XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

A INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES NO MICROCLIMA URBANO: ESTUDO DE CASO EM ESPAÇOS PÚBLICOS DE ARAPIRACA-AL

Isabel França Souza (1); Ricardo Victor R. Barbosa (2); Isadora Alves Gouveia Silva (3); Vinicius Silva Zacarias (4)
(1) Discente, Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, isabelfranca22@gmail.com
(2) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, rvictor@arapiraca.ufal.br
(3) Discente, Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, isadoraalvesgouveiasilva@gmail.com
(4) Discente, Graduando em Arquitetura e Urbanismo, viniciuszacarias.vs@gmail.com
Universidade Federal de Alagoas, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Avenida Manoel Severino Barbosa - Bom Sucesso, Arapiraca - AL, 57309-005, (82) 3482-1800.

RESUMO
A importância das áreas verdes no cenário urbano refere-se, entre outros fatores, à minimização dos impactos da urbanização, contribuindo para a redução da temperatura do ar, aumento da umidade relativa do ar e direcionamento dos ventos. Assim, este trabalho tem por objetivo analisar a influência da vegetação no microclima urbano, a partir do monitoramento das variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar em espaços urbanos na cidade de Arapiraca-AL. Os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da investigação consistiram em cinco etapas: escolha das unidades amostrais, seleção dos pontos de medição, instalação dos sensores, obtenção e análise dos dados registrados. Foram selecionados como áreas de estudo o Parque Municipal Ceci Cunha, o Bosque das Arapiracas e a Área Verde Dom Constantino Lüers. Os resultados obtidos demostraram uma redução de temperatura de até 2,7 ºC e um aumento da umidade relativa do ar em locais com vegetação em relação a outros onde a vegetação é ausente.
Palavras-chave: vegetação urbana, conforto térmico, clima urbano.

ABSTRACT
The importance of green areas in the urban scenario refers, among other factors, to minimizing the impacts of urbanization, contributing to the reduction of air temperature, increase of relative air humidity and direction of the winds. The objective of this work is to analyze the influence of vegetation on the urban microclimate, by monitoring the variables air temperature and relative humidity in urban spaces in the city of Arapiraca-AL. The methodological procedures adopted for the development of the research consisted of five steps: selection of sample units, selection of measurement points, installation of sensors, acquisition and analysis of recorded data. The Ceci Cunha Municipal Park, the Bosque das Arapiracas and the Green Area Dom Constantino Lüers were selected as study areas. The results obtained showed that in the points located in spaces with greater concentration of vegetation the lower air temperatures were registered in the hottest period of the day.
Keywords: urban vegetation, thermal comfort, urban climate.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos da urbanização sem a devida gestão ambiental têm prejudicado o bem-estar da população urbana. A temperatura do ar nas cidades é mais elevada do que as registradas nas áreas rurais circunvizinhas. Esse fato deve-se, especialmente, à morfologia urbana, às propriedades térmicas dos materiais das superfícies, à produção de calor antropogênico, à impermeabilização do solo e, também, à redução de superfície coberta por vegetação.

A cidade de Arapiraca, cidade média que está situada a 264 m de altitude na mesorregião do Estado de Alagoas, enfrenta esses mesmos impactos. Na década de 1970, a cidade era conhecida como a "Capital do Fumo" por ser uma das maiores produtoras de tabaco do país. Nessa época a cidade recebeu muitos investimentos e sofreu um rápido crescimento populacional. Atualmente, embora a produção do fumo tenha reduzido significativamente, entre 2000 e 2010, a sua população cresceu aproximadamente 19,12%, enquanto no mesmo período a população urbana do Brasil cresceu 16,62% (IBGE, 2010). Possui população de 181.481 habitantes, segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o que a torna a segunda cidade mais populosa do estado. Entretanto, em razão da falta de planejamento esse expressivo crescimento resultou no aumento dos problemas socioambientais.

Quanto ao clima, Arapiraca é classificada como uma cidade de clima semiárido. Segundo Silva e Barbosa (2014), possui clima composto basicamente de duas estações, que podem ser descritas como: úmida, no período entre os meses de maio e setembro, no qual as temperaturas do ar são menos elevadas e a umidade relativa do ar é alta; e seca, no período entre os meses de outubro e abril, quando as temperaturas atingem níveis relativamente altos e a umidade do ar é baixa. Além disso, Arapiraca apresenta pluviosidade extremamente irregular, com um regime de chuvas concentradas nos meses de maio, junho e julho.

Em cidades de clima quente, como Arapiraca, áreas verdes bem planejadas podem ser importante recurso para o conforto térmico dos usuários. Nesse sentido, muitos pesquisadores (DIAS et al, 2010; AMORIM, LEDER, 2011; LABAKI et al, 2011; ZHINZATO, 2014; MARTELLI, SANTOS, 2015; SILVA et al, 2015; PEREIRA, BARBOSA, 2016) apontam que o uso de áreas verdes é uma alternativa para reduzir o rigor térmico urbano. Além de proporcionarem benefícios no contexto da qualidade de vida urbana, essas áreas podem atuar na redução da temperatura do ar, no aumento da umidade do ar e no direcionamento dos ventos.

O fenômeno de redução térmica pela vegetação urbana ocorre pela capacidade das plantas em armazenar energia térmica. Segundo Labaki *et al.* (2011), a vegetação absorve cerca de 90% da radiação visível e 60% da infravermelha. Isso se deve à capacidade das plantas de captarem luz para o seu processo de fotossíntese. A clorofila presente nas folhas absorve energia da luz solar para a produção de glicídios, substâncias orgânicas capazes de armazenar grandes quantidades de energia potencial química, que são necessárias para o metabolismo das plantas. A maior parte da energia solar absorvida se converte em calor latente pela evapotranspiração da água de suas folhas. Dessa forma, há o resfriamento da planta e do ar em sua volta.

As árvores funcionam como um filtro da radiação solar, minimizando o calor que é irradiado a partir do solo. Assim, consequentemente há uma diminuição da temperatura do ar próximo. Segundo Dias *et al.* (2010), foi detectado uma redução de temperatura do ar de até 2°C e um aumento de até 5,5% da umidade relativa do ar em sítios com arborização em relação a recintos não arborizados. Assim, podemos afirmar que a arborização está entre as melhores estratégias para o controle da radiação solar. Tanto em regiões de clima tropical, no qual a radiação solar é intensa, quanto em clima temperado, cuja a radiação é mais intensa no verão, o uso de vegetação tem-se mostrado eficiente para melhorar os microclimas urbanos.

De acordo com Barbosa (2005, p. 31), "a influência da vegetação nas condições higrotérmicas dos ambientes urbanos se dá, essencialmente, pela interceptação e captação da energia solar incidente. O maior ou menor grau de interceptação depende diretamente do tipo e estrutura da copa". Assim, a vegetação arbórea pode alcançar altos índices de radiação absorvida, dependendo da densidade da copa e do tamanho e espessura das folhas.

Além disso, a energia acumulada durante o dia é liberada durante a noite. Dessa forma, a temperatura sob as árvores, nesse período, é superior à temperatura do ar nos espaços abertos e se intensifica de acordo com o fluxo dos ventos. Quanto maior a circulação do ar maior sua amplitude térmica (MASCARÓ; MASCARÓ, 2005).

2. OBJETIVO

Diante das considerações supracitadas, percebe-se a importância das áreas verdes para minimizar os impactos da urbanização. Assim, o presente artigo teve como objetivo analisar a influência das áreas verdes no microclima urbano, a partir do monitoramento do comportamento das variáveis temperatura do ar e

umidade relativa do ar, tendo como universo de estudo a cidade de Arapiraca, localizada no semiárido alagoano.

3. MÉTODO

Os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da investigação compreenderam cinco etapas distintas: escolha das unidades amostrais, seleção dos pontos de medição, instalação dos sensores, obtenção e análise dos dados registrados. Os seis sensores registradores de temperatura do ar e umidade relativa do ar são da marca HOBO, modelo U23 PRO V2 (Figura 1a), que apresenta faixa de medição -40 ° a 70 °C, precisão ± 0,21 °C e resolução 0,02 a 25 °C. Os mesmos foram aferidos entre si por um período de uma semana. Após a aferição, os sensores foram programados para o registro das variáveis climáticas em intervalos de uma hora.

Os sensores foram instalados nas áreas urbanas protegidos da radiação solar direta por um escudo de radiação solar RS1 – específico para esses sensores (Figura 1b) – e instalados em postes de iluminação pública ou árvores urbanas a uma altura de 4 m do solo. A campanha de monitoramento compreendeu o período de 16 dias consecutivos (10 a 26 de março de 2018).



(a) (b)

Figura 1 – Equipamento para medição de variáveis climáticas e escudo de proteção da radiação direta.

Foram selecionadas duas áreas na cidade com diferentes configurações de vegetação urbana. A primeira área consistiu no Parque Municipal Ceci Cunha e a área contigua denominada Bosque das Arapiracas. A segunda área consistiu na Área Verde Dom Constantino Lüers, Rua Minervina Francisca da Conceição e Avenida Elvira Barbosa Lopes. Em cada área foram delimitados três pontos de monitoramento com características distintas de permeabilidade do solo e tipo de vegetação, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização dos pontos de medição

Ponto	**Parque Ceci Cunha e Bosque das Arapiracas**			**Área Verde Dom Constantino Lüers e arredores**		
	P1	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**
Foto						
Tipo de Pavimentação do Local/Rua	Inexistente	Paralelepípedo	Inexistente	Paralelepípedo	Concreto	Asfalto
Tipo de Vegetação	Gramíneas e arbustos	Inexistente	Gramíneas e árvores de médio e grande porte	Gramíneas	Arbustos e árvores de médio e grande porte	Inexistente

O Parque Municipal Ceci Cunha está localizado na parte central da cidade e possui área total de 65.442,71 m². A vegetação existente corresponde a gramíneas, trepadeiras e árvores de porte distintos (P1). Entretanto, há áreas de estacionamento com pavimentação em paralelepípedos e ausência de vegetação (P2). O Bosque das Arapiracas possui área total de 106.583,53 m² e corresponde a maior área verde da cidade (P3). A figura 2 mostra a localização dos pontos de monitoramento na área.



Figura 2 – Localização dos pontos no Parque Ceci Cunha e no Bosque das Arapiracas

A Área Verde Dom Constantino Lüers (P5) possui uma extensão de 900 m e está localizada em uma área predominantemente residencial. Apresenta características que subsidiam diversos usos, como prática de atividades físicas e recreação. A vegetação é constituída por arbustos e árvores de médio e grande porte, apresentando grandes áreas impermeáveis, sendo o restante em solo nú ou gramado. A Rua Minervina Francisca da Conceição (P4) caracteriza-se, predominantemente, por residências térreas e pavimentação com paralelepípedos, ao tempo que a Avenida Elvira Barbosa Lopes (P6) é composta, principalmente, por residências de dois pavimentos e apresenta pavimentação asfáltica. A figura 3 mostra a localização dos pontos de monitoramento na área.



Figura 3 – Localização dos pontos na Área Verde Dom Constantino Lüers e arredores

Para a presente pesquisa, selecionou-se para análise os três dias em que foram registradas as temperaturas do ar mais elevada, por meio dos dados da estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no povoado Batingas, zona rural do município de Arapiraca. Conforme ilustra a figura 3, esse período correspondeu aos dias 12, 13 e 14, os quais apresentaram máximas de 36,7°C, 36,5°C e 35,4°C respectivamente.

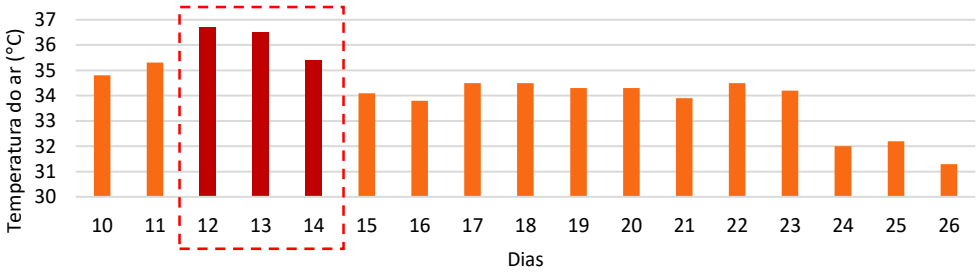


Figura 4 – Temperaturas do ar máximas diárias em Março de 2018, INMET

Para a análise dos dados foram elaborados gráficos que apresentam a diferença entre os valores de temperatura do ar registrados nos seis pontos pesquisados comparados com valores de temperatura do ar registrados na estação meteorológica do INMET, adotado como estação de referência.

4. RESULTADOS

4.1. Parque Ceci Cunha e Bosque das Arapiracas

No período noturno, as temperaturas do ar foram mais altas nos pontos localizados na cidade comparado às temperaturas do ar registradas pela estação meteorológica do INMET. No período diurno, esse cenário se inverte. Esse fato pode ser justificado pelo armazenamento de calor pela estrutura urbana durante o dia, devido aos materiais usados nas construções e pavimentação. O calor armazenado é liberado à noite para a atmosfera.

No dia 12, das 7h às 15h, os três pontos apresentaram menores temperaturas do ar em relação à estação meteorológica. Nesse período, em P3, ponto que está localizado no Bosque das Arapiracas, foram registradas as menores temperaturas. Já em P2, ponto que está localizado em uma área do Parque Ceci Cunha onde não há vegetação, foram registradas as maiores temperaturas do ar. Às 11h, P3 apresentava 2,2°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P1 estava com menos 1,9°C e P2 estava com menos 1,4°C. Já às 13 horas P3 estava com 2°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P1 estava com menos 1,6°C e P2 estava com menos 1,2°C (figura 5). Como no horário mais quente do dia as plantas perdem mais água por evapotranspiração, nesse período é possível constatar maiores amplitudes térmicas entre áreas com vegetação predominante e outras áreas.

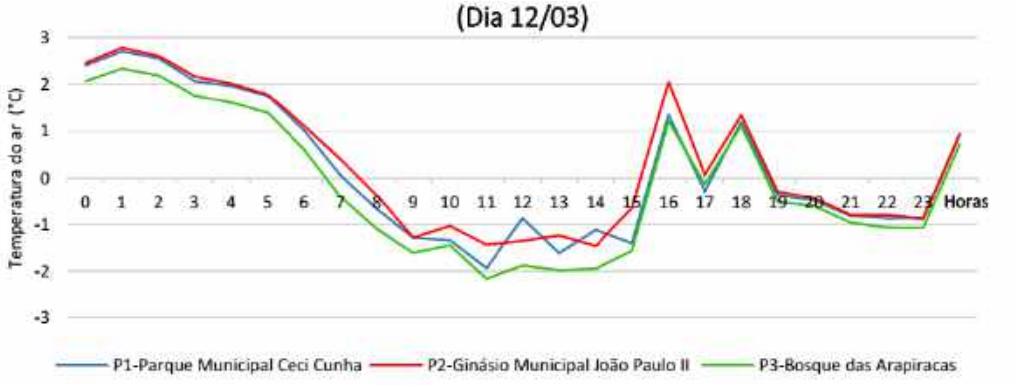


Figura 5 – Variação da temperatura do ar nos pontos 1, 2 e 3 em relação à estação meteorológica automática do INMET (dia 12/03)

No dia 13, a variação de temperatura nos três pontos nesse mesmo período foi semelhante ao dia 12. Às 11h P3 apresentava 2,3°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P1 estava com menos 2°C e P2 estava com menos 1,5°C. Já às 13h, P3 estava com 2°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P1 estava com menos 1,6°C e P2 estava com menos 1,2°C (figura 6). Como no dia anterior, em P3 (Bosque das Arapiracas) foram registradas as menores temperaturas e em P2 (Parque Municipal Ceci Cunha) foram registradas as maiores temperaturas do ar. Apesar da amplitude térmica máxima entre esses dois pontos ser de 1°C, esse resultado demonstra a importância das árvores para reduzir o impacto da radiação solar.

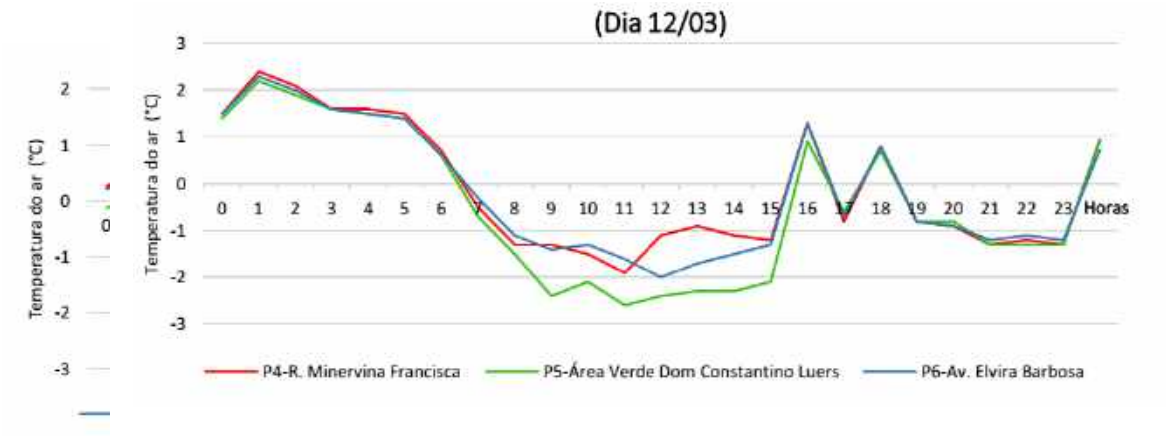


Figura 6 – Variação da temperatura do ar nos pontos 1, 2 e 3 em relação à estação meteorológica automática do INMET (dia 13/03)

No dia 14, a variação de temperatura nos três pontos apresentou um comportamento diferente em relação aos dois dias anteriores. Das 7h até às 12h, em P1, ponto que apresenta vegetação rasteira, foram registradas temperaturas mais altas que em P2, no qual não há vegetação. Às 11h, P3 (Bosque das Arapiracas) estava com 1,9°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P1 (Parque Municipal Ceci Cunha) estava com menos 1°C e P2 (Ginásio Municipal João Paulo II) estava com menos 1,4°C. Já às 13h, P3 estava com 2,2°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P1 estava com menos 1,4°C e P2 estava com menos 1,2°C (figura 7). A partir desse resultado, pode-se inferir que apenas a presença de vegetação rasteira não é suficiente para amenizar significativamente a temperatura do ar local.

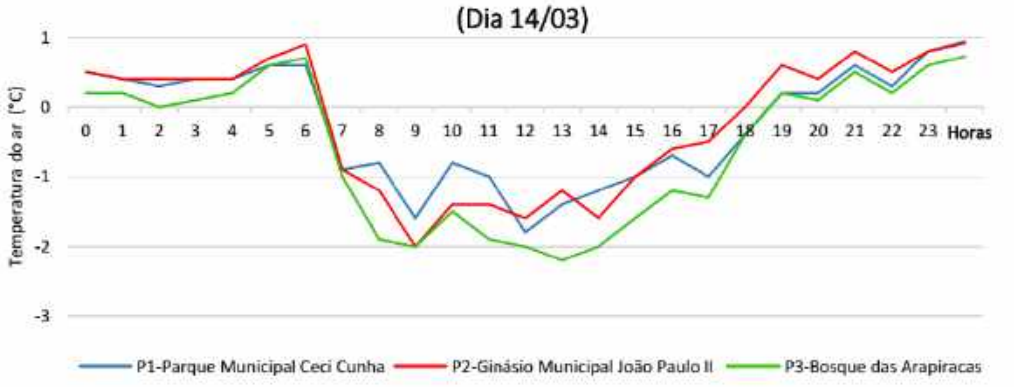


Figura 7 – Variação da temperatura do ar nos pontos 1, 2 e 3 em relação à estação meteorológica automática do INMET (dia 14/03)

4.2. Área Verde Dom Constantino Lüers e entorno

Nos três dias analisados, no período das 9h às 15h, no ponto localizado na Área Verde Dom Constantino Lüers (P5) foram registradas as menores temperaturas do ar em comparação às registradas na estação meteorológica do INMET. Isso se deve à presença de arborização e vegetação baixa no local. Em P4 (Rua Minervina Francisca da Conceição) e P6 (Avenida Elvira Barbosa Lopes), a variação de temperatura do ar foi semelhante, pois nessas duas vias não há arborização.

No dia 12, às 11h, P4 apresentava 1,9°C a menos que o que o ponto da estação meteorológica e P5 estava com menos 2,6°C e P6 estava com menos 1,6°C. Já às 13h, P4 estava com 0,9°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P5 estava com menos 2,3°C e P6 estava com menos 1,7°C (figura 8). Nesse dia, a amplitude térmica entre P4 (Rua Minervina Francisca da Conceição) e P5 (Área Verde Dom Constantino Lüers) alcançou 1,7°C. Apesar de em P5 apresentar piso em concreto, a concentração das árvores de médio e grande porte contribuíram para filtrar a radiação solar e, consequentemente, reduzir a temperatura do ar.

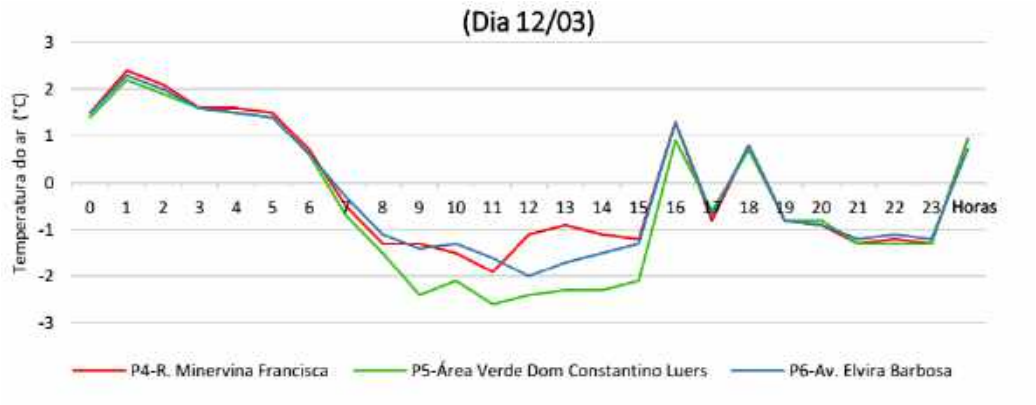


Figura 8 – Variação da temperatura do ar nos pontos 4, 5 e 6 em relação à estação meteorológica automática do INMET (dia 12/03)

No dia 13, a variação de temperatura nos três pontos foi semelhante ao dia 12. Às 11h, P4 estava com 2°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P5 estava com menos 2,7°C e P6 estava com menos 1,7°C. Já às 13h, P4 estava com 0,9°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P5 estava com menos 2,3°C e P6 estava com menos 1,7°C (figura 9). Como no dia anterior, em P5 foram registradas as menores temperaturas e em P4 foram registradas as maiores temperaturas do ar.

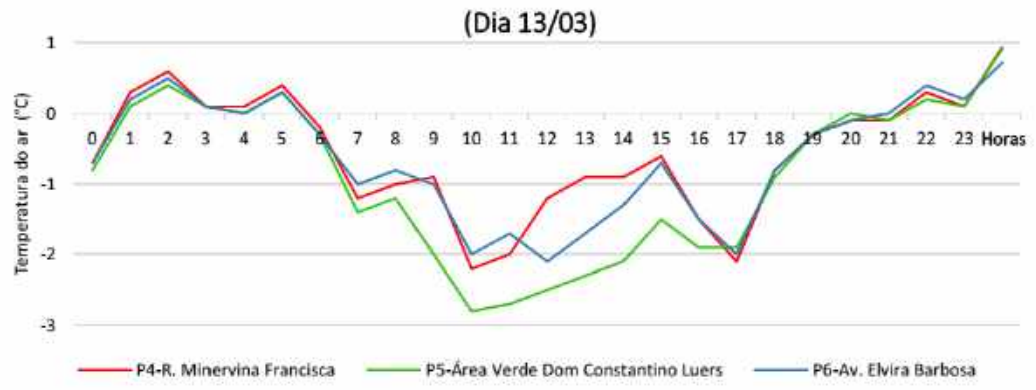


Figura 9 – Variação da temperatura do ar nos pontos 4, 5 e 6 em relação à estação meteorológica automática do INMET (dia 13/03)

No dia 14, às 11h, P4 (Rua Minervina Francisca da Conceição) estava com 1,5°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P5 (Área Verde Dom Constantino Lüers) estava com menos 1,9°C e P6 (Avenida Elvira Barbosa Lopes) estava com menos 1,4°C. Já às 13h, P4 estava com 1,3°C a menos que o ponto da estação meteorológica, P5 estava com menos 2,5°C e P6 estava com menos 1,8°C (figura 10). Nesse dia, em P4 e P6 a variação de temperatura do ar foi semelhante em relação aos dia anteriores e a amplitude térmica entre P4 e P5 alcança 1,3°C.

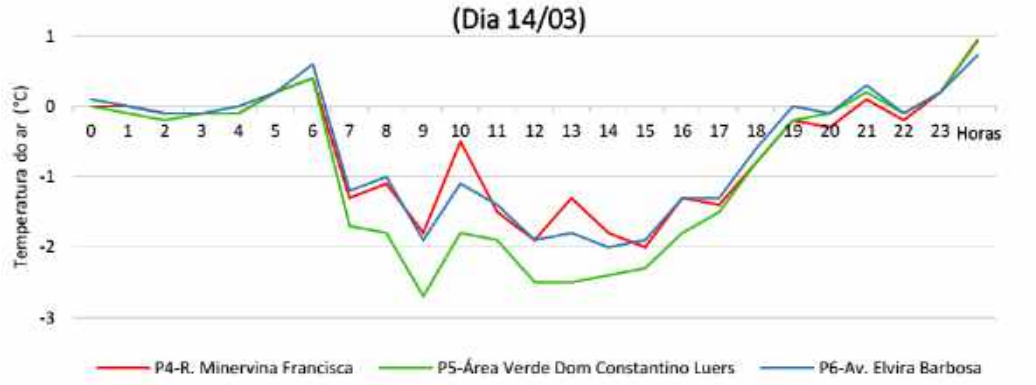


Figura 10 – Variação da temperatura do ar nos pontos 4, 5 e 6 em relação à estação meteorológica automática do INMET (dia 14/03)

5. CONCLUSÕES

De acordo com a análise dos resultados obtidos por meio de investigação experimental foi possível identificar o impacto que diferentes formas de disposição de áreas verdes exercem no microclima urbano. Em áreas onde há a maior concentração de vegetação de grande porte registraram-se os menores valores de temperatura no seu entorno imediato, como foi possível verificar em P3 e P5. Os dados analisados apontaram uma redução de temperatura do ar de até 2,7 ºC em espaços urbanos com arborização em relação à estação meteorológica automática do INMET. Além disso, observou-se que os espaços urbanos que possuem apenas vegetação rasteira apresentaram temperaturas do ar semelhantes às registradas em espaços sem vegetação.

Embora os resultados obtidos demonstram a importância das áreas verdes, principalmente arborizadas, para a redução do rigor térmico urbano, faz-se necessário novos trabalhos nessa temática. Outras variáveis como velocidade e direção dos ventos, umidade relativa do ar e materiais que compõem o entorno edificado podem ser levadas em consideração para a obtenção de dados mais significativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R.P.l.; LEDER, S. M. Áreas verdes e sua influência sobre variáveis Microclimáticas do entorno. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Agosto 17-19, 2011, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Búzios. **Anais...**Porto Alegre, RS: ANTAC, 2011.

BARBOSA, R. V. R. (2005). **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclima de Maceió (AL)**. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos.

DIAS, A. S. et al. Avaliação da arborização no clima urbano no bairro da Tijuca, cidade do Rio de Janeiro. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC. Outubro 6-8, 2010, Canelas. **Anais...**Porto Alegre, RS: ANTAC, 2010.

GEO ARAPIRACA. **Mapa Urbano de Arapiraca**. Disponível em: < https://geo.arapiraca. al.gov.br/ geoarapiraca/index.php/downloads/>. Acesso em 20 Mar. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2010). **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE.

LABAKI, L. C. et al. **Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos**. Fórum Patrimônio, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.

MARTELLI, Anderson; SANTOS JR. Arnaldo R. **Arborização Urbano do município de Itapira – SP**: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. REGET/UFSM, v. 19, n. 2, p. 1018-1031, 2015.

MASCARÓ, L; MASCARÓ, J. (2005). **Vegetação urbana**. 2.ed. Porto Alegre: Mais Quatro Editora.

PEREIRA, J. D. S; BARBOSA, R. V. R. Análise das áreas verdes urbanas e sua influência na redução do rigor térmico em cidade de clima semiárido. 7º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS. Outubro 5-7, 2016, Maceió. **Anais...**Maceió, AL: UFAL, 2016.

ROMERO, M. B. (1988) **Princípios Bioblimáticos para o Desenho Urbano**. 2. ed. São Paulo: ProEditores.

SILVA, B. A. et al. O impacto da distribuição de vegetação no microclima de ambientes urbanos. In: Encontro Latinoamericano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis – Euro ELECS. Julho 21-23, 2015. Universidade do Minho, Guimarães. **Anais...**Guimarães: UMINHO, 2015.

SILVA, M. F. ; BARBOSA, R. V. R. . Caracterização climática da região do agreste alagoano: estudo do clima na cidade de Arapiraca (AL). In: XXIV Encontro de Iniciação Científica da Universidade Federal de Alagoas, 2014, Arapiraca. Anais.... Maceió, 2014.

ZHINZATO, P. (2014). **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos em função da interações solo-vegetação-atmosfera**. 205 p. Tese (Doutorado – área de concentração: Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAUUSP. São Paulo.