



Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Análise da variação microclimática em diferentes níveis de fragmentação

Anne Falcão de Freitas, Universidade Federal de Pernambuco – e Autor correspondente mail: annefalcao@gmail.com

Joel Silva dos Santos – UFRN joelgrafia@gmail.com

Rita Baltazar de Lima – UFPB

ritailima_ufpb@yahoo.com.br

Artigo recebido em 18/01/2016 e aceito em 22/02/2016

RESUMO

A fragmentação da vegetação inserida no ambiente urbano, decorrente da ocupação desordenada do solo, gera transformações significativas na dinâmica dos fatores termodinâmicos. Este trabalho analisa o sistema microclimático urbano, subsistema termodinâmico da Universidade Federal da Paraíba, em diferentes níveis de fragmentação. Foram realizadas coletas de dados de temperatura e umidade relativa do ar, em três pontos com diferentes fragmentações, durante os períodos: chuvoso (março a agosto) e seco (setembro a fevereiro). Também foi avaliado o nível de estresse térmico e foi efetuada a classificação dos tipos de cobertura de solo em cada ponto monitorado, resultando em nove classes, de acordo com a percentagem da presença de vegetação, de materiais permeáveis e de materiais impermeáveis, tendo sido utilizados métodos quantitativos e qualitativos. Os resultados demonstraram que os diferentes níveis de fragmentação da Mata Atlântica, no espaço urbano da UFPB, têm alterado o campo térmico, e conseqüentemente alterado também o conforto térmico desse espaço.

Palavras-chave: Microclima, níveis de fragmentação, UFPB

Analysis of microclimate variation at different levels of fragmentation

ABSTRACT

The fragmentation of vegetation inserted in the urban environment, resulting from the disorderly occupation of soil, generates significant transformation in the dynamics of the thermodynamic factors. This paper analyzes the urban microclimate system, thermodynamic subsystem at the Federal University of Paraíba, in different levels of fragmentation. Temperature data collection and relative humidity were held at three points with different fragmentation during periods: rainy (March to August) and dry (September to February). It also assessed the level of thermal stress and it was performed the classification of the soil cover types at each point monitored, resulting in nine classes, according to the percentage of the presence of vegetation, for permeable materials and impervious materials, having been used quantitative and qualitative methods. The results demonstrated that the different levels of fragmentation of the Atlantic Forest, in the urban space from UFPB, have changed the thermal field, and consequently also changed the thermal comfort of this space.

Keywords: Microclimate, fragmentation levels, UFPB

Introdução

Os problemas ambientais passaram a ser evidenciados com mais intensidade a partir dos anos 60. Eles têm se manifestado como sintomas de uma crise de civilização, marcada pelo modelo da modernidade, que é regido pelo predomínio do desenvolvimento da razão tecnológica e pautado no paradigma do crescimento econômico desordenado, acompanhado da utilização de energia e sobre-exploração dos recursos naturais (LEFF, 2001). Esse modelo modifica a

organização da natureza, e desencadeia uma série de problemas ambientais, que repercutem em escala global, regional e local, resultando na queda da qualidade de vida das populações.

Vários sistemas ambientais vêm sofrendo com as intervenções antrópicas, dentre eles, pode se destacar o sistema atmosférico, o qual passa por alteração na sua composição química por meio dos diversos gases do efeito estufa, provenientes das inúmeras atividades humanas, como a queima de combustíveis. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC (2013), as alterações que

ocorrem nesse sistema colaboram para a elevação das temperaturas médias globais, cerca de 0,5 a 1,3 °C, entre os anos 1951 e 2010, e as suas projeções alertam para um aumento médio da temperatura de pelo menos 2 °C até 2100. O IPCC também alerta para as áreas urbanas, que são susceptíveis ao aumento das temperaturas médias globais.

Nas áreas urbanas esse processo está estritamente ligados às alterações que ocorrem nesses ambientes, uma vez que o tipo de uso e ocupação do solo, as propriedades térmicas dos materiais, as atividades desenvolvidas, bem como a morfologia das cidades, causam aumento da temperatura, diminuição da umidade relativa do ar e da velocidade dos ventos, gerando desconforto térmico, que comprometem a qualidade de vida (Robaa, 2011).

O raio de influência da vegetação arbórea no conforto térmico varia de acordo com o isolamento e agrupamento da mesma (Abreu, 2008). Neste sentido, Dacanal et al. (2010) analisando diferentes fragmentos florestais urbanos, inseridos em áreas de clima tropical, verificaram que a vegetação agrupada, densa e estratificada é capaz de atenuar a temperatura do ar e interceptar a radiação solar, melhorando a sensação térmica local. Santos et al. (2011) também demonstraram que sob as formações

arbóreas a temperatura do ar, em região tropical, é menor de 0,9 °C a 1,2 °C e a umidade relativa do ar é maior 4 % a 6 %; chamando atenção para o acréscimo na temperatura e o decréscimo na umidade, em ambientes sem vegetação, que resultam em sérios problemas para a qualidade de vida e a saúde das pessoas.

Ren et al. (2013) também verificaram esse efeito advindo dos fragmentos de vegetação, localizados em ambientes urbanos e inferiram sobre a correlação desse fator com as características dos fragmentos, tais como o seu tamanho, forma e estrutura da vegetação.

Neste contexto, este estudo foi realizado com o objetivo de analisar as alterações, que ocorrem no campo térmico no espaço intra-urbano do *Campus I* da Universidade Federal da Paraíba, município de João Pessoa, tendo em vista que o mesmo vem passando por transformações no seu espaço geográfico, nos últimos anos, em função do aumento do número de cursos e consequente crescimento da comunidade acadêmica, o que implica em maior artificialização do espaço urbano do *Campus* pelas construções e impermeabilização do solo, causando redução das áreas de vegetação natural do Bioma Mata Atlântica.

Material e métodos

Área de estudo

A Universidade Federal da Paraíba – UFPB, *Campus I*, está inserida no município de João Pessoa, Paraíba (Figura 1), entre as Coordenadas Geográficas 07°08'03" e 07° 08'58" de Latitude Sul e entre 34°50'13" e 34°51'06" de Longitude Oeste, a 33m de altitude.

A área de estudo, está sob a influência dos ventos alísios de sudeste, durante todo o ano. O clima

predominante é tropical chuvoso, com classificação Am (Köppen, 1918), verão seco e quente e úmido durante todo ano.

A média climatológica da temperatura é de 26 °C, compreendida entre os anos de 1983 e 2013 (Série Climatológica do INMET). Quanto à precipitação, apresenta ocorrência de duas estações definidas: uma seca e outra chuvosa, com duração de seis meses no período chuvoso (março a agosto) e seis meses no período seco (setembro a fevereiro).



Figura 1. Localização geográfica do município de João Pessoa-PB, no qual está localizado o *Campus I* da UFPB.

A análise do clima urbano, através de descrições físicas do espaço ocupado, foi realizada com base na metodologia apresentada por Monteiro (1976) e Costa (2007). O método consistiu em medições *in loco* e na análise das variáveis climáticas de temperatura e umidade relativa do ar. Foram realizadas observações *in loco* para a caracterização da área de estudo e de acordo com as diferentes configurações da cobertura do solo, foram selecionados nove pontos para o levantamento das variáveis de temperatura e de umidade relativa do ar (Figura 2). Para a coleta dos dados, foram instalados Data

Loggers Hobo® U10-003 (Resolução: Temperatura: 0,1°C em 25,0°C e RH: 0.07% em 25,0°C), programados para realizar medições em intervalos horários, os quais foram acondicionados em abrigos meteorológicos apoiados em tripé a uma altura aproximada de 1,5 metros do solo, em cada ponto (Figura 3). Posteriormente, cada ponto de coleta foi georreferenciado (Tabela 1).

A periodicidade para o levantamento dos dados compreendeu de janeiro a março de 2014, correspondendo ao período de estiagem da região.

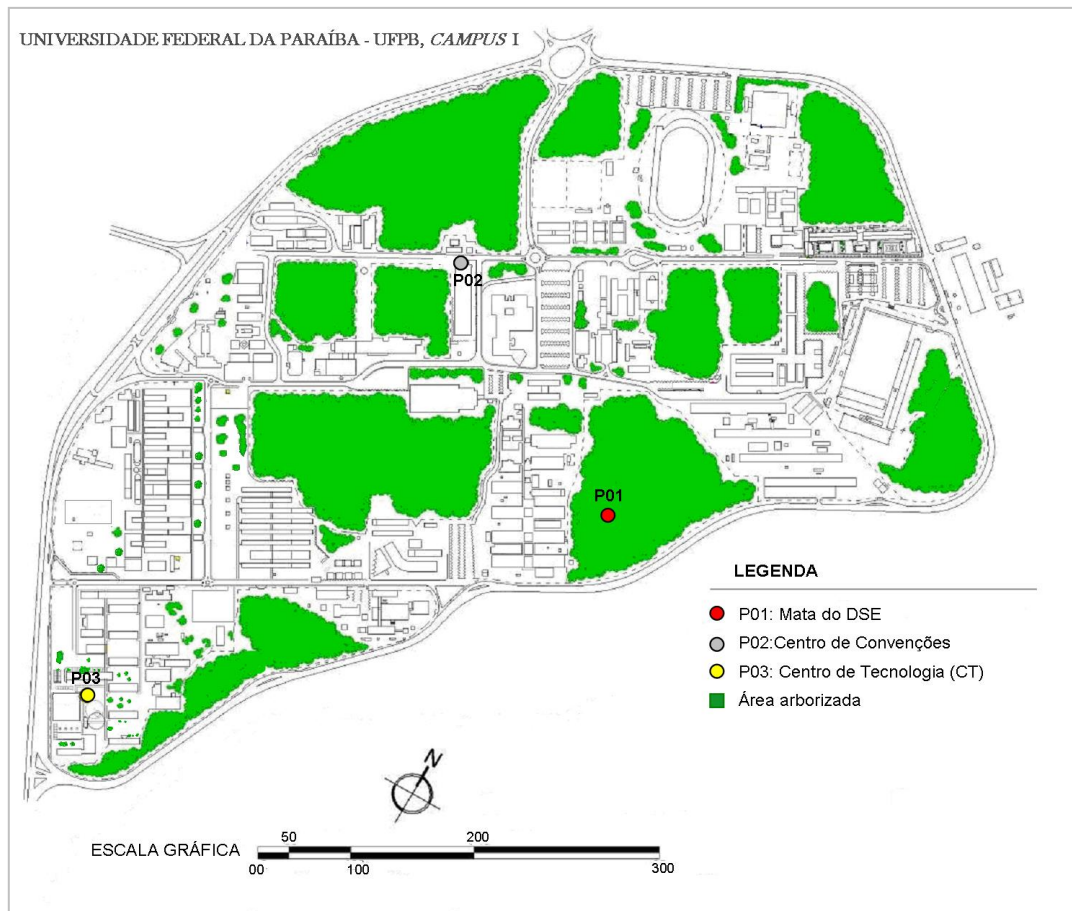


Figura 2. Localização dos pontos de medições no espaço intra-urbano da Universidade Federal da Paraíba, *Campus I*.

Tabela 1. Localização dos pontos experimentais em coordenadas geográficas.

Ponto	Localização dos pontos	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P01	Mata do Departamento de Sistemática e Ecologia (DSE)	-7°08'21,80"	-34°50'37,26"	23
P02	Centro de Convenções	-7°08'09,52"	-34°50'48,72"	39
P03	Centro de Tecnologia	-7°08'37,26"	-34°51'01,34"	49

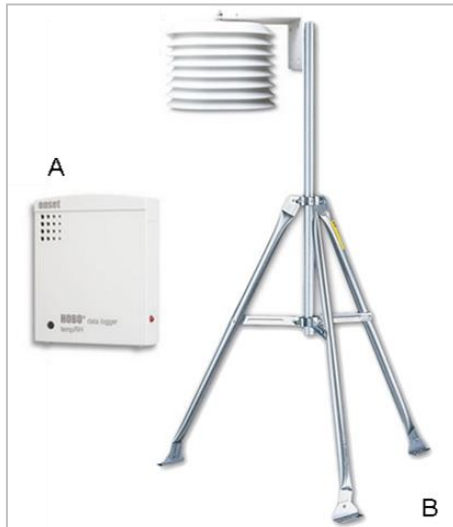


Figura 3. (A) Data Logger, e (B) Mini-abrigo apoiados no tripé.

Para a medição das variáveis, em cada ponto do experimento, foi delimitada a unidade climática local com um raio de 150 m da localização do ponto de coleta, nas direções Norte e Oeste (KATZSCHNER et al., 2002) e um raio de 350 m nas direções Leste e Sul, de maneira que se obtivesse o valor total de 500 m, que correspondesse à medida de 0,5 km (OKE, 2004).

Este procedimento objetivou analisar a importância da ventilação como um elemento de controle climático para o campo térmico da área. Dessa forma, foi realizada a análise numa área total de 0,21 km², no entorno de cada ponto analisado, conforme detalhado na Figura 4.

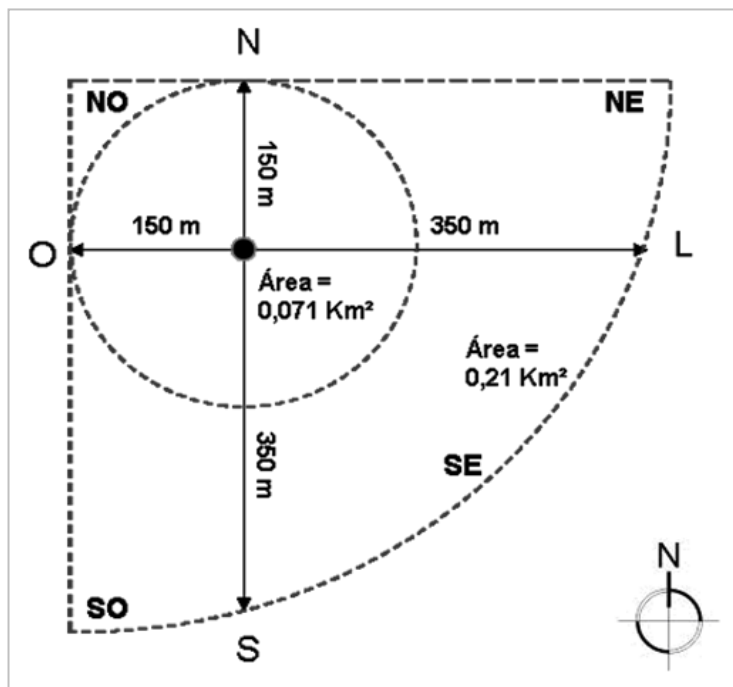


Figura 4. Área de análise de cada ponto de coleta durante os dois períodos experimentais: período seco e chuvoso. Fonte: Costa, 2007.

Para o mapeamento do uso e cobertura do solo do *Campus I* da UFPB, no ano de 2014, foi utilizada uma imagem georreferenciada com

resolução espacial de 1 m do satélite Quick Bird (Digital Globe, 2014). As seguintes classes de uso e cobertura do solo nos pontos experimentais

foram consideradas: (a) cobertura de amianto; (b) cobertura de cerâmica, (c) cobertura de concreto, (d) cobertura metálica, (e) corpo hídrico (piscina), (f) corpo hídrico (rio), (g) pavimento asfáltico, (h) solo exposto/vegetação herbácea, e (i) vegetação arbórea-arbustiva. O índice de cobertura do solo em cada ponto de estudo foi obtido pela contribuição percentual das classes de cobertura, o que serviu de base para a estimativa da área total de cada ponto experimental. O mapeamento, o cálculo das áreas de uso e cobertura do solo e o índice de cobertura do solo foram obtidos mediante técnicas de Sistemas de Informações Geográficas, com o auxílio do *software* ArcGis®, licenciado para o Laboratório de Ensino, Pesquisa e Projetos em Análises Espaciais (LEPPAN), do Departamento de Geociências da UFPB.

Para medir o conforto térmico em áreas urbanas, foi usado o Índice de Desconforto Térmico (IDT), que é um dos índices mais

utilizados e que foi desenvolvido por Thom (1959); o qual estabelece uma relação entre a temperatura média e umidade relativa do ar com a finalidade de se obter resultados quanto ao conforto ou estresse experimentados em um ambiente físico modificado. Esse índice se constitui em uma ferramenta indispensável para o planejamento e ordenamento territorial dos centros urbanos, e pode ser obtido pela seguinte equação:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 \times UR)(T - 14,5) \quad (1)$$

sendo T a temperatura do ar (°C) e UR a umidade relativa do ar (%). Para a caracterização do nível de desconforto térmico, utilizou-se a classificação de Santos (2011), ajustada para condições tropicais, apresentada na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2. Faixa de classificação do índice de desconforto de Thom (IDT) ajustado às condições climáticas da cidade de João Pessoa.

Faixas	IDT (°C)	Nível de desconforto térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	24 ≤ IDT ≤ 26,0	Parcialmente confortável
3	26 < IDT < 28,0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28,0	Muito desconfortável

Fonte: Santos (2011).

Resultados

Os valores médios da temperatura do ar no ponto P01 (Mata do DSE) foi menor que os pontos P02 (Centro de Convenções) e P03 (Centro de Tecnologia), os quais apresentaram diferença térmica durante o período de estiagem de 0,4 °C e 0,7 °C, respectivamente. Enquanto, no período chuvoso as diferenças térmicas foram de 0,2 °C para o P02 e de 0,6 °C para o P03. As taxas de umidade seguiram o comportamento da temperatura, havendo melhores taxas no Ponto P01 e menores no ponto P03 (Tabela 3).

Em consequência das menores temperaturas e de maior umidade do ar, o Índice de Desconforto Térmico (IDT) do ponto P01

(Mata do DSE) foi melhor em relação aos demais pontos analisados, apresentando 25,6 °C, no período de estiagem, se classificando como parcialmente confortável, de acordo com a classificação proposta por Santos (2011) e 23,8 °C, confortável, no período chuvoso (Tabela 3). Por outro lado, o ponto P03 (Centro de Tecnologia) apresentou maior Índice de Desconforto Térmico, com média de 26 °C, no período de estiagem, classificado em desconfortável e média de 24,3 °C, parcialmente confortável, no período chuvoso (Tabela 3).

Tabela 3. Temperatura/umidade relativa e Índice de Thom dos pontos de coleta.

Pontos	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa (%)			IDT (°C)
	Média	Máx	Mín	Média	Máx	Mín	
Período de estiagem							
P01	26,2	27,9	24,5	86,7	100	73,3	25,6
P02	26,5	28,6	24,5	83,2	96,2	70,1	25,8
P03	26,9	28,8	25,0	81,2	93,0	69,3	26,0
Média	26,5	28,4	24,7	83,7	96,4	70,9	25,8

Período chuvoso							
P01	24,5	26,4	22,6	86,9	98,7	75,0	23,8
P02	24,7	26,8	22,6	84,7	98,0	71,3	24,1
P03	25,1	27,2	23,0	81,3	94,3	68,3	24,3
Média	24,8	26,8	22,7	84,3	97,0	71,5	24,1

IDT < 24	24 ≤ IDT ≤ 26	26 < IDT < 28	IDT ≥ 28
Confortável	Parcialmente Confortável	Desconfortável	Muito Desconfortável

A caracterização física do uso e cobertura do solo dos pontos monitorados evidenciou a presença de setores com cobertura constituída por materiais impermeáveis, a exemplo de amianto, cerâmica, concreto, asfalto, cobertura metálica; e materiais permeáveis como solo exposto, presença de gramíneas, vegetação arbórea, e/ou arbustiva e corpo hídrico – piscina. O ponto P01 apresentou maior fragmento de Mata Atlântica, de acordo com a taxa percentual de cobertura vegetal com

porte arbóreo/arbustivo. Essa classe de cobertura do solo determina melhores condições de térmicas com a presença da vegetação mitigando o calor gerado pelo ambiente urbano. Por outro lado, o ponto P03 apresentou menor fragmento de vegetação arbórea-arbustiva e maiores quantidades de materiais de cobertura do solo com propriedades térmicas desfavoráveis às condições de conforto térmico (Figura 7, Tabela 4).

Tabela 4. Classes de cobertura do solo das amostras experimentais(%), de acordo com o raio de 0,21 km².

Cobertura	P01	P02	P03
Cobertura de amianto	0,01	0,14	2,80
Cobertura de cerâmica	0,71	2,00	2,45
Cobertura de concreto	7,14	28,29	18,80
Cobertura metálica	0,00	0,62	0,00
Corpo hídrico (piscina)	0,00	0,00	0,05
Corpo hídrico (rio)	0,48	0,00	0,00
Pavimento asfáltico	2,43	9,14	11,50
Solo exposto/vegetação rasteira	10,05	10,38	17,10
Vegetação arbórea-arbustiva	79,18	49,43	47,30

O fragmento de Mata Atlântica, conhecido como Mata do DSE, (Figura 5) está localizado em uma Área de Proteção Ambiental (APA), inserido no Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Este ponto apresenta cobertura vegetal classificada como arbórea/arbustiva, que totaliza 79,18% da área. Abaixo das copas o solo é permeável, com cobertura de serapilheira e solo arenoso. O solo exposto ou com vegetação herbácea totaliza 10,05%; a presença de edificações com um ou dois pavimentos,

impermeabilizados por concreto (7,14%) e cobertura cerâmica (0,71%). Na sua área de abrangência, na parte externa do *Campus I*, encontra-se uma rua com pavimentação asfáltica (2,43%), (Tabela 4, Figura 5). Este ponto encontra-se situado, na direção do vento (Sudeste), o que contribui para a dissipação do calor e amenização microclimática.

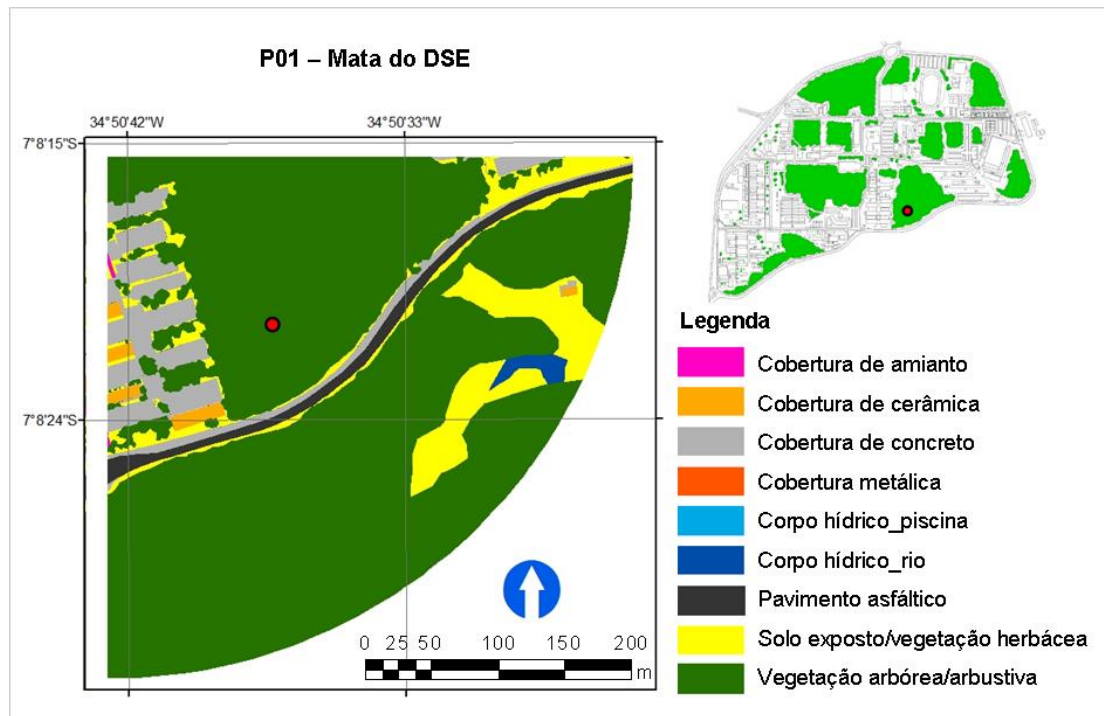


Figura 5. Classificação da cobertura do solo no ponto P01, localizado na Mata do DSE.

O Ponto P02 está inserido no Centro de Convenções, em frente a à Reitoria, localizado no Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN), com edificações de um a três pavimentos, com a presença das seguintes coberturas: vegetação arbórea-arbustiva (49,43%), cobertura de concreto com 28,29%, solo exposto/vegetação herbácea (10,38%), ruas com pavimento asfáltico com 9,14%, cerâmica (2,00%), metálica (0,62%) e

amianto (0,14%) no seu entorno (Figura 9, Tabela 3). O Ponto P05 está localizado ao lado da Caixa Econômica, e é caracterizado por edificações de um a três pavimentos, e com predominância de cobertura do solo classificada em arbórea-arbustiva (45,38%), concreto (24,43%), asfalto (12,81%), solo exposto/vegetação herbácea (8,38%) e cobertura cerâmica (4,10%) (Figura 6, Tabela 4).

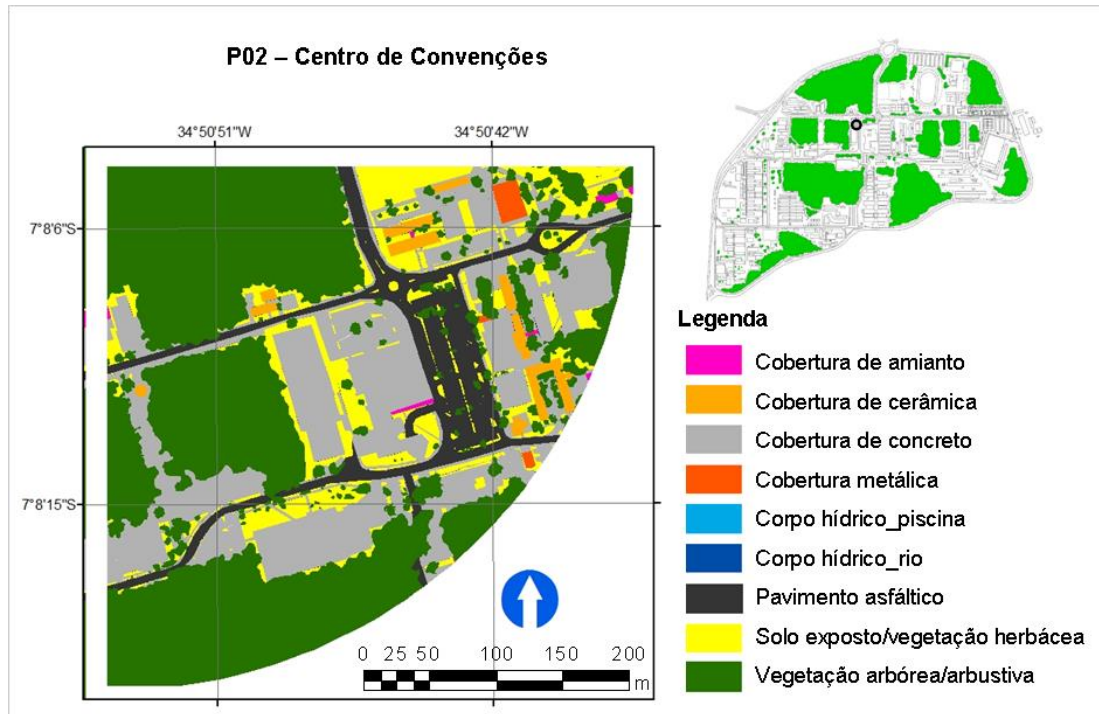


Figura 6. Classificação da cobertura do solo no ponto P02, localizado no Centro de Convenções.

O Ponto P03 está localizado no Centro de Tecnologia (CT), e é caracterizado por ter edificações de um a três pavimentos (Figura 31). O entorno desse ponto apresenta a cobertura de solo arbórea/arbustiva (47,30%), concreto (18,80%), solo exposto ou com vegetação

herbácea (17,10%), pavimento asfáltico (11,50%), amianto (2,80%), cobertura cerâmica (2,45%) e corpo hídrico/piscina (0,05%) (Figura 7, Tabela 4).

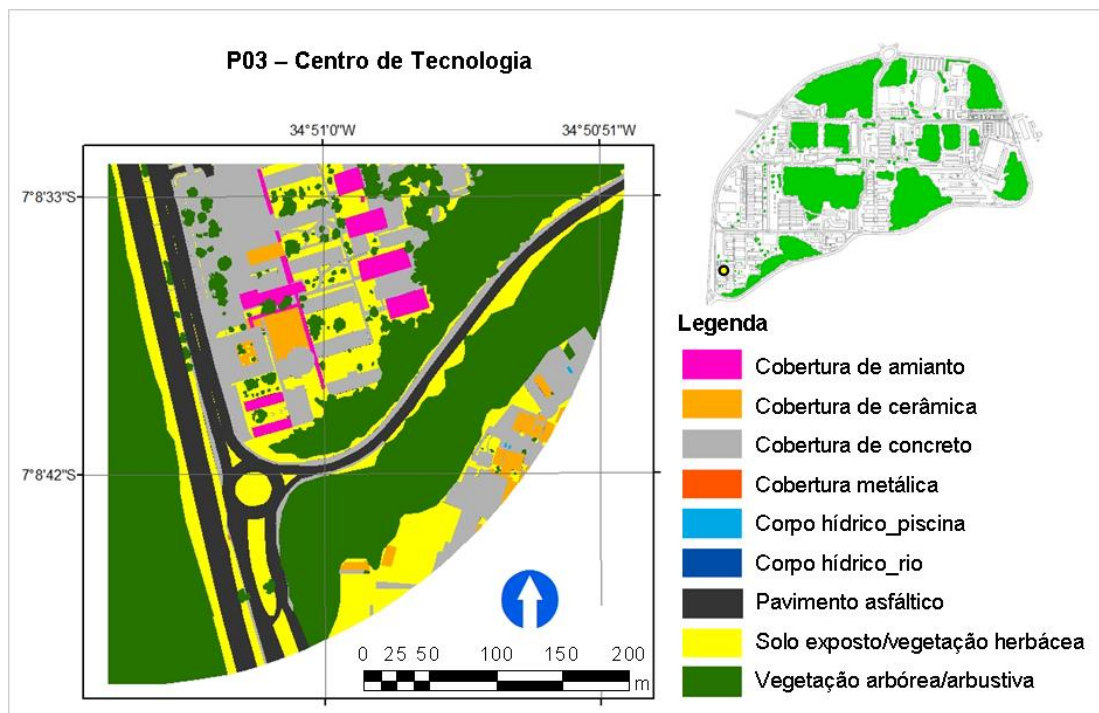


Figura 7. Classificação da cobertura do solo no ponto P03, localizado no Centro de Tecnologia.

Discussão

Santos et al. (2011), verificaram o papel exercido pela cobertura vegetal, no que diz respeito a redução de temperatura e no aumento da umidade relativa do ar. Esse efeito sobre essas variáveis microclimáticas está associado diretamente ao fenômeno da evapotranspiração e sombreamento, que contribui para o balanço energético do ambiente, assim configurando um importante instrumento para a amenização climática do meio urbano (Shashua-bar et al., 2011). Corroborando a ideia desses autores, os valores médios da temperatura do ar para o fragmento no ponto P01 (Mata do DSE) foram sempre inferiores aos demais pontos analisados. De acordo com Abreu (2008), espécies arbóreas agrupadas, com a copa de média a densa e diâmetro variando de 5 a 9 metros apresentam maior contribuição para as variáveis térmicas, em relação a fragmentos pequenos ou com árvores isoladas, como o que ocorre no ponto P03 do presente estudo.

Georgi e Zafiriadis (2006), Abreu e Labaki (2010), Hwang et al. (2010) e Puliafito et al. (2013) constataram que as espécies arbóreas são capazes de amenizar a sensação de conforto térmico no entorno imediato, havendo condições mais confortáveis na sombra da copa das árvores, durante qualquer estação do ano. Os resultados também mostraram que a maior contribuição para o conforto foi a do agrupamento arbóreo, encontrado no ponto P01, por ser maior do que nos demais pontos. Labaki et al. (2011) presumiram que agrupamento de indivíduos perenifólios arbóreos com copas amplas, com alta densidade de folhas resultem em maior conforto térmico. Martini e Biondi (2015) compararam o microclima e conforto térmico proporcionado por um fragmento de floresta urbana existente no Campus III da Universidade Federal do Paraná com outros ambientes: gramado, estacionamento e bosque de pinus, e puderam constatar que tanto o bosque de pinus quanto o fragmento de floresta, por obterem um porte arbóreo, apresentam microclimas mais agradáveis e confortável termicamente do que os ambiente gramado e estacionamento.

Por outro lado, o ponto P03 (Centro de Tecnologia) apresentou maior Índice de Desconforto Térmico, estando relacionado às altas taxas de temperatura e menores umidades, condicionado por um conjunto de fatores: geometria intra-urbana caracterizada por edificações, que atuam na diminuição da velocidade dos ventos alísios de Sudeste; uso e

ocupação do solo, recoberto por materiais impermeáveis e maior fragmentação da Mata Atlântica, evidenciada pela pouca arborização para amenizar o microclima do entorno. Como citado por Yahia e Johansson (2012), o microclima urbano é complexo e está relacionado com o ambiente externo. A densidade da área construída, a cobertura do solo, a altura dos edifícios, a orientação e a largura das ruas influenciam nas variáveis microclimáticas devido a quantidade de radiação solar recebida, e, conseqüentemente, na sensação de conforto térmico da população (Dalman et al., 2011; Thorsson et al., 2011; Shishegar, 2013). Em regiões tropicais, quanto mais adensado e verticalizado o espaço urbano, haverá incremento na temperatura e redução da umidade, pois os materiais impermeáveis absorvem e mantêm o calor, provocando o desconforto térmico (Martins et al., 2012).

Conclusões

A partir dos resultados, foi possível verificar que as menores temperaturas e maiores umidades foram registradas no ponto P01 (Mata do DSE), inserido no maior fragmento de Mata Atlântica. O que reforça a importância da vegetação na amenização microclimática, dada a evapotranspiração e o sombreamento, que são as principais estratégias de controle da radiação solar, pela interceptação dos raios solares e conversão da energia radiante em calor sensível, o que reduz as temperaturas de superfície dos objetos sombreados, aumentando a umidade e a ventilação. Enquanto, o ponto P03 apresentou maiores temperaturas e menores umidades, devido à geometria e orientação das edificações, que diminuem a velocidade dos ventos alísios de Sudeste, e assim como devido ao uso e ocupação do solo constituído por materiais impermeáveis, o que contribui para o armazenamento de calor. Também foi possível evidenciar que os diferentes fragmentos criam diferentes estratégias de resfriamento do ar, na escala microclimática.

A sensação térmica, da população que frequenta o *Campus I* da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, variou de parcialmente confortável no maior fragmento de vegetação (P01 e P02) a desconfortável, no ponto de menor fragmento de mata (P03), no período de estiagem e de confortável (P01) a parcialmente confortável (P02 e P03) no período chuvoso.

As informações, a partir deste trabalho, poderão contribuir para a implantação de ações de manejo e monitoramento da arborização local, considerando que a vegetação é eficiente na

manutenção do conforto térmico, além de ser de baixo custo o processo de plantio de novas árvores, propiciando muitos benefícios ambientais, como o resfriamento dos ambientes externos e internos, como também maior bem estar à população que circula na área. Nesse sentido, as possíveis ações servirão para o desenvolvimento de uma política de gerenciamento das áreas vegetadas e para subsidiar o plano diretor da UFPB *Campus I*.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem a Universidade Federal da Paraíba, ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA e a CAPES, pelo apoio financeiro nos estudos.

Referências

- Abreu, L. V. 2008. Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas. Dissertação, Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas, pp.154.
- Abreu, L. V., Labaki, L. C. 2010. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. *Ambiente Construído* 10, 103-107.
- Costa, A. D. L. 2007. O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. Campinas.
- Dacanal, C., Labaki, L. C., Silva, T. M. L. 2010. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. *Ambiente Construído* 10, 115-132.
- Dalman, M., Salleh, E., Sopian, A. R., Tahir, O. M., Dola, K., Saadatian, 2011. O Microclima e thermal comfort of urban forms and canyons in traditional and modern residential fabrics in Bandar Abbas, Iran. *Modern Applied Science* 5, 43-56.
- Digital Globe. Quick Bird imagery products, products guide. [http:// www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com). Acessado em 5/10/2014.
- Georgi, N. J., Zafiriadis, K. 2006. The impact of park trees on microclimate in urban areas. *Urban Ecosystems* 9, 195-209.
- Hwang, R. L., Lin, T.P., Matzarakis, 2010. A. Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*. doi:10.1016/j.buildenv.2010.10.017
- IPCC. Climate change 2013: The physical science basis. Disponível em: <http://www.climatechange2013.org/>. Acessado em: 25 de outubro de 2014.
- Köppen, W. 1918. Klassifikation der klimate nach temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. *Petermanns geogr. Mitteilungen* 64, 193-203.
- Labaki, L. C. et al. 2011. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. *Fórum Patrimônio Mudanças Climáticas e o impacto das cidades* 4, 23-42.
- Leff, E. 2001. *Saber Ambiental*. Ed. Vozes. Petrópolis.
- Martini, A., Biondi, D. 2015. Microclima e conforto térmico de um fragmento de floresta urbana em Curitiba, PR. *Floresta e Ambiente* 22, 182-193.
- Martins, T., Adolphe, L., Krause, C. 2012. Microclimate effects of urban geometry on outdoor thermal comfort in the Brazilian tropical semi-arid climate. in: Conference opportunities, limits e needs towards and environmentally responsible architecture,
- Monteiro, C. A. F. 1976. Teoria e Clima Urbano. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo. USP. São Paulo, pp. 236.
- Oke, T. R. 2004. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. IOM Report, TD. in press, World Meteorological Organization, Geneva.
- Puliafito, S. E. et al. 2013. Green areas and microscale thermal comfort in arid environments: a case study in Mendoza, Argentina. *Atmospheric and Climate Sciences* 3, 372-384.
- Ren, Z. et al. 2013. Estimation of the relationship between urban park characteristics and park cool island intensity by remote sensing data and field measurement. *Forests* 4, 868-886.
- Robaa, S.M. 2011. Effect of Urbanization and Industrialization Processes on Outdoor Thermal Human Comfort in Egypt. *Atmospheric and Climate Sciences*, pp. 100-112.
- Santos, J. S., Silva, V. P. R., Araujo, L. E., Lima, E. R. V., Costa, A. D. L. 2011. Análise das condições do conforto térmico em ambiente urbano: estudo de caso em *Campus* universitário. *Revista Brasileira de Geografia Física* 2, 336-353.
- Shashua-bar, L., Pearlmutter, D.; Erell, E. 2011. The influence of trees and grass on

- outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International Journal of Climatology* 31, 1498-1506.
- Shishegar, N. 2013. Street design and urban microclimate: analyzing the effects of street geometry and orientation on airflow and solar access in urban canyons. *Journal of Clean Energy Technologies* 1, 52-53.
- Thom, E. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-60.
- Thorsson, S., Lindeberg, F., Bjorklund, J., Holmer, B., Rayner, D. 2011. Potential changes in outdoor thermal comfort conditions in Gothenburg, Sweden due climate change: the influence of urban geometry. *International Journal of Climatology* 31, 324-335.
- Yahia, M. Y., 2012. Johansson, E. Urban microclimate and thermal comfort in outdoor spaces in hot dry Damascus. In: *International conference on urban climates*.