

## **ADAPTAÇÃO BIOCLIMÁTICA PARA OS ESPAÇOS ABERTOS DA ÁREA CENTRAL DA CIDADE DE FORTALEZA, CE.**

**Amando Candeira Costa Filho (1); Virgínia Maria Dantas de Araújo (2)**

(1) Mestre, Professor do Curso de Arquitetura e urbanismo – Universidade de Fortaleza – UNIFOR,  
amandocosta@unifor.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Centro de Tecnologia - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil - e-mail: virginia@ufrnet.br

### **RESUMO**

A alteração promovida pelo espaço construído compromete de forma severa os recursos naturais e tem repercutido diretamente na alteração do clima local e global. Um dos principais fatores que promovem a degradação ambiental é o rápido processo de urbanização do território mundial. Para se produzir um ambiente urbano equilibrado com o meio e adequado às necessidades humanas parece importante considerar uma estreita relação deste com o clima local. É necessário, portanto, desenvolver métodos de análises e critérios urbanísticos menos genéricos para a aplicação no processo de definição da forma urbana que possam interagir de forma equilibrada com as condições microclimáticas da área central da cidade de Fortaleza. Este artigo tem como objetivo caracterizar as variáveis climáticas de temperatura do ar, umidade do ar, direção e intensidade dos ventos que incidem em diferentes espaços abertos sobre a zona central de Fortaleza, visando a indicação de recomendações bioclimáticas de uso e ocupação do solo e adequadas ao clima quente e úmido. O principal método adotado para a análise bioclimática foi construído por Katschner (1997) e aborda a inclusão do clima urbano como ferramenta de planejamento urbano. A partir desta abordagem foi realizada uma classificação qualitativa das características espaciais urbanas e conseguinte levantamento físico-ambiental bem como, a análise quantitativa do comportamento térmico e dinâmico das variáveis climáticas coletadas em campo. A partir dos resultados estatísticos foi possível verificar a importância da morfologia urbana do lugar em relação ao comportamento das variáveis climáticas locais. Destacou-se a influência da cobertura vegetal na amenização da temperatura do ar. Outro indicador observado nos resultados recomenda que áreas que oferecem maior variação das alturas das edificações apresentam redução nas médias de temperatura do ar e maior intensidade de ventilação natural.

Palavras-chave: Desenho Bioclimático, Planejamento urbano e Clima urbano

### **ABSTRACT**

The change made by the space built undertakes severe form of natural resources and has passed on directly in changing the local and global climate. One of the main factors that promote environmental degradation is the fast urbanization of the world's territory. To produce a balanced urban environment with local and adequate to human necessity, it is important to consider a close relationship with the local climate. Therefore, it is must necessary to develop methods of analysis and less generic urban criteria for application in the process of defining the urban form that can interact in a balanced way with the microclimate conditions of the central area of the city of Fortaleza. This article aims to characterize the climatic variables of air temperature, humidity, direction and strength of winds that address different open spaces on the central area of Fortaleza, seeking the appointment of bioclimatic recommendations for land use and occupation and appropriate the hot and humid climate. The main method adopted for the bioclimatic analysis was built by Katschner (1997) and approach the inclusion of urban climate and urban planning tool. From this approach was carried out a qualitative classification of urban spatial characteristics and physical and environmental review as well as the quantitative analysis of the thermal and dynamic behavior of the climatic variables collected in fieldwork. From the statistical results was possible to verify the importance of urban morphology of the place in relation to the behavior of local climatic variables. Highlighted the influence of vegetation on the air temperature mitigation. Another indicator observed in the results recommends that areas that offer greater variation of the heights of the buildings have reduced the air temperature and higher intensity of natural ventilation.

Keywords: bioclimatic design, urban planning, urban climate.



## **1. INTRODUÇÃO**

A alteração promovida pelo espaço construído compromete de forma severa os recursos naturais do nosso planeta e tem repercutido diretamente na alteração do clima local e global. Um dos principais fatores que promovem a degradação ambiental é o rápido processo de urbanização do território mundial.

A predominância da vida rural de outrora foi substituída de forma abrupta pela consolidação da vida e do ambiente urbano que se multiplica em cidades cada vez maiores. Esses grandes conglomerados urbanos se estabelecem em redes de cidades a partir de uma modificação intensa do meio ambiente promovida pela impermeabilização do solo, a destruição da cobertura vegetal, a extinção de rios e lagos e pela definição de uma nova geometria espacial representada por uma alta densidade de edifícios (SPIRN, 1995).

As características físico-ambientais urbanas podem afetar diretamente as condições do clima do lugar definindo uma condição climática diferente para a cidade: o clima urbano. Considerando que a forma da cidade é uma decorrência de seu planejamento parece indispensável uma estreita relação deste com o clima para se produzir um ambiente urbano equilibrado com o meio e adequado às necessidades humanas. Segundo Katzschner(2005) a condição do clima urbano e o bem estar do homem estão tão integrados, que o planejamento e o desenho de qualquer espaço urbano têm de considerar estas circunstâncias e interações.

Os aspectos negativos gerados pela alteração do espaço são potencializados pelas atividades humanas exercidas e que são necessárias para se viver na urbe. Os resíduos produzidos a partir do funcionamento de indústrias e da utilização dos transportes e o calor gerado por máquinas de resfriamento ou calefação resultam geralmente em uma péssima qualidade ambiental.

Segundo Hough(1998), o desenho urbano se realiza como a arte e a ciência de se promover a qualidade do meio ambiente físico da cidade, resultando em lugares civilizados e enriquecedores para as pessoas que o habitam. Desta forma não há dúvida que as bases atuais e os princípios do planejamento e desenho urbano devem ser reexaminadas incluindo preocupações bioclimáticas.

A cidade de Fortaleza, situada no nordeste brasileiro, encontra-se atualmente sofrendo sérios problemas decorrentes da falta de adaptabilidade do seu planejamento urbano as condições climáticas locais. Os parâmetros urbanísticos de ocupação do solo definidos para vias, edifícios e espaços abertos parecem ter muito mais relação com a forma de ocupação atual da cidade decorrente da especulação imobiliária e com os atuais planos urbanísticos relacionados e baseados em legislações vinculadas a outras realidades climáticas.

As inúmeras recomendações técnicas decorrentes de estudos científicos para uma melhor adaptação das cidades ao clima quente e úmido, como o caso de Fortaleza, são na maioria das vezes desconsideradas no seu planejamento urbano. Os atuais índices urbanísticos presentes na legislação de ocupação do solo como recuos, taxa de ocupação, índices de aproveitamento e altura máxima dos edifícios foram definidos sem parâmetros científicos comprovados não se sabendo claramente a razão da adoção destes números.

Para Assis (2000), tal situação aponta para a necessidade de revisão destes modelos de cidade, dos processos de planejamento, da legislação e projetos urbanos.

É necessário, portanto, desenvolver métodos de análises e critérios urbanísticos menos genéricos para a aplicação no processo de definição da forma urbana que possam interagir de forma equilibrada com as condições microclimáticas da cidade de Fortaleza e em particular em sua área central.

## **2. OBJETIVO**

Este artigo tem como objetivo desenvolver uma análise bioclimática dos espaços abertos do centro de Fortaleza visando recomendações de uso e ocupação do solo adequadas ao clima quente e úmido.

## **3. MÉTODO**

Inicialmente realizou-se a elaboração do referencial teórico delineando-se as bases teóricas sobre o clima urbano, clima e planejamento urbano e morfologia das cidades e clima. Além dos conceitos, também foram considerados aspectos metodológicos relativos a pesquisas que relacionam o impacto da forma urbana no comportamento das variáveis climáticas locais.

O principal método adotado para a análise bioclimática foi construído por Katzschner (1997) e aborda a inclusão do clima urbano como ferramenta de planejamento urbano. A partir desta abordagem foi realizada uma classificação qualitativa das características espaciais urbanas e conseguinte levantamento físico-ambiental bem como, a análise quantitativa do comportamento térmico e dinâmico das variáveis climáticas coletadas em campo (ver figura 1).

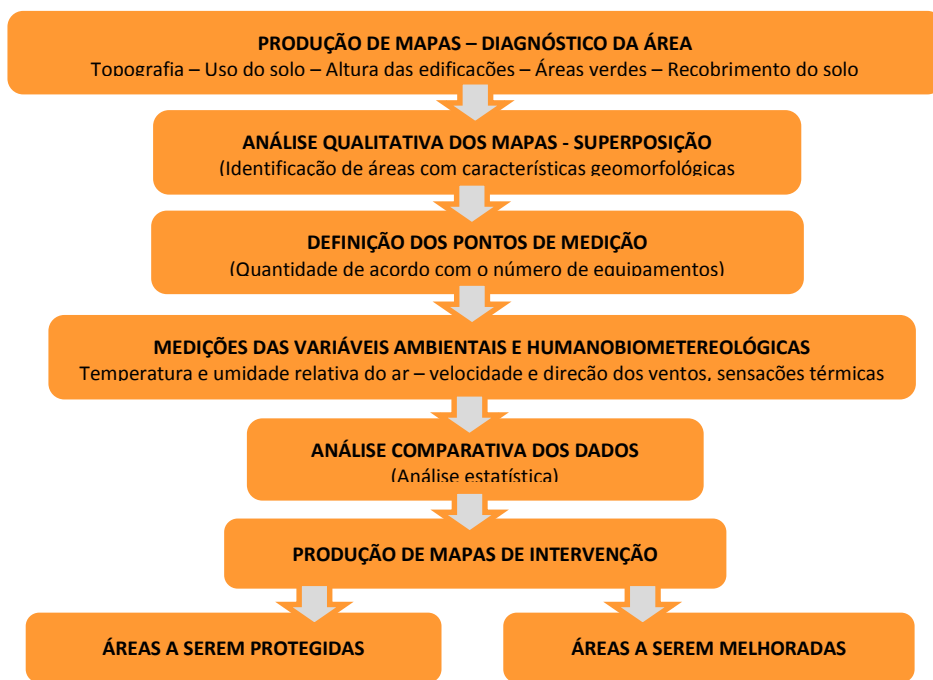


Figura 1: Fluxograma da metodologia de KATZSCHNER (1997)

### 3.1. Definição e caracterização da área objeto de estudo

A cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará (ver figura 2), localiza-se em seu litoral situada a 3°45'47'' de Latitude Sul e 38°31'23'' de Longitude Oeste, compreendendo uma gleba de aproximadamente 336 Km<sup>2</sup> segundo o PDDU-FOR (1996).

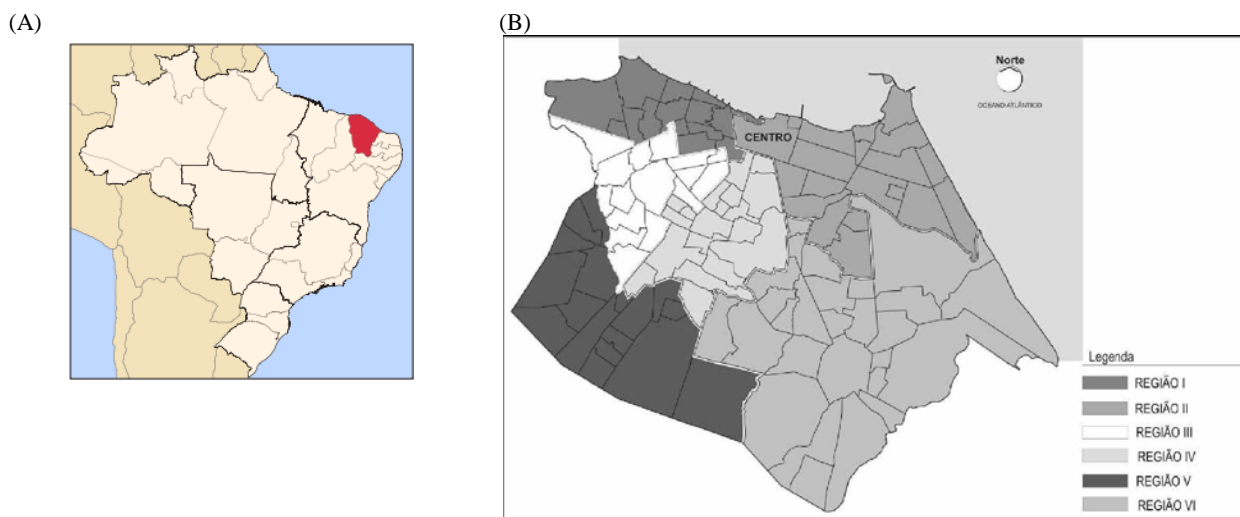


Figura 2: (A) Localização Estado do Ceará; (B) Localização do Centro do município de Fortaleza

A área objeto deste estudo situa-se na zona central da cidade de Fortaleza cidade que tem grande influência econômica, política e cultural no Ceará. Por esta importância apresenta-se como a maior zona urbana do estado compreendendo uma população total em torno de 2.500.000 habitantes segundo o último Censo de 2010. Entretanto o processo de consolidação de Fortaleza como uma metrópole repercutiu em graves problemas como: o crescimento desordenado e sem limites da malha urbana, a degradação dos componentes ambientais, a carência de infra-estrutura e o esvaziamento populacional e de atividades da zona central. Estas alterações promovidas ao ambiente natural ressoam diretamente em mudanças no clima local (COSTA FILHO, 2010).

Quanto ao clima classifica-se como quente e úmido possuindo alta umidade relativa do ar, em média 75%, e pequena amplitude térmica diária e sazonal, com temperaturas quase sempre inferiores a 33° C e superiores a 25° C. De acordo com a FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), Fortaleza possui alto índice de umidade relativa do ar variando entre 73 e 82% e está sob a influência dos ventos alísios durante quase todo o ano observando-se velocidades médias em torno de 4,0 m/s. A temperatura do ar é influenciada por elevados índices de insolação e radiação solar relativos a proximidade com o Equador apresentando média anual elevada variando de 26,3° C a 27,6° C, sendo mais amenas nos meses de junho e julho. As amplitudes térmicas diurnas são inferiores a 10° C (SANTANA, 1997).

### 3.2. Definição dos pontos de medição

O diagnóstico físico-ambiental foi o critério utilizado para a análise qualitativa da área e eleição dos pontos de coleta de dados climáticos. Foram elaborados mapas de topografia, altura das edificações, uso do solo, áreas verdes e do tipo de recobrimento do solo que foram superpostos indicando os pontos de medição das variáveis climáticas a serem coletadas (Ver figuras 3, 4, 5, 6 e 7).

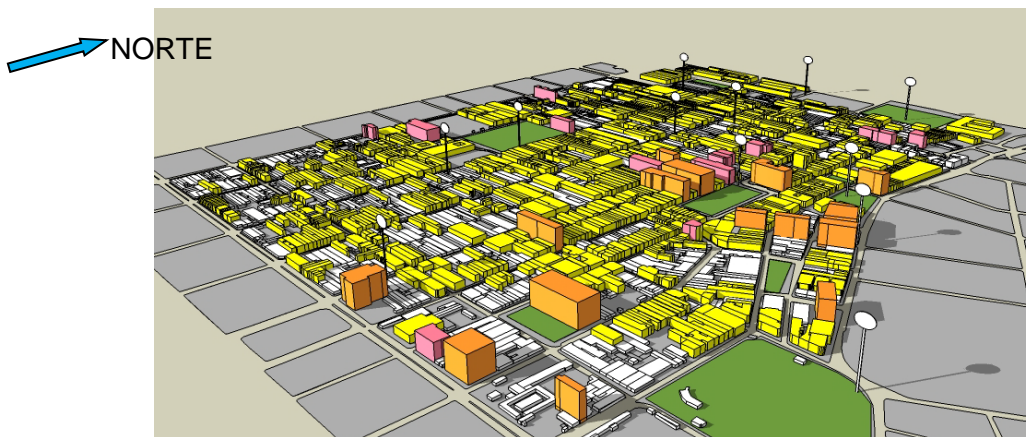


Figura 3 – Modelo tridimensional da área de estudo

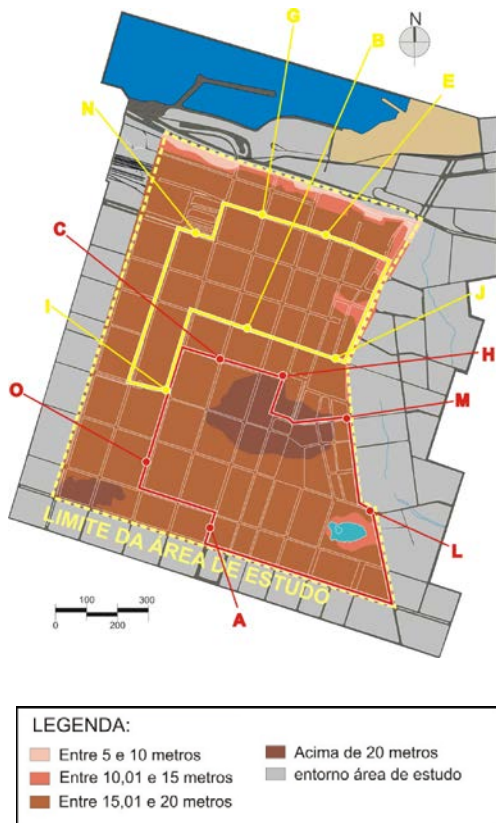


Figura 4: Mapa de topografia

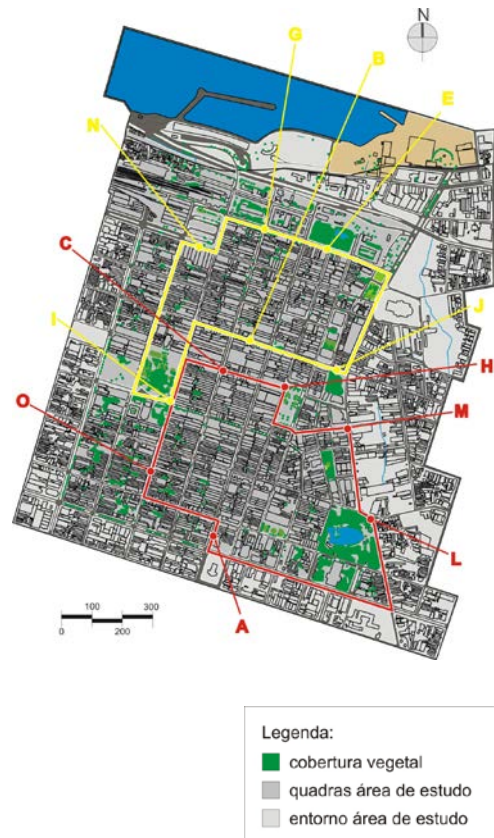


Figura 5: mapa de cobertura vegetal

Através da sobreposição dos mapas produzidos foram identificadas áreas que apresentam características morfológicas diferentes que podem influenciar no microclima local.

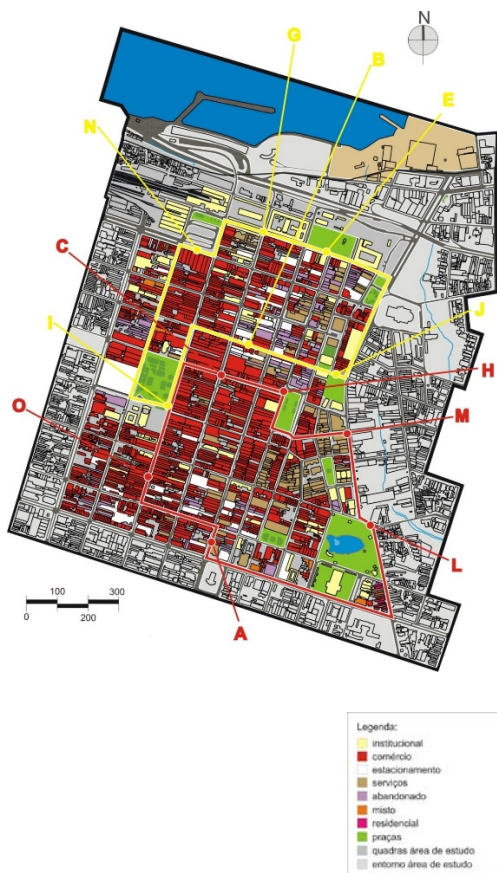


Figura 6: Mapa de uso do solo



Figura 7: mapa de altura das edificações

O resultado do cruzamento de informações resultou em uma grande variedade de espaços urbanos relacionados à proximidade de grandes corpos de água (mar), regiões intensamente arborizadas, espaços abertos (praças), calçadões de pedestres e região verticalizada.

Quadro 1: Características morfológicas e pontos de medição

Características morfológicas gerais	Pontos	Localização dos pontos
1. Tipologia quadra padrão	A	Rua Norte-Sul - R. Barão do Rio Branco
	B	Rua Leste-Oeste - R. Senador Alencar
	C	Calçadão Norte-Sul - R. Guilherme Rocha
	G	Rua Leste-Oeste - R. Senador Pompeu
2. Proximidade com o mar	E	Área Arborizada - Passeio Público
	H	Praça do Ferreira (entorno verticalizado)
	N	R. Castro e Silva
3. Espaços abertos	I	Praça José de Alencar (entorno horizontal)
	L	Parque da Criança
4. Áreas arborizadas	J	Praça dos Leões
5. Área verticalizada	M	Calçadão C. Rolim
6. Tráfego de veículos intenso	O	R. Gen. Sampaio

Finalizada a análise qualitativa foram elencados 12 pontos de medição mais representativos da realidade morfológica da área estudada. As principais características e localização de cada ponto seguem no Quadro 1.

### 3.3. Medições

A coleta de dados climáticos de temperatura do ar foi realizada em pontos de medições móveis e fixos. Para Kaiser e Faria (2001), as medidas móveis organizadas em forma de transecto possibilitam um baixo custo na obtenção dos dados e um maior número de pontos medidos. Foram realizadas medições itinerantes em 12 pontos (conforme tabela 1), divididos em dois circuitos com um ponto em comum (ponto I) onde se instalou um data logger fixo que coletou dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar.

Foram considerados neste estudo dois períodos típicos do clima de Fortaleza ao qual se realizaram medições em três dias consecutivos em cada um em três horários distintos às 6h, às 13h e às 19h. Durante o mês de agosto de 2008 realizou-se a primeira bateria de coleta de dados respectivamente nos dias 17, 18 e 19 e em março de 2009 mais precisamente nos dias 20, 21 e 22 o segundo período de medição.

Os instrumentos utilizados nas medições móveis, nas três baterias de medições diárias (7:00 h, 13:00 h e 18:00h) foram um termo-higro-anemômetro digital de marca Lutron e um “HOBO® Temp Data Logger da Onset Computer Corporation” (Figura 08), pertencentes ao LABCON da UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

As condições do tempo durante o período das medições permaneceram estáveis com o céu aberto e pouca nebulosidade indicando situação ideal para realização da coleta de dados assim como, nos estudos de Costa (2003) e Mendonça (2003).



Figura 8 – (a) Hobo (b). Termo-higro-anemômetro digital

Fonte: Amando Costa

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta etapa do trabalho apresentam-se os métodos e resultados da análise estatística aplicada às variáveis climáticas colhidas em campo.

Esta análise estatística tem por objetivo verificar o efeito dos fatores e suas interações sobre as variáveis respostas de temperatura do ar, umidade do ar e a amplitude, velocidade máxima e mínima dos ventos.

Para atingir os objetivos da pesquisa foram elaboradas hipóteses científicas e estatísticas envolvendo os fatores Período, Ponto e Hora, objetos de estudo. Para testar a hipótese os cálculos das estatísticas do teste foram realizados como base na análise de variância – ANOVA. Os cálculos da ANOVA foram realizados no ambiente do software STATISTICA versão 7.0. O nível de significância para o teste de cada hipótese foi fixado em 5,0%, isto é, p-valor ou  $\alpha$  máximo igual 0,05.

### 4.1. Variáveis ambientais: temperatura do ar, umidade do ar, velocidade e direção dos ventos

Para ilustrar os resultados das análises são apresentados os gráficos do tipo Box-Plot da variável temperatura para cada fator e as interações entre fatores que foram consideradas significativas

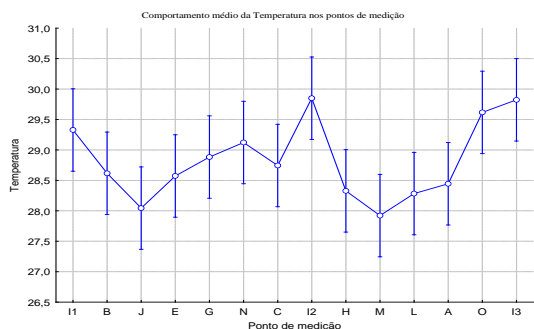


Figura 9: Box-plot (médias e intervalos de confiança a 95%) da variável temperatura do ar nos pontos de Medição

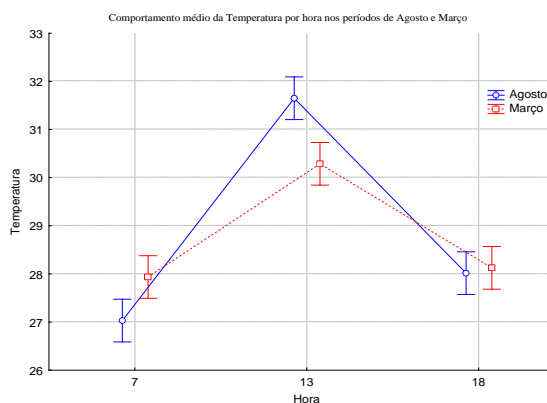


Figura 10: Box-plot (médias e intervalos de confiança a 95%) da variável temperatura do ar por hora nos períodos de Agosto e Março

De acordo com o gráfico acima percebemos que as maiores médias de temperatura do ar foram observadas nos pontos I e O enquanto as menores médias ocorreram nos pontos J, H, M e L. Este comportamento da temperatura média do ar pode ter sido influenciado pela presença de cobertura vegetal nos pontos J e L; e entorno edificado rugoso em relação aos pontos H e M.

Em relação a comparação período do dia e período do ano (figura 10) observamos que as maiores médias de temperatura do ar ocorreram no horário das 7h00 e 18h00 em março e as 13h00 no período de agosto. Este resultado as 13h00 pode ter sido influenciado pela presença de maior nebulosidade e conseqüente sombreamento no período de março época chuvosa. Já a menor média de temperatura as 7h00 em agosto pode ser oriunda do céu aberto durante a madrugada bem como, pela maior intensidade dos ventos nesse período do ano (época seca). No horário das 18h00 não houve uma diferença significativa entre as temperaturas do ar levantadas nas duas épocas do ano.

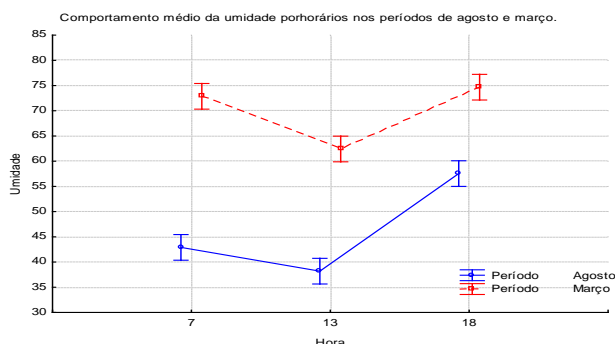


Figura 11: Box-plot (médias e intervalos de confiança a 95%) da variável umidade do ar nos horários de 7h00, 13h00 e 18h00 nos dois períodos.

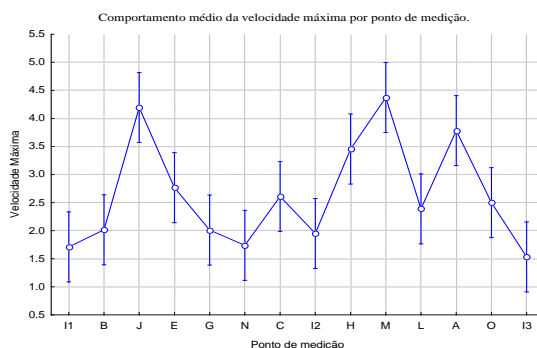


Figura 12: Box-plot (médias e intervalos de confiança a 95%) da variável da velocidade máxima do ar por horário.

Analisando o comportamento da umidade do ar nos dois períodos do ano considerados neste estudo (figura 11) notamos um resultado bem próximo do esperado. Em março, época das chuvas, ocorreu maiores médias de umidade do ar que em agosto, estação seca e de ventilação natural mais intensa. As menores leituras da umidade do ar foram sempre às 13h00 que coincidem com o período mais quente do dia.

As velocidades médias máximas do ar tiveram um comportamento muito semelhante aos de suas amplitudes sendo as maiores intensidades ocorridas em agosto e nos pontos J, H, M e O (figura 12). Mais uma vez a associação do entorno edificado rugoso e a diferença de topografia podem ter definido o comportamento da variável analisada. Em termos absolutos a maior média de velocidade do ar foi observada no ponto M em agosto no horário das 07h00 da manhã.



## 4.2. Análise dinâmica

Tendo como referência a metodologia de Katzschner (1997) desenvolveu-se uma superposição dos mapas confeccionados bem como, dos dados climáticos coletados.

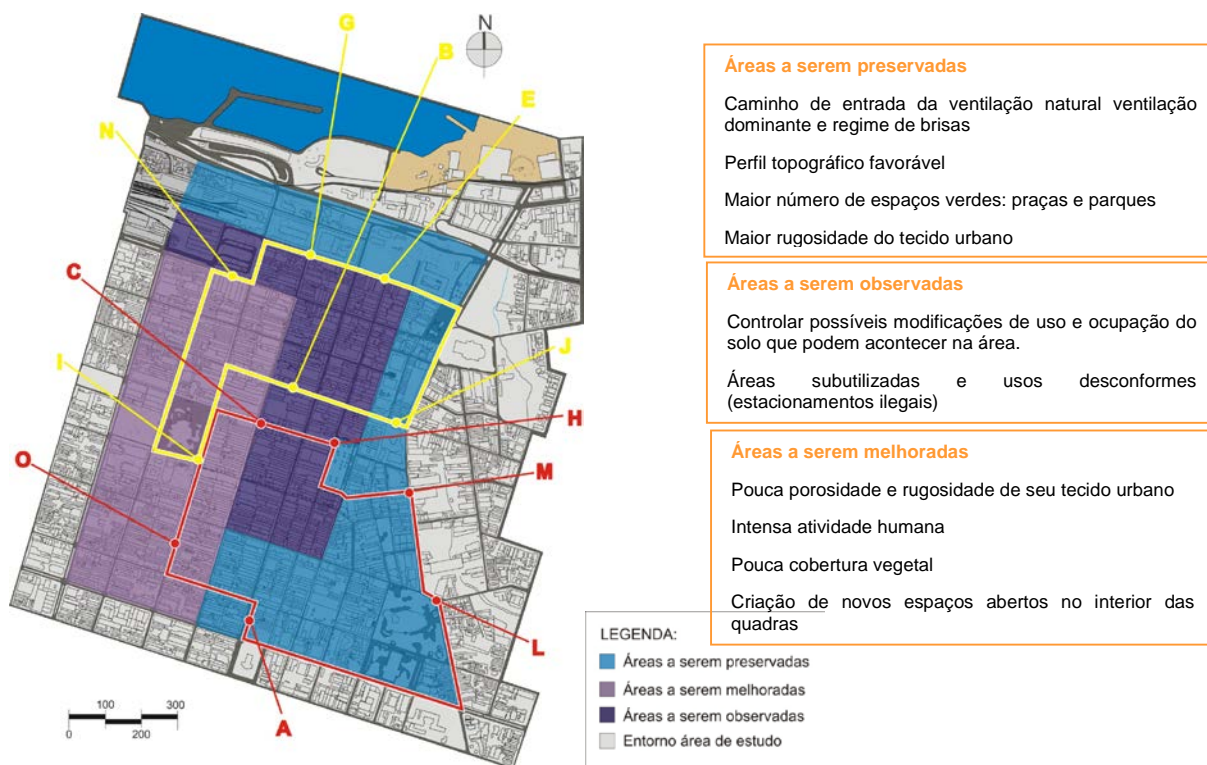


Figura 13: Mapa de análise dinâmica da região central de Fortaleza

Como resultado deste processo confeccionou-se um mapa síntese que identificou realidades comuns na conformação bioclimática do bairro analisado a partir de uma análise dinâmica que podem basear futuras leis de uso e ocupação do solo.

As áreas a serem melhoradas se localizam na porção oeste da área analisada. Foram os locais que apresentaram as maiores temperaturas do ar medidas, bem como menor umidade do ar e menor intensidade dos ventos. Esta situação é influenciada pela quase inexistência de cobertura vegetal, a grande concentração de atividade humana com uso intenso de veículos automotores e a presença de poucos espaços abertos.

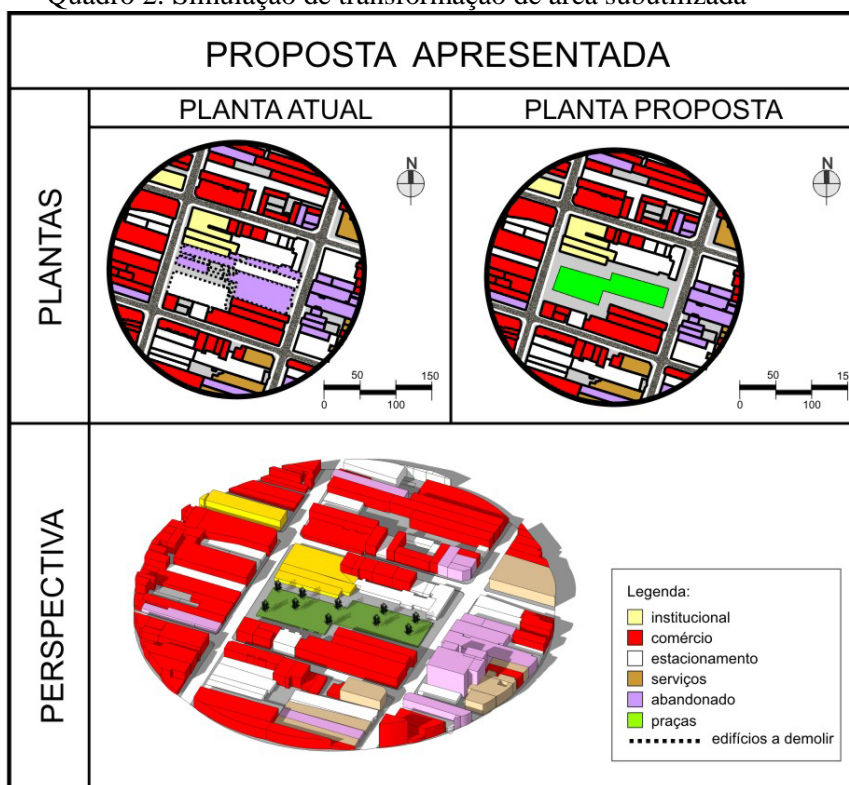
As áreas a serem observadas correspondem à parte da porção norte e o miolo interno da área objeto de estudo. O critério de observação é sugerido como forma de controlar possíveis modificações de uso e ocupação do solo que podem acontecer na área. Esta possível mudança está associada à alteração de atividades que são desenvolvidas atualmente e ao grande número de edificações abandonadas e sem uso.

As áreas a serem preservadas estão diretamente relacionadas com o caminho de entrada da ventilação natural compreendendo a porção leste (ventilação dominante) e norte (regime de brisas) da área estudada, repercutindo a necessidade de preservação da atual condição morfológica da região. O perfil topográfico ao leste é definido pela presença do riacho Pajeú que emprega uma diferença de nível considerável favorecendo a incidência da ventilação. Outro fator é a concentração do maior número de espaços abertos e áreas verdes da região pesquisada. Esta condição favorece ao resfriamento do ar na posição de entrada para as demais áreas do centro de Fortaleza possibilitando a amenização das condições climáticas locais.

Considerando o resultado da análise recomenda-se reintegrar as áreas residuais ou subutilizadas a área central principalmente os miolos de quadra e estacionamentos ilegais através da implantação de áreas verdes compactas e bem distribuídas. Esta ação pode contribuir com o maior sombreamento das superfícies horizontais bem como aumentar a porosidade do tecido urbano a ventilação. O quadro 2 mostra uma simulação de transformação de uma área subutilizada em pequenas áreas verdes.

Outra recomendação diz respeito ao redesenho do sistema viário para possibilitar a inserção de arborização nos passeios já que a atual condição estabelece conflitos entre automóveis, pedestres, comércio ambulante e a rede elétrica. Esta nova situação colaborará com o sombreamento dos espaços utilizados pelas pessoas e ainda para a redução da poluição aérea e aumento da umidade do ar.

Quadro 2: Simulação de transformação de área subutilizada



## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados desta pesquisa é possível verificar a importância da morfologia urbana do lugar em relação ao comportamento das variáveis climáticas locais.

Em referendo com os resultados apresentados destacou-se a influência da cobertura vegetal na amenização da temperatura do ar. O incremento da vegetação nos espaços urbanos pode ser uma diretriz a ser estabelecida no planejamento urbano do centro de Fortaleza.

Outro indicador observado nos resultados parciais recomenda que áreas que oferecem maior variação das alturas das edificações podem apresentar redução nas médias de temperatura do ar.

Os resultados indicam pouca possibilidade da presença do fenômeno de ilhas de calor noturnas dentro da área estudada. Esta situação pode ser influenciada pela perda de calor por convecção das superfícies urbanas através da ventilação natural constante durante todo dia.

Os resultados desta pesquisa podem ser complementados com outros estudos que incorporem à sensação humana as condições ambientais e climáticas.

Como se trata de um estudo com levantamentos e coleta de dados realizados entre 2008 e 2009 é recomendado uma revisão e atualização das informações coletadas anteriormente para novas análises.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSIS, E. S. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió, Alagoas. **Anais...** Maceió: ANTAC/UFAL, 2005.
- HOUGH, M. **Naturaleza y ciudad: planificación urbana y procesos ecológicos.** Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- KAISER, I. M.; FARIA, J. R. G. Validation of transects for air temperature and moisture profiles measurements in urban areas under high diurnal air temperature variation. In: 18 TH INTERNACIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE – PLEA, **Anais...** Florianópolis- PR, Brazil, 2001, p. 571-575
- KATZSCHNER, L. “Urban Climate Studies as Tools for Urban Planning and Architecture”, In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Salvador, 1997... **Anais...** Salvador: FAUFBA/LACAM - ANTAC, 2001, p. 49-58. Tradução de José Dias de Medeiros Filho e Profª. Roseane Dias de Medeiros Vidal DARQ/CT/UFRN.
- MENDONÇA, R. S. R.; ASSIS, E. S. Conforto térmico urbano: estudo de caso do bairro Floresta de Belo Horizonte, MG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 45-63, jul./set. 2003.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano: Síntese diagnóstica. Fortaleza, 1996.
- SANTANA A. M., LOMBARDO M. A. O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza. In: do VI Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído, Fortaleza, 1999. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 1999, p. 140-143.

- SPIRN, Anne W. Desconforto e Poeira. In: **O jardim de granito: a natureza no desenho da cidade**. São Paulo: Edusp, 1995, p. 55-76.
- COSTA, A. D. L. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN. 2003**. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) -Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Natal, 2003.
- COSTA FILHO, A. C. **Adequação bioclimática para os espaços urbanos abertos do centro de Fortaleza**. 2010. Dissertação (Mestrado em arquitetura e urbanismo) -Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Natal, 2010.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelo apoio ao desenvolvimento do projeto de pesquisa