidas para cálculos de energia utilizados nos Estados Unidos: o Temperature Reference Year (TRY) Ano de Referência Climático, preparado pelo National Climatic Center e o Typical Meteorological Year (TMY) preparado pela Sandia Laboratories na cidade de Albuquerque.

O Temperature Reference Year (TRY) representa um ano real de dados referentes a um período de registro disponível de 10 anos ou mais. A mais recente geração de sistemas informatizados para simulação de desempenho térmico de edificações, adota como dados de entrada, representando o clima local, informações horárias de um período anual. Exemplos desses sistemas são DOE, ESP e COMFIE, que

utilizam os dados climáticos horários de um ano típico, para cálculo do consumo de energia e avaliação de desempenho térmico em edifícios.

A vantagem em se adotar um arquivo climático com dados horários de um ano inteiro ao invés de aplicar a prática usual de apenas o dia típico de verão e inverno, se encontra no fato de que os resultados obtidos nas simulações com dados horários anuais são mais representativos das variações sazonais de um ciclo anual. Um arquivo climático de um ano de dados permite uma visão global das variações, que podem ocorrer na simulação, e garantem a estabilização do método dinâmico de interações nos cálculos de simulação térmica em regime transiente, para qualquer estação, mês, dia ou hora do ano que se queira simular.

Nesse caso, permite-se também uma análise diária ou horária do ano inteiro, onde se pode completar o ciclo das variações climáticas sazonais de uma dada região e, portanto, a análise não fica restrita às variações extremas do ano, representadas pelo dia típico de verão e ou inverno, podendo ser realizada sob uma visão discretizada das variações anuais.

Por outro lado, trabalhar com dias típicos significa operar com uma porcentagem de possibilidades de ocorrências de variações climáticas das duas estações extremas do ano, sendo que esse modelo de representação climática é de difícil compreensão para a maioria das pessoas não familiarizadas com métodos estatísticos.

AKUTSU et al. (1995) explica que o dia típico é utilizado para representação climática em simulações de desempenho térmico nos métodos usados pelo IPT. Entretanto, nessa prática, não se considera as variações ocorridas no clima durante os dias precedentes ao dia típico, o que é importante quando se trata de edificações com certa inércia térmica.

A partir de experimento em protótipo de edificação com inércia térmica média, onde as temperaturas internas e externas foram medidas continuamente, AKUTSU et al. (1995) concluíram ser necessário levar em consideração no mínimo três dias precedentes ao dia de cálculo, para simulação de desempenho térmico, no intuito de se evitar conclusões totalmente diversas a respeito do desempenho térmico da edificação.

Essa pesquisa vem confirmar, também, a vantagem de se trabalhar com uma representação climática de dados horários de um ano típico ou ano climático de referência.

O procedimento utilizado na determinação do ano climático de referência ou TRY (Temperature Reference Year), de um período de registro disponível, baseia-se na eliminação de anos de dados, os quais contêm temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas), até permanecer um ano apenas. Para tanto, os meses são classificados em ordem de importância de cálculos relacionados ao consumo de energia. A partir de então, os valores médios mensais de temperatura são analisados e o mês mais quente e o mês mais frio do período de anos, tomados para estudo, é considerado os mais importantes, seguido do segundo mês mais quente e segundo mês mais frio e dos demais meses em ordem de importância de frio e de quente. As temperaturas médias mensais, por período de registro disponível, são examinadas conforme a seqüência de meses listada, a partir da importância dos extremos mais quentes e mais frios alternadamente, sendo que o ano com o mês mais quente do período de estudo é eliminado primeiro, eliminando-se, em seguida, o ano com o mês mais frio. O processo continua até restar apenas um ano, que será designado como ano climático de referência. Se ao fim de doze meses de seqüência de importância, sobrar mais de um ano, a análise continua na mesma seqüência de meses, só que com a importância trocada: o mês de importância mais quente torna-se o mês de importância mais frio, até restar apenas o ano climático de referência, conforme (GOULART, 1993b).

O Temperature Reference Year (TRY), determinado por este processo, consiste em dados climáticos horários apresentados em um formato padronizado, conforme necessário para simulação de desempenho térmico de edificações. No TRY, determinado pelo processo descrito por Stamper, segundo GOULART (1993b), constam as seguintes informações climáticas para as 8760 horas do ano:

1. mês, dia e hora; temperatura de bulbo seco (TBS);
2. temperatura de bulbo úmido (TBU); umidade relativa (UR%);
3. direção de vento (DV); velocidade de vento (VV);
4. pressão barométrica (PR); nebulosidade (TN);

5. radiação solar (estimada a partir da nebulosidade).

Os dados do Ano Climático de Referência podem ser plotados sobre uma Carta Bioclimática, obtendo-se quais as estratégias de projeto mais adequadas, para melhor adaptar a edificação ao clima local.

Os profissionais de projeto de edificações e de sistemas de ventilação e ar condicionado, bem como aqueles responsáveis pela segurança e higiene do trabalho necessitam de conhecimento atualizado e de ferramentas práticas que permitam a avaliação do conforto térmico dos ambientes edificados.

Para o nosso estudo nas duas casas e em duas estações do ano citadas, inicialmente montamos o TRY para cada hora do dia e construímos uma Carta Bioclimática. Ao analisarmos esta verificamos que seria mais viável a construção do TRY das médias de cada dia que nos daria uma visualização melhor do conforto térmico de cada casa nas duas estações: Verão e Inverno. O arquivo TRY foi criado a partir das médias diárias das medidas realizadas nas duas estações, a partir daí foram construídas as Cartas Bioclimáticas com suas respectivas zonas de conforto as quais vamos analisá-las de acordo com o programa estatístico SPSS 15.0.

Para analisarmos o comportamento térmico das casas 01 e 02, juntamente com as estações 1 e 2, inclusive com combinações inter-relacionadas, tanto de casas, como de casas e estações conjuntamente utilizamos as Cartas Bioclimática apresentada a seguir.

A Figura 38 mostra o comportamento térmico da casa 01 na estação 1. Aqui se tem a incidência das médias de temperaturas de bulbo seco, bulbo úmido e razão de umidade relativa ao ar, onde se verifica que a região de conforto não foi visitada em nenhum momento, ao passo que em 23,33% necessita de ventilação artificial e 76,67% de ar condicionado para melhorar o seu conforto.

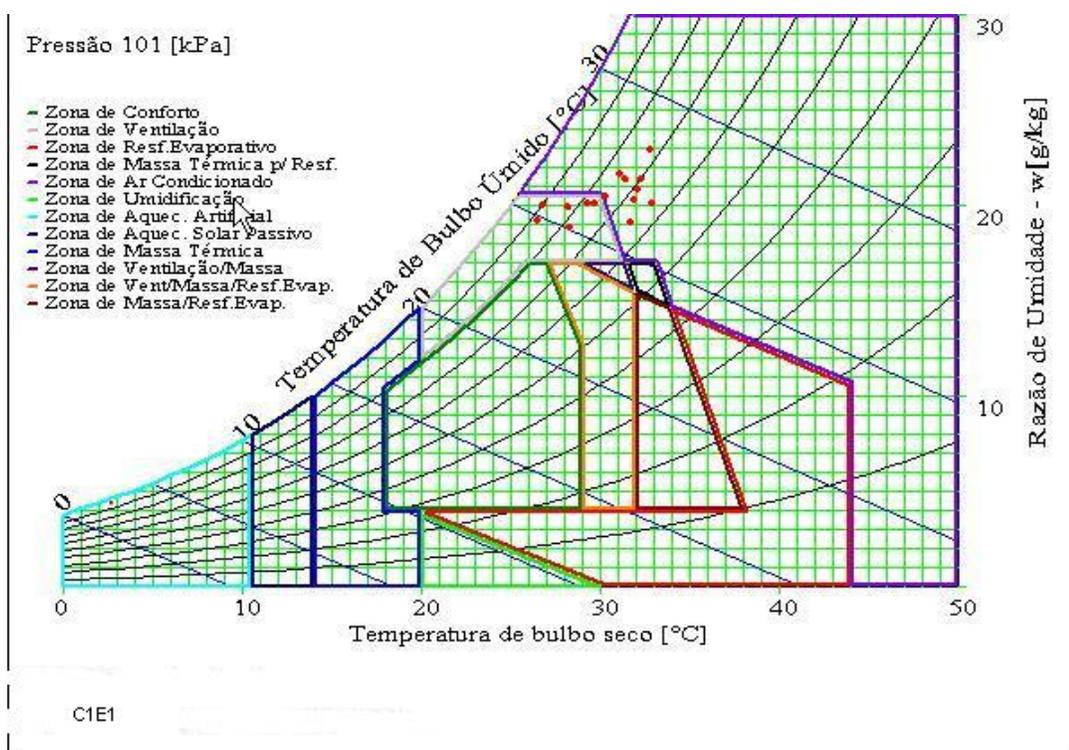


FIGURA 38 - Carta Bioclimática casa 01 Estação 1

A Figura 39 mostra a incidência da TBS, TBU e UR da casa 01 na estação 2 onde a zona de conforto foi visitada em 27,27% das vezes medidas, 45,45% esteve na zona de ventilação e 27,28% na região de ar condicionado para seu melhor conforto.

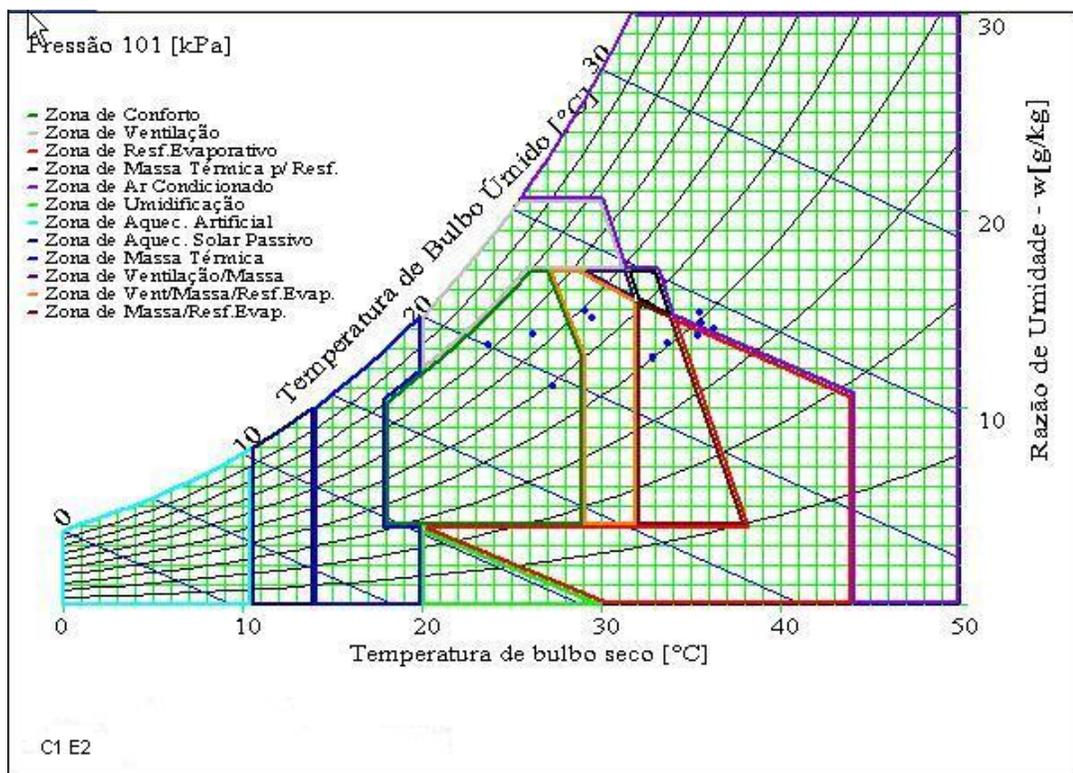


FIGURA 39 - Carta Bioclimática casa 01 Estação 2

A Figura 40 mostra a carta bioclimática com suas zonas de conforto da casa 02 na estação 1, onde a zona de conforto não foi visitada. A zona de ventilação esteve presente em 16,66% das vezes e a de ar condicionado em 83,34% das vezes para melhoria de seu conforto.

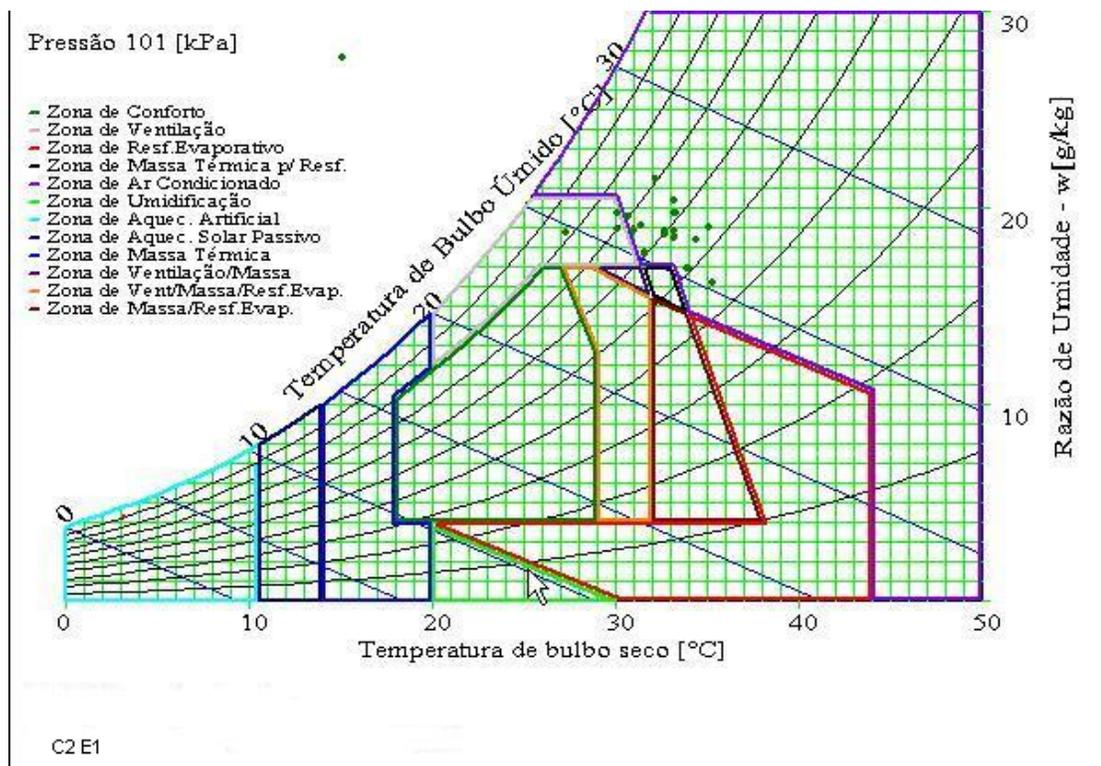


FIGURA 40 - Carta Bioclimática casa 02 Estação 1

A Figura 41 mostra o comportamento térmico da casa 02 na estação 2, onde a zona de conforto esteve presente em 33,34% e a de ventilação em 66,66% das temperaturas medidas nesse período.

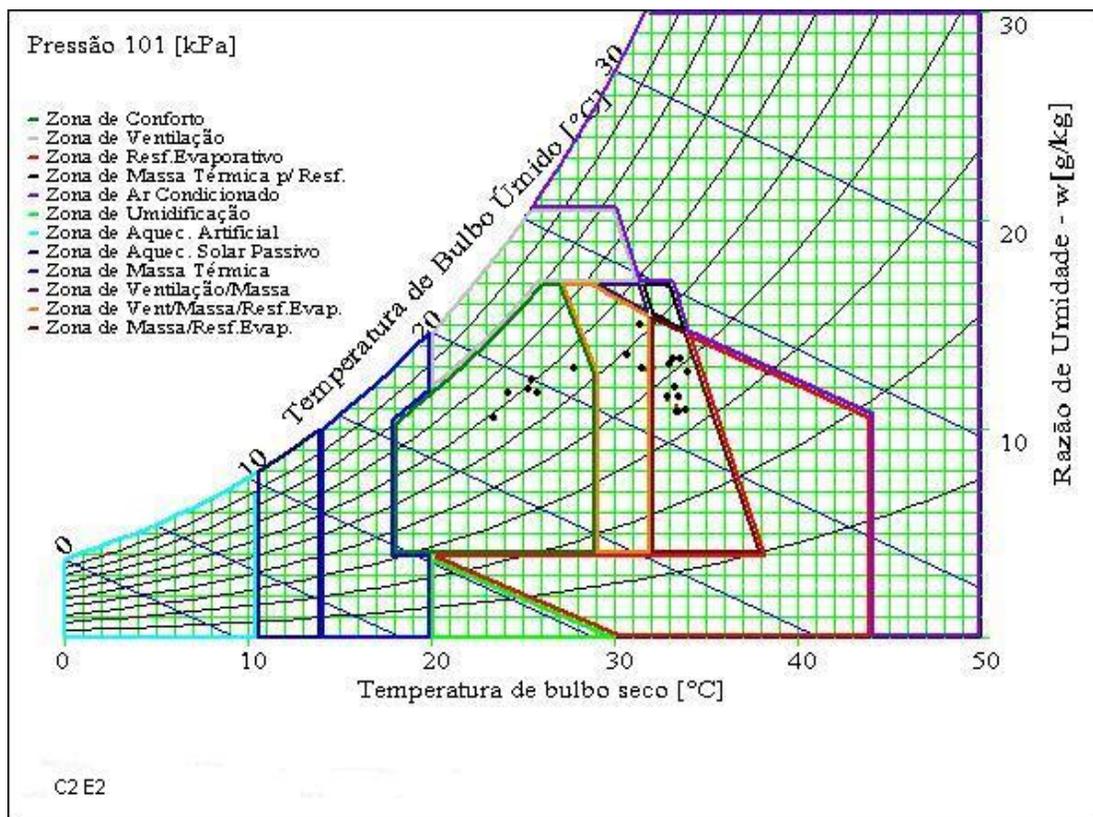


FIGURA 41 - Carta Bioclimática casa 02 Estação 2

Na figura 42 se tem a inter-relação da casa 01 nas duas estações, na estação 1 e na estação 2. Neste caso a região de conforto foi visitada em 11,53%, a de ventilação em 46,15% e a de ar condicionado em 42,30% para melhorar o conforto.

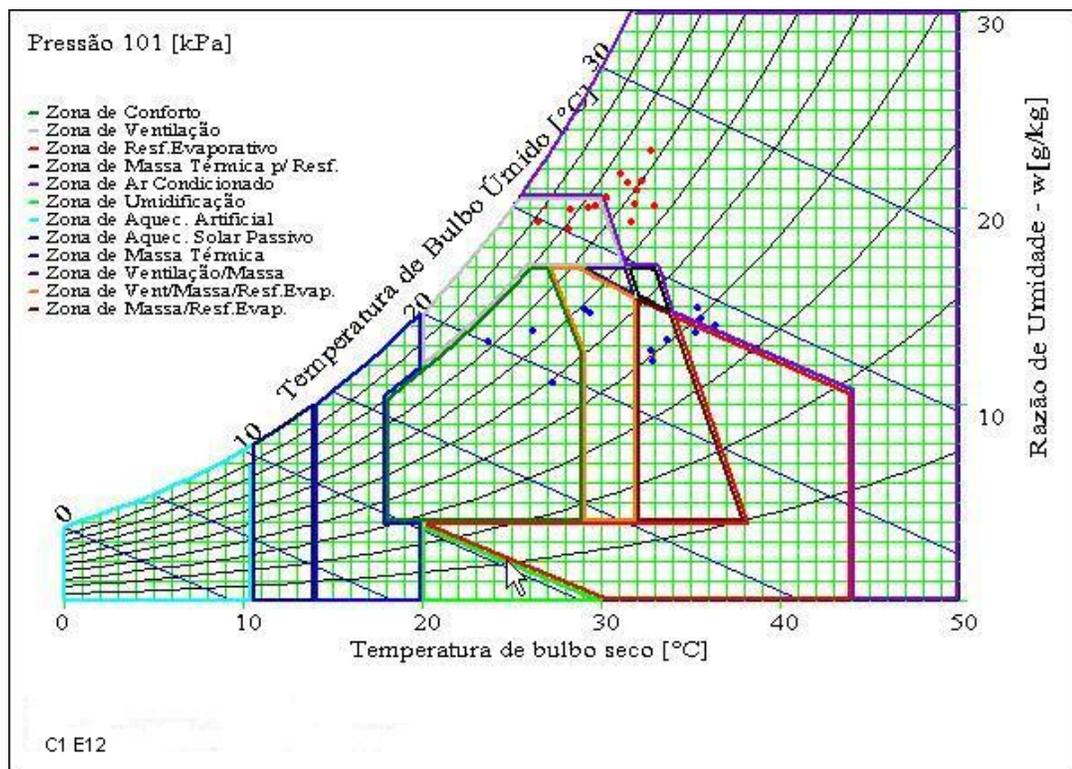


FIGURA 42 - Carta Bioclimática casa 01 Estações 1 e 2

A Figura 43 também mostra inter-relação da casa 02 e as estações 1 e 2. Neste caso a região de conforto foi visitada em 17,14% das vezes, a de ventilação em 14,128%, a de resfriamento evaporativo em 28,57% das vezes e a de ar condicionado em 40%.

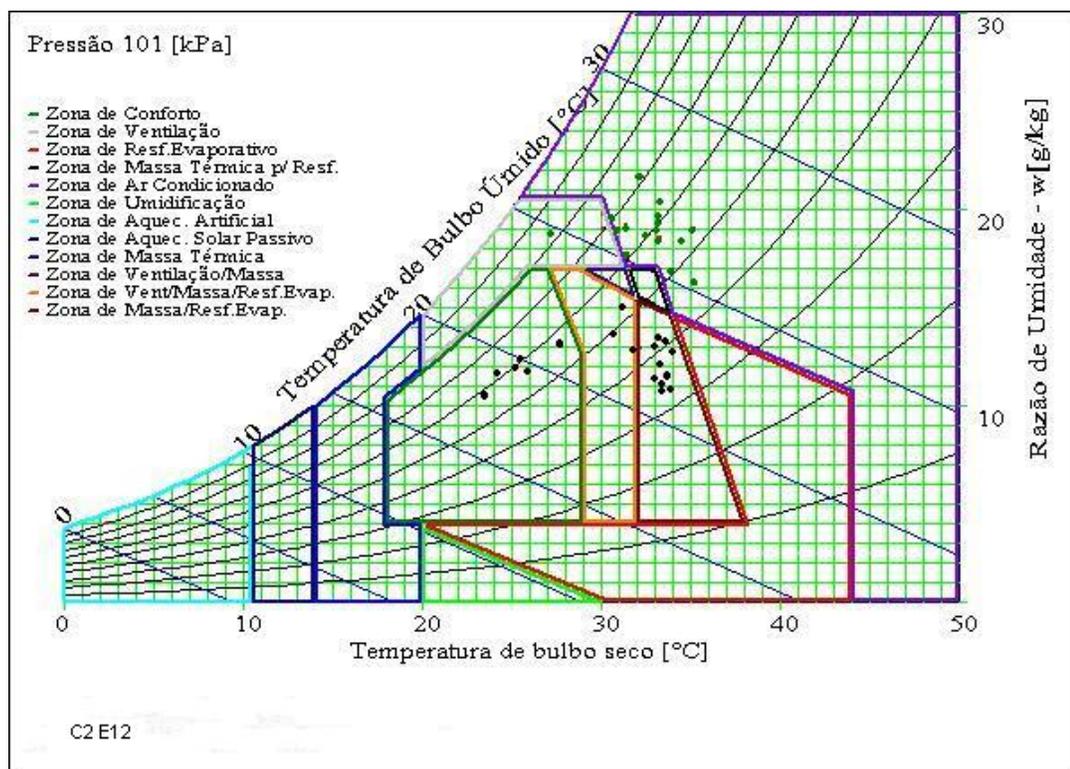


FIGURA 43 - Carta Bioclimática casa 02 Estações 1 e 2

Fazendo análise das cartas nota-se que: a zona de conforto somente foi alcançada na estação 2 (inverno) tanto pela casa 01 como pela casa 02 assim mesmo em alguns dias, não totalmente. Para precisarmos melhor quando é que isto ocorreu é necessário verificar na tabela de dados coletados. Isto vem nos alertar que estas casas para oferecerem um melhor conforto aos seus ocupantes ou a futuros ocupantes será necessário lançar mãos de artifícios que venham acarretar gastos como, por exemplo, o

uso de ar condicionado e ventilação artificial com ventiladores e resfriamento evaporativo.

Resumindo o desempenho térmico das casas 01 e 02 em relação ao uso de artifícios para a melhoria do seu conforto mostramos que: tanto para o Verão como para o Inverno seus comportamentos foram ineficientes, pois:

Casa 01- Zona de Conforto 13,64%

- Ventilação 34,39%
- Ar Condicionado 51,97%

Casa 02 - Zona de Conforto 16,67%

- Ventilação 41,67%
- Ar Condicionado 41,67%

A tabela 8 mostra o cruzamento entre casas e zonas de conforto. Mostra também o comportamento térmico das casa 01 e da casa 02 em relação as suas respectivas zonas ou regiões de conforto, com seus respectivos percentuais de ocupação e inclusive com seus respectivos resíduos para a melhoria de seu conforto térmico.

Tabela 8 – Tabela Cruzada de Estação * Casa * Região de Conforto

Regime de Conforto			Casa		Total	
			1	2	1	
Ar Cond.	Estação	1	Medidas	90	150	240
			% dentro da Casa	75,0%	100,0%	88,9%
			Ajuste Residual	-6,5	6,5	
	2	Medidas	30	0	30	
		% dentro da Casa	25,0%	,0%	11,1%	
		Ajuste Residual	6,5	-6,5		
	Total	Medidas	120	150	270	
% dentro da Casa		100,0%	100,0%	100,0%		
Conforto	Estação	2	Medidas	27	49	76
			% dentro da Casa	100,0%	100,0%	100,0%
			Ajuste Residual	.	.	
	Total	Medidas	27	49	76	
	% dentro da Casa	100,0%	100,0%	100,0%		
Mas/Resf Evap	Estação	2	Medidas	20		20
			% dentro da Casa	100,0%		100,0%
	Total	Medidas	20		20	
	% dentro da Casa	100,0%		100,0%		
Resf/Evap	Estação	2	Medidas	48	19	67
			% dentro da Casa	100,0%	100,0%	100,0%
	Total	Medidas	48	19	67	
		% dentro da Casa	100,0%	100,0%	100,0%	
Resf/Evap.	Estação	2	Medidas		95	95
			% dentro da Casa		100,0%	100,0%
	Total	Medidas		95	95	
		% dentro da n Casa		100,0%	100,0%	
VenMas Resf Evap	Estação	2	Medidas	20		20
			% dentro da Casa	100,0%		100,0%
	Total	Medidas	20		20	
Ventilação	Estação	1	% dentro da Casa	100,0%		100,0%
			Medidas	60	50	110
			% dentro da Casa	100,0%	63,3%	79,1%
	2	Ajuste Residual	5,3	-5,3		
		Medidas	0	29	29	
		% dentro da n Casa	,0%	36,7%	20,9%	
	Total	Ajuste Residual	-5,3	5,3		
Medidas		60	79	139		
	% dentro da Casa	100,0%	100,0%	100,0%		

De acordo com a tabela cruzada, verificamos as seguintes ocorrências:

ESTAÇÃO 1 - Medidas efetuadas 350. Distribuição: por casa e zona de conforto. Casa 01 teve 90 medições sendo que 60% com necessidade do uso de ar condicionado ao passo que na casa 02 em 150 medidas, 75% com necessidade de ar condicionado. Em outras 60 medidas a casa 01 em 40% delas tem necessidade do uso de ventilação e a casa 02 em 50 medições, 25% delas deverão fazer uso de ventilação. Ajuste residual de mais ou menos 3.0

ESTAÇÃO 2 - Medidas efetuadas 337. Distribuição: por casa e zona de conforto. Casa 01, 30 medidas com um percentual de 20,7% para uso de ar condicionado. Casa 02 ar condicionado 0%. Ajuste residual de mais ou menos 6.6

Casa 01, 27 medidas com percentual de 18,6% dentro da região de conforto, casa 02, 49 medidas num percentual de 25,5% para zona de conforto. Ajuste residual de mais ou menos 1,5.

Na região de massa/resfriamento evaporativo, a casa 01 em 20 medidas alcançou 13,8% e a casa 02 0%, com um ajuste residual de mais ou menos 5,3.

Na região de resfriamento evaporativo a casa 01 em 48 medidas teve um percentual de 33,1% e a casa 02 em 19 medidas alcançou 9,9% com taxa residual de mais ou menos 5,3.

Na região de ventilação, massa, resfriamento evaporativo a casa 01 em 20 medidas obteve um percentual de 13,8% ao passo que a casa 02 em 20%, com ajuste residual de mais ou menos 5,3.

Na região de ventilação a casa 01 teve 0% e a casa 02 em 21 medições 15,1% com um ajuste residual de mais ou menos 4,9.

Para fechar, a casa 02 em 95 medidas obteve um percentual de 49% para região de Resf/Evap e a casa 01 0%, com um ajuste residual de mais ou menos 10, totalizando 337 medições 100% de percentual total.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cuiabá-Mt, clima do tipo Aw Koppen: tropical semi-úmido, durante o ano alcança uma temperatura máxima de 41°C e mínima de 5°C, com vento de velocidade baixa que varia entre 0m/s e 0,215m/s é sem dúvida nenhuma a capital mais quente do Brasil, com isso, acarreta um problema muito sério para os Engenheiros e Arquitetos no que diz respeito ao conforto térmico das habitações populares em questão.

Depois de feita as análises em geral de todos os dados, nota-se que: tanto a casa 01 como a casa 02 não se enquadram dentro do diagrama de Givoni (Cartas Bioclimáticas) na Estação 1 (Verão) e na Estação 2 (Inverno). Os resultados mostram que a mesmas caem nas regiões de ar condicionado, ventilação e massa térmica para resfriamento, o que acarreta gastos excessivos com consumo de energia, o que não é viável para essa gente de poder aquisitivo baixo. Estas casas podem ser consideradas ineficientes quanto ao desempenho térmico.

Os problemas que causam o desconforto térmico podem ser solucionados adotando sistemas construtivos adequados para melhoria do conforto térmico em nossa região.

Vejam bem: a qualidade da obra foi bastante prejudicada pelo baixo custo de aplicação, os materiais utilizados foram de baixa qualidade e mínimo padrão construtivo; as paredes com pouca massa e baixa inércia diminuíram o atraso térmico prejudicando a transmitância, constatado pela sensação térmica interna de maior intensidade que a externa.

Além disso, o levantamento do clima da região deve ser considerado como fator primordial, pois se deve estudá-lo para projetar a edificação de acordo com ele, para evitar futuros erros, inclusive no posicionamento do sol em relação à casa a ser construída. A arborização também contribui no conforto térmico desde que seja bem empregado, pois se não tomar cuidado com a distância da árvore em relação à casa, o vento passa por cima e não ventila o interior da mesma, acarretando um desconforto e gastos com correções.

6.1. SUGESTÕES

Para que um projeto de arquitetura tenha eficiência mínima em conforto térmico, há necessidade de que sejam observados alguns fatores condicionantes e determinantes. O que mais interfere no conforto térmico de um edifício, num primeiro momento, são as aberturas e a cobertura. Em Cuiabá, haja vista a temperatura ser elevada na maior parte do ano, faz com que haja incidência direta de luz solar, elevando a temperatura interna dos edifícios. A tipificação da cobertura também é fator condicionante para desempenho satisfatório da estrutura do edifício no conforto térmico que poderá oferecer ao usuário do espaço.

Os fatores condicionantes são: o partido arquitetônico, ou seja, o “desenho” do edifício, as características individuais da região em estudo, técnicas construtivas e os materiais utilizados para a construção do edifício. Os fatores determinantes para um conforto técnico mínimo são, depois do edifício erguido e finalizado: a ocupação (usuários e suas características), mobiliário, equipamentos e o uso em si. Numa perspectiva holística, para que se alcance um conforto térmico eficiente em determinado edifício, pode-se lançar mão de técnicas e materiais que proporcionem tal eficiência.

No aspecto projetual deve-se projetar um edifício considerando-se, antes de tudo, os fatores que possivelmente o tornarão diferentes dos demais no sentido do conforto térmico que oferecerá. Nisto estão embutidos conceitos e aplicação desses conceitos, que são, de maneira simplificada, a orientação do edifício, direção dos ventos, particularidades e especificidades regionais. Estes conceitos, aplicados efetivamente, garantirão um conforto térmico mínimo satisfatório. Além disso, quanto aos materiais utilizados, pode-se optar pelos que apresentem características que evitem a retenção de calor no interior do edifício. As tintas aplicadas nas vedações, no lado externo, deverão ser de cores claras, funcionando como refletores da luz solar que incide sobre o edifício, reduzindo o seu aquecimento. Isto pode ser feito de maneira semelhante com as telhas, na cobertura. Poderão ser pintadas para refletir, também, a luz solar. As aberturas (janelas e portas) devem ser dispostas para favorecer a circulação de ar, obrigando, de certa maneira, a uma renovação do ar no interior do edifício. Como há disponíveis no

mercado diversas formatações desses materiais optam-se pelos que têm maiores altura e largura e venezianas (que permitem que o ar passe mesmo com as abas maiores fechadas). Os materiais de acabamento também são importantes. A opção mais sensata são pelos materiais cerâmicos. Observe-se que um contra-senso seria a aplicação de carpetes de fibras sintéticas numa região de clima quente e úmido como o da região em estudo. Um piso de cerâmica, pela sua própria configuração, age nas percepções do usuário, permite que ele sinta menos os efeitos do calor.

Forma eficiente de evitar a retenção de calor em um edifício é a aplicação de elementos vazados que permitam que aconteça a ventilação cruzada no interior dos ambientes, isto é, o ar entra em um ambiente por um ponto extremo e sai por outro ponto, não alinhado ao primeiro. O ar circula, é renovado e proporciona conforto ao usuário.

Um pé-direito alto também é importante quando se define como será um edifício. A proximidade do teto ao usuário provoca sensação de confinamento que agregada a um planejamento arquitetônico pouco ou nada eficiente na questão do conforto determina uma situação em que o usuário do espaço certamente não se sentirá confortável nele, seja temporariamente ou em uso prolongado. Ambientes de uso temporário são, num projeto de arquitetura básico, uma varanda, uma sala, cozinha, banheiro. Ambientes de uso prolongado são os quartos. Deve-se, também pela característica de uso, planejar uma arquitetura que releve os usos desses ambientes dada a temporalidade das suas ocupações.

Maneira eficiente de tratar-se até mesmo de “patologias” quanto ao conforto térmico de um edifício é o “tratamento” paisagístico, seja ele individual, seja coletiva. A implantação de um projeto paisagístico mínimo também, garante conforto ao usuário. Vegetação de pequeno, médio e grande porte oferece, além de benefícios visuais mais amenos, novas configurações no aspecto da totalidade de onde o edifício está inserido; é a contextualização do projeto de arquitetura e com os elementos oferecidos pela natureza. Um exemplo: árvores de grande porte oferecem sombra; estas, por consequência, diminuem a incidência de luz solar direta sobre o edifício, diminuindo, conseqüentemente, a temperatura do interior do edifício. Grandes áreas de

sombreamento podem ser conseguidas caso uma ação individual como essa ultrapasse os limites do edifício, do seu lote e alcance o seu entorno, imediato (vizinhança), até mesmo no bairro em que ele está locado.

Essas observações técnicas, desde a teoria de suporte ao esboço inicial do projeto até sua finalização permitem o uso pleno do espaço edificado, inclusive no aspecto do conforto térmico eficiente. O usuário terá para si, portanto, um espaço funcional nesse sentido.

7. BIBLIOGRAFIAS

7.1. Bibliografias Citadas

AKUTSU, M.; VITTORINO, F.; CARBALLEIRA, L. A influência do comportamento climático na resposta térmica de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3, 1995, Gramado. **Anais**. Gramado: ANTAC, 1995. p. 323 – 328.

ALMEIDA Jr, N. - **Estudo de Clima Urbano: Uma Proposta Metodológica**. 2005. Dissertação. (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Instituto de Ciência Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso. 94 f. Cuiabá, MT.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). **ANSI/ASHRAE 55: Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: ANSI, 1981.

_____. **ANSI/ASHRAE 55: Heating, Ventilation and Ar Conditioning Engineers**. New York: ANSI, 1989.

ARAÚJO, M. D. DE. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. Natal: EDUFRN, 2001.

ARAKAKI, E.M. **Avaliação de durabilidade em sistemas construtivos pré-fabricados com madeira de rejeito comercial. Estudo de caso: Conjunto habitacional Pedra 90. Dissertação** (Mestrado). São Carlos : USP,2000,75p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 15220 - Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição**. Rio de Janeiro, 15p, 2005.

BARBOSA, M. J. **Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares**. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BARBOSA, M. J.; LAMBERTS, R. **Avaliação térmica de edifícios: subsídios para a normalização brasileira**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção. UFSC, 1993. 50 p. Relatório Interno

CAMPELO, JR. J.H.; CASEIRO, F. T.; FILHO, N. P.; BELLO, G. A. C.; MAITELLI, G. T.; ZANPARONI, C. A. G. P. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In. 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente. Londrina, 1991. **Anais**. Londrina, v. 1, Comunicações, p. 542-552.

COSTA, E. C. – **Física aplicada à construção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

DUARTE, D. H. S. **O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura – EESC/USP, 1995

DUMKE, E. M. S. **Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da Vila tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social**. Curitiba, 2002. 227 f. Dissertação (Mestrado) –

ELETOBRÁS - Empresa brasileira de energia elétrica, 1999. Disponível em: <www.eletrabras.gov.br>. Acesso: 01 jan, 2007.

ESTULANO, G.A. **A evolução das coberturas nas edificações de Cuiabá nos últimos cem anos**. PIBIC/CNPQq/UFMT. Cuiabá : 1999, 787p.

FREIRE, J. D. L. **Por uma poética popular da arquitetura**. 1ª ed. Cuiabá: EdUFMT, 1997.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort - Analysis and Application in Environmental Engineering**. Copenhagen, 1970.

FROTA, A.B. ; SCHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

_____. **Manual de conforto térmico**. Arquitetura, Urbanismo. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1999.

GIVONI, B. **Passive and low energy cooling for buildings**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

GOULART, S. V. G. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. 1993. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO (IPT). Divisão de Edificação. **Conforto higrotérmico: avaliação de desempenho de habitações térreas unifamiliares**. São Paulo, 1981. Trabalho desenvolvido para o BNH. (apostila mimeografada)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 7730: Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. [S.l], 1984.

_____. **ISO 7933.** Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate, New York, 1989.

_____. **ISO 7726.** Thermal environments-instruments and methods for measuring physical quantities. Switzerland, 1998.

JABARDO, J.M.S. **Comunicação Técnica 348 Conforto Térmico.** IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 1984.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia.** Ed. Fondo de Cultura Económica, México.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A & SZOKOLAY, S.V. **Vivienda y edificios en zonas cálidas y tropicales.** Madrid: Paraninfo, 1977.

KRUGER,E. (on line). Conforto Térmico Material Disponível em <http://www.ppgte.cefetpr.br/docentes/Permanentes/Eduardo.htm> Acesso em maio 2007.

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho Térmico de Edificações.** Apostila. Florianópolis. 2000

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 1997.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles - o exemplo de São Paulo.** HUCITEC, São Paulo, 1985.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem Tridimensional do clima urbano em área Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá/MT.** Cuiabá, 1994. ___ f. Tese - (Doutorado em Climatologia) – Universidade de São Paulo.

MALARD, M.L. (coord) **Avaliação pós-ocupação, participação de usuários e melhoria da qualidade dos projetos habitacionais: uma abordagem fenomenológica com apoio do Estúdio Virtual de Arquitetura – EVA.** Edital 2. Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, PRJ FINEP, 2002.

MASCARÓ, L. R. **Energia na edificação, estratégia para minimizar seu consumo.** Projeto de Editores Associados, São Paulo, n° 81, p. 69, nov. 1991.

_____. **Luz, clima e arquitetura.** 3. ed. São Paulo, Nobel, 1983. 189

_____. NBR. Projeto de Norma 02:135.07-002. Desempenho térmico de edificações: Parte 2 – Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações. 2003, 27p.

MONTEIRO, C. A. F. – **Teoria e clima urbano**. Série teses e monografias, n° 25, Instituto de Geografia da USP, São Paulo. 181 p. 1976.

MARKUS, T. A.& MORRIS, E. N. **Buildings, climate and energy**. London, Pitman, 1980.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. SUPREN/IBGE. Volume 4. 1979.

NOGUEIRA, M.C.J.A., SAMPAIO, M.M.A., DURANTE, L.C., PINTO, P.L.R.R., **Estudo do Conforto Térmico em duas Habitações de Padrão Popular em Cuiabá/MT**. Anais I Simpósio Mato-grossense de Habitação de Interesse Social. CEFET-MT, Cuiabá, 2005.

OLGYAY, **Arquitectura y Clima – Anual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1998.

_____. **Design with climate**. New Jersey, USA. Priceton University Press, 1963

OLIVEIRA, A.P.M.; Conferências: Indicações para planejamento e o desenho de forma urbana apropriada à região tropical de clima quente úmido. Biblioteca Virtual Tropical Disponível em: <<http://www.trpicalogia.org.br/conferencia/1986indicacoes.htm>> Acesso em março 2007.

PATTON, W.J.; **Materias de construção**. São Paulo :EPUsp-Editora Pedagógica e Universitária Ltda,223p.1978.

PIETROBON, C. E. **Luz e calor no ambiente construído escolar e o sombreamento arbóreo: conflito ou compromisso com a conservação de energia**. 1999. 554 f. Tese (Doutorado do Programa de Pós-Graduação).

REIS FILHO,N.G. **Quadro de Arquitetura no Brasil**. São Paulo: Ed Perspectiva,1997.

ROMERO, M. A. B. - **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2000, 2ª edição, 128 p.

RORIZ, M. **Zona de conforto térmico – Um estudo comparativo de diferentes abordagens**. São Carlos, 1987. ____ f. Dissertação (Mestrado) –Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ROSA, C. A.& JESUS, N. M. **A Terra da Conquista: História de Mato Grosso Colonial**. Cuiabá/MT, Editora Adriana, 2003.

RUAS, A. C. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. Campinas, 2002. 182 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas) – UNICAMP.

SANTOS, A. T. **Conforto Térmico**. Curitiba: ISAM, 1986

SILVA, Rosinei José. Disponível em
< <http://www.inf.unirondon.br/~rosinei/cuiaba.htm>>. Acesso em: 03 fev.2005.

SCARAZZATO, P. S. **Investigação sobre critérios para determinação e medição dos níveis de conforto térmico**. São Paulo, 1988. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

TREWARTHA, G. T. **An Introduction to Climate**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 1954.

XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para Estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. Florianópolis, 1999. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina.

7.2. Bibliografias Consultadas

FROTA, A. B. ; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

JABARDO, J. M. S. **Comunicação Técnica 348 Conforto Térmico**. IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 1984.

MASCARO, L. R. **Luz, Clima e Arquitetura**. 3ª edição – São Paulo; Editora Nobel, 1983.

SAMPAIO, M. M. A.; **Análise do Desempenho Térmico e Lumínico de Habitações Populares em Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2006, 123 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) Universidade Federal de Mato Grosso.