

CLIMATOLOGIA URBANA: ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES, MACEIÓ, BRASIL

Lina Martins de Carvalho (linamartins_@hotmail.com); Ricardo Victor Rodrigues Barbosa (rvictor@arapiraca.ufal.br)

Universidade Federal de Alagoas; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFAL-FAU) - Brazil

Palavras chaves: climatologia urbana, planejamento urbano, conforto térmico, espaços livres públicos e privados, conjuntos habitacionais populares

O planejamento urbano cria estratégias de organização territorial como forma de amenizar os impactos provenientes do processo de urbanização, entretanto a ocupação acelerada e mal planejada resulta, frequentemente, na formação de microclimas urbanos desfavoráveis ao conforto térmico dos cidadãos. Os prejuízos ao bem-estar são perceptíveis, tanto no interior dos edifícios quanto nos espaços livres públicos e privados, os quais requerem atenção especial, pois são geralmente mais suscetíveis às condições climáticas locais, dependendo de medidas em macro escala de planejamento urbano para obterem estratégias energéticas que contribuam com o conforto térmico.

Objetiva-se discutir sobre a importância da climatologia urbana para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes urbanos por meio de ações que poderiam ser consideradas nas estratégias de planejamento urbano.

Com base nas investigações teóricas sobre os temas de climatologia e planejamento urbano, e nos resultados das simulações realizadas a partir de uma área hipotética semelhante à um dos conjuntos habitacionais localizado na zona de expansão urbana da cidade de Maceió, chegou-se à conclusão de que algumas diretrizes poderiam ser levadas em consideração, tais como: melhorias da forma urbanística, uso de materiais mais apropriados, redução de taxas de ocupação, estímulo à vegetação nos espaços livres, dentre outros.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento urbano deve estabelecer estratégias de organização territorial com vistas a amenizar os impactos da ocupação do solo sobre o ambiente natural, entretanto a ocupação acelerada e mal planejada resulta, frequentemente, na formação de microclimas urbanos desfavoráveis ao conforto térmico dos cidadãos. Os prejuízos são perceptíveis tanto no interior dos edifícios, cujo desconforto pode ser sanado através de medidas de refrigeração artificial, quando o projeto arquitetônico não contempla estratégias bioclimáticas, quanto nos espaços livres de construção públicos e privados. Os espaços livres urbanos requerem atenção especial, pois são geralmente mais suscetíveis às condições climáticas do local, dependendo de medidas em macro escala de planejamento urbano para obterem estratégias que proporcionem uma melhor condição de conforto. Entretanto, apesar de serem considerados fundamentais na melhoria da qualidade do ambiente urbano, os espaços livres têm sido preteridos frente à especulação imobiliária que estimula a ocupação de áreas ainda não construídas.

Diante desta problemática, o presente trabalho tem por objetivo discutir a importância da climatologia urbana na melhoria da qualidade térmica dos ambientes urbanos através de ações a serem consideradas nas estratégias de planejamento urbano. Para o presente estudo, tomou-se como objeto os conjuntos habitacionais populares localizados em sua

zona de expansão urbana periférica da cidade de Maceió-Alagoas. Como método de pesquisa, foi feita a análise térmica, em escala de abordagem microclimática, de uma área hipotética baseada em um conjunto habitacional existente. Os resultados foram obtidos por meio de simulação computacional realizada no *software Envi-met*.

2. CLIMATOLOGIA URBANA

Para Cunha e Vecchia (2007), a climatologia pode ser identificada a partir de duas abordagens distintas: a) clássica ou tradicional – cujos elementos climáticos são tratados de maneira independente; b) dinâmica – que avalia os elementos climáticos de maneira integrada. A abordagem dinâmica tem sido recentemente mais utilizada por proporcionar uma melhor compreensão da realidade climática de um determinado local.

Os elementos climáticos são grandezas atmosféricas indispensáveis para a análise do clima de um determinado espaço num intervalo de tempo. Entretanto, apesar da combinação destes elementos ditarem as condições atmosféricas de um lugar, percebe-se que alguns condicionantes do espaço geográfico (ou fatores climáticos) podem interferir no clima. Os principais fatores climáticos são: relevo, latitude/longitude, maritimidade e continentalidade, massas de ar, vegetação e correntes marítimas.

O crescimento acelerado das cidades nos últimos séculos tem impulsionado os estudos sobre o clima urbano. Oke (1987) conceitua a climatologia urbana como a ciência que analisa as transformações atmosféricas de determinada região proporcionadas pelo processo de urbanização. Para Monteiro (1990), a relação entre clima e urbanização deve ser considerada como um sistema aberto, em que a cidade causa interferência no meio e também recebe influência dele de forma dinâmica e adaptativa.

O processo de urbanização altera as condições iniciais do clima a partir da modificação do uso e ocupação do solo, com a retirada de vegetação natural, crescimento da massa edificada, pavimentação do solo, uso de materiais de construção que contribuem com o aumento da temperatura do ar, etc. Entretanto, apesar de o planejamento urbano, principal conjunto de instrumentos de ordenação territorial nas cidades, já se adaptar à conscientização de sustentabilidade, abrangendo em suas ações e regulamentações questões sociais, econômicas e ambientais, percebe-se que as questões referentes ao clima urbano tem encontrado dificuldade em se inserir nas diretrizes específicas de organização territorial, seja pela dificuldade de se criar estratégias genéricas de adequação da construção ao clima, pelo desinteresse dos administradores do planejamento, ou por questões conceituais, dentre outros fatores.

Andrade (2005) conclui sua análise a respeito desta problemática afirmando que “a climatologia urbana tem hoje um caráter pluridisciplinar”, devendo estar integrada não só às abordagens territoriais e ambientais, mas também às “sociológicas e econômicas do espaço urbano”.

3. CLIMATOLOGIA E PLANEJAMENTO URBANO

Diversos autores salientam que o estudo da climatologia urbana deveria ter maior visibilidade nas estratégias de planejamento das cidades (ALCOFORADO *et al.*, 2009; ALCOFORADO e MATZARAKIS, 2010; ELIASSON, 2000; ANDRADE, 2005). Segundo Eliasson (2000) e Alcoforado *et al.* (2009), apesar de haver um vasto conhecimento sobre a climatologia urbana e interesse por parte dos planejadores, observa-se que se trata de um tema pouco aplicado, de baixo impacto, ou simplesmente não empregado no planejamento urbano.

Independentemente da escala climática, seja a nível local ou regional, são vários os fatores que podem alterar o clima de determinado espaço, como: estrutura urbana, topografia,

cobertura de superfície, latitude-longitude, relevo, distância dos grandes corpos d'água, dentre outros (ALCOFORADO e MATZARAKIS, 2010).

O aumento da temperatura do ar nas áreas mais adensadas das cidades, especialmente nas áreas centrais, em relação à temperatura do ar nas áreas rurais circunvizinhas origina um fenômeno conhecido por ilha de calor urbano. A diminuição dos recuos das edificações gera redução da porosidade da massa edificada e, conseqüentemente, da velocidade dos ventos no nível próximo ao solo, acarretando na dificuldade de dispersão de partículas e do ar quente. "O surgimento de ilhas de calor é consequência direta do aumento da rugosidade da superfície da terra, da redução na difusão do calor no meio urbano, dos baixos índices de evaporação, da poluição do ar e do calor gerado pelas atividades humanas" (COSTA e ARAÚJO, 2001, p.1). As ilhas de calor provocam efeitos negativos principalmente nas cidades de clima quente, pois interferem no conforto e saúde da população, demandam mais energia, uso de água, poluição do ar e mais precipitação (COSTA e ARAÚJO, 2001; ALCOFORADO e MATZARAKIS, 2010).

Este trabalho visa evidenciar estratégias para minimizar o estresse por calor, tanto à nível urbanístico quanto ao nível do edifício.

Com relação às estratégias urbanísticas, Alcoforado e Matzarakis (2010) recomendam estratégias de ventilação (privilegiando o interior e o entorno das edificações, de modo que os cânions urbanos estejam alinhados à favor do recebimento da brisa), de sombreamento (redução da radiação solar a partir das edificações vizinhas, da orientação dos edifícios ou por vegetação) e minimização de riscos de inundações. Givoni (1986) *apud* Koppe *et al.* (2004, p. 78) também sugere recomendações com relação à ventilação e ao sombreamento; a largura das vias, o tamanho e o formato das quadras, bem como a orientação dos lotes, devem estar favoráveis ao direcionamento dos ventos dominantes; com relação à insolação, sugere-se ruas sombreadas de modo à contribuir com a mobilidade a partir de curtas distâncias de caminhada.

Com relação às estratégias para as edificações, destaca-se o trabalho de Higuera (1998) por sua análise abrangente de localidades na Espanha que demandam por conforto térmico, seja através do resfriamento ou calefação, dependendo do local ou da época do ano. Levou-se em consideração apenas suas recomendações sobre resfriamento no interior dos edifícios: a) o posicionamento das ruas deve favorecer as fachadas de modo que lhe proporcione o benefício dos ventos da orientação desejada; b) espaços livres devem ter formatos e orientações específicos para inibir a insolação nos edifícios; c) disposição de ruas ao longo das curvas de nível respeitando a radiação e direção dos ventos; d) proporção adequada entre a largura das ruas e a altura da edificação de modo a proporcionar sombra nas fachadas; e) as fachadas mais largas da edificação devem ser direcionadas à direção de maior conforto térmico.

Em meio à tentativa de se aproveitar os dados obtidos nos estudos sobre climatologia na aplicação de diretrizes específicas de planejamento urbano, percebe-se que as áreas verdes da cidade podem servir de instrumento de balanço e equilíbrio térmico além daqueles construídos no interior das quadras. Estes espaços são importantes ferramentas, não só de melhoria dos aspectos climáticos, mas também por possibilitarem o convívio social e o contato direto com o meio ambiente.

Apesar da climatologia e do planejamento urbano serem áreas do conhecimento que possuem certa proximidade entre si, percebe-se que muitos empecilhos dificultam o aproveitamento dos dados climáticos e sua aplicação direta nas políticas de regulamentação do espaço cidadão. Como forma de sanar este problema, os trabalhos sobre climatologia que vem sendo desenvolvidos na Europa estão evitando o estabelecimento de orientações genéricas e privilegiando diretrizes mais específicas, que possam ter repercussão direta no

planejamento urbano. Em Portugal, os autores Alcoforado *et al.* (2009) propuseram orientações de fácil compreensão e aplicação pela população em geral, como, indicações dos locais mais propícios às áreas verdes; recomendações de uso e ocupação compatíveis com os corredores de ventilação; dentre outros. Higuera (2006) *apud* Assis *et al.* (2007) – além de recomendações sobre uso/ ocupação do solo, aproveitamento dos ventos, das áreas verdes e dos corpos hídricos – aponta a importância em se estabelecer “estratégias bioclimáticas específicas para cada domínio climático, que se estendem à escala do edifício”. Assim, torna-se importante destacar que a especificidade climática de cada localidade deve ser respeitada.

No Brasil, a rede de instrumentação meteorológica é pouco densa, o que dificulta a obtenção dos dados climáticos por localidade. Além disso, os dados da climatologia são pouco enfatizados pelo fato da política pública urbana brasileira priorizar as questões sociais (regularização fundiária, participação popular, etc.) e mercadológicas (que dificultam a distribuição igualitária do espaço urbano provocando exclusão socioterritorial, gentrificação, etc.) em detrimento das questões ambientais.

Apesar do Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana) incentivar o “planejamento do desenvolvimento, (...) de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente”, percebe-se que é comum haver confusões sobre a real importância do meio ambiente para as cidades, ocasionando na indefinição conceitual de termos importantes como “conforto ambiental urbano”, “urbanismo bioclimático” e “planejamento ambiental” (ASSIS *et al.*, 2007).

A maioria dos estudos sobre conforto ocorridos no Brasil procura investigar as variáveis do ambiente urbano (estrutura de circulação, espaços livres e áreas verdes, condições das quadras, lotes e edificações) e correlaciona-las com as mudanças microclimáticas, criando assim diretrizes de usos, tipos de ocupação do solo, forma urbana, vegetação urbana, parâmetros urbanísticos, etc. Entretanto – apesar destes parâmetros urbanísticos (recuos, gabaritos, taxas de ocupação, etc.) serem um dos principais instrumentos de ordenação territorial por pretender garantir o conforto térmico, luminoso e acústico através de recuos mínimos, aberturas dos edifícios, áreas destinadas à vegetação e permeabilidade do solo, etc., – percebe-se que alguns dessas diretrizes são estabelecidas de forma genérica, não respeitando as características particulares de cada local. Fato que deveria ser levado em consideração num país como o Brasil, tendo em vista sua diversidade de microclimas (ASSIS *et al.*, 2007).

4. ESTUDO DE CASO: MACEIÓ

A cidade de Maceió, capital do estado de Alagoas, localiza-se no Nordeste brasileiro, às margens do oceano Atlântico. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), possui população de 932.748 habitantes e área de 509.000.000 m² (509 km²).

4.1. Caracterização climatológica de Maceió

O fato da cidade de Maceió estar localizada no nordeste brasileiro, a baixa latitude faz com que seu clima seja predominantemente quente ao longo de todo o ano. As principais massas de ar que influenciam o meio são a Equatorial Atlântica e a Tropical Atlântica. Com base nas Normas Climatológicas do Brasil (1961-1990), obteve-se os dados dos principais elementos climáticos da cidade: (A) Temperatura: a média ao longo do ano varia entre 29,15K e 29,15K; (B) Umidade relativa do ar compensada: varia de 75% à 80%; (C) Precipitação: a média acumulada mensalmente varia de 60mm à 80mm, com menores registros pluviométricos durante a primavera e verão (outubro à janeiro) e maior incidência

de chuvas durante o outono e inverno (abril à julho) (BARBOSA, 2005); (D) Evaporação: o total anual varia de 1.200mm à 1.600mm; (E) Ventilação: a velocidade média mensal varia de 2,5m/s à 3,0m/s, à mais de 10m.

Com relação à orientação da ventilação, Torres (2006, p. 49) salienta que “a cidade possui seus ventos mais frequentes provenientes do quadrante leste (sudeste e nordeste), sendo os ventos nordeste predominantes nos meses mais quentes e os ventos sudeste mais constantes o ano inteiro”. Como recomendações para a adequação das edificações à realidade climática da cidade de Maceió, principalmente com relação às estratégias de ventilação e sombreamento, Torres (2006, p. 50) sugere que “dentre as principais solicitações térmicas para a região, em relação ao clima quente e úmido, recomenda-se o máximo de sombreamento para os espaços externos e um mínimo de capacidade térmica para os materiais usados nas edificações e arredores”.

4.2. Caracterização urbanística de Maceió

O processo de urbanização da cidade de Maceió está relacionado aos aspectos físicos de seu sítio natural, cujos limites (o oceano, a lagoa Mundaú e o aglomerado de grotas e encostas localizadas a nordeste da cidade, cujas elevadas inclinações dificultam o processo construtivo) delineiam a malha urbana que veio sendo modelada ao longo dos anos. A ocupação territorial até meados do século XX permanecia restrita às planícies litorânea e lagunar. Por volta de 1980, outras regiões da cidade passaram a ser ocupadas, como: litoral norte, margens da lagoa Mundaú e a porção do extremo norte da cidade localmente conhecida como tabuleiro. Esta última merece destaque por ser atualmente considerada pelo Pano Diretor da Cidade de Maceió (2005) como zona de expansão norte urbana, seja pela possibilidade de ligação com o restante da cidade através das vias estruturais (Av. Fernandes Lima e Av. Menino Marcelo), pela facilidade construtiva do relevo de planalto ou pelo baixo valor de mercado da terra, onde vem sendo construídos diversos conjuntos habitacionais populares.

Beneficiados por programas habitacionais promovidos pela Companhia de Habitação Popular de Alagoas (COHAB/AL) e pelo Minha Casa Minha Vida (MCMV), os conjuntos habitacionais populares em Maceió foram majoritariamente construídos na zona de expansão norte da cidade, local ainda incipiente em termos de infraestrutura urbana, distante do centro da cidade e de seus principais serviços e atrativos. De acordo com Carvalho (2012), a maioria destes conjuntos foram construídos em área de bacia endorreica, cujo escoamento pluvial da água precipitada no local tende a se direcionar para os pontos de menor altitude causando um histórico prejuízo de alagamentos, uma vez que esta bacia se configura pela inexistência de corpos d'água (rios, lagoas, etc.) naturalmente responsáveis pelo escoamento das águas. Mesmo se tratando de uma área propícia à alagamentos, alguns comércios e serviços (como o distrito industrial, universidade federal e *shopping center*) foram implantados no local estimulando ainda mais seu crescimento urbano.

Carvalho (2012) afirma ainda que a ocupação desta área deveria ter critérios mais rígidos com relação ao incentivo de permeabilidade do solo, já previamente estabelecidos pelo Plano Diretor, seja nos espaços públicos ou privados, como forma de contribuir com a infiltração natural das águas pluviais, evitando-se assim os alagamentos. Entretanto, tem-se observado: o crescimento do número de conjuntos construídos; a consolidação dos já existentes; a pavimentação de novas ruas de acesso; a redução de áreas ajardinadas em toda a extensão da bacia; o aumento da taxa de ocupação dos lotes (uma vez que a maioria das residências destes conjuntos foram implantadas a partir de casas embrião, com área construída mínima); a redução da taxa de permeabilidade dos lotes (diante do acréscimo de edificações secundárias, construção de garagens e impermeabilização de quintais); além da

implantação de praças e espaços públicos desprovidos de vegetação o que inibe a utilização dos mesmos pela falta de estrutura de lazer ou pelo desconforto térmico.

Sabendo-se da importância da vegetação para o conforto ambiental do local pretende-se com este trabalho, fazer um estudo experimental em que se constate as diferenças de temperatura do ar em cenários com presença de vegetação e outro desprovido de verde, levando-se em consideração as características predominantes da zona de expansão norte de Maceió.

5. ESTUDO EXPERIMENTAL

Observando-se o crescimento dos conjuntos habitacionais populares localizados na zona de expansão norte da cidade de Maceió e a necessidade de se preservar a arborização de seus espaços livres, sejam eles públicos ou privados, o presente trabalho buscou verificar se a vegetação pode trazer benefícios importantes à amenização das condições climáticas, principalmente com relação à temperatura do ar.

Para tanto, optou-se por escolher um dos conjuntos habitacionais localizados na área de estudo da bacia endorreica e analisar as suas condições de conforto térmico. O conjunto Residencial Denisson Meneses localiza-se na parte central da zona de expansão urbana, é constituído por 564 unidades com lotes de 95m² e casa do tipo embrião com apenas 30m² de área construída. É um dos conjuntos com aspecto mais árido do local. As calçadas estreitas inviabilizam a implantação de árvores de grande porte que proporcionem sombra; as áreas livres públicas também são desprovidas de vegetação cuja infraestrutura se resume à bancos e campos de peladas descobertos, cujas elevadas temperaturas durante o dia inviabilizam seu uso; os quintais das residências são reduzidos diante da necessidade de ampliação da área construída de apenas 30m², restando pouco ou nenhum espaço para a plantação de qualquer vegetação, tendo em vista a impermeabilização de muitos deles (ver figura 1).

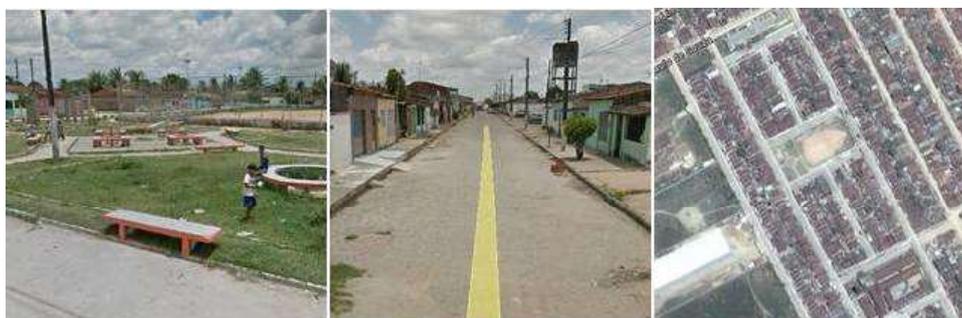


Figura 1. Conjunto Residencial Denisson Meneses. Fonte: Google Earth, imagens obtidas em 2015.

5.1. Método: simulação computacional

O método usado para o presente estudo foi a simulação computacional no *software Envi-met*. Foram modelados dois cenários hipotéticos de estudo que preservassem algumas características gerais do conjunto Residencial Denisson Meneses, como largura de ruas, proporção do tamanho dos espaços livres públicos, tamanhos dos lotes residenciais e suas áreas construídas, alturas das edificações e da vegetação, materiais utilizados, cores, parâmetros urbanísticos condizentes com a zona de implantação do conjunto, etc. Os dados climáticos usados para entrada na simulação computacional foram obtidos a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e *University of Wyoming (UW)*, considerando-se os horários das 9:00h, 15:00h e 20:00h do dia 9/7/2015, com característica de céu claro, ar calmo e pouca nebulosidade.

Como forma de se analisar os benefícios da vegetação sobre a área de estudo, bem como os prejuízos do crescimento urbano no local, no que consiste aos seus efeitos climáticos,

optou-se por fazer dois cenários distintos de simulação, tendo como base as mesmas condições de dados climáticos. Em ambos os cenários, os elementos físicos investigados foram os espaços livres públicos (ruas, calçadas e quadra ao centro destinada ao uso público) e privados (quintais – recuos não construídos no interior dos lotes). Abaixo segue a descrição dos cenários modelados:

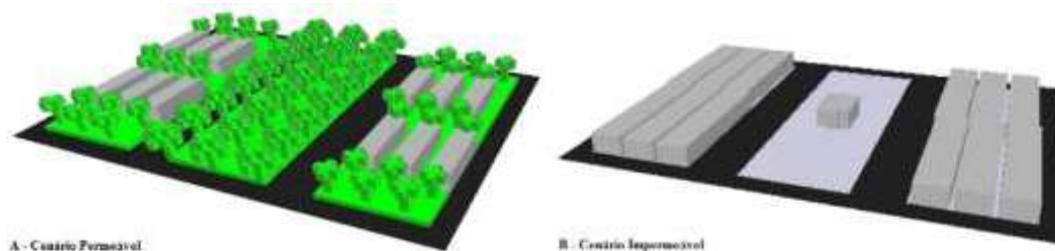


Figura 2. (A) Cenário Permeável, (B) Cenário Impermeável. Fonte: ENVI-met.

(A) Cenário permeável – Espaço livre público totalmente gramado e com árvores de 7m de altura cuja distribuição das copas proporciona sombreamento em quase toda a sua extensão. Para as residências foi considerada a área construída mínima do lote embrião de 30m² e altura de 3m. Os quintais totalmente gramados e com árvores de 5m de altura, tanto na parte frontal quanto posterior do lote (ver figura 2).

(B) Cenário impermeável – Espaço livre público totalmente impermeável e com ausência de qualquer vegetação. A presença de uma edificação está relacionada ao fato de serem comuns comércios ou serviços localizados nestes espaços. Para as residências, foi considerado um cenário futuro de total ocupação do solo, com área máxima construída permitida pela legislação vigente, uma vez que é frequente a criação de novos cômodos ou ampliação dos já existentes. Para os quintais foi considerada a área mínima exigida e totalmente impermeáveis (ver figura 2).

5.2. Resultados preliminares da simulação computacional

Como forma de analisar o comportamento térmico nos cenários modelados, optou-se por utilizar os dados de variação de temperatura e ventilação simulados pelo *ENVI-met*. Para efeito gráfico, a temperatura do ar e do solo puderam ser analisadas através da variação de cores e valores, já os ventos através de sua direção e velocidade. Para cada cenário obteve-se cinco figuras, sendo: a primeira, segunda e terceira referentes às plantas baixas (com linha de corte à 1,5m do chão) nos horários das 9:00h, 15:00h e 20:00h, respectivamente, sob as quais foram analisadas informações de temperatura do ar e ventilação; a quarta, referente à vista no horário das 15:00h, sob a qual também foram analisadas informações de temperatura do ar e ventilação; e por fim, a quinta, referente à planta baixa (com linha de corte à 0,0m do chão) no horário das 15:00h, sob a qual foi analisada a temperatura do solo (ver figura 3).

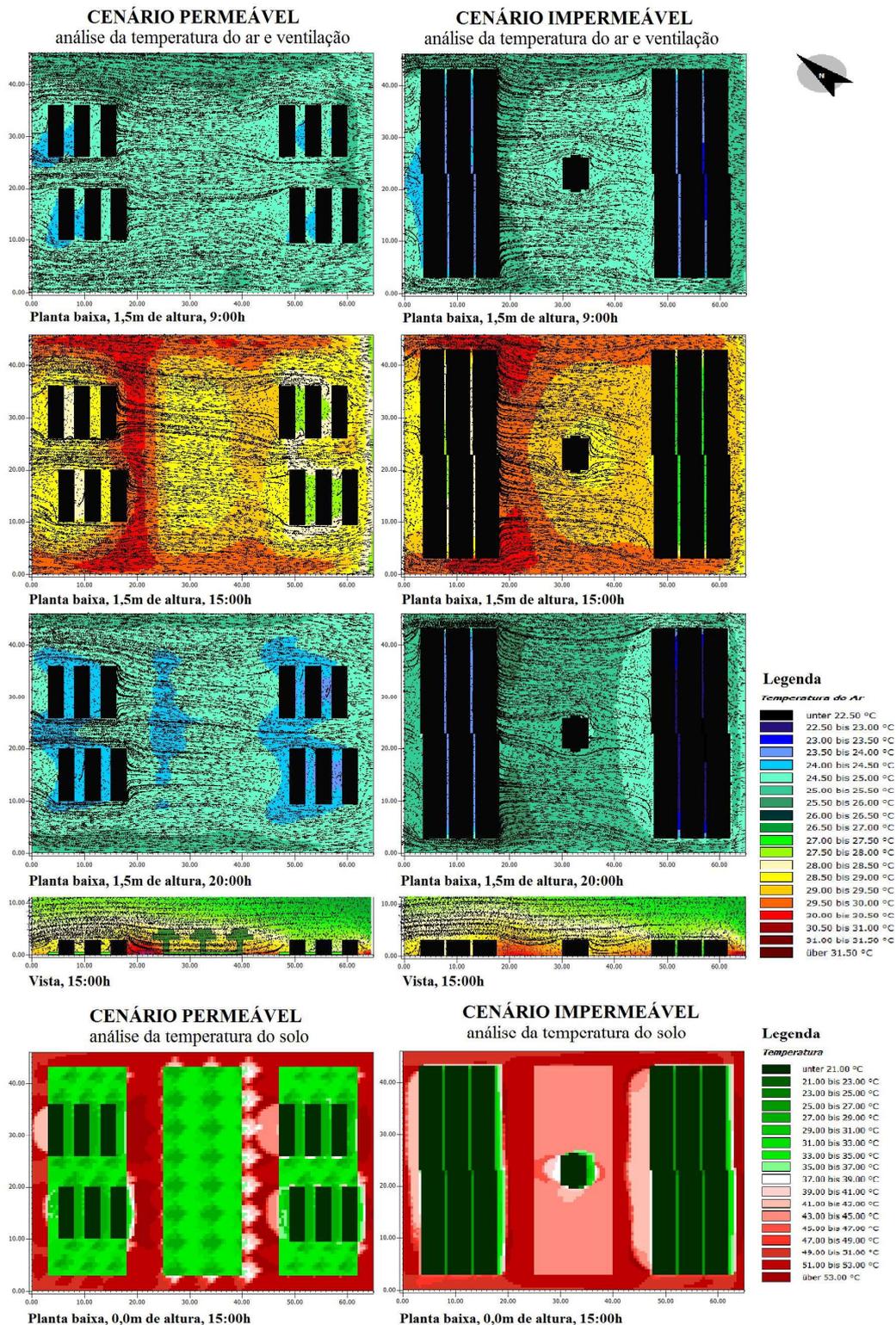


Figura 3. Resultados das simulações. Fonte: ENVI-met.

Com relação à análise da temperatura do ar e ventilação nos espaços livres públicos e privados de ambos os cenários, tem-se:

5.3. Espaços livres públicos (ruas e quadra central):

Sobre a temperatura do ar: As ruas com pavimento asfáltico apresentaram temperaturas mais amenas nos horários das 9:00h e 20:00h, 297,65K e 298,15K (respectivamente), e a mais elevada no horário das 15:00h, chegando à alcançar a máxima de 304,65K no cenário impermeável. Com relação à quadra central, no horário das 9:00h, obteve pouca variação de temperatura em ambos os cenários, de 297,65K à 298,65K. No horário das 15:00h, a quadra

central do cenário permeável variou de 301,65K à 303,15K, sendo esta última temperatura encontrada apenas nas áreas próximas ao asfalto e não sombreadas pelas árvores. Já o cenário impermeável, apesar de ter variação de temperatura semelhante, obteve maior desconforto por apresentar mais manchas com maiores temperaturas. No horário das 20:00h, o cenário impermeável também apresentou as maiores temperaturas na quadra central, tendo em vista a capacidade térmica do material utilizado para a pavimentação, que permanece liberando calor para o ambiente mesmo na ausência da incidência de radiação solar.

Sobre a disposição do fluxo de ventos: A localização dispersa das edificações à barlavento e a presença de árvores altas e com copas largas permitiram a movimentação do fluxo de vento e o sombreamento, contribuindo para que o comportamento térmico tivesse temperatura do ar mais amenas no cenário permeável. Já no cenário impermeável, o formato linear e contínuo dos edifícios provocou uma barreira à ventilação natural, gerando um campo de baixa pressão e inibindo parcialmente a incidência do fluxo de ar em parte da quadra central.

Sobre a temperatura do solo: A quadra central apresentou influência direta do sombreamento das edificações e das árvores, uma vez que, as faixas de menores temperaturas do solo coincidem com os pontos de sombra proporcionados por estes elementos, considerando-se ainda a angulação do sol no período das 15:00h. Assim, pode-se perceber que o cenário permeável apresentou as menores temperaturas do solo no horário das 15:00h.

5.4. Espaços livres privados (quintais):

Sobre a temperatura do ar: No cenário permeável, os quintais apresentaram temperaturas semelhantes entre si nos horários de 9:00h e 20:00h, variando de 296,65K à 298,15K, de modo que no horário das 9:00h houve maior influência da insolação e no horário das 20:00h uma temperatura mais amena tanto nos recuos laterais quanto nos anteriores e posteriores. Já o horário das 15:00h apresentou variação de 300,65K à 303,65K; as temperaturas mais elevadas foram encontradas nas proximidades das ruas asfaltadas; as temperaturas intermediárias nos recuos frontais e posteriores (beneficiados pelo sombreamento das árvores); e, as menores sobre os recuos laterais (tendo em vista o sombreamento proporcionado pelas alturas das edificações). No cenário impermeável, os quintais se resumem aos recuos laterais, que, apesar de pavimentados, apresentaram a menor temperatura da simulação, 295,65K no horário das 20:00h. Percebe-se que apesar dos recuos laterais do cenário impermeável serem constituídos por materiais de alta capacidade térmica, estes apresentaram alguns pontos com temperatura (300,15K) semelhante à encontrada no cenário permeável no horário das 15:00h, tendo em vista o benefício das sombras formadas pelas edificações.

Sobre a disposição do fluxo de ventos: Apesar do cenário impermeável ter apresentado as menores temperaturas em seus recuos laterais, observa-se que os quintais do cenário permeável apresentaram as melhores condições de conforto tendo em vista a circulação de ventos viabilizados pelo reduzido tamanho das áreas construídas, pelo espaçamento entre os edifícios e pela altura das árvores. A ventilação dos quintais do cenário permeável contribui tanto com a amenização do clima na área externa da residência quanto em sua área interna, diferentemente do ocorrido no cenário impermeável, em que os estreitos recuos inviabilizam a ventilação nas áreas internas do edifício pelo fato das edificações servirem de barreira para os ventos predominantes do Sudeste.

Sobre a temperatura do solo: Da mesma forma como foi constatado na análise da temperatura do solo dos espaços livres públicos, o cenário permeável também apresentou as menores temperaturas de solo para os espaços livres privados.

Apesar dos cenários permeável e impermeável apresentarem alguns resultados adversos ao esperado (a exemplo de menores temperaturas nos recuos laterais do cenário impermeável; variação de temperatura entre as ruas laterais da quadra central; temperaturas mais altas em alguns pontos à barlavento, etc.), percebe-se que, de modo geral, as condições térmicas do cenário permeável são mais amenas, seja pelo fato das menores temperaturas abrangerem áreas mais amplas ou pela disposição dos edifícios viabilizarem a circulação dos ventos, o que beneficia não só os espaços livres públicos e privados, mas também o interior das edificações.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O baixo aproveitamento dos dados climáticos por parte das políticas de ordenação territorial estimulou o crescimento de áreas termicamente desconfortáveis nos interstícios das cidades brasileiras, devido ao crescimento construtivo de áreas ainda não ocupadas, da escassez de espaços livres, do uso de materiais de construção com elevada capacidade térmica, redução de áreas vegetadas, dentre outros fatores. Com base nisso, diversos estudos, no contexto brasileiro e estrangeiro, procuraram desenvolver diretrizes urbanísticas específicas para cada localidade urbana, adaptadas à sua realidade microclimática.

Com base nas investigações teóricas sobre o tema de climatologia urbana e nos resultados da simulação computacional realizada em uma área hipotética semelhante à um dos conjuntos habitacionais localizado na zona de expansão urbana da cidade de Maceió, chegou-se à conclusão de que algumas diretrizes poderiam ser levadas em consideração para aumentar a qualidade de vida no local em questão. Com relação à forma urbanística, observou-se que deve haver um estímulo à orientação de suas ruas de modo a beneficiar o interior e o exterior dos edifícios a partir do direcionamento dos ventos predominantes, principalmente nos novos empreendimentos a serem lançados. Sobre os materiais, acredita-se que deve haver um estímulo à utilização de pavimentação alternativa em substituição ao asfalto, optando por uma cobertura de menor capacidade térmica e maior permeabilidade. Com relação à tipologia urbanística, observou-se a necessidade de rever a taxa máxima de ocupação de 90%, uma vez que se trata de um valor muito elevado para a realidade dos conjuntos habitacionais populares, por já possuírem lotes de tamanhos reduzidos e inviabilizarem áreas ajardinadas.

Por fim, conclui-se que os espaços livres públicos e privados exercem importante papel para a área em estudo, principalmente quando vegetados, pois garantem: a qualidade do conforto térmico reduzindo a temperatura radiante; o sombreamento e a circulação dos ventos através de árvores altas e copas largas; benefícios hídricos pela possibilidade de infiltração das águas pluviais evitando-se os constantes alagamentos; embelezamento e contemplação paisagísticas. Dentre outros aspectos, o investimento na qualidade do conforto climático dos espaços livres garante a perpetuação de seu uso, disponibiliza mais opções de lazer para a população, proporciona maior dinamicidade ao local, reduz a violência, aumenta a sociabilidade entre moradores, além de evitar o surgimento de espaços subutilizados nas cidades.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcoforado, Maria João; Andrade, Henrique; Lopes, Antônio; Vasconcelos, João (2009). *Application of climatic guidelines to urban planning: the example of Lisbon (Portugal)*. *Landscape and Urban Planning*, v. 90, edições 1-2, p. 56-65. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01692046/90/1-2>.
- Alcoforado, Maria João; Matzarakis, Andreas (2010). *Planning with urban climate in different climatic zones*. *Geographicalia*. n. 57, p. 5-39. Disponível em:
- <https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/geographicalia/issue/view/59>.

- Andrade, Henrique (2005). *O clima urbano: natureza, escalas de análise e aplicabilidade*. FINISTERRA Revista Portuguesa de Geografia, Lisboa, v. 40, n. 80, p. 67-91. Disponível em: <http://www.ceg.ul.pt/finisterra>.
- Assis, Eleonora Sad de (2006). *Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros*. Revista de Urbanismo e Arquitetura, v. 7, n. 1, p. 20-25. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/rua/issue/view/352/showToc>.
- Assis, Eleonora Sad de; Ramos, Jussara Grosch Ludgero; Souza, Roberta Vieira Gonçalves de; Cornacchia, Gianni Maria Machado (2007). *Aplicação de dados do clima urbano no desenvolvimento de planos diretores de cidades mineiras*. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 9., Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 5., 2007, Ouro Preto. Anais ENCAC. Ouro Preto: UFMG, 2007. p. 152-161. CD-ROM.
- Barbosa, Ricardo Victor Rodrigues (2005). *Áreas Verdes e Qualidade Térmica em Ambientes Urbanos: estudo em microclimas de Maceió-AL*. São Carlos: USP, 2005. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil.
- Brasil. Estatuto da Cidade. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988 e estabelece diretrizes gerais da política urbana. Congresso Nacional. Brasília-DF, 2001.
- Carvalho, Lina Martins de (2012). *Processo de urbanização em área de bacia endorreica: caracterização dos padrões de ocupação dos espaços construídos e dos espaços livres de construção em Maceió-AL*. Maceió: UFAL, 2012. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Brasil.
- Carvalho, Camila Antunes de (2010). *Avaliação do sombreamento e da iluminação natural em apartamentos de edifícios residenciais verticais multifamiliares de Maceió-AL: o uso de varandas*. Maceió: UFAL, 2010. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Brasil.
- Cunha, Davi Gaparini Fernandes; Vecchia, Francisco (2007). *As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática*. Ciência & Natura, v. 29, n. 1, p. 137-149. Disponível em:
- <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/issue/view/555>.
- Costa, Fernando José de Medeiros; Araújo, Virgínia Maria Dantas de (2001). *Ventilação e prescrições urbanísticas: uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis, em Natal/RN*. In: Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído, 6., Encontro Latino-Americano De Conforto No Ambiente Construído, 3., 2001, São Pedro (SP). Anais ENCAC. São Pedro (SP): ANTAC, 2001. CD-ROM.
- Houaiss, Antônio; Villar, Mauro de Salles; Franco, Francisco Manoel de Mello (2006). *Dicionário eletrônico Houaiss: língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Objetiva Ltda., versão 1.0.10, 2006. CD-ROM.
- Eliasson, Ingegard (2000). *The use of climate knowledge in urban planning*. Landscape and Urban Planning, v. 48, edições 1-2, p. 31-44. Disponível em:
- <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01692046/48/1-2>.
- Higuera, Esther (1998). *Urbanismo bioclimático: critérios medioambientales em la urdenación de asentamientos*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 1998. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Espanha.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:
- <http://www.cidades.ibge.gov.br>.
- Koppe, C.; Kovats, S.; Jendritzky, G.; Menne, B.; Baumüller, J.; Bitan, A.; Díaz, J.; Ebi, K.L.; Havenith, G.; Santiago, C.; Michelozzi, P.; Nicol, F.; Matzarakis, A.; Mcgregor, G.; Nogueira, P.J.; Sheridan, S.; Wolf, T (2004). *Heat-waves: risks and responses*. Health and Global Environmental Change, Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, n. 2.

- Maceió. *Plano Diretor do Município de Maceió. Lei Municipal n° 5.486, de 30 de dezembro de 2005. Institui o Plano Diretor do Município de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano. Câmara Municipal de Maceió. Maceió-AL, 2005.*
- Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo (1990). *A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica. Geosul, v. 5, n. 9, p. 80-114. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/issue/view/1222>.*
- Oke, Tim R (1987). *Boundary layer climates. 2. ed. Taylor & Francis e-Library.*
- Torres, Simone Carnaúba (2006). *Arranjos construtivos urbanos: um estudo sobre a influência da configuração de conjuntos habitacionais verticais na qualidade térmica de edificações em Maceió-AL. Maceió: UFAL, 2006. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Brasil.*