



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **ANÁLISE DE DESEMPENHO AMBIENTAL, EM ESTUDO DE CASO DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM BRASÍLIA**

**Priscila M. Alvim (1); Alexandra A. Maciel (2)**

- (1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), Brasília, Brasil – e-mail: [prixmir@hotmail.com](mailto:prixmir@hotmail.com)  
(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – Centro Universitário de Brasília (UniCEUB) e Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Ministério do Meio Ambiente, Brasil – e-mail: [alexandra.maciell@mma.gov.br](mailto:alexandra.maciell@mma.gov.br)

### **RESUMO**

A pesquisa realizou estudo de caso através de análise comparativa entre residências considerando a realidade brasileira e a importância de proporcionar um maior entendimento sobre a importância projeto arquitetônico sobre o conforto de seus ocupantes. A bioclimatologia relaciona natureza com o homem, traz benefícios ao ser humano quando em equilíbrio com uma obra arquitetônica. Para isso foi estudado um exemplo concreto de aplicação de estratégias bioclimáticas recomendadas para a região de Brasília em uma residência unifamiliar, fazendo um comparativo de variáveis ambientais e climáticas de temperatura (TBS) e umidade (UR) com modelo de referência localizado no mesmo setor escolhido para análise. Para medição destas variáveis foram utilizados sensores automáticos de aquisição de dados de TBS e UR, dispostos em pontos estratégicos de cada ambiente, no período de 2 de setembro à 24 de novembro. Em geral, é facilmente observado que na residência em que houve uma preocupação com o conforto ambiental dos ocupantes e aplicação de estudos estratégicos para amenizar o desconforto interno o desempenho foi muito melhor em comparação com o modelo de referência e com os dados climáticos coletados externamente. Os ambientes de melhor desempenho foram: o escritório, local semi-enterrado, orientado para leste e com anteparos para a insolação direta; a sala de TV, a qual possui teto-jardim na cobertura da laje, um lanternim, parede dupla de tijolo maciço à oeste e um recuo para um jardim de inverno. A sala de jantar/cozinha mesmo com ganho de calor por parte de eletrodomésticos ainda obteve um desempenho muito bom, por ter sido aplicado o teto-jardim, lanternim e boa circulação de ar. É de maneira racional que podemos melhorar o conforto ambiental de nossa casa sem prejudicar o meio ambiente. Sabendo quais estratégias bioclimáticas cada região deve usar, não devemos ter incertezas de poder aplicá-las para o bem estar de ocupantes e da população em geral.

Palavras-chave: Bioclimatologia. Estratégias bioclimáticas. Conforto ambiental. Residência unifamiliar.

# **1 INTRODUÇÃO**

De acordo com BRUAND (1981), o projeto de Lúcio Costa constitui uma criação original. Adota os grandes princípios do urbanismo do século XX, como o abandono da rua tradicional ladeada por casas ou prédios, a implantação de uma arquitetura com base em blocos isolados dentro de vastos espaços verdes, e a multiplicação de elementos formando divisões autônomas, justapostas, de importância quase igual.

Brasília vem passando por um constante crescimento, tanto ordenado quanto desordenado, que vem modificando cada vez mais sua aparência. Aquela cidade desenhada com ruas largas, áreas verdes, vem sendo reduzida. A estimativa de 500.000 habitantes com expectativa para 700.000 não obedece mais a esses números. Em 1996 já passava de 1.800.000 habitantes. Em 2008, Brasília e o entorno comportavam mais de 2.450.000 habitantes, de acordo com o IBGE (2010).

As mudanças climáticas são sentidas em relação à temperatura do ar, umidade relativa, pluviosidade e ventos, que a cada ano mudam as aparências naturais e os costumes locais. As alterações climáticas provocadas pela urbanização trazem várias alterações, uma delas resulta nas chamadas ilhas de calor. Sob a ação da ilha de calor, as áreas centrais urbanas ganham consideravelmente energia térmica pelos mecanismos de absorção e trocas de calor entre as massas construídas (ROMERO, 2001). Maciel (2002) observa que através da análise comparativa dos dados climáticos dos intervalos, que vão desde 1960, época da fundação da cidade de Brasília, até o ano de 1997, são destacadas alterações climáticas como pequena elevação das temperaturas do ar, aumento da umidade relativa principalmente no inverno e mudanças nas direções dos ventos no verão. As mudanças climáticas identificadas coincidem com a evolução e crescimento demográfico e urbano na região do Distrito Federal. Na análise bioclimática percebe-se que o desconforto por calor aumentou em 4,8% e o desconforto por frio diminuiu em 4,6%. O resfriamento evaporativo e a inércia térmica para resfriamento passaram a apresentar uma participação mais significativa entre as estratégias bioclimáticas para o verão, apresentando um aumento de 5%. Observa-se que somente em 0,079% das horas do ano as condições climáticas externas requerem o uso de ar condicionado.

Apesar de já existirem alguns casos em Brasília de edificações que utilizam estas estratégias de forma adequada em seus projetos arquitetônicos, ainda não existem casos de avaliação pós ocupação incluindo medições das variáveis ambientais para o caso de residências, apenas para os casos de edificações comerciais ou públicas como é o caso da atual Câmara Legislativa do DF (MACIEL, 2002).

Podemos observar que, mesmo não sentindo as mudanças, elas vêm ocorrendo aos poucos e é importante conhecer a necessidade de cada região sem poupar esforços para proporcionar pontos positivos a médio e longo prazos. Um desses pontos é a adaptação das edificações ao clima local. Essas adaptações não só geram melhor conforto aos habitantes em estações mais desfavorecidas, como também minimizam gastos energéticos desnecessários com o uso de equipamentos como o ar condicionado em ambientes de elevada permanência.

## **2 OBJETIVO**

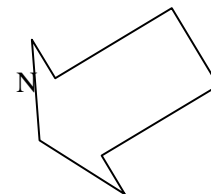
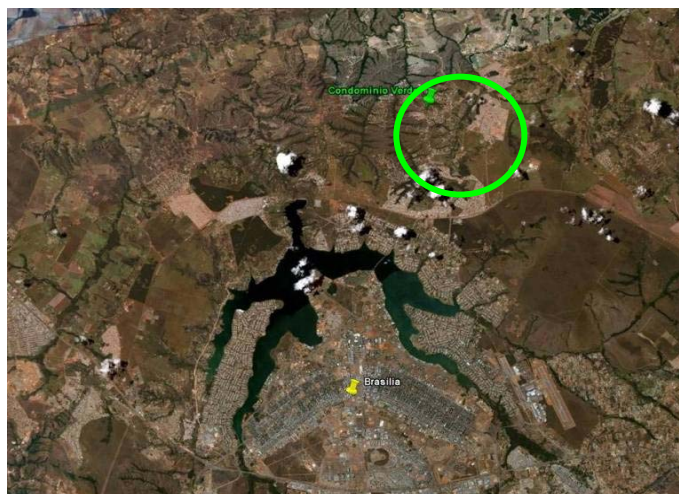
Identificar e avaliar as deficiências e/ou eficiências de estratégias bioclimáticas indicadas para Brasília através de estudo de caso em residências unifamiliares, avaliando seu verdadeiro potencial em situação real de uso. Dessa forma, serão observados seu funcionamento prático e qual a sua contribuição para o conforto interno dos ocupantes.

## **3 METODOLOGIA**

Como forma de cumprir o objetivo proposto foi selecionada uma edificação residencial cujo projeto arquitetônico foi concebido utilizando estratégias bioclimáticas indicadas às características da região, de acordo com a Carta Bioclimática de Edificações (GIVONI, 1992). Além desta edificação também foi selecionada residência na mesma rua como caso referência, uma vez que esta não incluía qualquer

solução de prevenção ao desconforto por frio ou calor.

As habitações encontram-se no Condomínio Verde e estão localizadas a sudeste do Plano Piloto na região dos condomínios do Lago Sul (figura 3.1).



**Figura 1: planta de situação do condomínio**

O primeiro passo dado depois de estabelecer o local a ser analisado foi procurar a disponibilidade de aparelhos que pudessem medir temperatura interna e externa e umidade relativa do ar das residências.

Foram emprestados oito sensores de aquisição de dados (marca Hobo Data Logger), pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, seis deles são destinados às áreas internas e dois às áreas externas. Juntamente com os sensores veio também o cabo que os conecta com o computador para serem transferidas todas as informações que coletarem durante o tempo de análise. O período de análise foi de 02 de setembro à 24 de novembro.

O local selecionado é de clima diferenciado, por estar afastado do centro, apresentando menor adensamento de edificações e de área impermeabilizada, além de estar em uma menor altitude (em média cerca de 500m acima do nível do mar). Neste local a direção dos ventos predominante é a NE, devido a área de vale que desvia os ventos predominantes de Leste que ocorrem no Plano Piloto. Estas diferenças podem provocar alterações nas temperaturas e umidades relativas do ar locais, por isso a importância das medições externas destas variáveis.

O local fica bastante afastado de comércio e avenidas, e as casas que ali se encontram respeitam um afastamento para garantir a área verde, preservando as APPs (Áreas de Proteção Ambiental) e corredores ecológicos (ver figura 3.2).



**Figura 2: planta de locação da entrada do condomínio**

Os ventos predominantes chegam de noroeste e os secundários vêm de noroeste, Leste e Sudeste. A fachada principal da casa selecionada, está localizada a Norte (Figura 3.4). Na outra casa na mesma rua, monitorada como caso referência, a fachada de acesso está orientada à NE, perpendicular à rua de acesso (Figura 3.3).

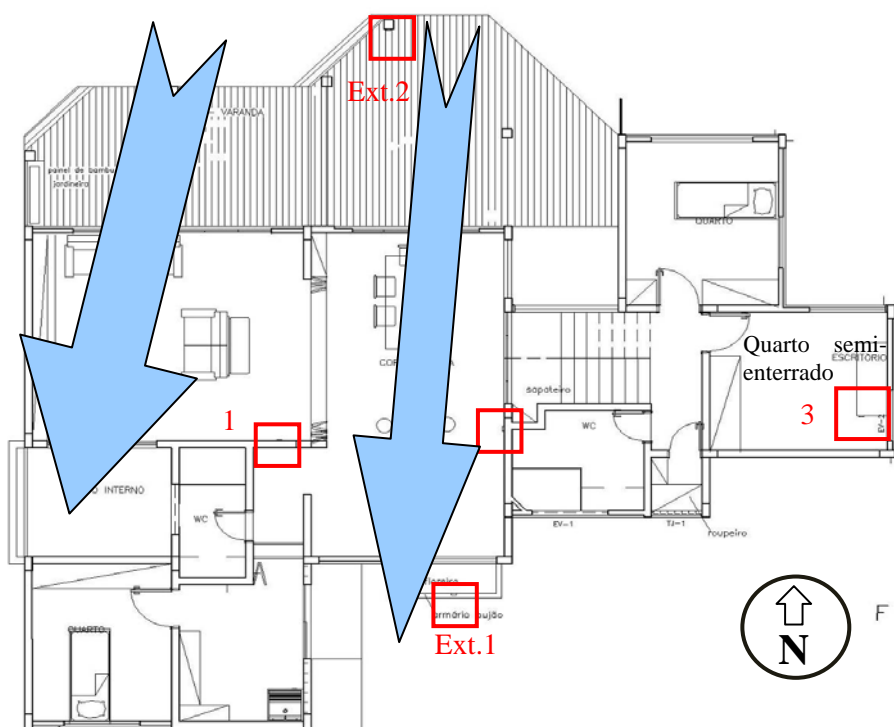


**Figura 3: locação das residências selecionadas**

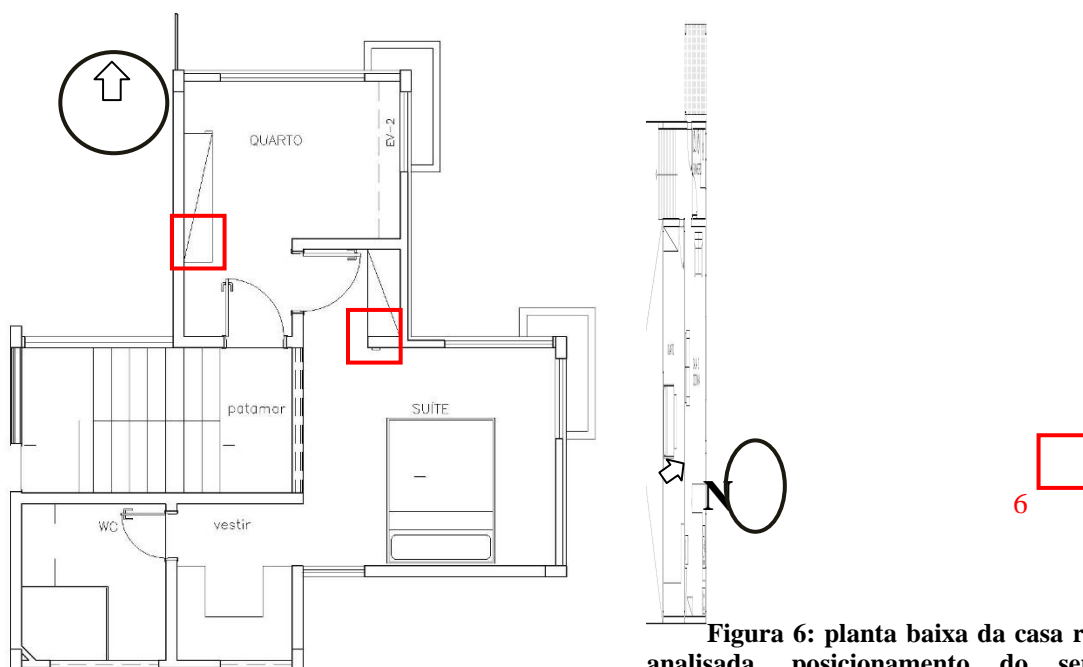


**Figura 4: Vista superior da residência bioclimática onde percebe-se a cobertura de grama**

Na casa bioclimática foram colocados sete sensores de aquisição de dados medindo temperatura de bulbo seco (TBS) e umidade relativa do ar (UR), localizados à 75cm do chão (altura de um posto de trabalho), em ambientes diferenciados, e programados para medição a cada meia hora (figura 3.5 e 3.6). Dois desses sensores estavam fazendo a medição da área externa da casa. Na casa referência, o sensor também se encontrava a 75 cm do chão com o mesmo tipo de programação da hora medida (figura 3.7). Esta é a primeira vez, em pesquisa, na qual uma edificação de uso residencial unifamiliar, na qual houve aplicação de estratégias bioclimáticas, é monitorada em Brasília.



**Figura 3.5- planta baixa pavimento térreo da casa bioclimática, com o posicionamento dos sensores de aquisição de dados**



**Figura 5: Planta baixa 2o. pav. Casa bioclimática, localização dos sensores de aquisição de dados**

**Figura 6: planta baixa da casa referência analisada, posicionamento do sensor de aquisição de dados.**

Identificação dos sensores.

As figuras 3.8 à 3.12 ilustram como foram colocados os sensores de aquisição de dados.





**Figura 7: Sensor 2 (cozinha americana)**



**Figura 8: Sensor 6 (Caso Referência)**



**Figura 9: Sensor ext. 2- localizado à sombra, embaixo do deck de madeira externo.**



**Figura 10: Foto ext. Fachada norte da Casa Bioclimática (com pergolado à norte, e vertical a oeste com parede dupla)**



**Figura 11: Vista sul do Caso Referência, telha de fibrocimento, paredes não rebocadas.**

Os ambientes monitorados foram escolhidos pela existência das estratégias bioclimáticas ou pela ausência (Caso Referência), para que posteriormente pudesse ser feita uma comparação entre ambientes e casas.

### **3.1 Características das duas casas:**

#### **Casa Bioclimática**

- Paredes duplas de tijolo maciço à oeste
- Janelas simples de vidro temperado (ventilação cruzada)
- Parede rebocada cor branca
- Teto jardim na cobertura
- Aberturas Zenitais para exaustão do ar quente e iluminação natural
- Proteções solares (pergolado fachada norte e leste e brise fachada sul)
- Quarto semi-enterrado.

#### **Caso Referência**

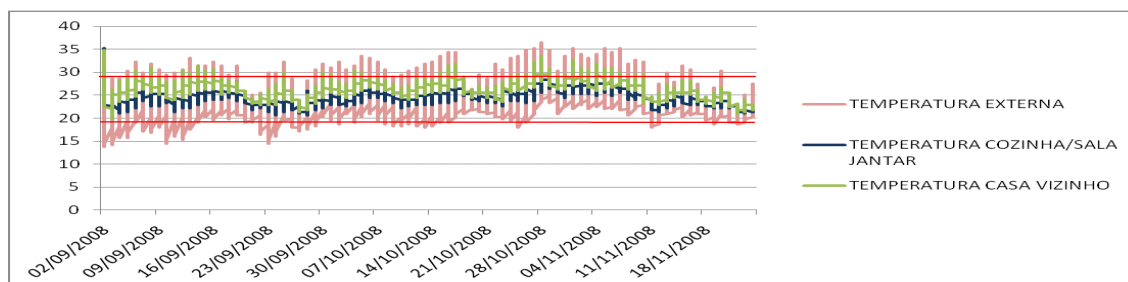
- Paredes simples de tijolo furado
- Janela simples de vidro temperado
- Parede não rebocada
- Telha de fibro cimento na cobertura

## **4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

Os gráficos obtidos abaixo mostram o resultado do monitoramento interno e externo das duas casas.

Um dos sensores (Sensor externo 1, figura 3.5) colocado na área externa da casa bioclimática teve que ser eliminado. O local não era favorável e ficou exposto de forma crítica às condições do tempo.

#### 4.1 Local: Cozinha/Sala de jantar

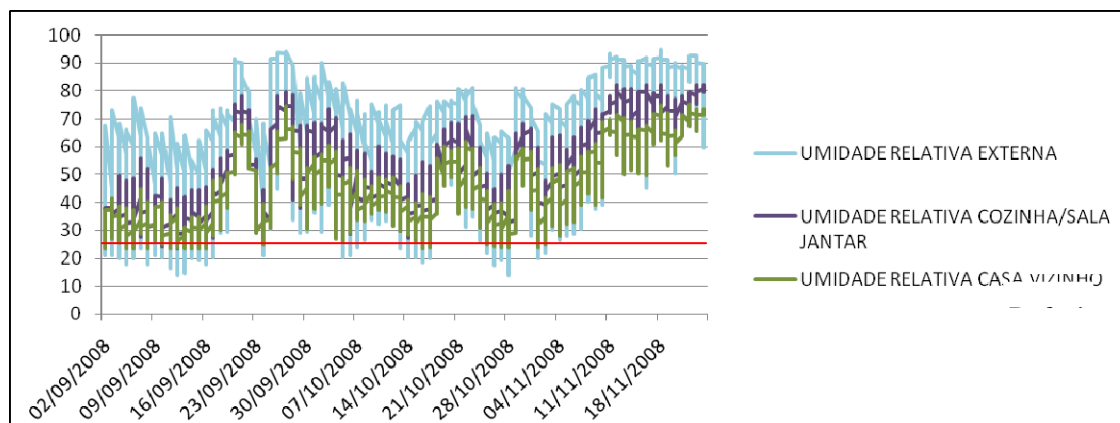


**Figura -12 TBS horário – Cozinha/Sala de Jantar**

A figura 4.1 acima corresponde à comparação de dados entre o ambiente da cozinha/sala de jantar, a casa referência, e o ambiente externo, para temperatura do ar. A linha vermelha no gráfico delimita a zona de conforto dos ocupantes, de acordo com limites de Givoni (GIVONI, 1992), considerada entre 18°C e 28°C.

As estratégias utilizadas neste ambiente são a alta inércia térmica e resfriamento evaporativo no teto devido ao teto-jardim, os lanternins que ajudam na exaustão do ar quente da cozinha e a ventilação cruzada pelas fachadas N-S. É possível observar no gráfico que a linha em azul destinada ao ambiente analisado encontra-se dentro da zona de conforto térmico e que os picos relacionados à casa referência na linha cor verde ultrapassam os limites superiores e inferiores dessa zona. A linha em rosa representa a TBS da área externa.

Observa-se que os picos de temperatura deste ambiente permanecem sempre pelo menos 3°C abaixo do caso referência e, em comparação com a TBS medida externamente, as diferenças são superiores a 5°C em relação aos picos. Dessa forma, observa-se que a alta inércia do ambiente contribuiu para uma diminuição da amplitude térmica, garantindo o conforto ambiental do ambiente.



**Figura 4.2 – gráfico de Umidade Relativa do Ar.**

A figura 4.2 representa a análise da umidade relativa do ar (UR) para o mesmo ambiente e para o mesmo período. A linha roxa representa a UR da cozinha/sala de jantar, a linha verde a casa referência e a linha azul a UR externa.

É possível perceber que a umidade relativa mínima externa chegou perto de 10% e a máxima não chegou aos 100%, mesmo no mês de novembro, que apresenta uma maior concentração de chuvas. Na cozinha/sala de jantar a UR mínima (pico inferior) ficou sempre acima de 20% , que é o limite mínimo de conforto considerado, devido diminuição do pico das temperaturas internas no período diurno pelo efeito da inércia. A UR máxima interna no ambiente atingiu pouco mais de 80% para o mês de novembro, já na casa referência a UR mínima também não passou dos 20%, mas não conseguiu chegar aos 80% .

A partir do mês de novembro, entre os dias quatro e onze, as umidades relativas começaram a se elevar devido ao fato da chegada do período de chuvas em Brasília.



## 4.2 Local: Sala de TV

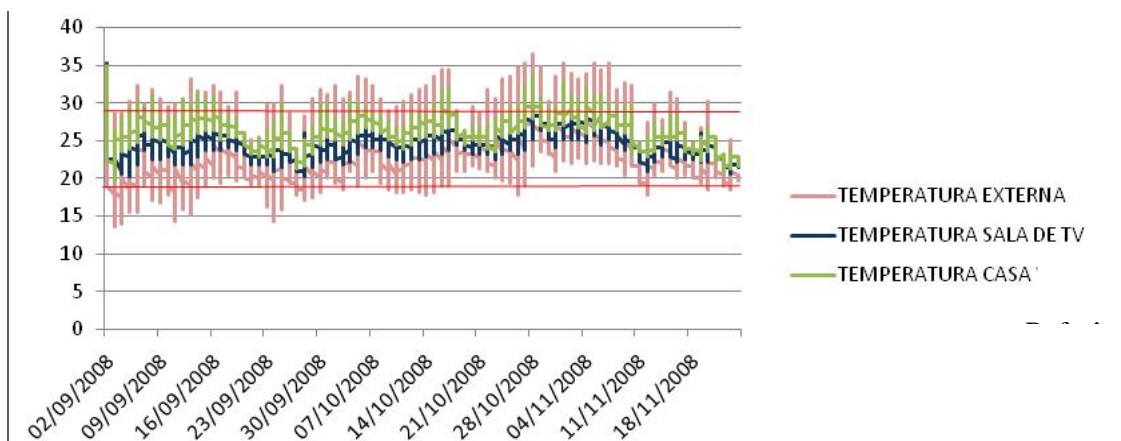


Figura 4.3 – gráfico de Temperatura do Ar.

A figura 4.3 faz comparação da temperatura do ar da sala de TV com a casa referência e a área externa medida com o sensor ext.2. É observado que o ambiente da sala de TV somente no dia 28 de outubro ultrapassou o limite superior da zona de conforto ( $28^{\circ}\text{C}$ ), mas conserva uma amplitude térmica média de cerca de  $3^{\circ}\text{C}$ , o que demonstra o efeito da alta inércia térmica e do resfriamento evaporativo utilizados (CAMARGO, 2004). Quanto ao caso referência suas temperaturas máximas ultrapassam a linha de conforto durante quase todo o período medido, chegando muito perto das temperaturas máximas externas, caracterizando a baixa inércia térmica da envoltória. O ambiente do caso referência só vai entrar na zona de conforto entre os dias quatro de novembro e onze do mesmo mês, quando as chuvas estão começando a cair com maior frequência, provocando uma queda nas temperaturas externas.

Para que haja um equilíbrio nas temperaturas da sala, foram usados como estratégia bioclimática o teto jardim e parede dupla de tijolo maciço na face oeste. O jardim de inverno também contribui para a ventilação cruzada como mostra a Figura 3.5. O Lanternim também auxilia na exaustão do ar e o pergolado da fachada norte impede a incidência direta de radiação solar nos períodos mais quentes do dia e do ano.

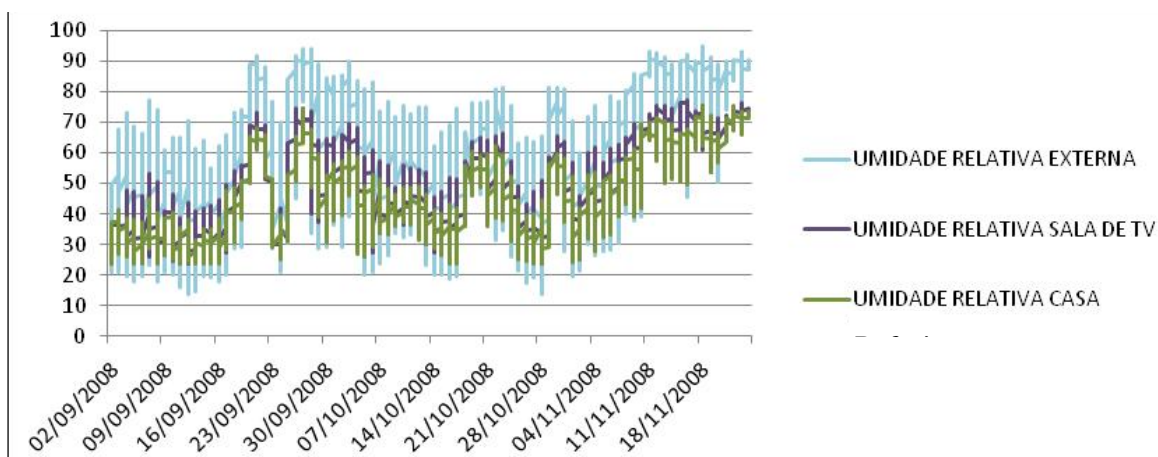


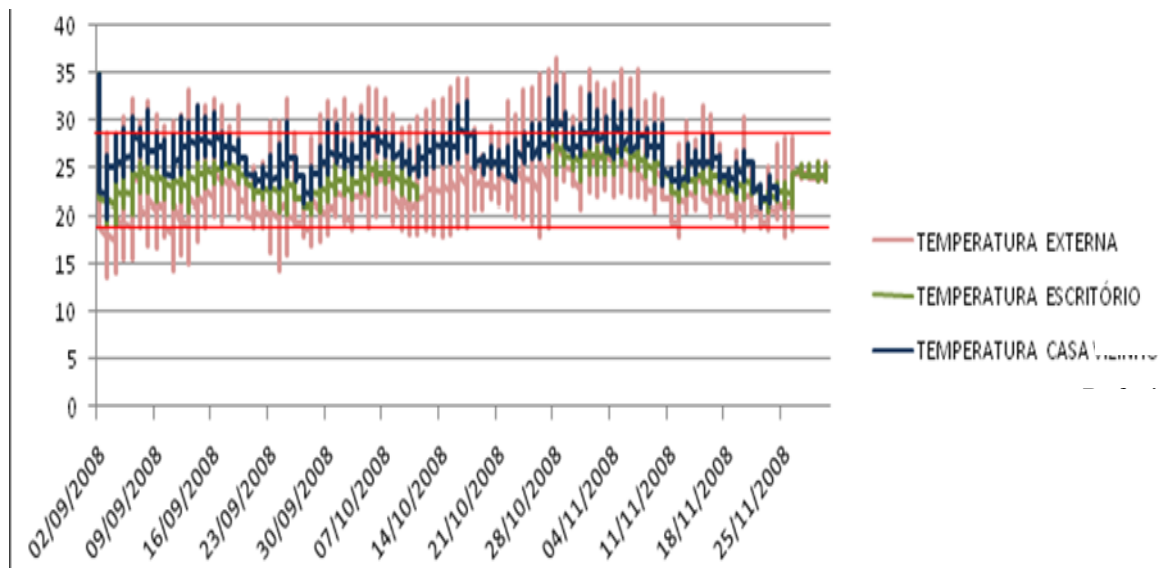
Figura 4.4 – gráfico de Umidade relativa do Ar (UR).

A figura 4.4 corresponde à umidade relativa do ar (UR), para os ambientes analisados da sala de TV, casa referência e área externa.

É possível perceber que a maior parte do tempo analisado as URs máximas para a sala de TV estiveram superiores a da casa referência e nos dias 9 de setembro e 28 de setembro a mínima esteve abaixo das mínimas da casa referência. Não foi possível identificar a razão destes acontecimentos pontuais. O gráfico mostra claramente que no começo da medição a umidade relativa do ar nos dois

recintos fechados era muito baixa e houve uma elevação significativa no meio do mês, entre os dias dezesseis e vinte e três de setembro período no qual as chuvas vieram com maior intensidade. Foi registrado que o dia vinte de setembro como um dia nublado, mais frio que o normal e chuva forte durante a noite. Observa-se que mesmo na sala da casa bioclimática as umidades relativas máximas se mantêm entre 50 e 70%, o que pode ser ocasionado pela elevada circulação de ar proporcionada pela ventilação cruzada.

### 4.3 Local: Escritório

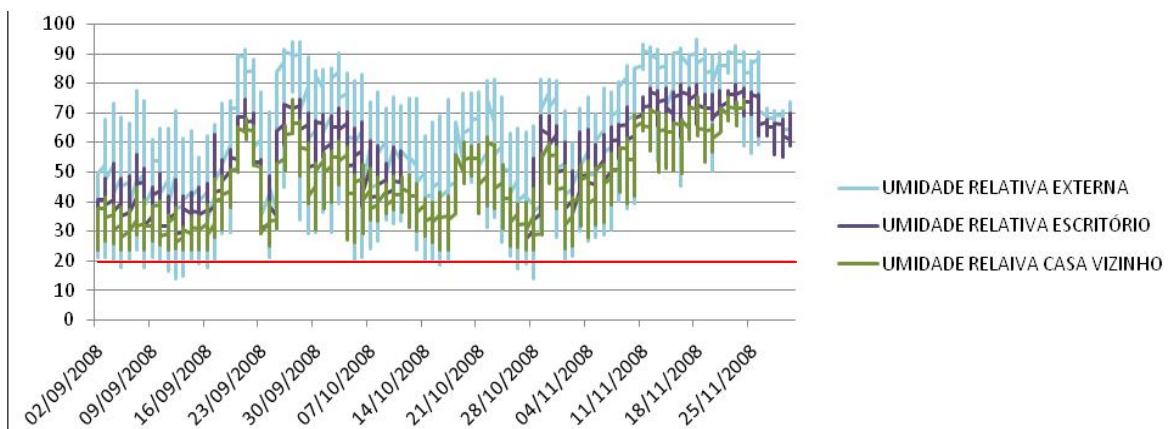


**Figura 4.5 – gráfico de Temperatura do Ar.**

As figuras 4.5 e 4.6 do escritório possuem uma particularidade. A medição do ambiente foi interrompida do período de 11 de outubro a 27 de outubro para avaliar o funcionamento dos aparelhos de medição de dados.

O escritório é um ambiente que se encontra semi-enterrado e orientado para leste e possui um anteparo para barrar o sol da manhã, já que o recinto possui aparelhos eletrônicos que não podem receber luz direta constantemente.

As temperaturas do escritório na sua maior parte encontram-se na zona de conforto, delimitado pela linha vermelha, enquanto a casa referência ultrapassa a linha máxima por muitas vezes. Entre os dias 02 a 09 de setembro por duas vezes a temperatura do escritório chega a 18°C. É o ambiente que apresentou a menor amplitude térmica, de cerca de 3°C.



**Figura 4.6 – gráfico de Umidade Relativa do Ar.**

As máximas da umidade relativa ar (UR) do escritório para o período analisado ficam sempre acima da casa referência chegando aos 80% e as mínimas ficam sempre superiores a 40%, que também está

relacionado ao fato deste ambiente não utilizar ventilação natural durante o dia, permanecendo com as janelas fechadas, o que também aumenta o efeito da inércia térmica do ambiente semi-enterrado. É possível ver também que, no final de setembro, no começo de outubro e no meio de novembro as máximas chegaram a mais de 90% e para o meio de setembro e final de outubro (período quente e seco) as mínimas externas chegaram a menos de 20%.

## **5 CONCLUSÕES**

A pesquisa realizada trouxe análises satisfatórias, nas quais pode ser comprovado o valor da aplicação das estratégias bioclimáticas recomendadas para Brasília. Em geral, é facilmente observado que na residência em que houve uma preocupação com o conforto ambiental dos ocupantes e aplicação de estudos estratégicos para amenizar o desconforto interno, o desempenho foi muito melhor em comparação com a residência em que nenhuma estratégia foi aplicada.

Entre os ambientes que apresentaram maior eficiência, o escritório (local semi-enterrado, orientado para leste e com anteparos para a insolação direta) atingiu a temperatura do ar de 18°C e a umidade relativa chegou aos 80% no período do dia 11 a 25 de novembro quando as chuvas estão mais presentes. Além disso, apresentou a menor amplitude térmica (3°C) em relação ao caso referência e as medições externas que também está relacionado ao fato deste ambiente não utilizar ventilação natural durante o dia, permanecendo com as janelas fechadas, o que também aumenta o efeito da inércia térmica do ambiente semi-enterrado.

Na sala de TV, que possui teto-jardim na cobertura da laje, um lanternim, parede dupla de tijolo maciço a oeste e um recuo para um jardim de inverno, a temperatura se manteve acima de 20°C. Observa-se que as máximas da umidade relativa ficaram sempre acima das máximas registradas na casa referência e as mínimas também acima das registradas na área externa. Verifica-se que mesmo na sala da casa bioclimática as umidades relativas máximas se mantêm entre 50 e 70%, o que pode ser ocasionado pela elevada circulação de ar proporcionada pela ventilação cruzada. A sala de jantar/cozinha mesmo com ganho de calor por parte de eletrodomésticos ainda obteve um bom desempenho, por ter sido aplicado o teto-jardim, lanternim e boa circulação de ar (cruzada e por efeito chaminé). A menor temperatura registrada nesse ambiente foi 21°C no período de 02 a 09 de setembro e a temperatura máxima de 26°C no mês de outubro, e por sete vezes a umidade relativa ultrapassou 80% no mês de novembro.

Os pontos mais baixos de umidade relativa no Caso Referência estão bem próximos aos encontrados na medição feita na área externa e seus pontos máximos estão quase todos abaixo do índice de 70%. Todas as medições de umidade no Caso Referência estão abaixo das máximas medidas na casa principal, o que está relacionado às maiores temperaturas internas registradas.

Este estudo demonstra que podemos melhorar o conforto ambiental em residências de maneira racional e com estratégias simples, de baixo custo, sem prejudicar o efeito estético e o meio ambiente. Sabendo quais estratégias bioclimáticas são mais apropriadas é possível aplicá-las para o bem estar dos ocupantes e da população em geral.

## **4 REFERÊNCIAS**

BRUAND, Yves. Arquitetura Contemporânea no Brasil. 4a. ed. Perspectiva, 2006.

CAMARGO, José Rui. Resfriamento evaporativo: poupando a energia e o meio ambiente, Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, 2004.

GIVONI, B. Confort Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Building, v. 18. Amsterdam: 1992.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/mapa\\_site/mapa\\_site.php#populacao](http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao) Acessado em: 12/04/2010.

MACIEL, Alexandra A. Projeto Bioclimático em Brasília: Estudo de Casos em Edifícios de Escritório. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

ROMERO, Marta Adriana B. Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano, 2ª edição, São Paulo: Pro editores, 2001.