



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

MAPEANDO PADRÕES DE OCUPAÇÃO DE SALVADOR, BA

**Heliana Mettig Rocha (1); Tereza Moura (2); Jussana Nery (3); Carolina Vieira(4);
Eduardo Prado (5); Gabriel Nunes (6)**

(1) Doutora, arquiteta e urbanista, Professora da Faculdade de Arquitetura, helianamettig@ufba.br

(2) Doutoranda do Programa de Arquitetura e Urbanismo, arquiteta e urbanista, Professora da Faculdade de Arquitetura, tereza_moura2015@gmail.com

(3) Mestre, arquiteta e urbanista, Professora da Faculdade de Arquitetura, jussana.nery@gmail.com

(4) Doutora, arquiteta e urbanista, Professora da Faculdade de Arquitetura, carolinanvieira@gmail.com

(5) Doutor, engenheiro civil, Professor da Faculdade de Arquitetura, eprado@gmail.com

(6) Graduando em Arquitetura, bolsista de pesquisa, gabriel.victor369@hotmail.com

Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental, Rua Caetano Moura, 121, Federação, Salvador-Bahia, (71) 3283-5895

RESUMO

O presente trabalho expõe as atividades realizadas por pesquisadores do Laboratório de Conforto Ambiental e Tecnologias Sustentáveis em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (LACAM-TEC) da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia (FAUFBA) para a atualização do Mapa de Padrões de Ocupação da cidade de Salvador-BA. O mapa consiste na delimitação da superfície da cidade em poligonais associadas à diferentes texturas de ocupação urbana e constitui um elemento essencial para o estudo do clima urbano por meio da elaboração do Mapa de Clima Urbano (MCU), visando análise e recomendações, ou seja, um importante instrumento de promoção da qualidade ambiental urbana. Toma como base o seu equivalente do ano de 2002, porém, ao empregar ortofotos digitais de 2017, reflete a nova realidade do tecido urbano. A atualização também envolve a mudança para uma plataforma computacional mais moderna e aberta, baseada em Sistema de Informações Geográficas (SIG). Paralelamente, encontra-se em desenvolvimento uma nova classificação dos padrões, agregando-se critérios obtidos pela quantificação dos seus atributos urbanísticos e construtivos.

Palavras-chave: Clima Urbano, Mapa de Clima Urbano, Padrões de Ocupação.

ABSTRACT

This work presents the activities executed by researchers at the Research Lab on Environmental Comfort and Sustainable Technologies in Architecture, Urbanism and Landscape (LACAM-TEC) of the Faculty of Architecture - Federal University of Bahia (UFBA) to update the Land Use Map of the city of Salvador, Bahia. The map consists of the city surface delimitation through polygonals, which are associated to different urban land use texture. The map is an essential element on the urban climate study, through preparing a Climate Urban Map that shows analyses and recommendations, an important instrument to promote urban environmental quality. It is based on the 2002 map version counterpart, but then it employs newer digital orthophotos, dating from 2017, thus reflecting a newer state of the urban fabric reality. The update also includes the change to a modern and open computational platform, based on Geographic Information Systems (GIS). Simultaneously, a newer pattern classification is currently being developed, which aggregates criteria derived by the quantification of the city's urbanistic and building attributes.

Keywords: Urban Climate, Urban Climate Map, Land Use.

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Salvador é pioneira no Brasil na confecção do Mapa de Clima Urbano (MCU) como instrumento relevante para efetivação do direito ao meio ambiente urbano equilibrado, bem de uso coletivo, conforme garantido pela Constituição. Sua aplicação adequada repercute no direito à cidade, assim como, propicia a implementação de políticas setoriais urbanas municipais de meio ambiente e planejamento territorial, estabelecidas em leis específicas. Visa auxiliar na gestão pública no sentido de indicar áreas ou bairros nos quais ações de mitigação e adaptação são necessárias para combater os efeitos deletérios do aquecimento da cidade, tanto pela urbanização quanto pelas mudanças climáticas em curso. Destaca-se ainda, que gestores, técnicos, urbanistas, organizações civis e instituições públicas que atuam em Salvador poderão dispor de um instrumento que subsidia análises e intervenções relativas à qualidade ambiental urbana. Essa comunicação técnica faz parte de um projeto de pesquisa que avança para o desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas (SIG-MCU) de Salvador.

A pesquisa vem sendo desenvolvida pelo grupo de pesquisa Laboratório de Conforto Ambiental (LACAM¹), da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia (FAUFBA) que, desde 1995, tem como uma das suas linhas de pesquisa o Clima Urbano, da meso à microescala, e sua implementação no planejamento urbano, tendo como foco a mitigação dos impactos das mudanças climáticas globais nas cidades. Dentre seus principais trabalhos está a elaboração da primeira versão do Mapa de Clima Urbano de Salvador (NERY et al., 2006), que utilizou como uma das camadas mais relevantes, o Mapa de Padrões de 2002. Este, também elaborado pelos pesquisadores do laboratório, foi desenvolvido a partir da base digital de 1992 e das fotos aéreas de 1992 do Sistema Cartográfico da Região Metropolitana de Salvador – SICAR/CONDER e da Maquete Física da Cidade, construída pela Prefeitura Municipal em escala 1:2.000, além de visitas de campo. Essa foi a primeira aplicação no Brasil da metodologia de Mapa de Clima Urbano (MCU), desenvolvida na Alemanha, integrante do livro “The Urban Climatic Map for Sustainable Urban Plan”, que apresenta o estado da arte da aplicação desta ferramenta no planejamento urbano (NG; REN, 2015).

O Mapa de Clima Urbano (MCU) é uma metodologia de análise e avaliação que integra os fatores do Clima Urbano e os insumos necessários ao planejamento urbano, representando os fenômenos climáticos e seus problemas em mapas temáticos sobre a base cartográfica da cidade por meio de camadas de informações distintas (*input layers*). Essas camadas são consideradas no SIG durante o cálculo de geoprocessamento que, por sua vez, gera o Mapa de Clima Urbano Analítico (MCU-An), a partir do qual são extraídas as recomendações básicas para o planejamento urbano, apresentadas no Mapa de Clima Urbano de Recomendações (MCU-Re) (NG; REN, 2015; FERREIRA; de ASSIS; KATZSCHNER, 2017).

O Mapa de Padrões de Ocupação do Solo é umas das camadas principais do SIG para o geoprocessamento do MCU pois, de acordo com a própria definição de Clima Urbano, este corresponde à alteração das condições climáticas produzidas pela urbanização (CHAO; YAN-YUNG; KATZSCHNER, 2010). Com inúmeros trabalhos nesta área em diferentes cidades e continentes confirma-se que as formas de ocupação do solo das cidades é um dos principais insumos para o cálculo do Mapa de Clima Urbano, dessa metodologia (SOUZA, 2010).

Segundo Alexander et al (1980), o conceito de Padrão Construtivo, aqui denominado Padrão de Ocupação, é uma linguagem para construir e planejar o espaço urbano, sendo que os elementos desta linguagem são denominados padrões. Os padrões podem ser utilizados inúmeras vezes sem que ocorra um resultado idêntico. Enquanto Alexander se preocupou com uma catalogação de padrões em diversas escalas arquitetônicas e urbanísticas, visando dar subsídios a uma metodologia de projetar e construir, aqui o interesse é utilizar os padrões construtivos como referência para inferir o volume construído, por sua vez relacionado com o calor armazenado pelas construções, e que se constitui em um fator fundamental para o estudo do Clima Urbano.

O primeiro Mapa de Padrões foi elaborado em 2002 com dados da ocupação urbana de Salvador em 1992, gerando um arquivo em formato *.dwg* ao utilizar a tecnologia CAD (*Computer Aided Design*). Com uma área continental peninsular de 279km², nos últimos 20 anos a população de Salvador aumentou cerca de 20%, passando de 2.440.828 habitantes em 2000 (IBGE, 2010) para 2.857.329 habitantes em 2018 (IBGE, 2018). Com isso, as áreas rurais ou cobertas com vegetação que se situavam no “miolo” da cidade, isto é, no espaço geográfico ao norte do município entre as áreas das bordas da península, foram ocupadas com conjuntos habitacionais. Em 2019, já dispondo do acesso às ortofotos digitais geradas pelo levantamento aerofotogramétrico de 2016/2017 (PMS, 2017), fica evidente o grande crescimento da cidade de Salvador

¹ Atual LACAM-TEC, Laboratório de Conforto Ambiental e Tecnologias Sustentáveis em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo.

neste período de cerca de 20 anos, tanto horizontalmente, quanto verticalmente, tornando assim o Mapa de Padrões de 2002 inconsistente com a realidade presente, requerendo atualização.

Por outro lado, analisando as últimas Normais Climatológicas de Salvador (INMET, s/d), calculou-se uma elevação de 0,4°C na Temperatura Média Compensada anual quando comparados os períodos de 1961-1990 e 1981-2010, sendo que esse aumento corresponde a 3,6°C na Temperatura Média das Máximas anual.

A disponibilidade de informações digitais atualizadas sobre a cidade de Salvador, a ferramenta SIG com o uso do *software* livre QuantumGIS (QGIS), assim como, a ampliação do quadro de pesquisadores na linha de pesquisa de Clima Urbano do LACAM-TEC permitiram viabilizar a atualização do Mapa de Clima Urbano para Salvador, iniciando-se pelo mapeamento dos padrões de ocupação.

Esta etapa está sendo objeto de pesquisa do projeto “Diretrizes para elaboração do Mapa de Clima Urbano de Salvador”, com apoio do Programa Permanecer/UFBA 2018. Neste projeto, o plano de trabalho do bolsista contempla a elaboração da atualização do Mapa Padrões de Ocupação do Solo de Salvador, objeto desta Comunicação. De forma a viabilizar sua continuidade, este projeto também foi contemplado com apoio financeiro pela chamada pública da Promotória de Habitação e Urbanismo do Ministério Público do Estado na Bahia (MP-BA) em 2019, em virtude de sua missão na defesa do ordenamento urbanístico, direito à cidade e a justiça social.

2. OBJETIVO

Atualizar o Mapa de Padrões de Ocupação da área continental de Salvador (excluindo-se as áreas insulares), incorporando as transformações urbanas, utilizando dados *raster* (ortofotos) e ferramentas digitais (QGIS), para mapear os padrões de ocupação urbana, camada de informação que se constituirá na camada de insumo (*input layer*, em formato *shapefile*) de maior peso no processamento digital do Mapa de Clima Urbano para a cidade de Salvador, BA.

3. MÉTODO

A camada de informações Mapa de Padrões contém dados espaciais na forma de poligonais que agrupam padrões de ocupação do solo urbano com texturas homogêneas provenientes de seus atributos urbanísticos e construtivos. Uma cidade pode apresentar padrões de ocupação diversos, a exemplo de Salvador quando, em 2002, foram identificados nove padrões distintos, estando alguns apresentados na Figura 1 e Tabela 1.



Figura 1 - Visualização de Padrões de Ocupação distintos em Salvador. Fonte: Fotografia Manu Dias. Adaptado pelos autores.

Tabela 1 - Padrões de Ocupação e Critérios de classificação propostos pelo LACAM-TEC em 2002.

Padrão	Critérios
--------	-----------

Padrão 1	Edificações altas (> 10 andares) e Alta densidade
Padrão 2	Edificações altas (> 10 andares) e Média densidade
Padrão 3	Edificações médias (1-4 andares) e Média densidade
Padrão 4	Edificações baixas (< 4 andares), Densidade muito alta e sem vegetação
Padrão 5	Edificações baixas (< 4 andares) e Média densidade
Padrão 6	Edificações baixas (< 4 andares), Baixa densidade e vegetação
Padrão 7	Edificações baixas (< 4 andares) Baixa densidade, sem vegetação
Padrão 8	Estruturas especiais: indústrias, shopping centers, hospitais
Padrão 9	Parques e/ou densidade muito baixa com vegetação espalhada

A delimitação dessas texturas homogêneas foi elaborada, a partir da observação de ortofotos digitais na escala de 1:10.000, que possibilitou o processo de mapeamento de padrões de Salvador, conforme os procedimentos descritos a seguir.

3.1. Procedimento do mapeamento dos padrões de ocupação

O primeiro Mapa de Padrões de Salvador, elaborado em 2002 pela equipe do LACAM-TEC, foi desenhado em formato *.dwg* utilizando a tecnologia CAD (*Computer Aided Design*), tendo como suporte o Sistema de Informações Cartográficas - SICAR em meio digital e fotos aéreas de 1992 (CONDER, 2019), e a Maquete Física da Cidade em 2002, elaborada pela Prefeitura Municipal, além de visitas em campo.

Para a atualização desse Mapa foi necessária a importação do arquivo *.dwg* para o arquivo *shapefile* (*.shp*), no *software* livre QGIS versão 2.18.28, preparando uma base digital do Mapa de Padrões, uma camada de informações (*layer*), insumo para elaboração do MCU. Este procedimento implicou em ajustes dos dados vetoriais e configurações durante o processo de exportação. O resultado dessa importação serviu de base para a construção da nova camada vetorial do Mapa de Padrões 2019, formada por poligonais e atributos. A referência visual para delimitação dessas poligonais foram as ortofotos digitais do município, geradas pelo levantamento aerofotogramétrico de 2016/2017, acessadas por meio do geoserviço WMS (*Web Map Service*), fornecido pela Prefeitura de Salvador (PMS, 2018). Para o traçado das poligonais, um processo visual, foi definida a escala 1:10.000 e, eventualmente também utilizada a escala 1:5.000, ambas compatíveis com a escala de abordagem da metodologia do MCU e correspondente à escala topoclimática na classificação proposta por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro (MONTEIRO, 1976), precursor dos estudos climáticos urbanos no Brasil. A classificação dessas áreas será elaborada em etapa subsequente, de acordo com critérios que caracterizem os níveis de adensamento construtivo, ainda em estudo para sua atualização.

Superpondo as camadas Mapa de Padrões 2002 e as mais recentes ortofotos, procedeu-se a análise visual comparativa para definir diretrizes para sua atualização. Observa-se que foi possível ajustar as poligonais que já delimitavam os padrões, especialmente nas áreas urbanas mais consolidadas, enquanto nas áreas de urbanização mais recentes, foi necessário traçar novas poligonais.

Após a identificação visual e delimitação das texturas urbanas com as poligonais foi obtido um mapa do município subdividido em áreas de diversas texturas. Nesta etapa, as áreas identificadas com texturas semelhantes foram consideradas de mesmo padrão, obtendo-se um número total de padrões do mapeamento atual a partir do modelo de urbanização da cidade de 1992 à 2017. A validação dessa etapa de delimitação de áreas será participativa, estando previsto um fórum presencial com urbanistas, pesquisadores e representantes de comunidades, onde o mapeamento atualizado será apresentado e avaliado.

3.2. Procedimento para atualizar a classificação dos padrões de ocupação

A classificação dos padrões de ocupação do mapeamento atual resultará das texturas homogêneas encontradas nessa etapa e, portanto, poderá diferir da classificação anterior, apresentada na Tabela 1, embora os critérios para sua classificação continuem sendo os mesmos: adensamento construtivo, gabarito das edificações e presença de vegetação/corpos d'água. Nessa etapa, objetiva-se também referendar o mapeamento por meio da caracterização quantitativa dos padrões. Essa quantificação visa determinar parâmetros da estatística descritiva, como moda, mediana e intervalo, que possam ser atribuídos a cada padrão de ocupação distinto. Está sendo testada uma adaptação do método de cálculo da estimativa de rugosidade proposto por Grimmond e Oke (1999 apud FERREIRA; FERREIRA; ASSIS, 2010), calculando-se a densidade ocupacional por quadra, em lugar da ocupação por lote, cujos dados não estão integralmente disponíveis para a cidade. Serão também investigados outros métodos de cálculo de densidade ocupacional, a exemplo da metodologia *Spacematrix*, que apresenta uma definição clara de densidade urbana como um fenômeno de múltiplas variáveis e faz uma correlação entre a densidade e a massa construída (forma urbana), tornando esta última, mensurável (BERGHAUSER, 2011).

3.3. Procedimento para ponderação dos padrões de ocupação de Salvador

A ponderação dos padrões é necessária para o cálculo do geoprocessamento do MCU, onde cada peso reflete o aquecimento diferenciado característico das distintas densidades urbanas. Os pesos serão obtidos pela comparação dos resultados das simulações do conforto térmico e temperatura de cada padrão, utilizando o *software* ENVI-MET. Esta ferramenta analisa a maioria dos processos climáticos na escala intraurbana, podendo estimar as variáveis climáticas e o conforto térmico do microclima em função do índice PET - Temperatura Fisiológica Equivalente, derivado do impacto da urbanização.

4. RESULTADOS PARCIAIS

Como resultados parciais, apresenta-se o Mapa de Padrões 2019 (Figura 2a), onde o território peninsular da cidade teve seu mapeamento atualizado, restando sua classificação. A Figura 2b mostra o Mapa de Padrões de 2002, para comparação. Os esforços iniciais centraram-se nas áreas de urbanização consolidada da cidade, onde o adensamento foi marcado principalmente pela verticalização, cuja percepção visual demandou considerável atenção. As áreas restantes correspondem a expansão urbana mais recente, onde se apresenta maior diferenciação entre texturas urbanas em relação ao Mapa de 2002. Essa expansão ocorreu em áreas onde, anteriormente, havia vegetação frequentemente densa, sendo essas, algumas vezes, resquícios da Mata Atlântica. Decorreu do crescimento populacional, da pressão da especulação imobiliária e de programas de habitação social, sob o incentivo de uma conjuntura econômica que impulsionou a construção civil e a compra de imóveis para investimento.

O Mapa de Padrões de 2002 (Figura 2b) mostra os nove padrões constantes da Tabela 1, enquanto o Mapa de Padrões de 2019 (Figura 2a) apresenta o mapa em uma única cor, indicando a inexistência de classificação até o momento.

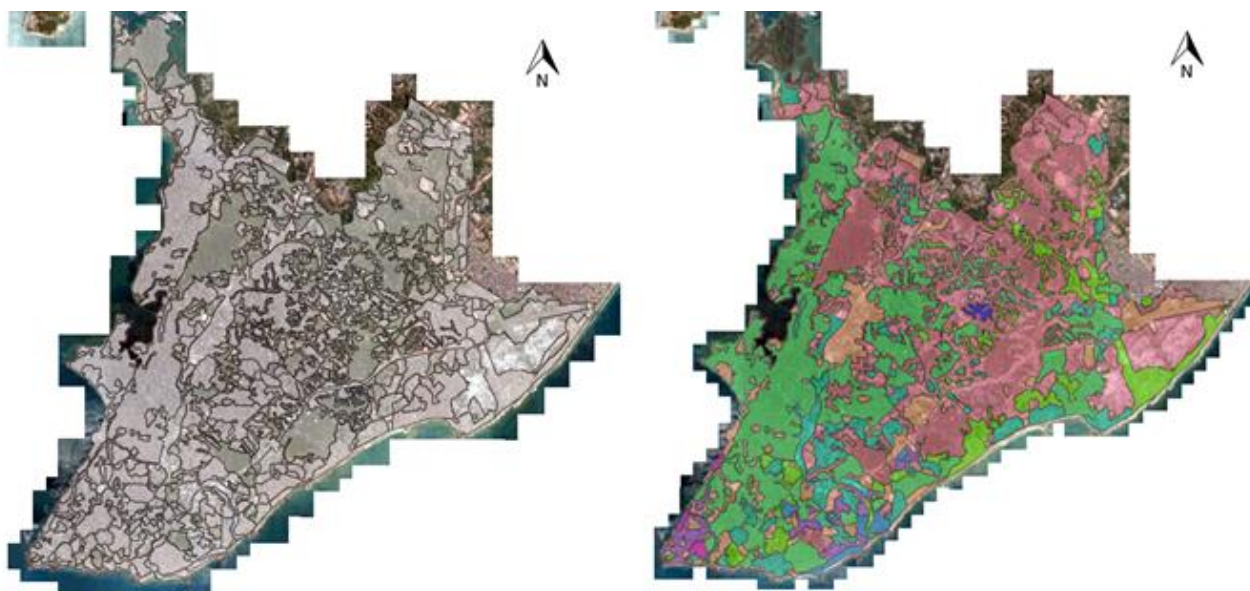


Figura 2 - (2a) Mapa de Padrões 2019 e (2b) Mapa de Padrões de 2002. Ambas as camadas estão visualizadas sobre as ortofotos digitais de Salvador de 2017, disponibilizadas pela PMS em 2018, sem escala. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 3- Detalhe de bairro do Cabula na escala 1:5.000. 3(a) Detalhe do Mapa de Padrões de 2019 sobre ortofoto de Salvador, 2017. 3(b) Detalhe do Mapa de Padrões de 2002, para a mesma área da cidade, sem sobreposição. Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que o mapa atual (Figura 3a) apresenta maior detalhamento na delimitação das poligonais do que o mapa anterior (Figura 3b). As diferenças observadas são oriundas da expansão de ocupação de áreas anteriormente livres e/ou verdes do município. Nota-se que os recursos técnicos mais recentes permitem uma maior precisão de visualização pelas ferramentas disponíveis e a qualidade das ortofotos digitais. Estas, com resolução espacial de 10 cm e resolução radiométrica de 16 bits, são provenientes da atividade de levantamento aerofotogramétrico apoiado por estação terrestre de precisão geoidal, em escala urbana de 1:1000 (PMS, 2018).

Esta etapa da atualização do mapeamento dos padrões de ocupação é uma camada essencial para a construção do MCU em uma plataforma SIG. No entanto, são necessárias etapas posteriores com a inclusão de camadas de informação relativas ao potencial dinâmico da ventilação, topografia, declividade, exposição à radiação solar, dentre outras, para o cálculo do geoprocessamento do Mapa de Clima Urbano Analítico (MCU-An) e, posteriormente, a geração do Mapa de Recomendações ao Planejamento Urbano da Cidade (MCU-Re).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER et al. **A Pattern Language/ Un Lenguaje de Patrones**. Barcelona, GG, 1980.
- BERGHAUSER, M. Measuring urban form. In: **Atlantis**, 22 (2), 16-19. 2011.
- CHAO, R.; YAN-YUNG, N.; KATZSCHNER, L. Urban Climatic map studies: a review. **International Journal of Climatology**. DOI:10.1002/joc.2237. 2010
- FERREIRA, D. G.; FERREIRA, C. M. O.; ASSIS, E. S. Classificação de Rugosidade em Tecido Urbano Parte I: fundamentação teórica. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém do Pará, PA. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET - Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010. v. 1. p. 1-5.
- FERREIRA, D., de ASSIS, E. S., KATZSCHNER, L. Construção de um mapa climático analítico para a cidade de Belo Horizonte. In: **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 2017, 9 (Supl. 1), 255-270.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/salvador/panorama>>. Acesso em: abr., 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil em Síntese. Estimativa da população do município, 2018**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: jun., 2019.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010**. Arquivos Climáticos, s/d. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acesso em: abr., 2019.
- MONTEIRO, C. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO-USP, 1976.
- MORAIS, J. D., ANDRADE, T., & NERY, J. Caracterização térmica de padrões de ocupação em Salvador – estudos de caso: Nordeste de Amaralina e Pituba. In: XI ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VII ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Búzios: ANTAC, 2011.
- NERY, J. e outros. Thermal comfort studies in a humid tropical city. In: The Sixth International Conference on Urban Climate. **Anais...** Gothenburg: University of Gothenburg, 2006.
- NG, E.; REN, C. **The Urban Climatic Map for Sustainable Planning** (1ª ed.). New York: Routledge, 2015.
- PMS. Prefeitura Municipal de Salvador. **Mapeamento Cartográfico de Salvador**. Disponível em: <<http://cartografia.salvador.ba.gov.br>>. Acesso em: dez., 2018.
- SICAR/CONDER. **Sistema Cartográfico da Região Metropolitana de Salvador**. Companhia do Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. Disponível em: <<https://www.informs.conder.ba.gov.br/2016/10/24/sistema-cartografico-da-rms-1995/>> Acesso em: abr., 2019.
- SOUZA, V. S. **Mapa climático da cidade de João Pessoa-PB**. 145f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal da Paraíba, 2010.