

ANALISE DA EVOLUÇÃO DA ILHA DE CALOR NA CIDADE DE CUIABÁ E ALTERAÇÕES DURANTE O EVENTO EL NIÑO

Henrique Nicolau Grillaud **MARANHOLI**
Mestre em Geografia pela Universidade de Mato Grosso-UNEMAT
E-mail: rick_maranholi@hotmail.com

Alfredo Zenen Dominguez **GONZALEZ**
Professor da Universidade do Estado de Mato Grosso e pesquisador na área de Geografia
Física
E-mail: alfredozdg@gmail.com

Resumo. No Brasil, o processo de urbanização desenvolveu-se de forma muito rápida e sem planejamento, especialmente entre as décadas de 1950 e 1980, época em que o intenso êxodo rural, combinado com um alto crescimento populacional, resultaram na multiplicação e crescimento desordenado de grandes centros urbanos no país: somente no período compreendido entre 1940 e 1996 a população brasileira cresceu cerca de quatro vezes (SANTOS e SILVEIRA, 2008). Sua concentração em centros urbanos atingiu 84,35% da população total nos últimos anos (IBGE, 2010). No caso da cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, o acelerado desenvolvimento urbano das últimas décadas tem reduzido drasticamente a cobertura vegetal da cidade (substituição da vegetação nativa por construções, calçamentos e pavimentação), provocando alterações na temperatura da superfície terrestre e do ar adjacente. Portanto o objetivo da pesquisa foi analisar a evolução da ilha de calor na cidade de Cuiabá e possíveis alterações durante o evento El Niño. Foram analisadas imagens de satélites obtidas por sensores termais nos anos de 1986, 1995, 2005 e 2015. Para a obtenção do mapa temático de evolução das ilhas de calor em Cuiabá foi utilizada a metodologia proposta por Coelho (2013). Os dados de precipitação e temperatura da cidade de Cuiabá foram coletados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Aplicou-se o método de Mann-Kendall para averiguar se os dados possuem tendência e para verificar a sazonalidade foi utilizado o teste de Fisher (MORETTIN E TOLOI, 2006). Em contrapartida a outras pesquisas desenvolvidas, o evento El Niño analisado não causou considerável interferência no clima local e nas ilhas de calor. Contudo, é importante a realização de outras pesquisas sobre este assunto na Cidade de Cuiabá. Dessa forma ter-se-á um quadro com mais dados que apontem a relação entre as alterações no clima local e as mudanças climáticas.

Palavras-chave: Ilha de Calor; Clima urbano; Mudanças Climáticas.

ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF THE HEAT ISLAND IN THE CITY OF CUIABÁ AND CHANGES DURING THE EL NIÑO EVENT.

Abstract. In Brazil, the urbanization process developed very quickly and without planning, especially between the 1950s and 1980s, when the intense rural exodus, combined with a high population growth, resulted in the multiplication and disorderly growth of large (SANTOS and SILVEIRA, 2008). The concentration in urban centers reached 84.35% of the total population in recent years (IBGE, 2010). In the case of the city of Cuiabá, capital of the state of Mato Grosso, the accelerated urban development of the last decades has drastically reduced the city's vegetation cover (replacing native vegetation with buildings, pavements and pavements), causing changes in the temperature of the earth's surface and of adjacent air. Therefore the objective of the research was to analyze the evolution of the heat island in the city of Cuiabá and possible changes during the El Niño event. It was analyzed images of satellites obtained by thermal sensors in the years of 1986, 1995, 2005 and 2015. In order to obtain the thematic map of the evolution of the heat islands in Cuiabá, was used the methodology proposed by Coelho (2013). Precipitation and temperature data from the city of Cuiabá were collected by the National Institute of Meteorology (INMET). The Mann-Kendall method was used to determine if the data had a trend and to verify the seasonality was used Fisher's test (MORETTIN E TOLOI, 2006). In contrast to other researches developed, the event El niño analyzed did not cause considerable interference in the local climate and in the islands of heat. However, it is important to carry out other research on this subject in the City of Cuiabá. This will provide a framework with more data to show the relationship between changes in the local climate and climate change.

Keywords: Island of Heat; Urban climate; Climate changes.

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA ISLA DE CALOR EN LA CIUDAD DE CUIABÁ Y ALTERACIONES DURANTE EL EVENTO EL NIÑO.

Resumen. En Brasil, el proceso de urbanización se desarrolló de forma muy rápida y sin planificación, especialmente entre las décadas de 1950 y 1980, época en que el intenso éxodo rural, combinado con un alto crecimiento poblacional, resultó en la multiplicación y crecimiento desordenado de los grandes centros urbanos en el país: sólo en el período comprendido entre 1940 y 1996 la población brasileña creció cerca de cuatro veces (SANTOS y SILVEIRA, 2008). La concentración en los centros urbanos alcanzó el 84,35% de la población total en los últimos años (IBGE, 2010). En el caso de la ciudad de Cuiabá, capital de la provincia de Mato Grosso, el acelerado desarrollo urbano de las últimas décadas ha reducido drásticamente la cobertura vegetal de la ciudad (sustitución de la vegetación nativa por construcciones, calzones y pavimentación), provocando alteraciones en la temperatura de la superficie terrestre y del aire adyacente. Por lo tanto el objetivo de la investigación fue analizar la evolución de la isla de calor en la ciudad de Cuiabá y posibles alteraciones durante el evento El Niño. Se analizaron imágenes de satélites obtenidas por sensores termales en los años 1986, 1995, 2005 y 2015. Para la obtención del mapa temático de evolución de las islas de calor en Cuiabá se utilizó la metodología propuesta por Coelho (2013). Los datos de precipitación y temperatura de la ciudad de Cuiabá fueron recolectados por el Instituto Nacional de Meteorología (INMET). Se aplicó el método de Mann-Kendall para averiguar si los datos tienen tendencia y para verificar la estacionalidad se utilizó la prueba de Fisher (MORETTIN E TOLOI, 2006). En contrapartida a otras investigaciones desarrolladas, el evento El niño analizado no causó considerable interferencia en el clima local y en las islas de calor. Sin

embargo, es importante realizar otras investigaciones sobre este tema en la Ciudad de Cuiabá. De esta forma se tendrá un cuadro con más datos que apunte la relación entre los cambios en el clima local y los cambios climáticos.

Palavras Claves: Isla de Calor; Clima urbano; Cambios climáticos.

INTRODUÇÃO

A multiplicação e acelerado crescimento das paisagens urbanas sem um planejamento adequado durante o século XIX, particularmente na Inglaterra e na França, provocou uma crescente degradação ambiental destas paisagens, evidenciada especialmente pela modificação das propriedades físicas e químicas da atmosfera urbana como resultado das atividades antrópicas. Essa é a origem do chamado clima urbano (Muniz e Caracristi, 2015), tão global atualmente quanto o próprio fenômeno da urbanização.

Tornou-se evidente então que o estilo de vida cada vez mais urbanizado tem afastado o homem da natureza e produzido paisagens cada vez mais artificiais, principalmente no centro das cidades, onde a diminuição da cobertura vegetal derivada da construção de imóveis e vias de comunicação provoca a formação de um clima local conhecido como clima urbano (Bargos, 2010), um sistema revelado por Carlos A. de Figueiredo Monteiro com o nome de Sistema Clima Urbano (SCU).

No SCU, a atmosfera é o operador que importa energia ao sistema, no qual os operandos do sistema (seres humanos), modificam e transformam essa energia no sentido de incorporá-la ao núcleo ou exportá-la ao ambiente. Neste sentido, apenas o insumo de energia ao sistema por parte do operador não determina o formato padrão do clima de um lugar, mas será determinante quando associado à ação transformadora que o núcleo impõe a essa energia (MONTEIRO, 2003).

Ainda de acordo com esse autor, a percepção humana do clima das cidades acontece em três canais: conforto térmico, qualidade do ar e impactos meteorológicos, cada um deles vinculado a um subsistema do SCU: Termodinâmico, Físico-Químico, e Hidrometeorológico, respectivamente.

O canal de percepção do conforto térmico engloba as componentes termodinâmicas do clima, cuja influência se manifesta continuamente na forma de calor (extremos de temperatura), ventilação e umidade. Já a qualidade do ar se expressa pela poluição atmosférica, cuja concentração ou dispersão dependem do tipo de tempo atmosférico dominante em um momento dado. Finalmente, os impactos meteorológicos que sofre a cidade (como chuvas intensas,

tormentas de neve, furacões e tornados) causam grandes perturbações na circulação e os serviços urbanos (MONTEIRO, 2003).

Dentre as peculiaridades do clima urbano destaca-se a presença das chamadas ilhas de calor urbano – ICU, um fenômeno resultante da urbanização, caracterizado pela intensidade ou magnitude que apresenta a diferença máxima observada, em um momento determinado, entre a temperatura de um ponto da cidade, densamente construído, e outro em seu entorno ou no ambiente rural (AMORIM, 2005).

Na concepção de Corbella & Yannas (2003), o aumento em altura e concentração dos edifícios nos centros urbanos, incrementou a inércia térmica e modificou a velocidade e direção dos ventos; este fato, de conjunto com a expansão das ruas asfaltadas que absorvem mais energia solar, geram ilhas de calor nas áreas urbanas, especialmente entre duas e cinco horas após o pôr do sol, quando ocorre o resfriamento das regiões periféricas da urbe em relação ao núcleo do sistema.

No caso do Brasil, o processo de urbanização desenvolveu-se de forma muito rápida e sem planejamento, especialmente entre as décadas de 1950 e 1980, época em que o intenso êxodo rural, combinado com um alto crescimento populacional, resultaram na multiplicação e crescimento desordenado de grandes centros urbanos no país: somente no período compreendido entre 1940 e 1996 a população brasileira cresceu cerca de quatro vezes (SANTOS e SILVEIRA, 2008), e sua concentração em centros urbanos atingiu 84,35% da população total nos últimos anos (IBGE, 2010).

Simultaneamente com o crescimento demográfico e da urbanização, desde a década de 1960 surgiram preocupações com a queda da qualidade ambiental urbana, estimulando os primeiros estudos relacionados com o clima urbano nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo (DE LIMA et. al., 2012).

No caso da cidade de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, o acelerado desenvolvimento urbano das últimas décadas tem reduzido drasticamente a cobertura vegetal da cidade (substituição da vegetação nativa por construções, calçamentos e pavimentação), provocando alterações na temperatura da superfície terrestre e do ar adjacente.

Portanto o objetivo da pesquisa foi analisar a evolução da ilha de calor na cidade de Cuiabá e possíveis alterações durante o evento El Niño.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Procedimentos metodológicos

Foram analisadas imagens de satélites obtidas por sensores termais nos anos de 1986, 1995, 2005 e 2015. Para a obtenção do mapa temático de evolução das ilhas de calor em Cuiabá foi utilizada a metodologia proposta por (Coelho, 2013), centrada na análise de imagens obtidas pelos sensores térmicos do satélite Landsat, a qual consta de dois procedimentos:

O primeiro deles constituiu na obtenção das imagens dos satélites Landsat 5 – TM (datadas em Agosto/1986; Setembro/1995, e Agosto/2005) e Landsat 8 – OLI (de Agosto/2015); esses meses foram escolhidos para evitar a cobertura de nuvens na região. A composição de bandas em falsa cor foi realizada nas imagens do Landsat 5 – TM para as bandas 3, 4 e 5, enquanto na imagem do Landsat 8 – OLI este processo foi executado para as bandas 4, 5 e 6.

O segundo procedimento constituiu na obtenção da banda termal de ambos os sensores (Landsat 5 – TM, banda 6), (Landsat 8 – OLI, banda 10). Em seguida foi executado o recorte da área de interesse por vetores previamente aplicados no ArcGIS 10.1, seguido do uso dos parâmetros para conversão dos níveis de cinza da imagem (NC) para radiância e, posteriormente, para temperatura em graus Kelvin, fundamentado nas equações a seguir disponibilizadas pelo Serviço Geológico Americano (COELHO, 2013):

Equação 01 – fórmula de conversão para radiância, extraídos dos metadados.

$$L\lambda = ML * Qcal + AL$$

Onde:

$L\lambda$: Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μ m);

ML: Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04;

AL: Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000;

Qcal: Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Equação 02: Elementos e valores da constante de calibração, extraídos do metadados, em graus Kelvin

$$T = \frac{k2}{\ln\left(\frac{k1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Onde:

T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K);

K2: Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K);

K1: Constante de calibração 1 = 774.89 (K);

L λ : Radiância espectral em Watts/(m² sr μ m).

Após a obtenção dos valores da temperatura de superfície em graus Kelvin, se faz a conversão para graus Celsius (°C) representado-se no raster (COELHO, 2013). Sobreposto o raster da temperatura e aplicado transparência de 50% sobre o raster RGB (composição colorida), pode-se identificar em quais feições urbanas aparece uma maior concentração de aquecimento superficial.

Temperatura e Precipitação

Os dados de precipitação e temperatura da cidade de Cuiabá foram coletados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). E depois utilizou-se os dados com casos completos, eliminando os anos que têm falhas. Portanto, utilizou-se as séries de precipitação de 1998 até 2007 e 2012 até 2016 e de temperatura de 1998 até 2004 e 2013 até 2016. Toda a série temporal, seja ela de modelo aditivo ou multiplicativo, tem como componentes a tendência, sazonalidade e componente aleatório.

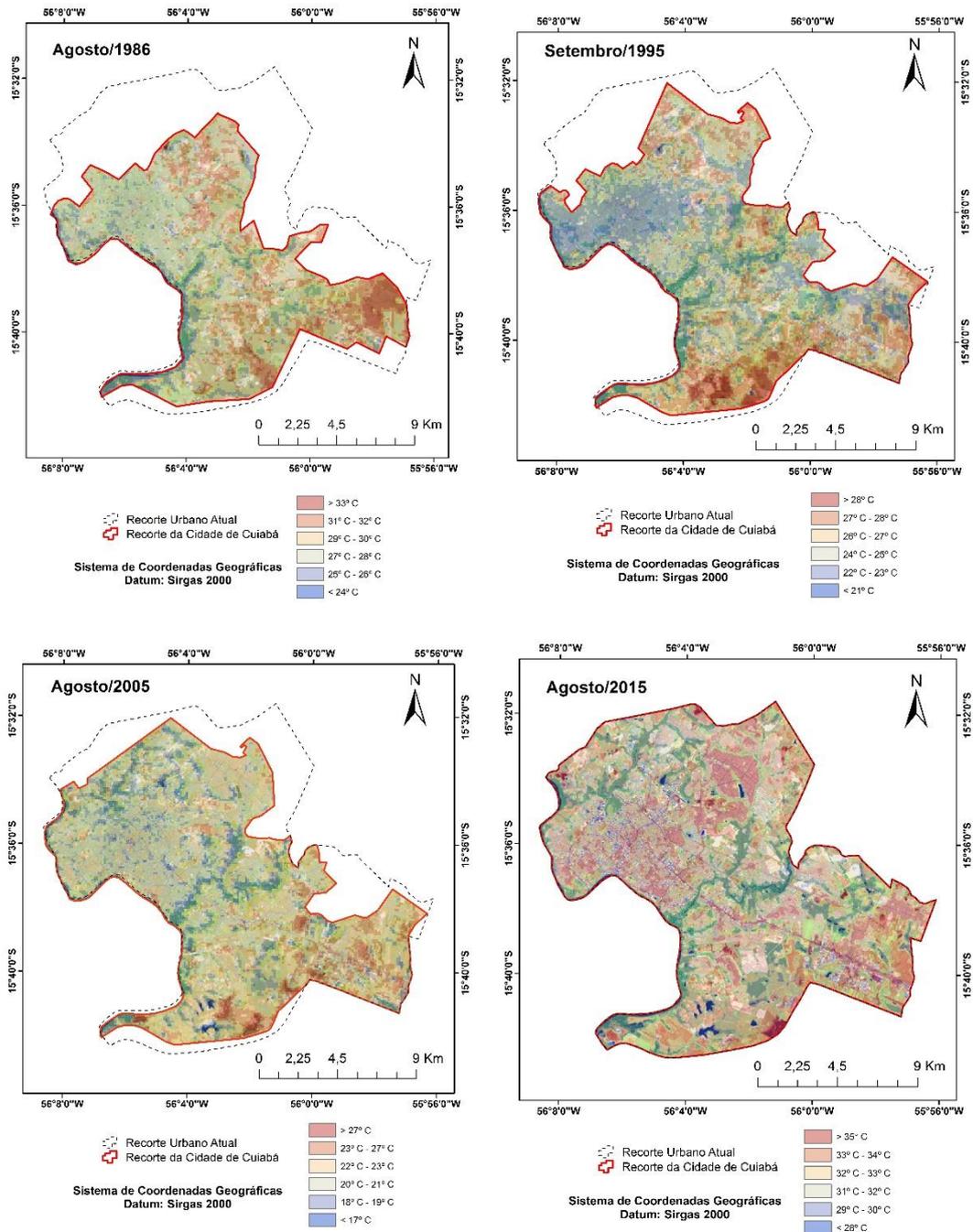
Com os dados sem falhas foram realizados testes de tendência e sazonalidade. Para isso, aplicou-se o método de Mann-Kendall para averiguar se os dados possuem tendência, verificando se as observações das séries são independentes e identicamente distribuídas. Além da tendência, outro componente de uma série é a sazonalidade, para verificar a sazonalidade foi utilizado o teste de Fisher (MORETTIN E TOLOI, 2006).

Para averiguar da diferença entre os níveis da série com o El-Niño e sem o El-Niño devido ao tamanho da série temporal e zeros, aplicou-se o método de Wilcoxon Mann-Whitney pareado, comparando as medianas dos anos para a precipitação e temperatura. O software utilizado para os testes foi o R Core Team 3.4.1 (2017), com a função `wilcoxon.test` e com a `mkt.test` do pacote `trend`.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para observar os efeitos da evolução urbana de Cuiabá na formação e expansão de ilhas de calor urbanas, foram analisadas imagens satelitais obtidas por sensores termais nos anos de 1986, 1995, 2005 e 2015. O resultado se sintetiza no mapa temático a seguir:

Figura 1 – Evolução da Ilha de Calor na cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1986, 1995, 2005 e 2015.



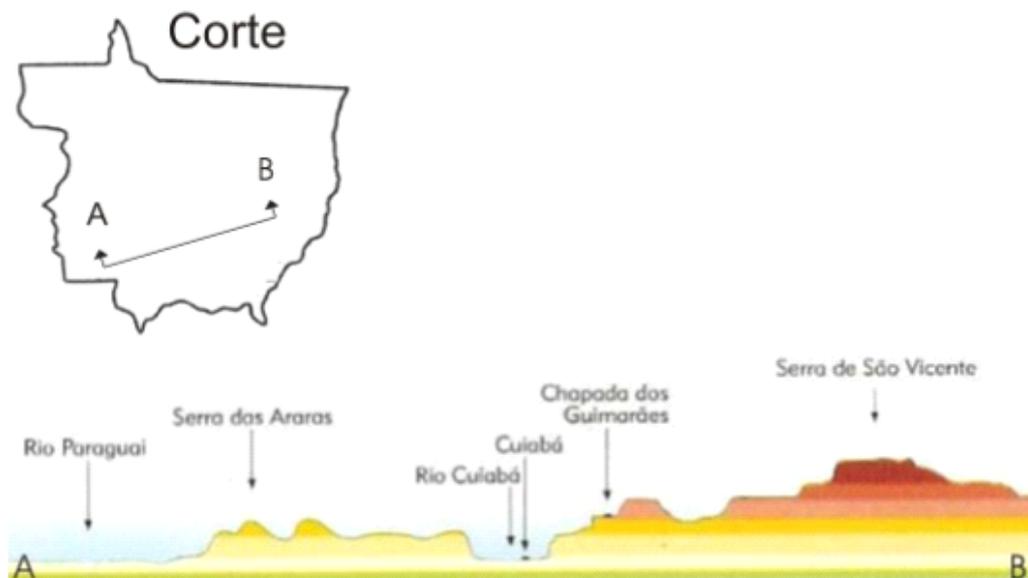
Observa-se que nos anos em que a urbanização era menos densa, existiam apenas pontos com temperaturas mais elevadas na região Sul da cidade, onde localiza-se o distrito industrial;

entretanto, com o passar dos anos a cidade tem se tornado mais quente. Neste sentido, é possível perceber, no ano de 2015, a existência de diversos outros pontos de altas temperaturas espalhados pela cidade, além do já estudado neste trabalho.

Para MAITELLI (1994), o crescimento urbano em Cuiabá-MT influenciou o aumento da temperatura mínima média, com tendência de elevação de 0,073 °C por ano analisado com dados do período de 1970 a 1992, época que coincide com um crescimento populacional mais intenso.

A cidade de Cuiabá, apresenta algumas características geo-topográficas (Fig.2) que determinam seu quadro climático urbano, como por exemplo sua localização em área tropical continental, sem influência marítima, onde foi identificada grande interferência do solo urbano no aumento da temperatura do centro da cidade. Outra característica é o fato de a zona urbana estar situada em uma depressão relativa que faz com que a frequência e velocidade média dos ventos sejam extremamente baixas, diminuindo o efeito das trocas térmicas por convecção e destacando ainda mais a ação do ambiente urbano sobre a temperatura do ar (Duarte e Serra, 2003, p. 11).

Figura 2 – Perfil topográfico de Mato Grosso.



Fonte: Moreno et al., 2005.

Os ventos predominantes em Cuiabá estão na direção norte e noroeste (CUIABÁ, 2004). De acordo com Campelo Jr., et al. (1991) em Cuiabá, a direção predominante dos ventos é N e NO durante boa parte do ano e Sul no período de inverno. As condições de ventilação do local onde a cidade está posicionada são em grande parte influenciadas pelas características do relevo

que a circunda, entretanto ocorrem rajadas de vento apesar de a maior parte do ano ocorrer ventos fracos.

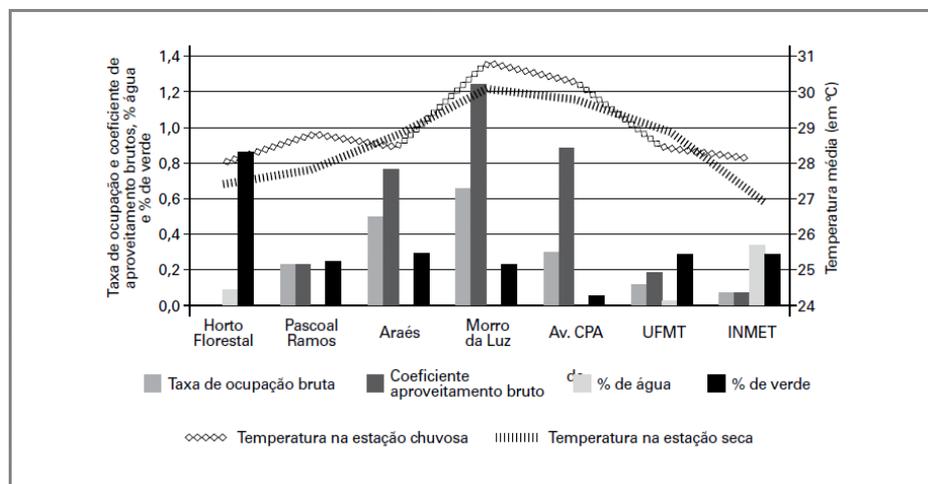
Uso e ocupação do solo *versus* microclima urbano em Cuiabá

Cada cidade é composta por diferentes microclimas, fenômenos similares que podem caracterizar o mesoclima urbano existente, em menores proporções por toda a cidade, como, por exemplo, pequenas ilhas de calor, diferenças locais na intensidade dos ventos e bolsões de poluição atmosférica (BENINI e MARTIN. 2010).

Por causa das insuficiências no planejamento, a cidade de Cuiabá possui características que propiciam a modificação climática em seu interior, produzindo condições atmosféricas locais distintas das encontradas nas áreas periféricas e/ou vizinhas. Por exemplo, as feições de organização urbana, próprias de cada momento de sua história, mostram uma grande variedade de padrões de ocupação. Neste sentido, aliado ao incremento populacional, ela foi se modernizando e adequando-se às suas novas funções, como demonstrado no aglomerado urbano Cuiabá – Várzea Grande que, de acordo com estimativa do IBGE (2016), conta com uma população de 849.083 habitantes.

Um estudo de Duarte e Serra (2003), aponta as diferenças térmicas entre variados pontos localizados na cidade de Cuiabá, correlacionando fatores oriundos da ocupação humana e a cobertura de água e vegetação. Os referidos pontos foram tomados na perspectiva dos elementos apontados por Monteiro no S.C.U. (1976).

Gráfico 1 – Taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, percentagem de superfícies d'água e de arborização brutas *versus* média das temperaturas registradas às 8 h, 14 h e 20 h durante as estações seca e chuvosa.



Fonte: Silva (2008), adaptado de Duarte & Serra (2003, p. 13).

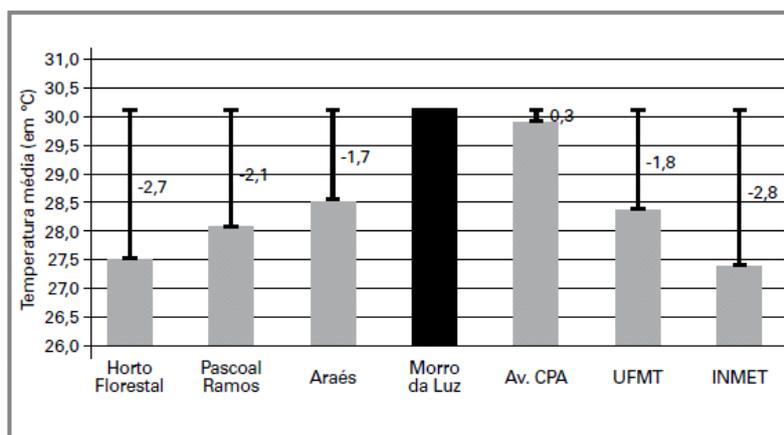
Observa-se que a relação Vegetação x Urbanização é intrínseca ao desenvolvimento do clima urbano. No ponto mais crítico (Morro da Luz, região central de Cuiabá), encontram-se os maiores valores de temperatura para os períodos chuvoso e seco. Por outro lado, os menores valores de temperatura são observados no Horto Florestal e no INMET, por apresentarem maior cobertura vegetal. A região central apresenta as maiores temperaturas devido à densa edificação e ao asfalto, que possuem maior capacidade de absorção de radiação do que a vegetação, e emitem maior radiação na forma de calor, o que pode explicar a elevação da temperatura. Na visão de Maitelli (2005):

O principal processo da vegetação como regulador do clima é o da evapotranspiração, que consiste na evaporação da água livre e na transpiração das plantas que ao retirar água do solo pelas raízes e depositar esta no ar na forma de vapor pela abertura estomática das folhas contribui para a umidade do ar (MAITELLI, 2005, p. 241).

Nesse sentido, as plantas diminuem a quantidade de radiação líquida disponível na atmosfera para aquecer o ar. Ao desempenhar um papel regulador higrotérmico (temperatura e umidade), a vegetação estabelece uma relação direta com o microclima. Em outra instância, a vegetação também funciona como regulador da entrada de radiação solar na superfície urbana através do sombreamento e atua como moderadora na direção e velocidade dos ventos (FERREIRA, 2010).

No segundo gráfico pode-se observar a diferença de temperatura entre o ponto mais quente e o mais ameno. De acordo com o estudo realizado, este fato se dá devido a disponibilidade de árvores e superfície aquosa para obter uma temperatura mais amena e densidade urbana para obtenção de temperaturas mais elevadas.

Gráfico 2 – Médias das temperaturas registradas às 8h, 14h e 20h, na estação de estiagem (agosto de 1998) e de chuva (janeiro/fevereiro de 1999), e as diferenças médias de temperatura em relação ao caso mais crítico, o Morro da Luz.



Fonte: Silva (2008), adaptado de Duarte & Serra (2003, p. 13).

Na situação do Morro da Luz, onde localiza-se a maior ilha de calor em Cuiabá, ainda que possua boa arborização, verifica-se uma temperatura média acima dos 30°C nas duas estações analisadas. Em contrapartida no Horto Florestal, local que representa as condições climáticas regionais e de pouca intervenção climática urbana, observa-se uma diferença média de 2,7°C em relação a temperatura máxima registrada.

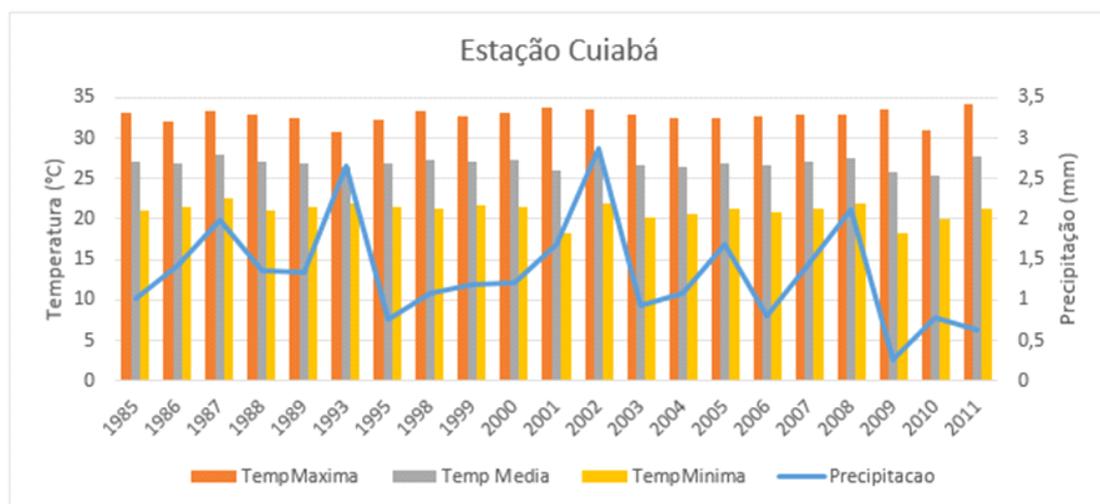
Embora o Morro da Luz possua boa arborização, ele está localizado em uma região com intensa ocupação humana, construções e asfalto, o que os autores chamam de “coeficiente de aproveitamento bruto”, o que não acontece no Horto Florestal por estar em uma região periférica ao centro da cidade e ter o rio Coxipó dentro de seus limites, bem como ressalta Maitelli et. al. (2004):

A atmosfera da cidade torna-se mais aquecida, tanto devido à presença de material particulado (poeira, fuligem), liberação de gases (CO₂, CO e outros), provenientes de veículos e indústrias como pela liberação de calor armazenado no tecido urbano (MAITELLI et al., 2004, p. 2).

De modo geral nota-se que, no período compreendido entre 1985 e 2011, a cidade tem apresentado uma tendência geral de diminuição em sua precipitação, acompanhada de um pequeno aumento da temperatura (Gráfico 3). Neste período foram registrados picos de precipitação (o maior deles ocorreu em 2002) e de temperatura (no ano de 2011).

As médias das temperaturas máximas variam de 30°C a 34°C, onde pode-se observar que no ano de 2011 quando a cidade atingiu a média mais alta registrada, atingiu também a menor média de precipitação em todo o período analisado.

Gráfico 3 – Médias anuais de precipitação e temperaturas (máxima, média e mínima) de Cuiabá, entre 1985 e 2011.



Fonte: INMET, 2016.

Análise estatística da influência do fenômeno climático El Niño em Cuiabá

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), desde o ano de 1997 até 2010, foram registradas seis ocorrências do El Niño sendo que, destes, o evento ocorrido no biênio de 1997/1998 foi classificado com *Forte*, e os de 2002/2003, 2004/2005, 2006/2007 e 2009/2010 foram classificados como *Moderados*.

Em estudo realizado por Oliveira, et al. (2015), acerca da correlação entre a variação do NDC (Número de Dias de Chuva) no Estado do Mato Grosso com a intensidade do Índice Oceânico Niño (ION) sob a influência do El Niño, foi constatado que não houve efeitos evidentes no NDC de Mato Grosso em períodos de ocorrência do evento. Todavia, em nenhum momento foram analisados a temperatura média compensada mensal e a precipitação total por mês.

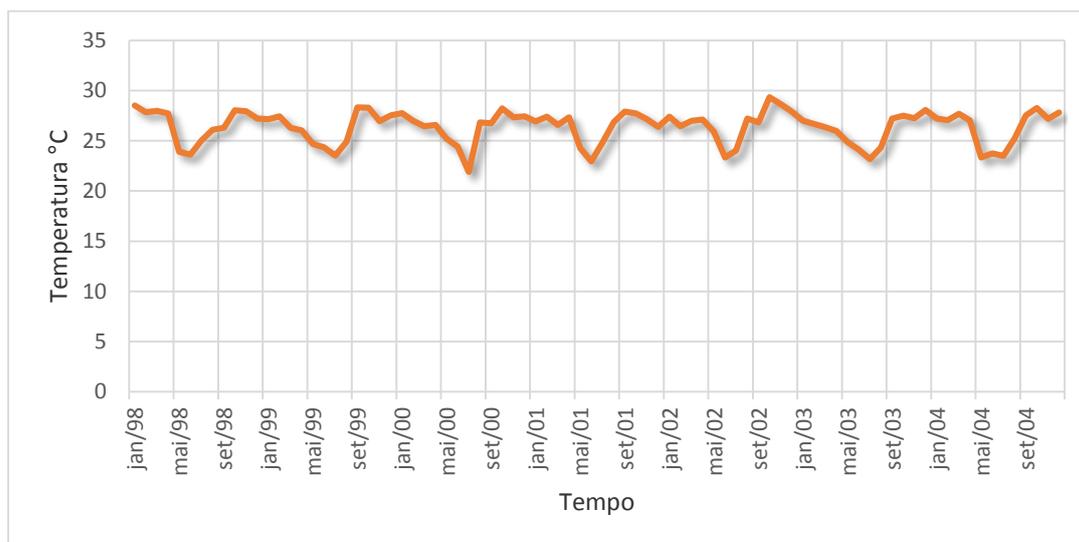
De acordo com Sette e Tarifa (2002. p. 53), o estado de Mato Grosso encontra-se em uma área de interação entre os sistemas atmosféricos intertropicais com os extratropicais, que atingem a região central (com características modificadas/ tropicalizadas), como as frentes, anticiclones e cavados de altitudes.

Neste sentido, quando se observam estes dados é possível verificar discrepâncias de temperatura e precipitação entre anos que houve ocorrência de El Niño e aqueles em que o evento não ocorreu. Por outro lado, de acordo com Nimer (1989), a região Centro-Oeste do Brasil, devido à sua localização latitudinal, caracteriza-se por ser uma região de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos de tipo temperado das latitudes médias; em outras palavras, segundo este autor, mesmo em períodos de El Niño, esta região pode apresentar pouca variação climática (TARIFA, 1998).

No gráfico 4, observa-se a série histórica da temperatura em Cuiabá entre 1998 e 2004, com sua tendência e sazonalidade (obtidos através dos testes estatísticos de Mann-Kendall para tendência e de Fisher para sazonalidade), não apresentado diferença aparente entre os anos com El-Niño e sem El-Niño.

Inicialmente realizou-se o teste de tendência, em que não foi rejeitada a hipótese nula (p-valor 0,69), portanto não há tendência, o que possibilita que possamos utilizar algum método de comparação entre os anos, pois não há mudanças de níveis.

Gráfico 4 - Temperatura média mensal de janeiro de 1998 até dezembro de 2004 em Cuiabá.



Fonte: INMET, 2016.

Verificou-se, pelo teste de Fisher, que a série possui sazonalidade, pois o p-valor ficou abaixo de 0,05, rejeitando a hipótese nula, o que pode indicar que há possibilidade de usar o teste pareado (em que a ordem dos meses importa), verificando-se que houve alteração significativa nos pares de meses.

Então, executou-se o teste de Wilcoxon e Mann-Whitney, verificando se o El-Niño pode ter alterado nos valores medianos dos anos, já que não há tendência significativa. Obteve-se os valores do Quadro 1:

Quadro 1 - P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando a temperatura de 1998 a 2004.

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1998	-	0,267	0,424	0,204	0,910	0,077	0,110
1999	-	-	0,622	0,910	0,176	0,151	0,970
2000	-	-	-	0,791	0,110	0,301	1,000
2001	-	-	-	-	0,204	0,380	0,850
2002	-	-	-	-	-	0,034	0,301
2003	-	-	-	-	-	-	0,233
2004	-	-	-	-	-	-	-

O Quadro 1 compara a mediana dos anos, sendo que o fenômeno do El-Niño ocorreu em 1998 e de 2002 a 2004. Apenas o ano de 2002 em relação a 2003, considerando o nível de significância de 0,05, foi rejeitada a hipótese nula de que as medianas são iguais. Portanto, não

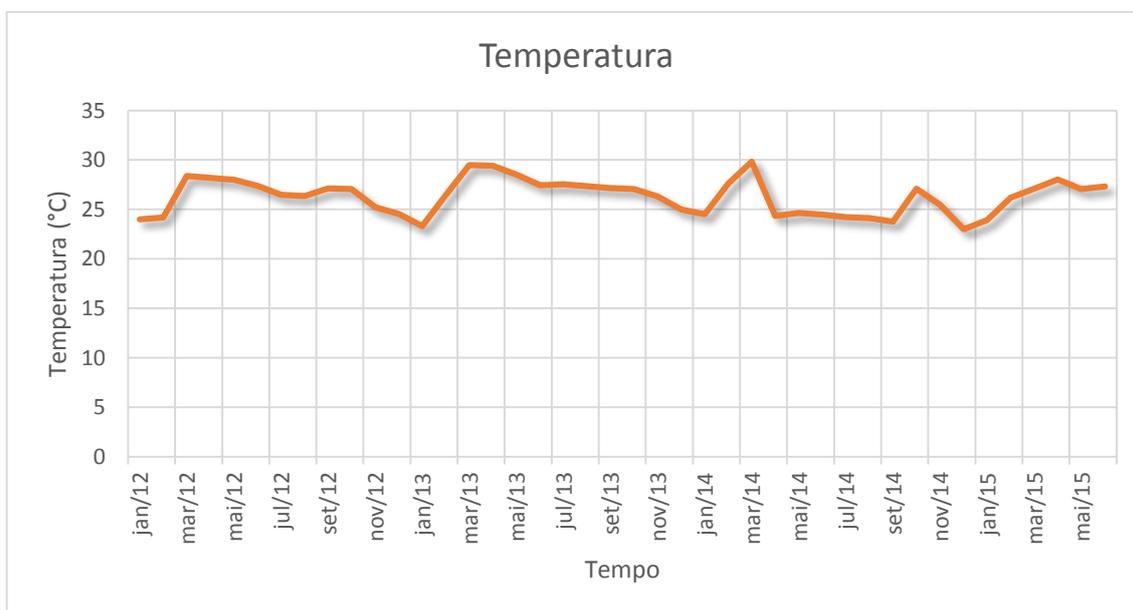
houve diferença entre os anos de ocorrência ou não do fenômeno El-Niño, mostrando que o mesmo não alterou significativamente a temperatura.

Além de comparar os anos que tiveram ou não o El-Niño, também foi separado em dois conjuntos de dados, o da temperatura com El-Niño e sem El-Niño, obteve-se o p-valor de 0,9133, indicando que não há diferença significativa dos dados com os meses que o El-Niño estava presente.

Condições climáticas em Cuiabá durante o período analisado

Foi analisada a série histórica da temperatura em Cuiabá de julho de 2013 até 2016, para a verificação da tendência e sazonalidade, onde considerou-se os anos em que houveram El Niño e anos em que não houve o evento. A partir disso tem-se o resultado de não haver tendência e sazonalidade, o que pôde ser provado pelos testes de Mann-Kendall para tendência e de Fisher para sazonalidade. Não apresentou diferença aparente entre os anos com El-Niño e sem El-Niño.

Gráfico 5 - Temperatura média mensal de julho de 2013 até dezembro de 2016 em Cuiabá.



Fonte: INMET, 2016.

Realizou-se o teste de tendência, em que não foi rejeitada a hipótese nula (p-valor 0,12), portanto não há tendência, o que possibilita a utilização de algum método de comparação entre os anos, pois não há mudanças de níveis. E pode ser considerado um indício que o El Niño não interferiu no aumento ou queda da temperatura.

Verificou-se pelo teste de Fisher que a série possui sazonalidade, pois o p-valor ficou acima de 0,05 não rejeitando a hipótese nula, o que pode indicar que a possibilidade do teste não ser pareado (em que a ordem dos meses importa), assim, verifica-se se houve alteração significativa nos pares de meses. Neste sentido, executou-se o teste de Wilcoxon e Mann-Whitney, verificando se o El-Niño pode ter alterado nos valores medianos dos anos, uma vez que não há tendência significativa:

Quadro 2 - P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando os anos completos da temperatura de 2014 a 2016.

Ano	2014	2015	2016
2014	-	0,630	0,175
2015	-	-	0,204
2016	-	-	-

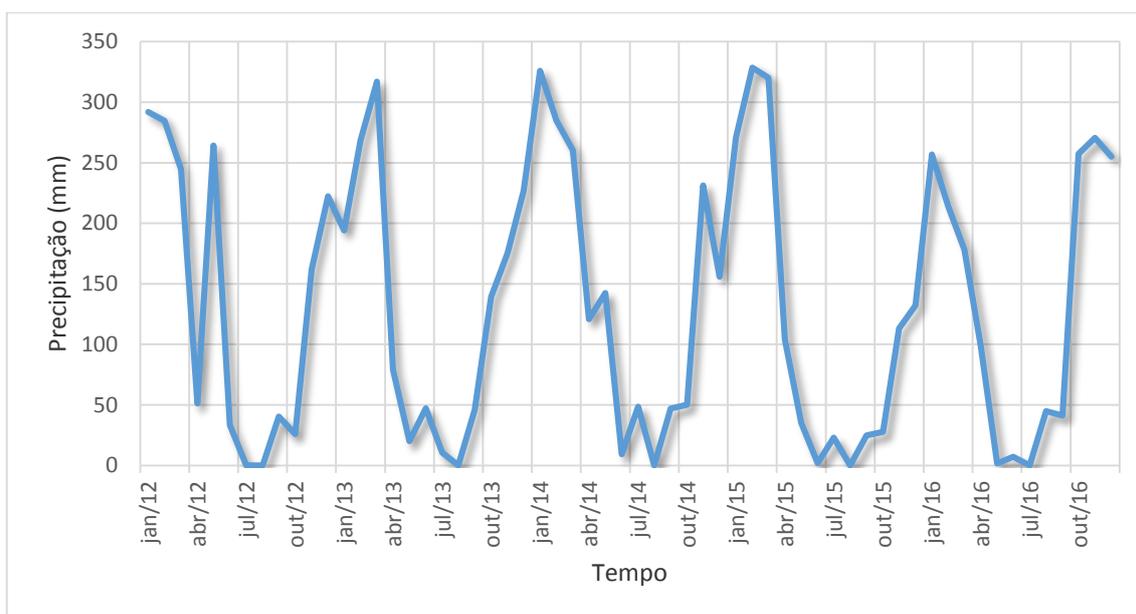
O Quadro 2 compara a mediana dos anos, em ambos casos não houve a rejeição da hipótese nula. Sendo assim, entre os anos que ocorreram e não ocorreram El-Niño não houve diferença. Mostrando que o El-Niño não alterou significativamente a temperatura.

Além de comparar os anos que tiveram ou não o El-Niño, também foi separado em dois conjuntos de dados, o da temperatura com El-Niño e sem El-Niño, obteve-se o p-valor de 0,06, logo não há diferença significativa dos dados com os meses que o El-Niño estava presente.

A precipitação em Cuiabá tem, aparentemente, maior oscilação que a temperatura média mensal (Gráfico 6). Tendo ausência de tendência e possivelmente presença de sazonalidade. Essa observação pôde ser confirmada pelos testes. Além disso, observa-se que não houve modificação no comportamento da série nos anos que houve El-Niño para os anos que não houve.

Assim como os testes de tendência da temperatura, a precipitação em Cuiabá ao longo de 2012 até 2016, não obtiveram tendência significativa de acordo com o teste de Mann-Kendall, que registrou o p-valor de 0,5. E para a periodicidade, o teste de Fisher indicou que há sazonalidade, uma vez que o p-valor (3×10^{-5}) foi menor que 0,05, rejeitando a hipótese nula de não sazonalidade do dado.

Gráfico 6 - Precipitação total mensal de janeiro de 2012 até dezembro de 2016 em Cuiabá.



Fonte: INMET, 2016.

Quadro 3 – P-valor do teste de Wilcoxon e Mann-Whitney comparando a precipitação de 2012 até 2016.

Ano	2012	2013	2014	2015	2016
2012		0,563	0,398	0,6891	0,9645
2013			0,657	0,6248	0,6221
2014				0,1424	0,5693
2015					0,7334
2016					

O Quadro 3 apresenta os p-valores obtidos no teste de Wilcoxon e Mann-Whitney, considerando o nível de significância de 0,05, nos anos comparados não há diferença entre os níveis da série. Assim, o El-Niño não alterou significativamente a série. Também foi feita a comparação do grupo de meses que ocorreu o El-Niño e do grupo que não ocorreu, o p-valor obtido foi de 0,22, portanto, ao nível de significância de 0,05, não houve diferença.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Cuiabá, como área de estudo, retrata a imagem de grande parte das cidades brasileiras que se desenvolvem sem uma efetiva preocupação com os sistemas naturais que lhes servem de sustentação. Assim, os resultados deste trabalho podem auxiliar à gestão municipal

na geração de projetos de melhoria em conforto térmico que atendam as mudanças climáticas locais derivadas da urbanização.

Em contrapartida a outras pesquisas desenvolvidas, o evento El niño analisado não causou considerável interferência no clima local e nas ilhas de calor. Contudo, é importante a realização de outras pesquisas sobre este assunto na Cidade de Cuiabá. Dessa forma ter-se-á um quadro com mais dados que apontem a relação entre as alterações no clima local e as mudanças climáticas.

Trabalho enviado em Janeiro de 2018
Trabalho aceito em Abril de 2018

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M. C. de C. T. **Ilhas de calor em Birigui/SP**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, n. 1. 2005. p. 121-130.

BARGOS, D. C. **Mapeamento e Análise das Áreas Verdes Urbanas como Indicador da Qualidade ambiental Urbana: estudo de caso de Paulina/SP**. Tese (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas/SP, 2010. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/geog/et/acervo/teses/Mapeamento%20e%20Análise%20Danubia.pdf>. Acesso em: 11 de abril de 2015.

BENINI, S. M.; MARTIN, E. S. **Decifrando as áreas verdes públicas**. Formação (Online), v. 2, n. 17, 2010.

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.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. **Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/LANDSAT-8: metodologia e aplicações**. In: Revista Geografia Acadêmica. v.7. n.1. p. 31-45. 2013.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos: conforto ambiental**. 2. ed. Revan: Rio de Janeiro, 2003. 308p.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. **Perfil socioeconômico de Cuiabá**. Vol.II - Cuiabá: IPDU/AS&M/Central de Texto, 2004. 405 p.

DE LIMA, Nathan R.; PINHEIRO, Gabriela M.; MENDONÇA, Francisco. **Clima urbano no Brasil: análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro**. Revista GEONORTE, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.626 – 638, 2012.

DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 7-20, abr./jun. 2003.

FERREIRA, Z. de M. **Áreas verdes urbanas de Cuiabá/MT: uma análise da distribuição espacial e das principais funções**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, 2010. 117 f.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 de novembro de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2011. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 março 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (MAPA). Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep> Acesso: out. 2016.

MAITELLI, G. T. **Interações atmosfera-superfície. Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, p. 238-249, 2005.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT**. São Paulo, FFLCH-USP, 1994. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994.

MAITELLI, G. T.; CHILETTO, E. C.; JUNIOR, N. L. A. CHILETTO, R. **Intensidade da ilha de calor em Cuiabá/MT, na estação chuvosa.** In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais. Fortaleza/CE: UFC, 2004.13p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano.** 1976. 181f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano.** In: Monteiro, C. A. F.; Mendonça, Francisco (Orgs.). Clima Urbano. Contexto: São Paulo, 2003. 192p.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de series temporais.** 2ª edição – São Paulo: Edgard Blucher. 2006.

MUNIZ, F. G. L.; CARACRISTI, I. **Urbanização, conforto térmico e análise sazonal microclimática da cidade de sobral (CE).** Revista Casa da Geografia de Sobral. Sobral/CE, v. 17, n. 1, p. 4-17, mar. 2015.

OLIVEIRA, N. de L.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, R. G. **Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso.** Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM, Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 n. 4 set-dez 2015, p. 284-297.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI.** 11 eds. Rio de Janeiro: Record, 2008.

SETTE, D. M. TARIFA, J. R. **O El Niño 97/98, ritmo e repercussão na gênese dos climas no Mato Grosso (Brasil).** GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, nº 11, p. 51-67, 2002. Disponível em: http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/Geousp/Geousp11/Geousp11_Sette_Tarifa.HTM
Acesso em: 06 jun. 2017.

TARIFA, J. R. Cadernos de Climatologia. In: **Diagnóstico sócio-econômico-ecológico do Estado de Mato Grosso.** Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso - SEPLAN - Cuiabá, MT, 1998.