



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## ANÁLISE DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE EM FUNÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE OCUPAÇÃO DO SOLO EM CUIABÁ - MT.

Angela Santana de Oliveira<sup>1</sup>; Flávia Maria de Moura Santos<sup>2</sup>;  
Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira<sup>3</sup>; Luciane Cleonice Durante<sup>4</sup>;  
Paulo Celso do Couto Nince<sup>5</sup>

### RESUMO

O clima do planeta e das cidades vem demonstrando alterações. Nas cidades, uma das justificativas para essas alterações é atribuída às mudanças na superfície, provocadas pelo processo de urbanização. Esta pesquisa tem por objetivo analisar a temperatura e a umidade relativa do ar na zona urbana e rural, em Cuiabá, a fim de detectar diferenças de comportamentos entre elas. Utilizaram-se estações meteorológicas automáticas para coletar dados de temperatura e umidade relativa durante o período de 01/09/2006 a 30/10/2006, período caracterizado como de transição entre as estações climáticas chuvosa e seca. Os dados foram coletados em área urbana e rural. Os resultados comprovaram que existe diferença significativa entre as temperaturas horárias médias, mínimas e máximas, e umidade relativa entre as regiões estudadas. As temperaturas médias, máximas e mínimas apresentaram valores superiores na estação da Região Central.

**Palavras-chave:** clima urbano, temperatura, umidade.

### ANALYSIS OF CHANGES IN TEMPERATURE AND HUMIDITY AS A FUNCTION OF THE EMPLOYMENT CHARACTERISTICS OF SOIL IN CUIABÁ, STATE OF MATO GROSSO, BRAZIL.

### ABSTRACT

The climate of the planet and the cities has been showing changes. In cities, one of the reasons for these changes is attributed to changes in the surface, caused by the urbanization process. This research aims to analyze the temperature and relative humidity of the air in urban and rural area in Cuiabá, state of Mato Grosso, Brazil, in order to detect differences in behavior between them. We used automatic weather stations to collect data on temperature and relative humidity during the period from 01/09 to 30/10/2006, a period characterized as the transition between the rainy and dry weather stations. Data were collected in urban and rural area. The results confirmed that there is significant difference between the hourly average temperatures, minimum and maximum, and relative humidity between the regions studied. The average, maximum and minimum temperature values presented above in the Central Region.

**Keywords:** urban climate, temperature, humidity.

Trabalho recebido em 11/02/2009 e aceito para publicação em 28/02/2009.

<sup>1</sup> Prof<sup>a</sup>. Msc. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso, Doutoranda em Física Ambiental/ Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: angela\_cefetmt@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental/ Universidade Federal de Mato Grosso Endereço: Universidade Federal de Mato Grosso-Cidade Universitária, Bloco Física Ambiental, Av. Fernando Correa da Costa, S/N, Coxipó, Cuiabá-MT, CEP: 78060-900 , e-mail: flavia\_mms@hotmail.com;

<sup>3</sup> Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. da Universidade Federal de Mato Grosso/ Programa de Pós-graduação em Física Ambiental e Arquitetura e Urbanismo, e-mail: mcjan@ufmt.br;

<sup>4</sup> Prof<sup>a</sup>. Msc. da Universidade Federal de Mato Grosso, Doutoranda em Física Ambiental/ Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: lucianedurante@uol.com.br;

<sup>5</sup> Prof. da Universidade Federal de Mato Grosso, Mestrando em Física Ambiental/ Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: pnince@ig.com.br.

## 1. INTRODUÇÃO

Na busca de conhecimentos que ajudem a minimizar os efeitos da urbanização sobre as alterações climáticas, os efeitos das atividades antrópicas sobre o clima das cidades vêm sendo observado. Desde as primeiras décadas do século XIX, têm sido realizados estudos sistemáticos para diagnosticar os efeitos da urbanização no clima das cidades.

No Brasil, as incursões acerca do clima urbano têm seu ponto de partida no final da década de 70, com o trabalho de Monteiro (1976), que elabora um modelo teórico para a investigação do comportamento climático de cidades.

Segundo Monteiro (1976, p.134) “A cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.” Em seu modelo, o autor desenvolve uma metodologia de análise em que considera o clima urbano como um sistema, Sistema Clima Urbano (SCU), composto de subsistemas, que se

articulam segundo canais de percepção climática.

O processo de urbanização das cidades, com seu acelerado crescimento populacional, acarreta em alterações na sua atmosfera. Essas alterações decorrem, em grande medida, de atividades antropogênicas, tais como: emissão de poluentes, que afetam a transferência de radiação e acrescentam núcleos de condensação no ar, aumentando a precipitação; atividades industriais intensas; supressão da vegetação nativa; adensamento populacional; densidade e geometria das edificações, que criam uma superfície rugosa determinante na circulação do ar e no transporte de calor e vapor d’água; materiais de construção; asfaltamento das ruas que aumentam o estoque de calor; impermeabilização do solo que aumenta a possibilidade de enchentes (MAITELLI, 1994; MONTEIRO & MENDONÇA, 2003).

Logo, o clima urbano pode ser definido, segundo Oke (1978), como o resultado das modificações causadas pelo processo de urbanização da superfície terrestre e da interferência dessa urbanização nas características da atmosfera de um determinado local, Monteiro (2003, p.19), também define: “o clima urbano é um sistema que abrange o

clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”.

O enfoque atual do estudo do clima urbano concentra-se, essencialmente, em temáticas como: a contaminação da atmosfera e a qualidade do ar (a poluição atmosférica e seus efeitos sobre a saúde); o conforto térmico (configuração de ilhas de calor) e os impactos pluviiais concentrados (geradores de freqüentes inundações).

As alterações climáticas são percebidas com maior intensidade nos grandes centros urbanos. Para Ayoade (1978), um aspecto do clima urbano mais notável e digno de observação e estudo, devido às suas amplas implicações, é o fenômeno conhecido por “ilha de calor”. Os fatores antropogênicos apontados anteriormente concorrem para a produção do stress térmico em determinadas manchas urbanas, aumentando, assim, a temperatura.

Desta forma, nos estudos de clima urbano, deve-se considerar o uso e a ocupação do solo, associados à geomorfologia e suas feições resultantes. A cidade deve estar inserida em seu entorno, articulando-se o urbano e o rural ao invés de ser estudada por si só.

Comparações entre o urbano e o rural constituem a melhor via para apreender e avaliar a modificação climática causada pelo processo de urbanização. O ar

escoado da zona rural para a cidade encontra um novo e muito diferente grupo de conduções de fronteiras, a fronteira da camada urbana, os canyons entre os prédios (OKE, 1978).

Conforme Maitelli (1997), em estudo sobre a cidade de Cuiabá, pode-se constatar que o crescimento urbano foi determinante na elevação das variáveis climatológicas locais, principalmente no que se refere às temperaturas médias e mínimas, quantidade de chuvas e velocidade dos ventos. O aumento populacional acelerado nas décadas de 70 e 80 na cidade gerou uma expansão da área urbana e um adensamento da área central da cidade, caracterizada por novas construções, mais áreas impermeáveis e sem vegetação, fatores que somados contribuíram para o aumento da temperatura e a diminuição da umidade relativa. Assim, pela sua explosão demográfica em curto espaço de tempo e pelos efeitos dela decorrentes, Cuiabá apresenta-se como um lócus significativo para o estudo de fatores antropogênicos sobre a configuração climática de espaços terrestres urbanos. Inscrevendo-se nesse campo de interesse investigativo, este estudo tem por objetivo comparar as variações de temperatura média, máxima, mínima e a umidade relativa do ar entre uma área urbana e uma área rural, no município de Cuiabá/MT.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

O Município de Cuiabá localiza-se na porção Centro-Sul do Estado de Mato Grosso, no limite ocidental dos domínios do Cerrado e próximo à borda leste do Pantanal Mato-grossense. Possui, atualmente, uma extensão territorial de 3.224,68 km<sup>2</sup>. Encontra-se localizada na província geomorfológica denominada Baixada Cuiabana. As rochas que compõe a sua área pertencem, em sua maior parte, ao domínio do grupo Cuiabá. As coordenadas geográficas são 15°10' a 15°50'S e 54°50' a 58°10'W. As altitudes variam de 146 m a 250 m (ROSS & SANTOS, 1982).

O clima dominante é do tipo tropical semi-úmido (classificação AW de Köppen), sendo a principal característica desse regime térmico a presença constante de temperaturas elevadas, registrando média anual em torno de 25° a 32 °C e mínimas de 25 °C, com duas estações bem definidas: uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão). O índice pluviométrico anual varia de 1250 a 1500 mm (MAITELLI, 1994).

O clima da região é classificado em três períodos, segundo Duarte (2000), em função da temperatura, destacando-se uma estação seca e mais fresca no inverno; uma estação de transição seca e mais quente,

um pouco antes das chuvas e, uma estação úmida e quente, durante as chuvas do verão.

A cobertura vegetal é constituída por remanescentes de cerrado, cerradão, matas ciliares e por vegetação exótica. A vegetação nativa da região e os remanescentes de cerrado formam um verdadeiro cinturão em torno da área urbana de Cuiabá (GUARIM NETO, 1991).

A partir da década de 70, a cidade, até então um tanto isolada das regiões mais desenvolvidas, começou a sofrer os impactos do “novo” modelo de desenvolvimento adotado no país no período. Assim, a região foi alcançada pelos grandes projetos de desenvolvimento.

Isso ocorreu de forma direta, com a construção de estradas (Projeto de Integração Nacional) e de forma indireta, pela colonização da Região Noroeste do país (Projeto Polonoroeste) e pela colonização do norte do Estado. Observou-se um aumento de cerca de 359% da população em apenas 30 anos. Como consequência imediata desse crescimento, surgiram novos bairros periféricos, enquanto outros já existentes sofreram um “inchamento” (DUARTE, 1995).

Assim, para que se pudesse realizar uma melhor análise das áreas em estudo,

os pontos de instalação das estações meteorológicas foram determinados pela diferença de uso do solo, sendo selecionados dois locais para avaliação.

O primeiro local (Região Central) encontra-se no centro da cidade de Cuiabá, tratando-se de uma área totalmente urbanizada com vegetação esparsa, uso do solo predominantemente comercial e próximo a ilha de calor descrita por Maitelli (1994). Possui em sua morfologia, edificações de um e dois pavimentos, prédios isolados com mais de sete pavimentos, área comercial, com pequenas propriedades residenciais intercambiadas, ruas pavimentadas e baixo coeficiente de permeabilidade do solo (Figura 1A).

O segundo local (Região Rural) encontra-se na área rural com baixa densidade de construções e com vegetação esparsa, no município de Cuiabá, mais precisamente no clube de recreação UNICampo. A paisagem pode ser descrita por vegetação composta de árvores e arbustos intercalados com áreas de gramado. O entorno é composto por mata nativa de cerrado (Figura 1B).

O local de coleta Região Central localiza-se nas coordenadas geográficas de 15°36'S e 56°05'W e o local de coleta Região Rural 15°45'S e 56°03'W. A distância entre os locais em linha reta é de aproximadamente 22 km (Figura 2).

## 2.2. Materiais

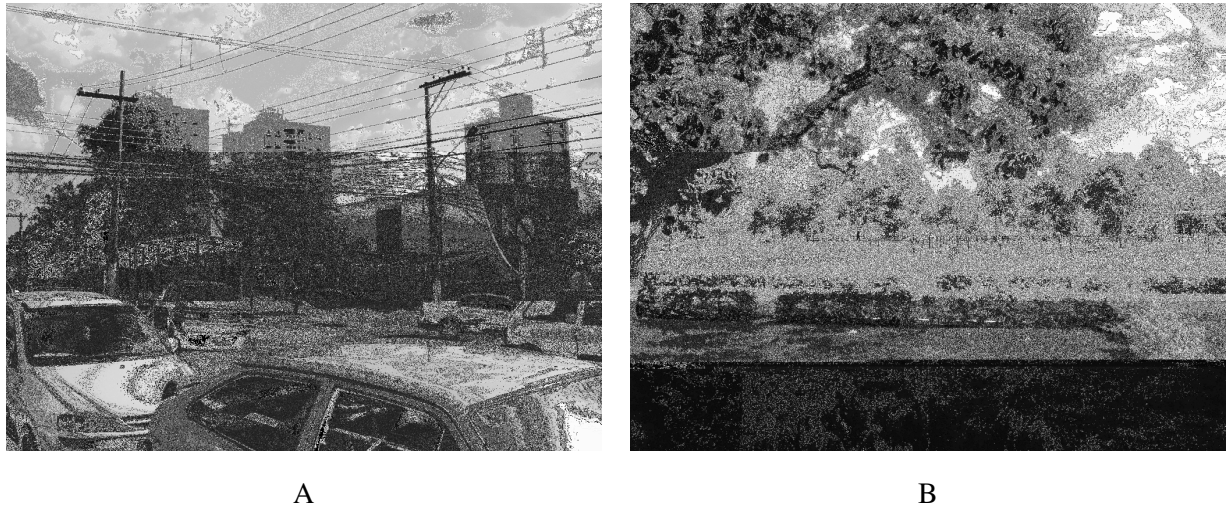
Utilizaram-se duas estações meteorológicas WM 918 Eletronic Weather Monitor (Figura 3), com as seguintes características:

- a) Indicação para: hora, temperatura, umidade, ponto de orvalho, pressão atmosférica, anemômetro, direção do vento, temperatura do vento, pluviometria diária e acumulada.
- b) Memória para máximas e mínimas temperaturas, umidade relativa, temperatura e ponto de orvalho, máxima velocidade do vento, temperatura do vento, pluviometria acumulada.
- c) Transferidor de dados para PC.

## 2.3. Métodos

Esta pesquisa foi balizada pelos pressupostos teóricos definidos por Monteiro (1976), que, numa perspectiva sistêmica, formalizou uma estrutura teórica e metodológica para a compreensão do fato urbano denominado Sistema Clima Urbano (SCU).

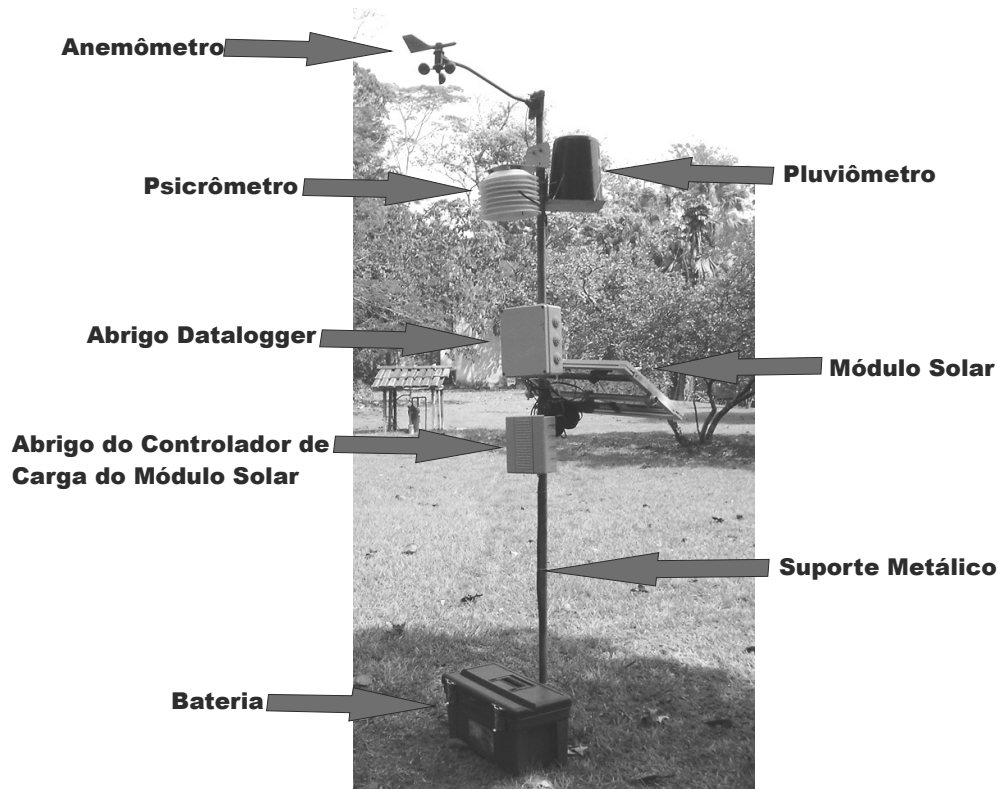
O SCU é uma abordagem geográfica da cidade envolvendo tanto elementos de ordem meteorológica da atmosfera, quanto aos elementos da paisagem urbana em sua dinâmica, que, conjuntamente, formam o clima urbano.



**Figura 1.** Locais de coleta denominados: (A) Região Central e (B) Região Rural, no município de Cuiabá – MT.



**Figura 2.** Localização dos pontos de coleta: Região Rural e Região Central, no município de Cuiabá – MT. Fonte: Google Earth.



**Figura 3.** Estação meteorológica WM 918 Eletronic Weather Monitor.

Os três sub-sistemas: termodinâmico (conforto térmico), o físico-químico (qualidade do ar) e o hidrometeorológico (impacto meteorológico) propostos pelo autor possibilitam o estudo detalhado do ambiente atmosférico da cidade.

Foi priorizado o subsistema termodinâmico a partir do estudo da temperatura e umidade relativa do ar, para avaliar como a atmosfera se comporta e é influenciada pelas modificações existentes na cidade em comparação com o campo.

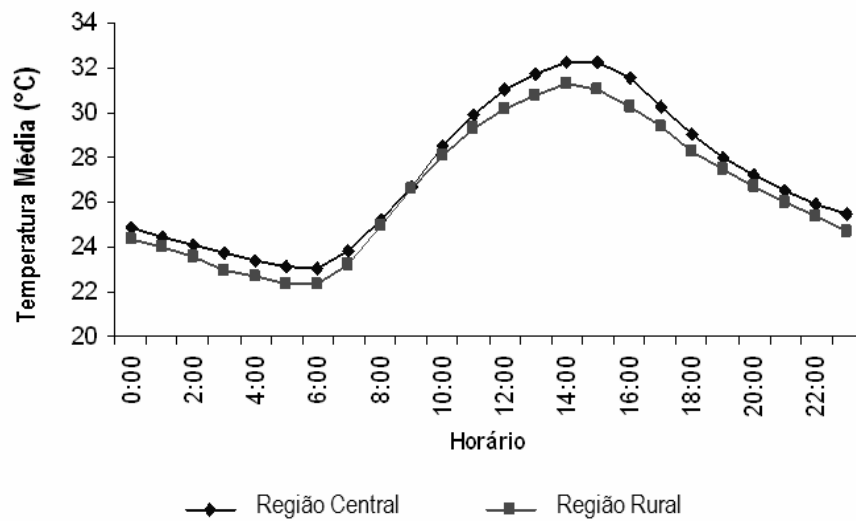
Os dados foram coletados durante o período de 01/09 a 30/10/2006, na estação de transição entre o período seco e o chuvoso. Após a coleta, os dados foram tabulados com planilha eletrônica e

tratados com o software estatístico SPSS 16.0.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As temperaturas médias da Região Central, comparadas com as da Região Rural, se mostraram mais elevadas em todos os horários do dia (Figura 4).

Para as temperaturas médias horárias a maior diferença térmica encontrada foi no período das 16h00min, onde a Região Central registrou um acréscimo de 1,27°C em relação à Região Rural. A menor diferença foi no horário das 9h00min, onde a Região Central registrou um acréscimo de 0,1°C em relação à Região Rural.



**Figura 4.** Temperaturas médias horárias diárias de 01/09/2006 a 30/10/2006 na Região Central e na Região Rural, no município de Cuiabá – MT.

Um dos fatores que pode explicar a maior temperatura na Região Central se deve a menor reflexão da superfície urbana, que possui o albedo reduzido por suas características construtivas, impermeabilização de ruas e avenidas e outros espaços com asfalto e concreto, entre outras modificações antrópicas na paisagem. A redução do albedo ocasiona maior armazenamento de calor no sistema, proveniente tanto da radiação solar, como também da radiação térmica da atmosfera e dos materiais instalados, como explicita Maitelli (1994).

Outro fato importante a ser observado diz respeito à substituição da vegetação nativa pelos edifícios, ruas, praças entre outros, fazendo com que haja uma diminuição das taxas de evapotranspiração, processo importante

para manutenção das condições climáticas, pois as plantas, utilizando parte da radiação líquida disponível no sistema nesse processo, diminuem a quantidade de energia disponível para aquecer o ar e também contribuem para as taxas de vapor d'água liberadas para atmosfera. Além do papel realizado pela evapotranspiração, a vegetação ainda oferece a função de sombreamento, interceptando a energia solar incidente, como discutido por Almeida Junior (2005).

Além disso, existe ainda a inserção de calor no ar através da queima de combustíveis fósseis pelos veículos automotores e outros gases derivados da utilização dos equipamentos urbanos, que interferem nas condições térmicas.

As temperaturas mínimas da Região Central também se mostraram mais



elevadas em todos os horários (Figura 5). A temperatura média das mínimas do período foi de 26,91°C, sendo 0,7°C superior à obtida na Região Rural, a qual atingiu 26,21°C. Para este parâmetro a maior diferença térmica encontrada foi no horário das 16h00min, onde a Região Central registrou um acréscimo de 1,33°C em relação à Região Rural. A menor diferença foi no horário das 9h00min, onde a Região Central registrou um acréscimo de 0,26°C em relação à Região Rural.

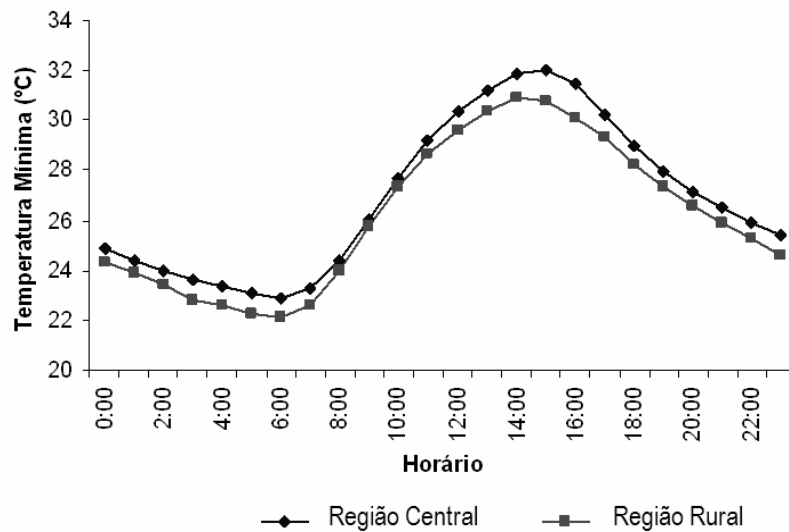
As temperaturas máximas registradas na Região Central se mostraram mais elevadas em todos os horários (Figura 6), sendo a temperatura máxima média do período de 27,16°C, 0,66°C superior à média obtida na Região Rural, que foi de 26,49°C. A maior diferença térmica encontrada para as temperaturas máximas horárias foi no horário das 16h00min, onde a Região Central registrou um acréscimo de 1,34°C em relação à Região Rural. A menor diferença foi no horário das 8h00min, onde a Região Central registrou um acréscimo de 0,27°C em relação à Região Rural.

Comparando-se as variações de temperatura média, máxima e mínima, observou-se comportamento semelhante, com dados médios da Região Rural sendo inferiores aos dados médios obtidos pela

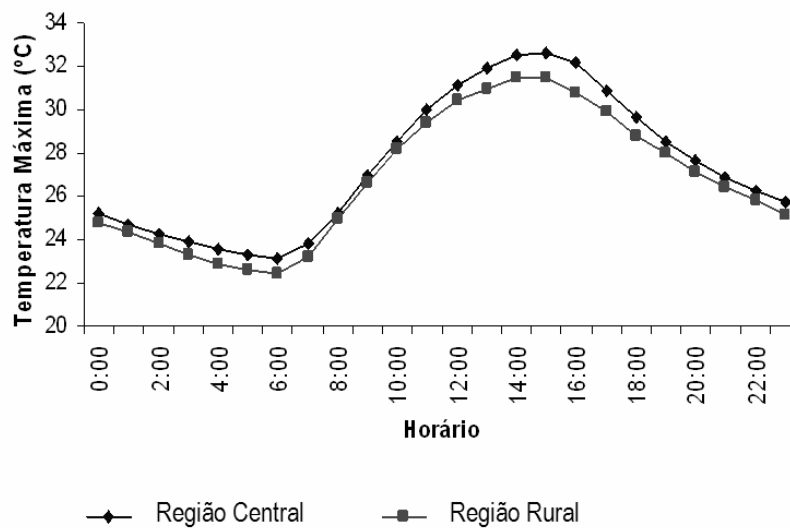
Região Central, o que demonstra que a superfície da zona rural perde mais rapidamente a energia armazenada durante o dia em relação à superfície da zona urbana, que tem maior superfície asfaltada/impermeabilizada e edificada, perdendo radiação mais lentamente devido ao seu calor específico, que é mais elevado.

A umidade relativa apresentou-se maior na Região Rural do que na Região Central, no período noturno, e ligeiramente menor na Região Rural do que na Região Central, no período diurno (Figura 7). O comportamento das médias de umidade dos dois locais evidencia maior diferença de valores durante o período noturno. Observa-se que a partir da 08h00min até as 22h00min, os valores de umidade, nas duas regiões, são próximos.

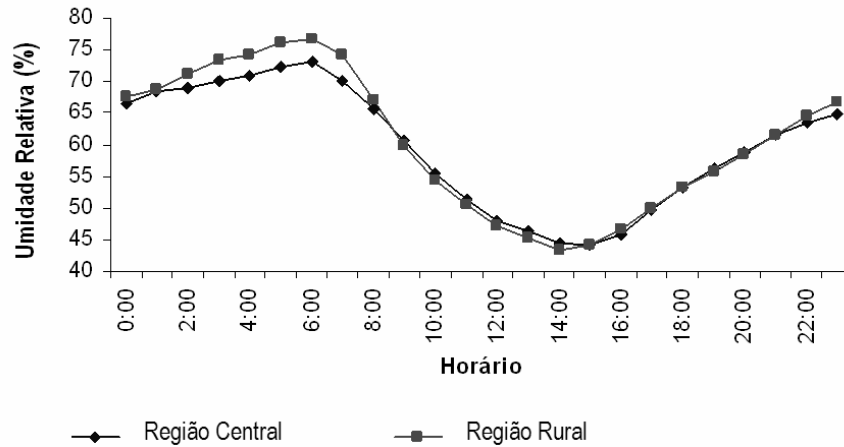
A umidade relativa média do período analisado na Região Rural foi de 60,45%, sendo 0,89% menor que na Região Central (59,56%). A maior diferença de umidade relativa ocorreu às 07h00min, com valor de 3,98%. A menor diferença ocorreu às 15h00min, com valor de 0,11%. No período entre 9h00min e 15h00min, a Região Central apresentou valores superiores aos da Região Rural, caracterizando uma inversão no comportamento dos índices de umidade.



**Figura 5.** Temperaturas mínimas médias horárias diárias de 01/09/2006 a 30/10/2006 estação da Região Central e na estação da Região Rural, no município de Cuiabá – MT.



**Figura 6.** Temperaturas máximas médias horárias diárias de 01/09/2006 a 30/10/2006 estação da Região Central e na estação da Região Rural, no município de Cuiabá – MT.



**Figura 7.** Umidades relativas médias horárias diárias de 01/09/2006 a 30/10/2006 na estação da Região Central e na estação da Região Rural, no município de Cuiabá – MT.

Para o comportamento das temperaturas médias, mínimas e máximas horárias, assim como da umidade das duas regiões analisadas, comprovou-se através de análise estatística, utilizando-se o teste T pareado, que existem diferenças significativas entre as regiões, a um nível de significância de  $p < 0,05$ .

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados comprovaram que existe diferença significativa entre as temperaturas horárias médias, mínimas e máximas, e umidade relativa entre as regiões estudadas. As temperaturas médias, máximas e mínimas apresentaram valores superiores na estação da Região Central.

Em virtude das diversas influências que interferem no comportamento climático de um determinado local, estudos complementares podem ser realizados

objetivando melhorar esta análise comparativa.

#### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, N.L. **Proposta Metodológica para Controle Natural da Temperatura em Meio Urbano: O Caso de Cuiabá/MT.** Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso.- 2005.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Tropicais,** Editora Bertrand Brasil S/A, 2ª edição, J. Appl. Meteorologia, V.17, p. 636-643, 1978
- DUARTE, D. H. S. **O Clima como Parâmetro de Projeto para a Região de Cuiabá.** 1995. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

- DUARTE, D. H. S. **Padrões de ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região Tropical Continental**. Tese de Doutorado em Geografia Física, Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, 2000.
- GUARIM NETO, G. **Diagnóstico Florístico e Faunístico da Cidade de Cuiabá**. Cuiabá: Relatório Final do Convênio Fundação Universidade Federal de Mato Grosso/Prefeitura de Cuiabá, 1991.
- MAITELLI, G. T. Crescimento urbano e tendências climáticas em Cuiabá – MT: Período de 1920-1992. **Revista Mato-grossense de Geografia**. Cuiabá, ano 02, nº 1 e 2, 1997. p 150-165.
- MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental. O exemplo de Cuiabá – MT**. Tese de Doutorado (Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas), Universidade de São Paulo, 1994.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO/USP, 1976.
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.
- OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co., 1978.
- ROSS, J. L. S. & SANTOS, L. M. Geomorfologia. In: **Projeto RADAMBRASIL**, Folha Cuiabá CD 21.vol. 26, (Ministério das Minas e Energia, org.) p. 222, Brasília: Ministério das Minas e Energia, 1982.