

COMPARAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA PÓS INTERVENÇÕES URBANAS EM CUIABÁ-MT

Diana Carolina Jesus de Paula (1); Natallia Sanches e Souza (2); Soneize Auxiliadora de Miranda (3); Marcos Oliveira Valin Jr. (4); Geraldo Aparecido Rodrigues Neves (5); José de Souza Nogueira (6); Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira (7); Flávia Maria de Moura Santos (8)

(1,2,3) Doutorandos, arqdiana.paula@gmail.com, Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, UFMT
(4, 5, 6, 7 e 8) Doutores, Professores, flavia_mms@hotmail.com, Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, UFMT

RESUMO

Em meios urbanos, a relação entre temperatura e umidade relativa do ar sofre interferência das características do recinto urbano. Se as superfícies que formam o recinto armazenam e irradiam muito calor, eleva-se a temperatura local e decresce a umidade relativa. Cuiabá-MT foi eleita uma das sub-sedes para a Copa de 2014, com isso o município passou por diversas obras, com alteração de cobertura do solo, sendo observado aumento no uso de materiais que impermeabilizaram o solo. O objetivo desta pesquisa foi relacionar as intervenções urbanas ocorridas no município com o microclima em 19 pontos fixos da cidade. A coleta de temperatura do ar e umidade relativa do ar consistiu na utilização do método de transecto móvel noturno utilizando um veículo automotor, passando pelos pontos fixos, estabelecidos pelas diferenças de revestimento do solo. Foram gerados mapas temáticos empregando o método de classificação supervisionada, através da técnica MAXVER (máxima semelhança), obtendo as porcentagens referentes a cada classe de interesse. Desta maneira, corroborando com pesquisas anteriores o método de transecto móveis mais uma vez revelou-se eficiente, bem como a metodologia MAXVER para a classificação do revestimento do solo, contribuindo para as análises dos resultados entre as intervenções urbanas e os dados termohigrométricas em escala microclimática, nesta pesquisa. Por meio da comparação termohigrométrica observou-se que o ponto mais aquecido e seco em todas as estações em 2011-2012 foi P9 e a estação mais aquecida foi a primavera. Contudo, em 2016 o ponto mais aquecido e seco em todas as estações foi P15 e a estação do inverno foi evidenciada como a mais seca e quente. Apesar das temperaturas do ar terem sofrido diminuição em 2016, notou-se que houve aumento na média da amplitude térmica entre os pontos que sofreram influência direta relacionada as intervenções urbanas, passando de 0,08°C em 2011-2012 para 0,66°C em 2016. A umidade relativa do ar apresentou queda de 5,16% em relação a 2011-2012 nestes mesmo pontos, principalmente em áreas com diminuição considerável de cobertura permeável, com destaque para vegetação arbórea. Corroborando com estudos que evidenciam a eficiência de áreas arborizadas na melhoria da umidade relativa do ar. Destaca-se ainda que as alterações realizadas no município, com mudança de revestimento do solo passando de permeável para impermeável, influenciaram de forma considerável em escala microclimática nos pontos de estudo no município de Cuiabá-MT pós Copa de 2014.

Palavras-chave: clima urbano, uso do solo, planejamento urbano

ABSTRACT

In urban environments, the relationship between temperature and relative humidity is influenced by the characteristics of the urban area. If the surfaces forming the enclosure store and radiate too much heat, the local temperature rises and the relative humidity decreases. Cuiabá-MT was elected one of the sub-seats for the 2014 world cup, with this the municipality underwent several works, with alteration of the ground cover, being observed an increase in the use of materials that waterproofed the soil. The objective of this research was to relate the urban interventions that occurred in the municipality with the microclimate in 19 fixed points of the city. The collection of air temperature and relative air humidity consisted of the use of the nocturnal mobile transect method using a self-propelled vehicle, passing through the fixed points, established by differences in soil cover. Thematic maps were generated employing the supervised classification method, using the MAXVER technique (maximum similarity), obtaining the percentages referring to each interest class. In this way, corroborating previous researches the mobile transect method was once again efficient, as well as the MAXVER methodology for the classification of the soil cover, contributing to the analysis of the results between the urban interventions and the thermohygrometric data in microclimatic scale, in this research. By means of the thermohygrometric comparison it was observed that the hottest and driest point in all seasons in 2011-2012 was P9 and the warmest season was spring. However, by 2016 the hottest and driest point in all seasons was P15 and the winter season was evidenced as the driest and hottest. Although air temperatures declined in 2016, there was an increase in the mean of the thermal amplitude between points that had a direct influence related to urban interventions, from 0.08 ° C in 2011-2012 to 0.66 ° C in 2016. The relative humidity of the air presented a fall of 5.16% in relation to 2011-2012 in these same points, especially in areas with considerable decrease of permeable cover, with emphasis on tree vegetation. Corroborating with studies that demonstrate the efficiency of wooded areas in the improvement of the relative humidity of the air. It should also be noted that the changes made in the municipality, with a change of soil cover from permeable to impermeable, had a considerable influence on the microclimatic scale at the points of study in the city of Cuiabá-MT after the 2014 World Cup.

Keywords: Urban climate, use of the soil, urban planning.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil em 2014 sediou a Copa do Mundo de futebol com 12 cidades como sub-sedes, as quais realizaram a construção de arenas multiuso, obras de mobilidade urbana para implantação de sistema de transporte coletivo alternativo. Cuiabá-MT foi eleita uma das sub-sedes, com isso o município passou por diversas obras, com alteração de cobertura do solo, relacionado ao aumento de áreas pavimentadas, área de solo exposto, diminuição de áreas verdes, sendo observado aumento no uso de materiais que impermeabilizaram o solo como, o concreto e o asfalto nas diversas construções.

As trocas de energia que afetam diretamente os moradores da cidade ocorrem na camada intraurbana, a natureza das superfícies e a forma das diversas estruturas afetam e condicionam essas trocas de energia (GIVONI, 1989).

Conseqüentemente, há alteração dentro da área urbana no que se refere ao balanço de energia, com o aumento da absorção da radiação solar, baixo albedo dos materiais de construção e cobertura. Em virtude da verticalização das cidades, bem como através da emissão de calor antropogênico e cobertura do solo, com a redução da evapotranspiração devido a diminuição da cobertura vegetal e extensão das superfícies impermeabilizadas nas áreas urbanas, elevando a temperatura do ar e a diminuição da umidade relativa do ar associada ao fenômeno de ilhas de calor, especialmente em cidades de clima tropical.

O fenômeno mais representativo das modificações que contribuem para o armazenamento de calor durante o dia na cidade, devido as propriedades térmicas e caloríficas dos materiais de construções e sua devolução para a atmosfera a noite é a ilha de calor (SANTOS et al., 2014). Com o crescimento das cidades, as ilhas de calor tendem a ficar mais intensas, pois há diminuição de área com vegetação e aumento de área edificada (GARTLAND, 2010).

Em investigação dos efeitos da urbanização na temperatura e umidade do ar através do

balanço de energia na cidade de Cuiabá-MT, observa-se altas taxas de calor armazenado no centro urbano, explicando o fenômeno de ilhas de calor e do regime de umidade na cidade (MAITELI, 1994 apud ASSIS, 2005).

Katzschner (1997) propõe uma integração entre as escalas climáticas e as do planejamento urbano como meio de viabilizar as relações do clima urbano com o planejamento. Desta maneira, é necessário o conhecimento sobre as características urbanas, referente às mudanças térmicas associada ao uso de materiais que recobrem o solo que possui a capacidade de modificar os elementos climáticos que compõem a atmosfera local.

A impermeabilização do solo exerce forte influência sobre o comportamento térmico de um ambiente, principalmente as áreas cobertas com pavimento asfáltico, que absorvem consideravelmente maior quantidade de radiação solar (BORGES e PEREIRA, 2010).

Em estudo realizado na região do porto na Cidade de Cuiabá-MT foi observada maiores temperaturas e menores umidades relativas médias do ar no período noturno em todas as estações do ano, devido à ação antrópica, uso e ocupação do solo e área construída, posto que há uma liberação do calor absorvido pela superfície edificada (FRANCO, 2012).

2. OBJETIVO

O Objetivo desta pesquisa foi relacionar as intervenções urbanas ocorridas no município de Cuiabá-MT em 19 pontos fixos. Comparando as variáveis climáticas, temperatura do ar e umidade relativa do ar e sua relação com o revestimento do solo antes e pós intervenções urbanas em escala microclimática

3. MÉTODO

Neste item será descrito a área de estudo e a metodologia utilizada para a realização desta pesquisa.

3.1. Área de Estudo

Cuiabá está situada na região Centro Oeste do Brasil com 15°35'46" de latitude Sul e 56°05'48" de longitude Oeste, com altitude média inferior a 200m acima do nível do mar. O perfil climático é o tropical continental semi-úmido do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen-Geiger, com quatro a cinco meses secos (maio a setembro) e máximas diárias de temperatura que oscilam entre 30°C e 36°C, apresentando duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão) (SANTOS, 2013).

Para a comparação das condições termohigrométricas foi utilizada a escala microclimática. Tendo início no ponto 01 finalizando no ponto 19, totalizando 19 pontos fixos, com dados de 2011-2012 (SANTOS, 2012) e coleta em 2016, isto é, antes e pós intervenções intraurbanas em Cuiabá-MT nas quatro estações do ano, ver Figura 1.



Figura 1 – Localização dos 19 pontos fixos na cidade de Cuiabá-MT em 2011-2012 e 2016.

3.2. Metodologia

A metodologia para a coleta de temperatura do ar e umidade relativa do ar consistiu na utilização do método de transecto móvel noturno utilizando um veículo automotor, passando por 19 pontos fixos na cidade, estabelecidos pelas diferenças de revestimento do solo.

Este método permite avaliar o comportamento da temperatura e umidade do ar em cada intervalo do percurso e cobrir grande parte da área de estudo, por meio de sensores que são normalmente instalados em veículos ou carregados manualmente por uma pessoa ao longo de um trajeto específico do ambiente de estudo. Sendo usualmente utilizada para detalhar a distribuição horizontal das variáveis do clima (ALVES, 2010).

Para as coletas realizadas em 2011 e 2012, utilizou-se um Datalogger de temperatura e umidade do ar da marca Instrutherm, modelo HT-500, denominado sensor (1). Para a coleta de dados realizada em 2016, utilizou-se Datalogger com GPS, modelo GK_V02, denominado sensor (2). Ambos protegidos por abrigo, acoplado na lateral de um veículo, aproximadamente a 2,00m do solo. Simultaneamente, foi utilizado GPS/MAP da marca Garmin, modelo 76Cx, obtendo-se as coordenadas geográficas angular e UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 21, para precisão dos locais de medição dos pontos (SANTOS, 2012).

Os instrumentos foram sincronizados em ciclo de medição de 10 segundos, ou seja, para cada dado de temperatura do ar e umidade relativa do ar obteve-se a coordenada do ponto. A coleta de dados com veículo requer que o tempo gasto entre a medida do ponto inicial e no ponto final do itinerário não ultrapasse uma hora, com velocidade que deve variar entre 30 e 40km/h (ARAÚJO, *et al.*, 2008).

As medições foram realizadas nas quatro estações do ano de 2016 e 2011-2012 (SANTOS, 2012) a partir das 20h, horário que as temperaturas não experimentam mudanças rápidas pela ausência da radiação solar, justamente pela diferença de tempo entre a primeira e a última medida, ver Tabela 1a e 1b.

Tabela 1a – Período de medição por transectos móveis por SANTOS (2012)

Mês	Dia	Estação
Abril/2011	12/19/26	Outono
Mai/2011	09/17/26	Outono
Junho/2011	14/16/21/28	Outono/Inverno
Julho/2011	07/12/21/26	Inverno
Agosto/2011	08/16/29/30	Inverno
Setembro/2011	06/19/25/28	Inverno/Primavera
Outubro/2011	24	Primavera
Novembro/2011	09/23	Primavera
Fevereiro/2012	28	Verão
Março/2012	18/19	Verão

Tabela 1b – Período de medição por transectos móveis em 2016

Mês	Dia	Estação
Março/2016	04/06/18/20	Verão
Mai/2016	11	Outono
Junho/2016	06/11/12	Outono
Julho/2016	12	Inverno
Agosto/2016	06	Inverno
Setembro/2016	10/15	Inverno
Outubro/2016	28/29	Primavera
Dezembro	11/20	Primavera

Na validação do sensor (2) foi utilizado o mesmo modelo de 2011-2012, ou seja, marca Instrutherm, modelo HT-500, ambos protegidos por abrigo. Para os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, foi obtido valor de sig.>0,05 no teste de Levene, admitindo que os dados são homogêneos e que não há diferença significativa entre os grupos.

Para a classificação do revestimento do solo urbano, foram utilizadas imagens de satélite com alta resolução dos anos de estudo, disponibilizadas pelo software Google Earth, estabelecendo um raio de influência de 200m no entorno de cada ponto, segundo metodologia de Oke (2004).

Posteriormente, foram elaborados mapas temáticos utilizando o software ArcGis10.3 (versão teste) empregando o método de classificação supervisionada, através da técnica MAXVER (máxima

semelhança), pois segundo Augusto-Silva et al., (2013) é o método que obteve melhor desempenho, visando o mapeamento do uso e cobertura do solo. Desta maneira, obtendo as porcentagens referentes a cada classe de interesse.

Foram adotadas inicialmente 6 classes temáticas: vegetação arbórea, vegetação paisagística, solo exposto, área pavimentada, área edificada e corpos d'água. Entretanto, afim de facilitar a comparação das variáveis microclimáticas com as intervenções ocorridas, foram adotadas duas classes principais sendo: cobertura permeável (vegetação paisagística e arbórea) e impermeável (área edificada e pavimentada).

Utilizadas como indicativos da distribuição geográfica dos usos através da identificação de padrões homogêneos da cobertura terrestre (IBGE, 2006 apud AUGUSTO-SILVA et al., 2013).

Para análise dos dados, foram feitas planilhas separados por ponto e ano. Contudo, para a comparação fez-se o uso das médias dos registros de temperatura do ar e umidade relativa do ar entre os anos, em todos os pontos nas quatro estações entre os anos de estudo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Dentre os 19 pontos que compreenderam todo o transecto, os pontos que sofreram modificações diretas foram: P5, P9, P11, P12 e P15, com obras relacionadas a mobilidade urbana no que se refere a execução de viadutos, trincheiras, rotatórias e corredores estruturais para o VLT (Veículo Leve sobre Trilhos).

Será apresentado inicialmente a comparação dos dados termohigrométricos, que foram realizados por meio da médias dos registros nos pontos salientados acima, nas quatro estações do ano entre 2011-2012 e 2016.

4.1. Comparação dos dados Termohigrométricos e classificação do revestimento do solo entre 2011-2012 e 2016

O ponto 5, está localizado na entrada do Campus da Universidade Federal de Mato Grosso, pertence a zona de corredor de tráfego 1. Caracterizada por grande fluxo de atividades comerciais, serviços, residencial, fluxo intenso de veículos e pessoas. Fez parte do projeto de trvaessia urbana para a Copa de 2014, com a implantação do Viaduto da UFMT (Universidade Federal de Mato Grosso) e Av. Parque do Barbado. Presença de corpos d' água, através de piscinas e parte do córrego do Barbado, ver Figura 2.

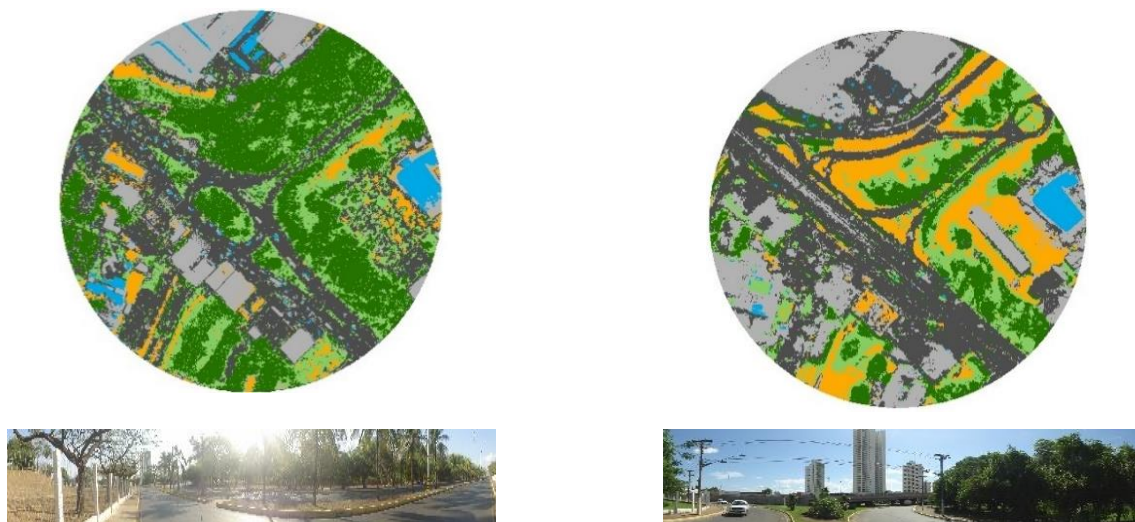


Figura 2 - Ponto 5 (P5) – Mapas temáticos de acordo com o revestimento do solo com raio de 200m de influência em 2012 e 2016 respectivamente

Os mapas temáticos de P5 apontam em 2012: 16,91% de cobertura paisagística, 32,04% de cobertura arbórea, 4,50% de solo exposto, 28,74% de área pavimentada, 14,73% de área edificada e 3,08% de corpos d'água. Já em 2016 os percentuais foram: 13,79% de cobertura paisagística, 12,96% de cobertura arbórea, 14,02% de solo exposto, 33,96% de área pavimentada e 23,36% de

área edificada e 1,91% de corpos d'água.

Com relação a comparação termohigrométrica, em 2012 as estações que registraram as maiores temperaturas neste ponto (P5) foram: inverno com 28,81°C e primavera com 31,26°C. Já em 2016 as estações foram: verão com 28,92°C e inverno com 29,78°C. Contudo, observou-se que a estação do inverno revelou-se como a mais aquecida em ambos os anos de estudo. A média de temperatura do ar no P5, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 28,54°C, e em 2016 foi de 27,38°C.

No que se refere a umidade relativa do ar neste ponto, a estação do inverno registrou os maiores declínios em 2012 quanto em 2016, ou seja, 53,25% e 39,50%, respectivamente. A média da umidade relativa do ar em P5, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 64,74% e em 2016 foi de 60,65%.

O ponto 9, está situado em zona de corredor de tráfego 1, localizado em área que sofreu intervenção urbana para obras de travessia urbana com a construção da Trincheira Santa Rosa. Possui alto fluxo de veículos e pessoas. Presença de atividades comerciais, serviços e residencial do tipo multifamiliar em sua maioria, ver Figura 3.

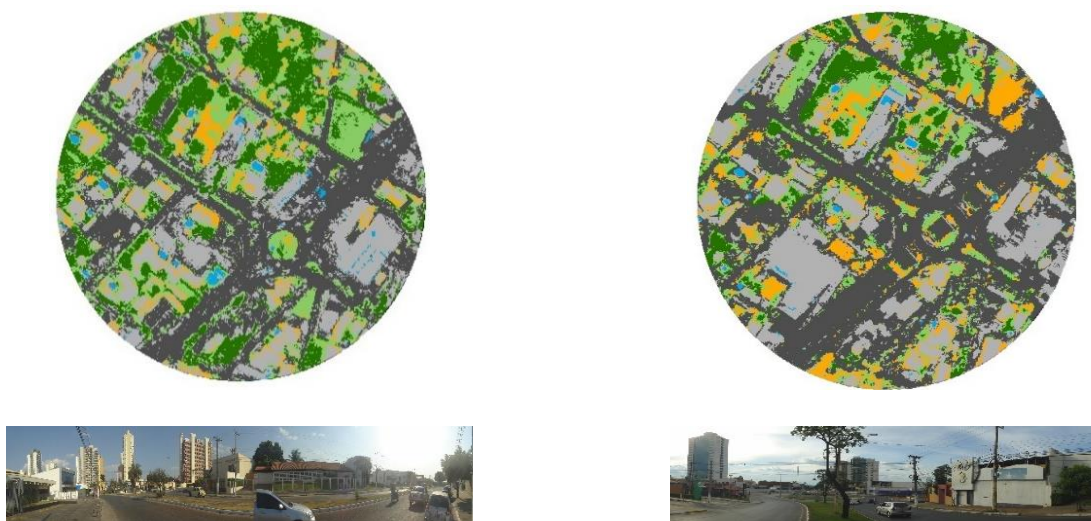


Figura 3 - Ponto 9 (P9) – Mapas temáticos de acordo com o revestimento do solo com raio de 200m de influência em 2012 e 2016 respectivamente

Os mapas temáticos de P9 apontam em 2012: 17,45% de cobertura paisagística, 16,85% de cobertura arbórea, 5,13% de solo exposto, 33,50% de área pavimentada, 26% de área edificada e 1,08% de corpos d'água. Já em 2016 os percentuais foram: 13,96% de cobertura paisagística, 7,88% de cobertura arbórea, 9,63% de solo exposto, 43,40% de área pavimentada e 24,55% de área edificada e 0,60% de corpos d'água.

No comportamento da temperatura do ar em 2012, as estações que registraram as maiores temperaturas neste ponto (P9) foram: inverno com 29,36°C, primavera com 31,29°C e verão com 28,41°C. Como também em 2016, sendo: inverno com 30,44°C, primavera com 28,20°C e verão com 29,02°C. Contudo, observou-se que a estação do inverno revelou-se como a mais aquecida em ambos os anos de estudo. A média de temperatura do ar no P9, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 29°C, e em 2016 foi de 27,96°C.

No que se refere a umidade relativa do ar, o inverno registrou 52,21% em 2012 e 37,39% em 2016. A média da umidade relativa do ar em P9, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 62,85% e em 2016 foi de 59% em 2016.

O ponto 11, está localizado em área central, adjacente ao município de Várzea Grande-MT. Possui em sua proximidade a presença do Rio Cuiabá, e vários centros comerciais e um complexo esportivo. Com alto fluxo de veículos e pessoas. Faz parte do projeto de corredor estrutural para o VLT, ver Figura 4.

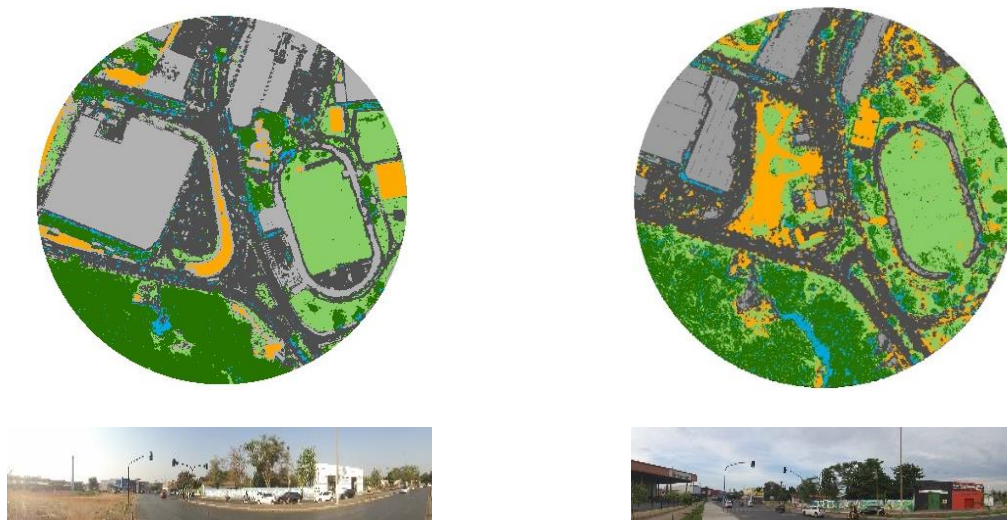


Figura 4 - Ponto 11 (P11) – Mapas temáticos de acordo com o revestimento do solo com raio de 200m de influência em 2012 e 2016 respectivamente.

Os mapas temáticos de P11 apontam em 2012: 25,59% de cobertura paisagística, 18,97% de cobertura arbórea, 9,95% de solo exposto, 29,41% de área pavimentada, 12,82% de área edificada e 3,26% de corpos d'água. Em 2016 os percentuais foram: 16,31% de cobertura paisagística, 16,72% de cobertura arbórea, 5,60% de solo exposto, 36,90% de área pavimentada e 23,06% de área edificada e 2,21% de corpos d'água.

A estação que registrou a maior temperatura do ar em 2012, neste ponto (P11) foi a primavera com 30,71°C. Em 2016 as estações foram: verão com 28,80°C e inverno com 29,50°C. A média de temperatura do ar em P11, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 27,88°C, e em 2016 foi de 27,63°C.

No que se refere a umidade relativa do ar, o inverno registrou 57,69% em 2012 e 45,51% em 2016. A média da umidade relativa do ar em P11, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 61,75% e em 2016 foi de 68,37%.

O ponto 12 está situado em zona de área central. Localizado na Av. da Prainha, com grande fluxo de veículos e presença de áreas comerciais e serviços. Faz parte do projeto de corredor estrutural para o VLT, ver Figura 5.

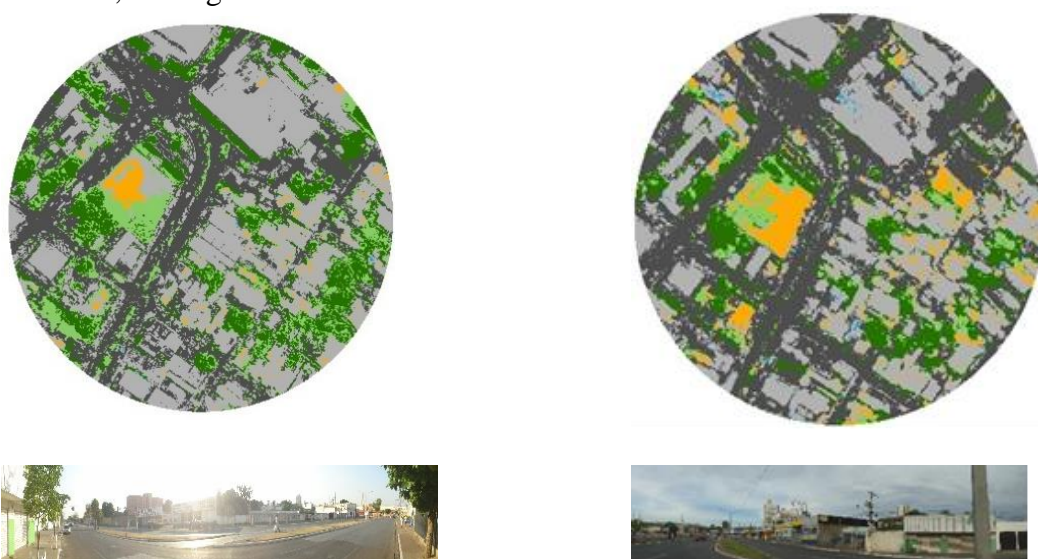


Figura 5 - Ponto 12 (P12) – Mapas temáticos de acordo com o revestimento do solo com raio de 200m de influência em 2012 e 2016 respectivamente

Os mapas temáticos de P12 apontam em 2012: 11,74% de cobertura paisagística, 16% de cobertura arbórea, 1,63% de solo exposto, 32,35% de área pavimentada, 38,24% de área edificada. Em 2016 os percentuais foram: 4,35% de cobertura paisagística, 12,63% de cobertura arbórea, 5,27% de solo exposto, 40,86% de área pavimentada e 36,61% de área edificada.

Em 2012, as estações que registraram as maiores temperaturas neste ponto (P12) foram, inverno com 28,08°C e primavera com 30,82°C. Em 2016 as estações foram, inverno com 29,28°C e verão com 29,08°C. Contudo, observou-se que a estação do inverno revelou-se como a mais aquecida em ambos os anos de estudo. A média de temperatura do ar em P12, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 28,22°C e em 2016 foi de 27,78°C.

No que se refere a umidade relativa do ar, o inverno registrou 56,06% em 2012 e 42,11% em 2016. A média da umidade relativa do ar em P12, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 66,32%, e em 2016 foi de 59,24%.

O ponto 15, está situado em zona de corredor de tráfego 1, localizado na Av. Historiador Rubens de Mendonça próximo ao Viaduto da Miguel Sutil, possui grande fluxo de veículos, com atividades comerciais, serviços e residenciais do tipo multifamiliar. Este trecho faz parte do projeto de corredor estrutural para o VLT, ver Figura 6.

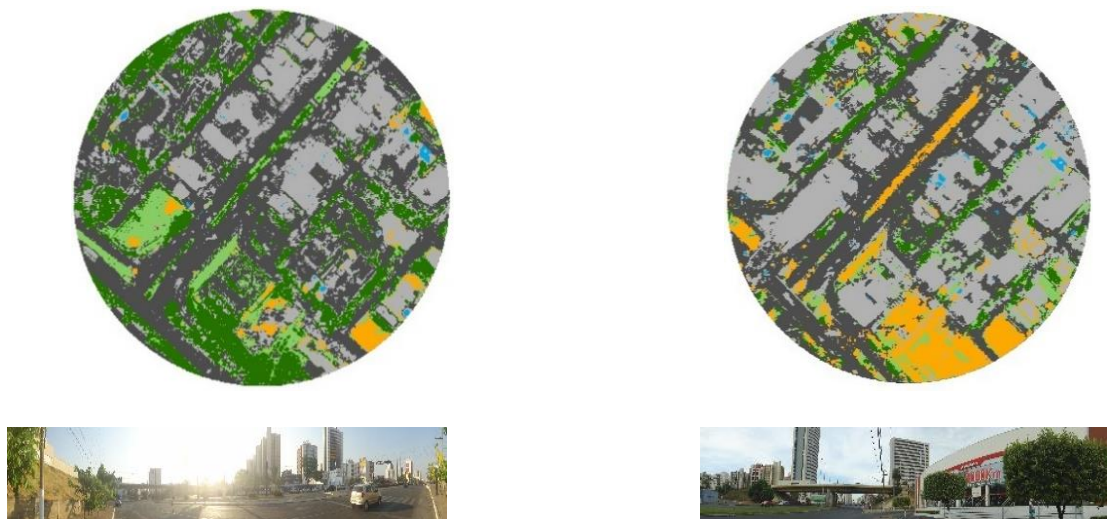


Figura 6 - Ponto 15 (P15) – Mapas temáticos de acordo com o revestimento do solo com raio de 200m de influência em 2012 e 2016 respectivamente

Os mapas temáticos de P15 apontam em 2012: 7,25% de cobertura paisagística, 20,17% de cobertura arbórea, 2,17% de solo exposto, 43,57% de área pavimentada, 26,53% de área edificada. Já em 2016 os percentuais foram: 6,47% de cobertura paisagística, 5,98% de cobertura arbórea, 9,69% de solo exposto, 37,09% de área pavimentada e 40,11% de área edificada e 1,91%.

As estações que registraram as maiores temperaturas do ar nos anos de estudo neste ponto (P15) foram: inverno com 29,19°C, primavera com 31,13°C e verão com 28,38°C em 2012, No entanto em 2016 as mesmas estações registraram no inverno 30,05°C, na primavera 28,02°C e no verão 28,86°C. Contudo, observou-se que a estação do inverno revelou-se como a mais aquecida em ambos os anos de estudo. A média de temperatura do ar no P15, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 28,92°C, e em 2016 foi de 28,04°C.

No que se refere a umidade relativa do ar, o inverno registrou 51,07% em 2012 e 37,07% em 2016. A média da umidade relativa do ar no P15, compreendendo todas as estações em 2012 foi de 66,67%, passando para 65,33% em 2016.

Por meio da comparação termohigrométrica observou-se que o ponto mais aquecido e seco em todas as estações em 2011-2012 foi P9 com média de temperatura do ar de 29°C, no entanto a estação mais aquecida foi a primavera. O ponto P15, foi o mais seco com umidade relativa do ar de 62,39%, porém a estação mais seca foi o inverno. Contudo, em 2016 o ponto mais aquecido e seco

em todas as estações foi P15, com média de temperatura do ar de 28,04°C e média de umidade relativa do ar de 58,21%. No entanto, a estação mais seca e quente em 2016 foi o inverno.

4.2 Análise das diferenças termohigrométricas e das classes do revestimento do solo entre 2011-2012 e 2016

Posteriormente à comparação termohigrométrica, foi realizada a análise dos dados e sua relação com as intervenções urbanas. Esta análise foi realizada com as diferenças das médias das variáveis nos pontos que sofreram modificações diretas entre 2011-2012 e 2016.

Em P5, observou-se diminuição de temperatura do ar de 1,16°C e de 4,09% de umidade relativa do ar em 2016, neste ponto houve diminuição de 22,20% de cobertura vegetal, e aumento de 13,85% de cobertura impermeável em relação a 2012. Já em P9, registrou diminuição de 1,04°C de temperatura do ar e 3,87% de umidade relativa do ar, com diminuição de 12,46% de cobertura permeável, e aumento de 8,46% de cobertura impermeável em relação a 2012, ver Figura 7.

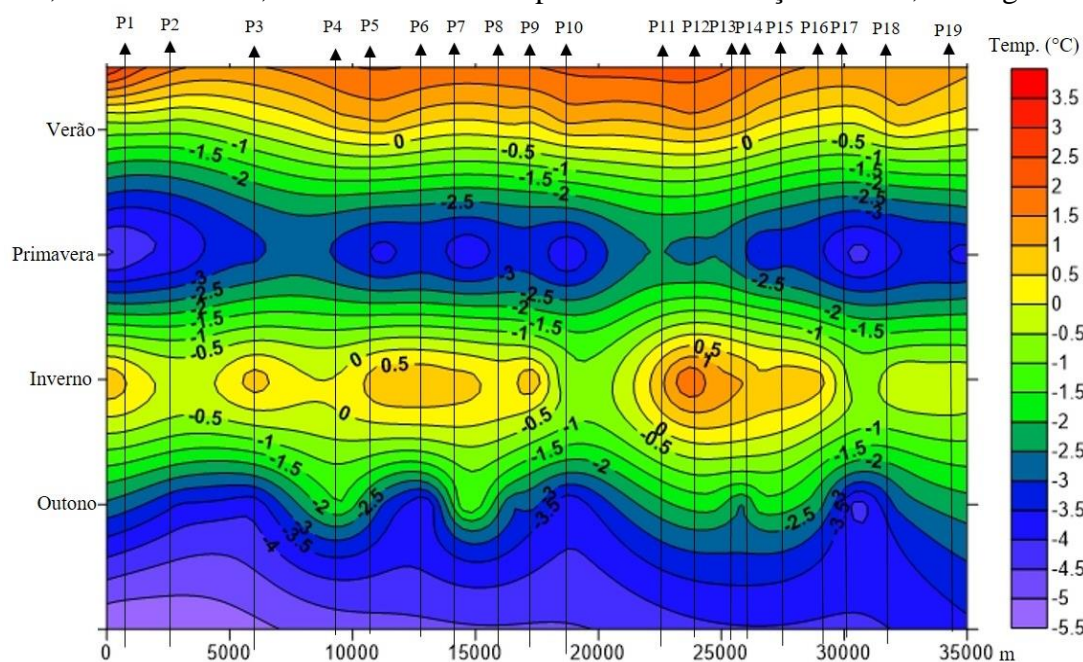


Figura 7 – Distribuição da diferença da temperatura do ar nas estações do ano nos 19 pontos fixos entre 2011-2012 e 2016

O ponto P11, registrou diminuição de 0,25°C de temperatura do ar e 6,61% de umidade relativa do ar, com diminuição de 11,53% de cobertura vegetal, e aumento de 17,73% de cobertura impermeável em relação a 2012. Já P12, registrou diminuição de 0,44°C de temperatura do ar e 7,08% de umidade relativa do ar, com diminuição de 10,77% de cobertura permeável, e aumento de 7% de cobertura impermeável em relação a 2012.

Em P15, registrou-se diminuição de 0,88°C de temperatura do ar e 4,18% de umidade relativa do ar, com diminuição de aproximadamente 15% de cobertura permeável, e aumento de 7,10% de cobertura impermeável em relação a 2012, ver Figura 8.

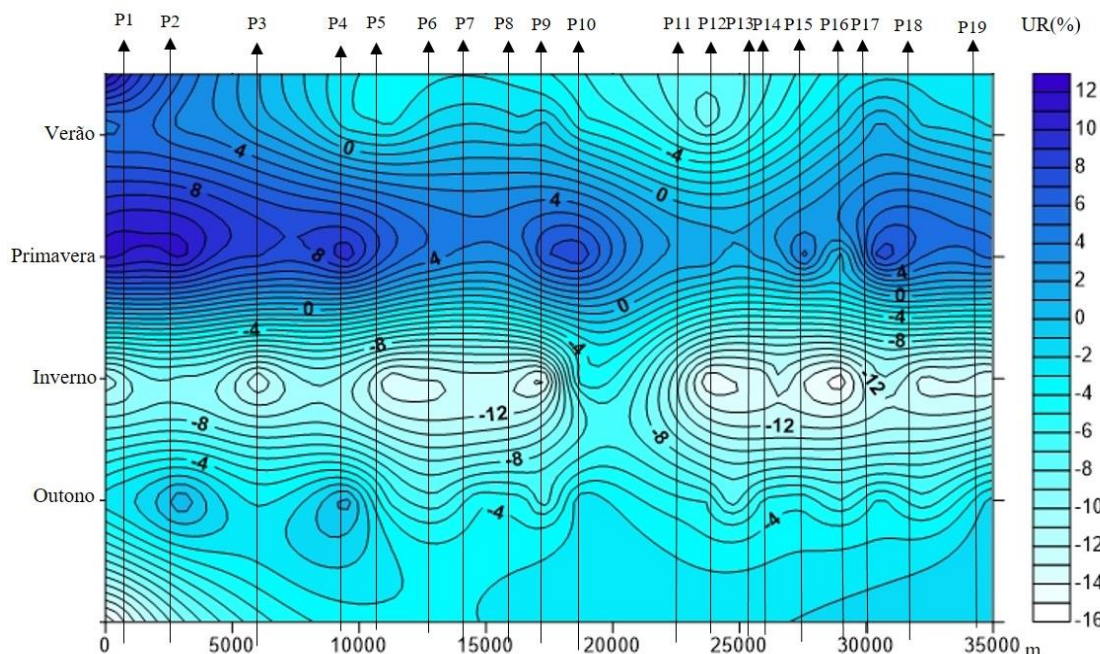


Figura 8 – Distribuição da diferença da umidade relativa do ar nas estações do ano nos 19 pontos fixos entre 2011-2012 e 2016

Desta maneira, observou-se que o ponto que registrou o maior declínio de temperatura do ar foi P5, este ponto registrou a maior diminuição de cobertura permeável e maior aumento de cobertura impermeável. No entanto, P12 obteve maior declínio com relação a umidade relativa do ar, com diminuição de cobertura permeável, principalmente arbórea. Tais pontos fazem parte do projeto de travessia urbana, ou seja, construção de viadutos e corredor estrutural para o VLT, respectivamente. O que evidencia a influência da cobertura permeável, principalmente arbórea no equilíbrio termohigrométrico em áreas urbanas.

Apesar das temperaturas do ar terem sofrido diminuição em 2016, notou-se que houve aumento na média da amplitude térmica entre os pontos que sofreram influência direta relacionada as intervenções urbanas, passando de 0,08°C em 2011-2012 para 0,66°C em 2016, em áreas que abrangem o centro comercial da cidade, possuindo em seu entorno canyons urbanos e com alterações relacionadas ao projeto de travessia urbana para a Copa de 2014.

A umidade relativa do ar apresentou queda de 5,16% em 2016, entre os pontos que sofreram influência direta relacionada as intervenções urbanas, principalmente em áreas diminuição considerável de cobertura permeável, principalmente arbórea.

Para análise de comparação de médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar entre os anos nos pontos, foi realizado teste t de student, obtendo valor de sig. 0,00<0,05, demonstrando que as amplitudes térmicas encontradas são consideráveis em escala local, podendo estar associadas as alterações de revestimento do solo, como foi possível observar em P5, P9, P11, P12 e P15.

5. CONCLUSÕES

Cuiabá-MT foi eleita uma das sub-sedes da Copa de 2014, com isso o município passou por diversas obras, com alteração de cobertura do solo, sendo observado aumento no uso de materiais que impermeabilizaram o solo como, o concreto e o asfalto nas diversas construções.

Corroborando com pesquisas anteriores o método de transecto móveis mais uma vez revelou-se eficiente, bem como a metodologia MAXVER para a classificação do revestimento do solo, contribuindo para as análises dos resultados entre as intervenções urbanas e os dados termohigrométricas em escala microclimática, nesta pesquisa.

Desta maneira, por meio da comparação termohigrométrica observou-se que o ponto mais aquecido e seco em todas as estações em 2011-2012 foi P9, no entanto a estação mais aquecida foi a primavera. O ponto P15 foi o mais seco, porém a estação mais seca foi o inverno. Contudo, em 2016 o ponto mais aquecido e seco em todas as estações foi P15. Entretanto, o inverno foi evidenciado como o mais seco e quente dentre os anos de estudo.

Apesar das temperaturas do ar terem sofrido diminuição em 2016, notou-se que houve aumento na média da amplitude térmica entre os pontos que sofreram influência direta relacionada as intervenções urbanas, passando de 0,08°C em 2011-2012 para 0,66°C em 2016, em áreas que abrangem o centro comercial da cidade, onde registrou aumento de cobertura impermeável, principalmente pavimentada, possuindo em seu entorno canyons urbanos com alterações relacionadas ao projeto de travessia urbana para a Copa de 2014.

A umidade relativa do ar apresentou queda de 5,16% em relação a 2011-2012, entre os pontos que sofreram influência direta relacionada as intervenções urbanas, principalmente em áreas com diminuição considerável de cobertura permeável, principalmente arbórea. Corroborando com estudos que destacam a eficiência de áreas arborizadas na melhoria da umidade relativa do ar. Destaca-se ainda que as alterações realizadas no município, com mudança de revestimento do solo passando de permeável para impermeável, influenciaram de forma considerável em escala microclimática nos pontos de estudos no município de Cuiabá-MT pós Copa de 2014.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. D. L. **Caracterização Microclimática do Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso**. Cuiabá, 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física. Universidade Federal de Mato Grosso.
- ARAÚJO, A.P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C. A. V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; TEODORO, P. F. M.; AMORIM, M. C. C. T. Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente Prudente-SP. **Revista Formação**, v. 1, 2008. P.77-95.
- ASSIS, E. S. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. In: **ENCAC – ELACAC**. Maceió: Alagoas, 2005.
- AUGUSTO-SILVA, P. B.; VALÉRIO, L. P.; SANTOS, T. B.; ALCÂNTARA, E. H.; STECH, J. L. Análise de classificadores para mapeamento de uso e cobertura do solo. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2013. p. 2424- 2430.
- BORGES, M. G. E.; PEREIRA, F. O. R. **Influência do ambiente construído no microclima urbano**. In: XIII Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído. Canela – RS. 2010.
- FRANCO, M. F.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Análise microclimática em função do uso e ocupação do solo em Cuiabá-MT. **Mercator**. Fortaleza, v.11, p.157-170. 2012.
- GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 243p.
- GIVONI, B. **Urban design in different climates**. World Meteorological. Organization (WMO/TD-n.346, WCAP-10) Los Angeles, 1989.
- KATZSCHNER, L. **Urban climate studies as tools for urban planning and architecture**. In: Anais IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Salvador, 1997.
- SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Análise da influência da ocupação do solo na variação termohigrométrica por meio de transectos noturno em Cuiabá-MT. **Revista Caminhos de Geografia**, v.13, 2012. p.187-194.
- SANTOS, F. M. M.; OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; MUSIS, C. R. D.; NOGUEIRA, J. S. Análise do clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil por meio de transectos móveis. In: **ENCONTRO NACIONAL, 12 e LATINO AMERICANO DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 8, 2014. Brasília: **Conforto & Projeto**: Cidades, n. 11, 2014. p.45-54.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro durante a realização desta pesquisa.